



ATLANTE. CUADERNOS DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO

latindex IDEAS EconPapers Dialnet MIAF ÍNDICES
CSIC

DESENVOLVIMENTO DE CÓDIGOS SONOROS BASEADOS NA SUBSTITUIÇÃO SENSORIAL VISUAL-AUDITIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIAS VISUAIS

Miguel da Camino Perez

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)
miguel.perez@alvorada.ifrs.edu.br

João Bernardes da Rocha Filho

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
jbrfilho@pucrs.br

Regis Alexandre Lahm

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
lahm@pucrs.br

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Miguel da Camino Perez, João Bernardes da Rocha Filho y Regis Alexandre Lahm:
“Desenvolvimento de códigos sonoros baseados na substituição sensorial visual-auditiva
para o ensino de física de alunos com deficiências visuais”, Revista Atlante: Cuadernos de
Educación y Desarrollo (enero 2021). En línea:

<https://www.eumed.net/es/revistas/atlante/2021-enero/alunos-deficiencias-visuais>

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de códigos sonoros para a representação de elementos essenciais para o ensino de conceitos da Física, no intuito de torná-los conceitos acessíveis a estudantes cegos e de baixa visão. Os códigos desenvolvidos são baseados na substituição sensorial visual-auditiva, utilizando automação de frequência sonora e imageamento estéreo para a representação de formas geométricas, vetores e recursos de sonorização para a representação de objetos macroscópicos e cargas elétricas. A pesquisa é de caráter qualitativo, utilizando como metodologia a Análise Fenomenológica Hermenêutica. A partir dos relatos dos participantes da pesquisa, se concluiu que os códigos desenvolvidos apresentam potencial para o ensino de Física de estudantes cegos e de baixa visão.

Palavras-Chave: Tecnologias assistivas; Ensino de Física; Deficiência visual.

DESARROLLO DE CÓDIGOS DE AUDITIVOS BASADOS EN LA SUSTITUCIÓN SENSORIAL VISUAL-AUDITIVA PARA LA ENSEÑANZA DE FÍSICA DE ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de códigos sonoros para la representación de elementos esenciales para la enseñanza de conceptos de Física, con el fin de hacerlos accesibles a estudiantes ciegos y con baja visión. Los códigos desarrollados se basan en la sustitución sensorial visual-auditiva, utilizando la automatización de la frecuencia del sonido y la imagen estéreo para la representación de formas geométricas, vectores y recursos sonoros para la representación de objetos macroscópicos y cargas eléctricas. La investigación es de carácter cualitativo, utilizando como metodología el Análisis Fenomenológico Hermenéutico. Con los informes de los participantes de la investigación, se concluyó que los códigos desarrollados tienen potencial para enseñar física a estudiantes ciegos y con baja visión.

Palabras Clave: Tecnologías de asistencia; Enseñanza de Física; Discapacidad visual.

DEVELOPMENT OF AUDITORY CODES BASED ON VISUAL-TO-AUDITORY SENSORY SUBSTITUTION FOR TEACHING OF PHYSICS TO VISUALLY IMPAIRED STUDENTS

Abstract

This paper presents the development of auditory codes to represent essential elements for the teaching of Physics concepts, in order to make them accessible for the blind and low vision students. The codes are based on visual-to-auditory sensory substitution, using sound frequency automation and stereo imaging to represent geometric shapes and vectors, and sonification resources to represent macroscopic objects and electric charges. This is a qualitative research, using the Phenomenologic Hermeneutic Analysis methodology. From the reports of the research participants, it was concluded that the developed codes have potential for teaching Physics to blind and low vision students.

Keywords: Assistive technologies; Physics teaching; Visual impairment.

INTRODUÇÃO

A necessidade de adaptação dos ambientes escolares visando à inclusão de alunos com necessidades educacionais específicas é reconhecida pelo Estado brasileiro, que estabelece diretrizes para o melhor atendimento desses estudantes no Decreto nº 7.611, de 17 de novembro de 2011. O primeiro artigo do decreto (Brasil, 2011) explicita os deveres do Estado para com a educação especial, afirmando que deve ser garantido um sistema de educação inclusivo em todos os níveis, sem haver qualquer discriminação, baseado na igualdade de oportunidades. Afirma-se, ainda, no decreto citado, que o atendimento especializado deve ser, preferencialmente, oferecido na rede regular de ensino, a qual terá apoio do Estado para realizar adaptações necessárias.

O artigo terceiro deste mesmo diploma legal dispõe sobre os objetivos do atendimento educacional especializado (AEE), afirmando, no inciso III, o objetivo de “fomentar o desenvolvimento de recursos didáticos e pedagógicos que eliminem as barreiras no processo

de ensino e aprendizagem”. A respeito do apoio técnico e financeiro a ser oferecido pela União, o artigo quinto destina recursos à implantação de salas de recursos multifuncionais, as quais são definidas como “ambientes dotados de equipamentos, mobiliários e materiais didáticos e pedagógicos para a oferta do atendimento educacional especializado”. Sobre os recursos educacionais para a acessibilidade e a aprendizagem a serem produzidos e distribuídos, estão inclusos “materiais didáticos e paradidáticos em Braille, áudio e Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS, laptops com sintetizador de voz, softwares para comunicação alternativa e outras ajudas técnicas que possibilitam o acesso ao currículo”.

A partir do que se dispõe no documento legal anteriormente citado, se entende que, além da necessidade de tornar a sala de aula mais acessível a todos, existem recursos legais para a implantação de novas tecnologias assistivas no sistema educacional brasileiro. Em um artigo anterior, Perez, Rocha Filho e Lahm (2018) mostraram que existem diversas publicações na área de Ensino de Física visando à elaboração de atividades e materiais acessíveis a estudantes com deficiências visuais.

A maioria dessas pesquisas utiliza o tato como principal recurso sensorial, a partir da construção de maquetes, figuras em alto-relevo e textos em Braille. Essas pesquisas apresentaram resultados positivos com relação à potencialidade de materiais táteis no processo de aprendizagem de alunos com deficiências visuais (Azevedo, 2012; Manske, 2013; Martins, 2013; Viveiros, 2013; Ferreira, 2014; Grossi, 2016; Santos, 2016; Nanone, 2017), porém materiais desta natureza demandam tempo de construção excessivo, principalmente se for necessária a fabricação de múltiplos recursos, para o caso de haver mais de um estudante cego na sala de aula. Além disso, esses materiais tendem a apresentar alto custo de produção e, dependendo de suas dimensões, são de difícil transporte.

O objetivo deste trabalho, assim, é apresentar um conjunto de códigos sonoros baseados na substituição sensorial visual-auditiva para serem incorporados em objetos de aprendizagem acessíveis. Desta forma se torna possível representar objetos, vetores e formas geométricas por meio de arquivos de áudio, sendo necessário apenas um dispositivo capaz de reproduzi-los. Este dispositivo pode ser o *smartphone* do estudante junto a fones de ouvido ou um sistema de som estéreo instalado na sala de aula, por exemplo.

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

A comunicação com estudantes cegos em sala de aula sempre foi problemática porque muito do que se considera *ensino* envolve a visualização de objetos, imagens dinâmicas ou desenhos no quadro. Isso evidentemente se torna mais complicado quando o assunto estudado é a própria luz ou as interações elétricas ou magnéticas, como no caso da Física da última série do ensino médio. Esses temas envolvem campos (eletromagnético, elétrico e magnético, respectivamente) que não podem ser tocados diretamente, embora alguns dos seus efeitos possam ser materializados, por exemplo, por meio de forças que podem ser sentidas pelos estudantes cegos.

Como regra, tudo o que está fora do alcance imediato do aluno cego contribui para sua exclusão. Para contornar essa dificuldade inerente ao ensino de cegos, estratégias de diversos tipos vêm sendo utilizadas ao longo do tempo, em especial a utilização de certas linguagens geradoras de viabilidades comunicacionais, como as mostradas no Quadro 1.

Quadro 1. Linguagens geradoras de viabilidades comunicacionais.

Linguagem	Incidência	Característica peculiar	Recurso instrucional mais empregado
Linguagem 5	22%	Abordagem oral de significados de relacionabilidade sensorial secundária	Não utilizado
Linguagem 6	21%	Condução das mãos do aluno	Maquetes e equipamentos táteis
Linguagem 7	20%	Projeção e descrição oral de significados de relacionabilidade sensorial secundária	Data show, retroprojektor.
Linguagem 8	15%	Recorrência a 'imagens não visuais mentais'	Não utilizado
Linguagem 9	8%	Indicar oralmente frases projetadas	Data show, retroprojektor, lousa.
Linguagem 10	4%	Observação não visual de fenômeno	Equipamentos táteis
Linguagem 11	4%	Indicar oralmente frases projetadas contendo significados sem relação sensorial	Data show, retroprojektor.
Linguagem 12	3%	Descrição oral de significados não visuais	Não utilizado
Linguagem 13	2%	Descrição oral de significados sem relação sensorial	Não utilizado
Linguagem 14	1%	Condução das mãos do aluno	Equipamentos táteis.

Fonte: Camargo (2012).

Mais recentemente os objetos de aprendizagem (OA) foram caracterizados para uso em ambientes educacionais por Sabatini (2012), e passaram a ser utilizados no ensino de

Física, sendo definidos por Arantes, Miranda e Studart (2010). Em síntese, os OA são reprodutíveis, referenciáveis, portáteis, modulares e autossuficientes, além de poderem ser usados como simuladores em uma ampla gama de experimentos didáticos.

A demanda sempre crescente dos OA pelos professores e estudantes fez com que surgissem muitos repositórios de simuladores, que podem ser acessados livremente, como o PhET (Physics Interactive Simulations), o MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) e o ComPADRE (Physics and Astronomy Educational Communities). No Brasil, existe a plataforma desenvolvida pelo Ministério da Educação (MEC) e pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), denominada BIOE (Banco Internacional de Objetos Educacionais), além do ACESSA Física e o Píon.

As simulações oferecidas nesses repositórios podem ser utilizadas nos contextos de ensino mais variados, mas só poucas delas têm utilidade para o ensino de Física de estudantes cegos, pois as interfaces são quase sempre visuais, ainda que algumas misturem sons e imagens. Um caminho viável é a transposição sensorial (Amiralian, 1997) ou substituição sensorial, que nada mais é que a alteração do caminho sensorial da informação que se quer comunicar aos estudantes.

O conceito de substituição sensorial consiste na transmissão de informações tipicamente provenientes de um sentido – como a visão – utilizando outro sentido, como a audição (Durette, Louveton, Alleysson & Hérault, 2008). Pode-se considerar a escrita como uma forma de substituição sensorial, uma vez que as palavras são originalmente estímulos auditivos que, quando escritas, são traduzidas para estímulos de caráter visual (Bach-y-Rita & Kercel, 2003). De maneira equivalente, a escrita em Braille possibilita a compreensão de textos a partir de um estímulo tátil.

A substituição sensorial está relacionada à atribuição distal, que pode ser definida como a habilidade de atribuir a causa de um estímulo sensorial proximal a um objeto externo distinto (Auvray, Hanneton, Lenay & O'regan, 2005). Um exemplo simples deste fenômeno é quando se ouve o choro de uma criança com maior intensidade na orelha esquerda e, automaticamente se conclui que há uma criança à esquerda. Testes de substituição sensorial (Bach-y-Rita, Collins, Saunders, White & Scadden, 1969) mostram a capacidade do ser humano em fazer a correlação direta entre um estímulo provindo de um objeto e a existência desse objeto.

Pesquisas anteriores demonstraram que simulações baseadas na substituição sensorial visual-auditiva são eficientes no auxílio ao desenvolvimento das habilidades de navegação de pessoas cegas (Sánchez, Tadres, Pascual-Leone, & Merabet, 2009; Connors, Yaxxolino, Sánchez, & Merabet, 2014), além da capacidade de identificação de objetos de uso cotidiano (Auvray, Hanneton & O'regan, 2007). O programa computacional *The vOIce*, desenvolvido por Meijer (1992), pode codificar imagens em estímulos auditivos a partir da automação da frequência sonora para determinar a posição vertical de um elemento e a variação do panorama estéreo para determinar a sua posição horizontal.

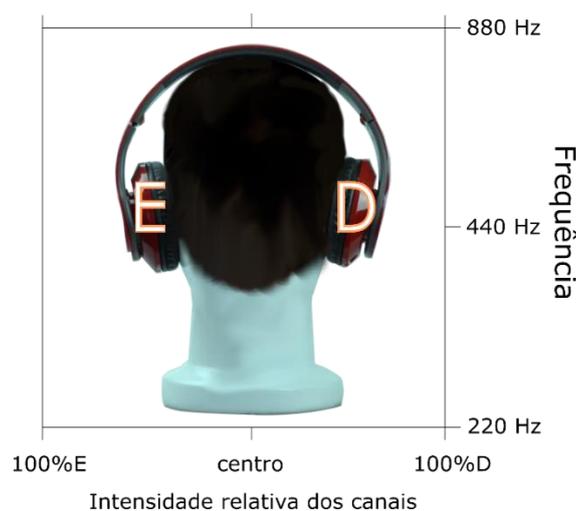
Para o desenvolvimento dos códigos da pesquisa aqui relatada, foi utilizado como base os pressupostos do *The vOIce* (Meijer, 1992), porém foram feitas modificações para torná-los aplicáveis ao ensino de Física. O *software* original reproduz os códigos associados a todos os elementos da imagem sendo representada de forma simultânea, dificultando a compreensão precisa de cada um dos elementos. Além disso, o som é reproduzido sempre da esquerda para a direita, o que impossibilita a representação de grandezas vetoriais, como forças ou outros elementos que necessitem direção e sentido definidos, como linhas de campo elétrico, por exemplo, que constituem o núcleo de fundo deste trabalho.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa aqui descrita se enquadra naquilo que Lüdke e André (1986) chamam de estudo de caso qualitativo, ou estudo de caso naturalístico, pois visa à descoberta de algo novo, que pode ser amplamente surpreendente. Por isso é decisivo que o pesquisador conheça profundamente o tema central, ou o núcleo do que está sendo estudado. Os procedimentos do estudo de caso variam conforme as variáveis naturais da pesquisa, como o que se está investigando, quem está sendo investigado, que ferramentas ou instrumentos serão aplicados, e assim por diante.

Nesta pesquisa, a Figura (1) representa o espaço virtual bidimensional onde são representados os elementos das simulações auditivas, que foram desenvolvidas no programa *Reaper*. No decorrer da investigação os participantes são convidados a se colocarem, eles mesmos, no papel de investigadores das próprias percepções.

Figura 1. Espaço virtual das simulações auditivas.



Fonte: elaborado pelos autores (2020).

A posição vertical ocupada por cada elemento, nesse espaço, é caracterizada pela frequência sonora de seus respectivos códigos que, para linhas de campo elétrico e vetores

força elétrica é o som produzido por um sinal elétrico senoidal aplicado a fones de ouvido. A escolha das frequências limites 220 Hz e 880 Hz se deve a que a percepção dessas frequências é geralmente boa em todas as pessoas ouvintes, assim como à tentativa de evitar o desconforto auditivo que costuma ocorrer em frequências maiores.

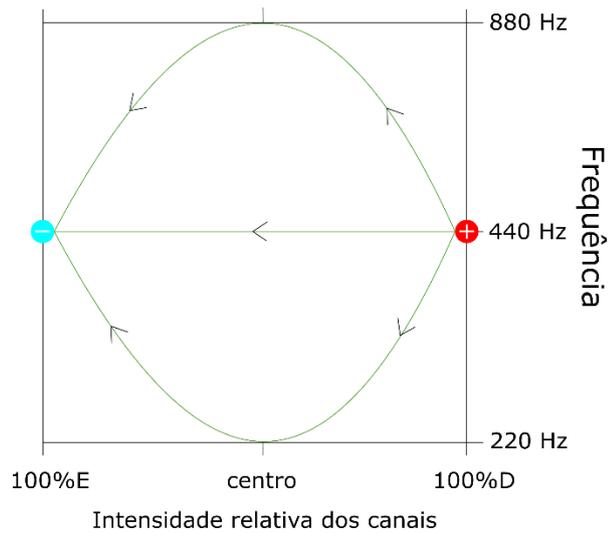
Em relação à percepção, o valor mínimo foi definido a partir dos parâmetros utilizados convencionalmente em procedimentos de Audiometria Tonal Liminar, padronizado para descrever a sensibilidade auditiva por meio de testes entre frequências sonoras de 250 a 8.000 Hz (Oppitz, Silva, Garcia & Silveira, 2017). A opção por 220 Hz em vez de 250 Hz se deve à facilidade de elaboração das simulações, pois essa frequência representa a nota musical *Lá* – a quinta corda de um violão, na afinação tradicional –, uma oitava abaixo do *Lá* central (440 Hz), o que facilita a criação de simulações em programas de computador destinados à produção musical, como as *Digital Audio Workstations* (DAW), categoria na qual se enquadra o programa *Reaper*. Frequências dessa ordem são bem toleradas pelas pessoas, o que é benéfico quando se considera que o tempo de exposição dos participantes às simulações é relativamente grande.

A posição horizontal ocupada pelos elementos da simulação é definida pela sua posição no panorama estéreo do som, de forma similar ao funcionamento da percepção acerca da posição de fontes sonoras em situações cotidianas. Para simular um elemento posicionado diretamente à frente do ouvinte, o código sonoro desse é reproduzido com igual intensidade nos canais esquerdo e direito, ou seja, nas orelhas esquerda e direita do ouvinte.

Um elemento que se desloca da posição central para a esquerda terá o seu código sonoro reproduzido cada vez mais intensamente no canal esquerdo e, simultaneamente, menos intensamente no canal direito, até que a intensidade no canal direito seja igual a zero quando o elemento atingir o ponto extremo esquerdo da simulação. Um elemento deslocando-se para a direita da simulação seguirá a mesma lógica, aumentando a intensidade no canal direito e diminuindo no canal esquerdo. Assim, é possível representar a orientação de grandezas vetoriais e de linhas de campo.

Para fins de entendimento dos códigos adotados, considerou-se a imagem a seguir (Figura 2) como uma representação simplificada das linhas de campo entre dois corpos puntiformes carregados com cargas iguais e de sinais opostos:

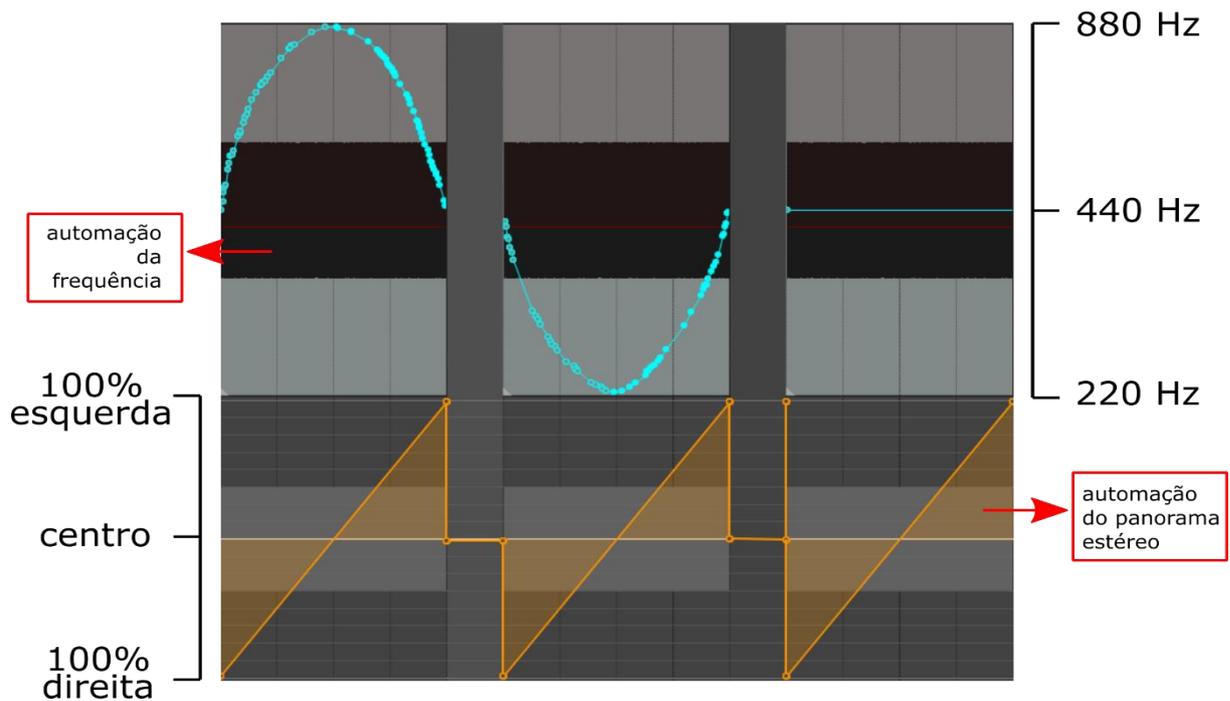
Figura 2. Representação simplificada das linhas de campo entre dois corpos puntiformes carregados com cargas de sinais opostos.



Fonte: elaborado pelos autores (2020)

As cargas elétricas são representadas por gravações de voz com a primeira sílaba de cada uma, ambas afinadas em Lá Central (440 Hz), sendo “pô” o código para carga positiva e “nê” o código para carga negativa. Em situações onde há movimento de cargas elétricas, este é representado a partir da variação das alturas dos códigos. A variação da altura e do panorama estéreo para representação das linhas de campo – e, quando necessário, das cargas – é feita com o recurso de automação destes parâmetros, presente no programa *Reaper*. A Figura (3) ilustra este recurso a partir de uma captura de tela do programa contendo a construção dos códigos sonoros representativos das três linhas de campo mostradas na Figura 2.

Figura 3. Automação de frequência e panorama estéreo do programa Reaper.



Fonte: elaborado pelos autores (2020).

Para a validação dos códigos desenvolvidos, estes foram testados por dois estudantes do Ensino Médio, um estudante cego e outro vidente. Em decorrência da pandemia de COVID-19 não foi possível realizar os testes com um estudante de baixa visão. Apesar disso, levando-se em consideração que pessoas cegas não se diferenciam cognitivamente de pessoas videntes (Neto, 2012), se entendeu que as percepções dos dois participantes anteriormente citados foram suficientes para a consecução dos objetivos aqui propostos.

Os elementos representados durante os testes foram: retas horizontais orientadas da direita para esquerda e da esquerda para a direita; situadas verticalmente nas alturas máxima, central e mínima; retas verticais orientadas da altura mínima à máxima e da máxima à mínima, situadas horizontalmente nas posições extrema esquerda, central e extrema direita; retas diagonais orientadas de um canto extremo ao outro, ascendentes e descendentes, com exemplos partindo de cada um dos quatro cantos, totalizando quatro representações; arcos com concavidade para baixo orientados da esquerda para a direita e da direita para esquerda, iniciando e terminando na altura central; arcos com concavidade para cima orientados da esquerda para a direita e da direita para esquerda, iniciando e terminando na altura central; cargas elétricas positivas e negativas; pedaço de tecido; pedra.

Os testes foram realizados à distância por meio de aplicativo de mensagens de áudio. As percepções dos estudantes após a experimentação dos códigos foram registradas por meio de entrevistas semiestruturadas também realizadas a distância, e esses registros foram analisados com base na Análise Fenomenológica Hermenêutica (AFH) (Medeiros, 2016).

Essa forma de análise é especificamente voltada para situações nas quais o pesquisador entra em contato o mais diretamente possível com os participantes ou com os fenômenos estudados, e não se presta para análise de textos, discursos ou imagens. A característica da AFH que mais a distingue das demais formas de análise qualitativa é a de que não ocorre fragmentação e posterior reagrupamento de excertos. Confia-se plenamente na capacidade do pesquisador, que deve ter conhecimentos do fenômeno estudado, além de fenomenologia e hermenêutica, de modo que este possa extrair da própria vivência aquilo que lhe é mais peculiar (Medeiros, 2016).

A AFH parte do pressuposto que a realidade daquilo que é observado não pode ser seccionada sem que isso altere fundamentalmente suas características, e por isso assume o compromisso de trabalhar sempre com a totalidade daquilo que se apresenta - em sua própria natureza e nos significados que possa ter. É claro que a subjetividade do pesquisador vai estar sempre presente na AFH, como está também nas outras formas de análise qualitativa, mas nesse caso essa subjetividade interpretativa não se oculta por detrás de algoritmos de fragmentações, categorizações e reconstruções, que podem trazer um ar de cientificidade à análise, mas que de fato não favorecem a interpretação, propriamente.

Os dois participantes da pesquisa relataram compreender os códigos sonoros que representaram os objetos em questão. Ambos afirmaram compreender facilmente os códigos de sonorização associados às representações das cargas elétricas, do fragmento de tecido e

da pedra. Da mesma forma, não tiveram dificuldade para a compreensão das linhas retas horizontais ou verticais, fundamentais para a compreensão da representação gráfica das linhas de campo.

As principais dificuldades relatadas pelos participantes se relacionaram à representação dos arcos, principalmente os de concavidade para a esquerda e para a direita. Ambos afirmaram perceber a orientação vertical destes arcos, porém não compreenderam corretamente os seus deslocamentos horizontais. Isso era esperado, na medida em que não houve um treinamento para o uso do sistema de substituição sensorial usado nesta pesquisa. Os participantes simplesmente foram apresentados ao sistema e passaram a utilizá-lo.

O participante cego afirmou ter dificuldade para a compreensão dos códigos associados aos arcos com concavidade para cima e para baixo e às linhas retas diagonais, porém relatou que, reproduzindo as simulações repetidamente, pôde afinal compreendê-las. Isso foi uma espécie de treinamento naturalmente induzido. O estudante vidente não apresentou dificuldades com estas formas geométricas.

CONCLUSÕES

Considerando as limitações que foram impostas à investigação como decorrência da pandemia, os resultados encontrados foram satisfatórios. Obteve-se a participação plena dos dois estudantes envolvidos no processo, com muita interação sonora com os pesquisadores, via mensagens de áudio. Desse modo pôde-se garantir que os pesquisadores entraram em contato direto com o fenômeno investigado, como preconiza a AFH, podendo interpretar o que se passou com cada participante. Por fim, as entrevistas semiestruturadas, apesar de serem feitas a distância, permitiram que os participantes se expressassem livremente, trazendo valiosas informações sobre o sistema de substituição sensorial que lhes foi apresentado, e sobre o qual se manifestaram.

A partir dos relatos dos participantes da pesquisa, se concluiu que os códigos desenvolvidos para o sistema de transposição sensorial apresentam potencial para o ensino de Física de estudantes cegos e de baixa visão. Alguns ajustes se fazem necessários para viabilizar a compreensão de formas que apresentam variações sutis de suas posições horizontais, como os arcos com concavidade para esquerda e para a direita.

Acredita-se que a utilização de simulações baseadas na substituição sensorial visual-auditiva é um caminho viável para a acessibilidade de estudantes com deficiências visuais. Além de serem uma alternativa para a representação de conceitos físicos de caráter geométrico, as simulações são reutilizáveis, apresentam baixo custo de produção e não oferecem empecilhos de transporte, uma vez que são arquivos digitais.

Dessa forma, um professor de Física pode, com relativa facilidade, elaborar um OA que utilize o sistema proposto, apresentando-o a seus alunos cegos como uma forma de fazê-

los compreender o conceito de campo elétrico e de linhas de força entre placas planas e cargas pontuais, podendo complexificar a geometria dos eletrodos conforme o estudante for adquirindo habilidade de reconhecer os padrões, fazendo a transposição sonoro-visual.

REFERÊNCIAS

- Amiralian, M. L. T. M. (1997). *Compreendendo o cego*. São Paulo: Casa do psicólogo.
- Arantes, A.; Miranda, M. S.; Studart, N. (2010). Objetos de aprendizagem no ensino de Física. *Física na Escola*, 27, 1-11.
- Auvray, M., Hanneton, S., Lenay, C. & O'regan, K. (2005). There is something out there: distal attribution in sensory substitution, twenty years later. *Journal of Integrative Neuroscience*, World Scientific Publishing, 4, 4.
- Auvray, M., Hanneton, S. & O'regan, J. K. (2007). Learning to perceive with a visuo-auditory substitution system: Localisation and object recognition with 'The vOICe'. *Perception*, 36, 416-430.
- Azevedo, A. (2012). *Produção de material didático e estratégias para o ensino de física para alunos portadores de deficiência visual*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Bach-y-Rita, P., Collins, C. C., Saunders, F. A., White, B. & Scadden, L. (1969). Vision substitution by tactile image projection. *Nature*, 221, 963–964.
- Bach-y-Ritta, P. & Kerchel, S. (2003). Sensory substitution and the human–machine interface. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 12, 541-546.
- Brasil. *Decreto nº 7.611, de 17 de novembro de 2011*. Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e dá outras providências. Diário Oficial da União n. 221, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Seção 1, p. 12.
- Camargo, E. P. (2012). *Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física*. UNESP. São Paulo.
- Connors, E. C., Yaxxolino, L. A., Sánchez, J. & Merabet, L. B. (2014). Development of a Audio-based Virtual Gaming Environment to Assist with Navigation Skills in the Blind. *J Vis Exp*. 2014. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3641639/pdf/nihms546296.pdf>. Acesso em 01 nov. 2018.
- Durette, B., Louveton, N., Alleysson, D. & Hérault, J. (2008). Visuo-auditory sensory substitution for mobility assistance: Testing TheVIBE. In: *Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired*, 1–13.

- Ferreira, M. (2014). *Uma abordagem para o ensino de física a alunos deficientes visuais: um olhar diferente para o espelho*. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Grossi, M. C. (2016). *Ensino de física inclusivo envolvendo alunos com deficiência visual na educação de jovens e adultos*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal de Lavras.
- Lüdke, M.; André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. EPU. São Paulo.
- Manske, N. (2013). *Ensino de física para deficientes visuais: materialização de figuras do livro didático*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Martins, A. (2013). *Representação de figuras do livro didático de física: uma proposta para a melhoria da autonomia dos estudantes cegos*. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ensino em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Medeiros, G. (2016.) *Olhar Para O Sol: concepção da análise fenomenológica hermenêutica*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Meijer, P. (1992). An Experimental System for Auditory Image Representations. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 39, 2, 112-121.
- Nanone, N. J. (2017). *Produção e aplicação de maquetes como ferramenta para aulas de astronomia*. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- Neto, J. D. (2012). *A experimentação para alunos com deficiência visual: proposta de adaptação de experimentos de um livro didático*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília. UnB.
- Oppitz, S., Silva, L., Garcia, M. & Silveira, A. (2018). *High-frequency auditory thresholds in normal hearing adults*. *CoDAS*, São Paulo, v. 30, n. 4, e20170165, Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-17822018000400308&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 04 dez. 2020.
- Perez, M., Rocha Filho, J. & Lahm, R. (2018). Estado do conhecimento sobre tecnologias assistivas de caráter auditivo no ensino de física de alunos com deficiências visuais. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. Maio de 2018.
- Sabatini, M. (2012). Reflexões críticas sobre o conceito de objeto de aprendizagem aplicado ao ensino de ciências e matemática. *Em Teia – Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*, 3, 3.

- Sánchez, J., Tadres, A., Pascual-Leone, A. & Merabet, L. (2009). Blind children navigation through gaming and associated brain plasticity. In: *Virtual Rehabilitation 2009 International Conference*. Proceedings. Haifa, Israel, IEEE, 29-36.
- Santos, A. L. (2016). *Atividades multissensoriais para o ensino de física*. 2016. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.
- Viveiros, E. (2013). *Mindware semiótico-comunicativo: campos conceituais no Ensino de física para deficientes visuais utilizando uma Interface cérebro-computador*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru.