

## **A Computação como Tecnologia Assistiva na construção de um Mapa Tátil para os Alunos com Deficiência Visual nos Estudos de um Mapa Político da Região Sudeste do Brasil**

**Elias dos S. Silva Júnior<sup>1</sup>, Sérgio C. C. da Silva Pinto<sup>1</sup>, Ruth M. Mariani Braz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Biologia – CMPDI – Universidade Federal Fluminense  
Campus Valonguinho – Niterói, RJ – Brasil

<sup>2</sup>Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro – SEEDUC

eliasjk@gmail.com, crespo.sergio@gmail.com, ruthmariani@yahoo.com.br

***Resumo.** As leis brasileiras asseguram os direitos dos Alunos com Deficiência Visual. No processo de ensino e aprendizagem, os educandos são estimulados através de seus sentidos residuais e remanescentes. As escolas carecem de Tecnologia Assistiva que auxiliem nesse processo inclusivo. Nesta pesquisa, a Computação foi colocada à prova no sentido de contribuir com a resolução desse problema educacional. Desenvolvemos um modelo computacional que atende as especificidades desses alunos, unido os sentidos do tato e da audição. A pesquisa comprovou um aumento da autonomia e da qualidade nos estudos desses alunos na aplicação temática da Região Sudeste do Brasil.*

### **1. A Justificativa e o Cenário de Uso:**

No Brasil, as pessoas com deficiência possuem seus direitos garantidos por lei, podemos enumerar a Lei de Diretrizes e Bases [Brasil 1996], Lei nº 9394/96, que permite ao aluno o acesso à rede regular de ensino, preferencialmente, em classes comuns e ainda, a Lei nº 13.146, Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência [Brasil 2015], que define condições de igualdade, o direito e as liberdades fundamentais, visando incluí-la, definitivamente, como cidadã.

Na realidade, as leis garantem o direito à educação igualitária para todos os educandos, mas em salas de aula faltam recursos, formação adequada dos docentes e a construção de materiais didáticos específicos e mais eficientes, conforme abordados pelos autores Fernandes (2011) e Ferreira *et al.* (2018).

Silva Júnior (2018) cita outras iniciativas em que diversos mapas táteis utilizados nas escolas são desenvolvidos pelos próprios professores e de forma artesanal, utilizando recursos de baixa tecnologia, tais como: papelão, colagens, papéis de diversas texturas e cores, isopor, madeiras, massas, barbantes entre outros.

Portanto, essas ações são a base para a tecnologia se aliar ao processo inclusivo, priorizando o desenvolvimento de novas Tecnologias Assistivas (TA) que protagonizam a computação, promovendo uma elevação tecnológica desses recursos educacionais.

Os estudos sobre a psicologia cognitiva da deficiência visual defendem teorias de que na falta da visão, a pessoa com deficiência visual possui um desempenho mais

acentuado, principalmente, nos sentidos do tato e da audição do que as pessoas que possuem uma visão saudável [Kastrup 2007].

Num modelo de ensino-aprendizagem mais inclusivo, a escola necessita das Tecnologias Assistivas (TA) como meio de transpor as barreiras apresentadas pelos discentes com deficiência, em certos casos, são utilizados recursos didáticos específicos e ambientes apropriados para garantir um aprendizado mais adequado.

O protótipo pesquisado se sustenta nesse caminhar e na busca de aprimorar as funcionalidades dos mapas táteis para o ensino da pessoa com deficiência visual, se tornando relevante ao elevar o seu nível tecnológico, promovendo a união dos sentidos do tato e da audição, contribuindo para o desenvolvimento sensorial desse aluno que poderá utilizá-lo em seu benefício no seu processo de ensino e aprendizagem.

## 2. A Computação Embarcada Aplicada ao Mapa Político da Região Sudeste

A pesquisa possui como objetivo principal o desenvolvimento de um produto que utilizou a Computação como uma TA num modelo temático da Região Sudeste do Brasil. O projeto de desenvolvimento da primeira versão deste recurso se estruturou na elaboração da Arquitetura Computacional; no modelo de design do mapa tátil que embarcou essa arquitetura e na estruturação interativa dos conteúdos a serem abordados.

### 2.1. A Arquitetura Computacional Embarcada no Mapa Tátil

Apresentamos os módulos do sistema Computacional Embarcado que permitiram ao professor e ao aluno com deficiência visual acessarem as suas interfaces funcionais do sistema de forma estável, conforme ilustrado na figura 1.

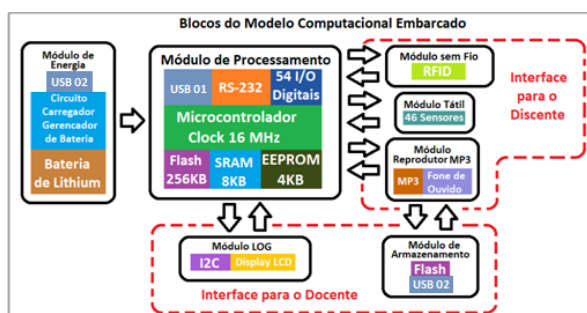


Figura 1. Modelo Computacional do Mapa tátil da Região Sudeste do Brasil.

O primeiro Módulo é o de Energia, composto pelo circuito que monitora os níveis de carga/descarga da bateria, quando alimentado pela porta *Universal Serial Bus 02* (USB 02) carrega a bateria e fornece uma tensão de 5 volts ao sistema e quando não alimentado por ela, fornece 5 volts, através da bateria de *Lithium*, ao *hardware*.

O Processamento é o segundo módulo que é o cérebro do sistema, onde seu protagonista é um microcontrolador ATmega 2560 de 8 bits de arquitetura *Reduced Instruction Set Computer* (RISC), atingindo até 16 MIPS, num *clock* de 16 MHz.

As memórias desse módulo são de três tipos, a *Flash*, não volátil de 256KB, que armazena o *sketch* do Arduíno (rotinas *setup* e *loop* do *firmware*), a memória *Static Random Access Memory* (SRAM), volátil de 8KB, onde o *sketch* cria e manipula as suas variáveis e a *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM), não volátil de 4KB, que armazena os dados, permanentemente, para o *sketch*, mesmo que o sistema seja desligado.

O microcontrolador conta com cinquenta e quatro portas digitais, onde são disponibilizadas as entradas e saídas (I/O) que interligam uma rede cabeada de sensores táteis, uma porta USB 01 que ligada ao computador, permite ao programador reprogramar todo o sistema e dois canais de comunicação seriais (RS-232) que interligam o microcontrolador aos módulos sem fio (rede sem fio) e ao reproduz MP3.

A interface do Aluno foi dotada por três módulos, são eles: o sem fio *Radio Frequency IDentification* (RFID), tendo a função de identificar cada um dos quatro estados brasileiros e a Rosa dos Ventos; o módulo tátil que registra o tato do aluno em seus 46 sensores e o MP3 que reproduz a áudio-descrição correspondente a cada sensor tátil acionado em cada um dos mapas táteis (Estados e Rosa dos Ventos) identificado.

Para o Professor, projetamos uma interface composta pelos módulos de LOG, onde, através de um protocolo *Inter-Integrated Circuit* (I2C) e um *Liquid Crystal Display* (LCD) de duas linhas, monitoramos os sensores acionados, a inicialização e os passos do sistema e pelo Módulo de Armazenamento onde o docente armazena, na memória *Flash*, os arquivos MP3 das áudios-descrições, referentes aos sensores, utilizando a porta USB 02 (a mesma que alimenta/carrega a bateria do sistema).

O software ou *sketch* é o conjunto de instruções que definiram as funcionalidades para o *hardware*. Ele foi desenvolvido em linguagem C++ na *Integrated Development Environment* (IDE) do Arduino, onde o programador via porta USB 01 injetou esse *firmware* para a memória *Flash* do Módulo de Processamento.

O sistema é composto por um Arduino MEGA, um módulo MP3, uma placa de gerência para a bateria, um módulo I2C/display de 2 linhas, uma bateria de *Lithium* de 2000mAh, um cartão de memória micro SD de 1GB e um kit RFID, contabilizando um custo estimado de R\$220,00. Para a confecção do mapa, bem como as texturas, os formatos e as cores, utilizamos duas peças de compensado de 60x60 cm, 5 pares de conectores seriais (macho e fêmea), pinos de aço, palitos de picolé e de churrasco, massa acrílica, tinta a base de água de cor branca, corantes e um botão On/OFF ao custo aproximado de R\$210,00. O custo final dos materiais ficou orçado em R\$430,00.

## 2.2. O Desenvolvimento do Designer do Mapa Tátil

O protótipo é idealizado no mapa político e tátil da Região Sudeste do Brasil destinado às aulas de Geografia do ensino fundamental e do ensino médio. Sua versão inicial foi projetada a partir de estudos científicos publicados nas bases acadêmicas (Google Acadêmico, SciELO e Periódicos da CAPES) que nos municiou de técnicas sobre as melhores práticas para o desenvolvimento de mapas táteis mais eficazes e eficientes.

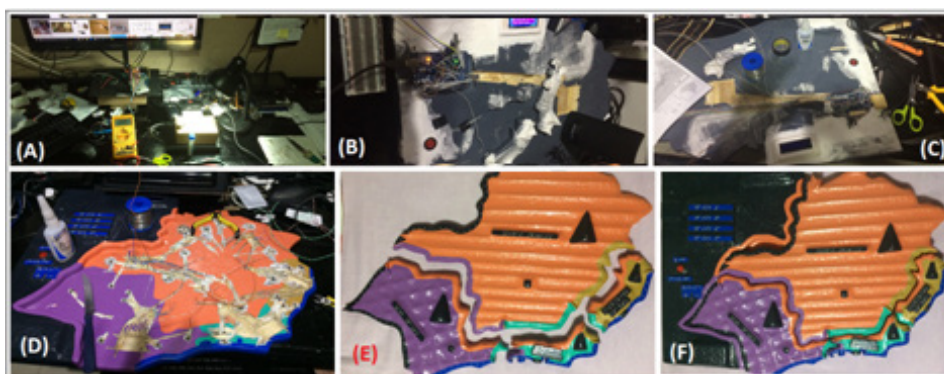


Figura 2. Construção e Designer do Mapa tátil da Região Sudeste do Brasil.

Na figura 2A, temos o desenvolvimento do hardware que foi embarcado no Mapa Tátil, conforme ilustrado na figura 2B e 2C, na figura 2D apresentamos como as portas seriais foram embarcadas interconectando, eletricamente, os sensores táteis que funcionaram como os símbolos táteis nos 4 estados brasileiros dessa região (figura 2E) e na figura 2F, exibimos os estado encaixados no mapa da Região Sudeste do Brasil.

A figura 2F expõe a primeira versão do protótipo (*hardware*) projetado para a pesquisa de campo ocorrida no Instituto Benjamin Constant (IBC).

### 2.3. A Apresentação Interativa de Funcionamento do Mapa Tátil

O Professor de Geografia deve apresentar os seis mapas táteis (Estado de Minas Gerais, Estado de São Paulo, Estado do Rio, Estado do Espírito Santo e a Rosa dos Ventos) que compõem o Mapa Tátil para o Aluno com Deficiência Visual. Esse procedimento facilitará a sua interação com o sistema do mapa que é iniciado ao ligá-lo. A estruturação do estudo encontra-se no formato de um fluxograma, conforme a figura 3.

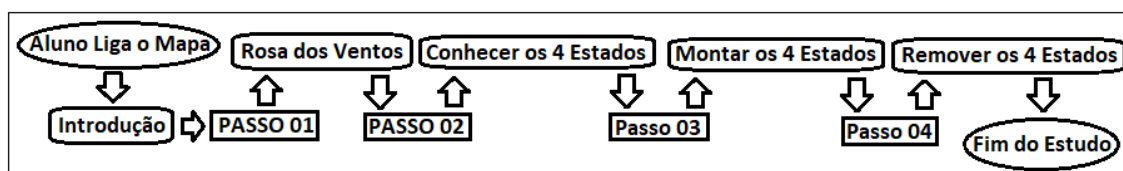


Figura 3. A lógica de como os conteúdos do Mapa Tátil foi distribuída.

Ao ligar o mapa, o Aluno obtém acesso à introdução do conteúdo abordado; em seguida, é direcionado ao “PASSO 01” para conhecer as funcionalidades e características da Rosa dos Ventos; no “PASSO 02”, estuda sobre os 4 estados; monta os 4 estados na Região Sudeste através do “PASSO 03” e no “PASSO 04”, ele é instruído a remover os 4 estados da Região Sudeste, finalizando o estudo.

O *software* desenvolvido estrutura o conteúdo acadêmico de forma a criar um ambiente de ensino e aprendizagem que permita ao aluno conversar com o objeto utilizando o seu tato e o objeto conversar com ele, através das áudios-descrições via arquivos de MP3, visando que a intenção dessa conversa construa o conhecimento.

### 2.4. O Produto do Mapa Tátil

O desenvolvimento do produto foi conduzido, primeiramente, com a participação do Professor de Geografia, onde iniciamos um processo de Prototipagem Evolutiva. Por meio de entrevistas livres, estabelecendo uma comunicação para o desenvolvimento de um projeto rápido e básico do mapa tátil da Região Sudeste e da Rosa dos Ventos que foram evoluídos sem descartes e por toda a pesquisa, até que o professor o definiu como um pré-produto pronto para ser apresentado ao aluno com deficiência visual.

Em seguida, desenvolvemos a prototipagem evolutiva destinada ao Aluno com deficiência visual do 8º ano, que conheceu o pré-produto, respondeu às entrevistas livres, colhemos e aplicamos os requisitos, até que o discente aprovasse o pré-produto como um produto final (Figura 4) que suprisse as suas especificidades educacionais.



**Figura 4. A Região Sudeste do Brasil e a Rosa dos Ventos como Produto Final.**

A Computação Embarcada (CE) é um conceito computacional que foi aplicado no intuito de aumentar a tecnologia e os recursos dos mapas táteis, de forma, a atender as especificidades das pessoas com deficiência no processo de seu ensino e aprendizagem.

A Plataforma Arduino (PA) foi fundamental como a base do *hardware* e do *software* a ser embarcado neste mapa tátil, pois a sua arquitetura possui diversos sensores de fácil aquisição e muita informação gratuita na Internet de como programá-la.

Para a construção desse mapa tátil nos apropriamos dos conceitos da Internet das Coisas (IdC) no quesito da Computação Ubíqua para a concepção de uma rede de 46 sensores táteis e de uma rede sem fio que nos permitiu unir os sentidos do tato e da audição, garantindo uma maior independência e autonomia aos estudos dos discentes com deficiência visual.

O Produto final (Figura 4) é o resultado colaborativo do Professor e do Aluno que participaram em seu desenvolvimento. O pesquisador aplicou as técnicas publicadas e pesquisadas nas bases acadêmicas, sendo somadas as experiências do Professor e as demandas apontadas pelo Aluno com deficiência visual que o validaram.

## 2.2. A Avaliação do Mapa Tátil

Em colaboração com os participantes da pesquisa, construímos um produto com os recursos visuais que atenderam aos alunos de baixa visão e com relevo/textura que incluísse os alunos cegos, além de permitir que qualquer educando, mesmo que sem deficiência, pudesse utilizá-lo. Criamos um material educacional de Design Universal (DU), isto é, que contribuísse no processo de ensino e aprendizagem de todos (figura 4).

O Professor de Geografia elogiou a proposta da Prototipagem Evolutiva, pois lhe permitiu opinar sobre as funcionalidades aplicadas na união dos sentidos, os sinais táteis, as cores, as texturas, o volume do som, a qualidade da áudio-descrição, a escritas em Braille, isto é, ele agregou ao mapa toda a sua experiência acadêmica sobre os recursos mais funcionais e que costumam entregar os melhores resultados, no intuito de atenderem ao imenso universo das especificidades que as pessoas com deficiência visual possuem, aproveitando assim, todas as suas potencialidades.

Na Computação Embarcada, tanto o professor quanto o aluno, ficaram surpresos quando souberam que todo o mapa tátil é controlado por um computador. O professor entendeu perfeitamente quando lhe foi explicado este conceito, mas o aluno com deficiência visual só obteve o entendimento pleno, quando o pesquisador pegou a sua

mão posicionando-a na área do mapa, onde a placa do Arduino foi embarcada (área dos PASSOS 01, 02, 03 e 04, figura 4).

Os participantes que avaliaram o mapa expressaram elogios frente ao seu nível tecnológico e perceberam que com a Computação Embarcada os custos dos materiais foram minimizados, o que também permitiu o aumento da sua portabilidade e usabilidade, em comparação, ao uso de um computador pessoal convencional.

Os fundamentos da IdC nos permitiram gerenciar, através de uma rede de sensores, cinco sensores RFID instalados em cada um dos estados da Região Sudeste, onde neste estudo, se áudio-descreve as características econômicas, populacionais e territoriais, mais a Rosa dos Ventos que se descreve a sua aplicação e suas funcionalidades e mais 46 sensores táteis que foram instalados nos símbolos táteis, proporcionando a união dos sentidos, garantindo uma maior qualidade e autonomia aos estudos dos discentes com deficiência visual.

O Aluno Participante da pesquisa comentou que materiais didáticos que unem a audição e o tato são bem mais aceitos e possuem uma maior chance de melhor atendê-los, porque são estes sentidos que na falta da visão, necessitam de mais estimulação e a utilização simultânea da audição com o tato facilita em muito, principalmente, ao aluno que possui pouca sensibilidade no sentido do seu tato.

Avaliamos o mapa tátil através da participação de 03 Professores de Geografia e mais 10 Alunos com Deficiência Visual (Figura 5).



Figura 5. A avaliação do Mapa Tátil pelos Alunos com Deficiência Visual.

Numa média geral obtemos um nível de aprovação expressivo tanto dos Professores de Geografia quanto dos Alunos com deficiência visual. Conforme observado na figura 6.

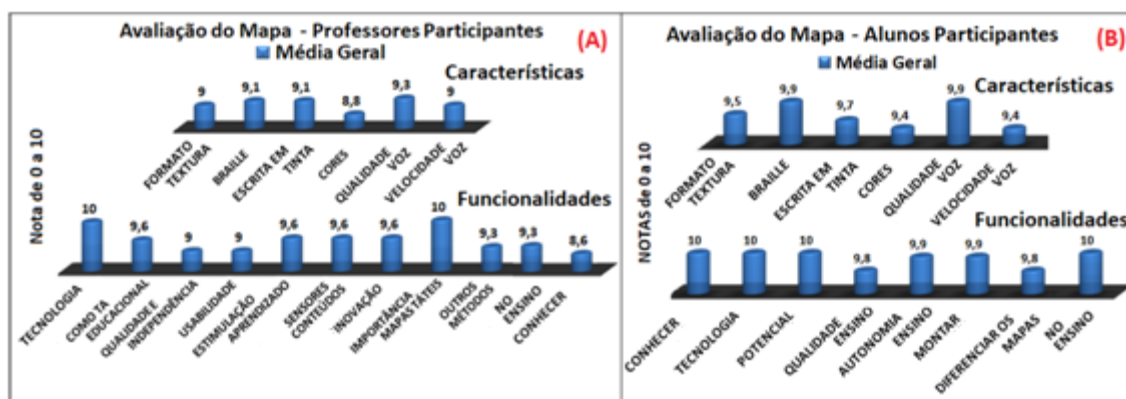


Figura 6. A Avaliação do Mapa Tátil: (A) Professores e (B) Alunos.

Os Professores de Geografia, figura 6A, avaliaram o mapa tátil em suas características, tais como: formato/textura, escrita Braille, escrita em tinta, cores, qualidade da voz, velocidade da voz e dos 270 pontos possíveis alcançamos 244,67 pontos com 90,6% de aprovação.

Nas funcionalidades do mapa tátil os professores avaliaram: o mapa no ensino da Geografia, a facilidade em conhecer o mapa, a tecnologia aplicada a esse mapa, o mapa como uma TA, a Qualidade e independência para o aluno, a usabilidade, a estimulação do aprendizado, os sensores e os conteúdos, o mapa como inovação para os estudos da Região Sudeste, a importância dos mapas táteis para a deficiência visual, o mapa e a sua proposta frente aos outros métodos, num total de 110 pontos possíveis, obtivemos 104 pontos alcançando 94,54% de aprovação.

Já os Alunos com deficiência Visual, figura 6B, avaliaram as características do mapa em seu formato e a sua textura, a sua escrita em Braille, a sua escrita em tinta, as suas cores, a qualidade da voz e a velocidade da voz, somando um total de 270 pontos possíveis, pontuamos 261,97 pontos com um percentual de 97% de aprovação.

No quesito das Funcionalidades do mapa de conhecer o mapa tátil, o mapa no ensino da Região Sudeste, a facilidade em conhecer o mapa tátil, a sua tecnologia, o seu potencial, a qualidade de ensino, autonomia para o ensino, a facilidade em montar o mapa e a facilidade em diferenciar cada mapa tátil, formam 8 perguntas, 80 pontos possíveis, pontuamos 79,4 pontos, tendo um índice de aprovação de 99,25%.

#### **4. Considerações Finais**

O produto desenvolvido foi registrado como um material didático junto a Fundação da Biblioteca Nacional sob o registro: 781.623, livro: 1.517, folha: 350 em 30/07/2018.

Em atendimento aos preceitos éticos e por envolver pessoas como participantes, a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética na Pesquisa da UFF, via Plataforma Brasil, sendo analisada e aprovada, dia 29 de setembro de 2017, sob o número 2.304.803.

O Mapa Tátil foi apontado pelos professores e alunos como uma ferramenta educacional com potenciais em suas características e funcionalidades que são dotados por projetos inclusivos que possuem designs universais, pois este mapa tem condições de serem utilizados por todos, alunos ouvintes com deficiência visuais ou não.

Apresentamos uma proposta de Tecnologia Assistiva muito flexível para os professores que podem modificar/atualizar os conteúdos do Mapa Tátil sempre que julgarem necessário, assim, o mapa se mantém atualizado e disponível para melhor atender aos discentes em seus estudos acadêmicos.

A Prototipagem Evolutiva permite a construção de recursos/materiais educacionais mais democráticos e inclusivos, pois proporcionaram tanto ao Professor de Geografia Participante, quanto ao Aluno com deficiência visual serem protagonistas no processo de criação e desenvolvimento de um produto que serão utilizados por eles.

Constatamos que a Computação Embarcada adicionou funcionalidades específicas ao sistema, permitindo uma maior portabilidade e usabilidade aos seus usuários, pois eles nem perceberem a existência de um computador plugado ao sistema.

Na pesquisa, a plataforma Arduíno teve condições técnicas de atender as expectativas de um hardware para o projeto, vencendo as barreiras no propósito de

incluir as pessoas com deficiência visual no ensino e nos estudos do mapa político da Região Sudeste do Brasil. Esse fato comprova a eficácia no uso desta Plataforma como uma opção positiva para o desenvolvimento de projetos inclusivos.

Os conceitos da IdC em conjunto com a sua rede de sensores conseguiram com todo esse aparato tecnológico, unir os sentidos da audição e do tato de forma simultânea, permitindo ao aluno com deficiência visual uma maior autonomia e independência em seus estudos.

A qualidade foi entregue ao aluno, através da pesquisa, quando provamos ser possível adicionar um imenso conteúdo sobre a Região Sudeste e fazê-lo estudá-lo no seu tempo, dando-lhe uma maior autonomia em repeti-lo por quantas vezes forem necessário ao seu entendimento pleno do conteúdo.

A Computação Embarcada, a Plataforma Arduíno e a Internet das Coisas, Além da metodologia da Prototipagem Evolutiva, são importantes ferramentas para construção de Tecnologias Assistivas, pois entregaram aos mapas táteis características e funcionalidades que venceram barreiras impostas pela deficiência visual, atendendo as pessoas com deficiência visual no seu processo de ensino e aprendizagem.

## Referências

- Brasil. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. “Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional”. Diário Oficial da União. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). Acesso em: 05 de março, 2017.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015. “Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)”. Diário Oficial da União, [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm). Acesso em: 05 de janeiro, 2017.
- Fernandes, S.H.A.A. (2011) “Relações entre o “visto” e o “sabido”: as representações de formas tridimensionais feitas por alunos cegos”. Revista Ibero americana de Educação Matemática, n.26, p.137-151, [http://www.fisem.org/www/union/revistas/2011/26/archivo\\_14\\_de\\_volumen\\_26.pdf](http://www.fisem.org/www/union/revistas/2011/26/archivo_14_de_volumen_26.pdf). Acesso em: 06 de janeiro, 2017.
- Ferreira, Alessandra Teles Sirvinskas *et al.* (2018) “Donnai Barrow Syndrome: A Case Study in the School Environment”. Creative Education, v. 9, n. 01, p. 56-66, [http://file.scirp.org/Html/5-6303786\\_82214.htm](http://file.scirp.org/Html/5-6303786_82214.htm). Acesso em: 05 de fevereiro, 2018.
- Kastrup, Virgínia. (2007) “A invenção na ponta dos dedos: a reversão da atenção em pessoas com deficiência visual”. Psicol. rev., Belo Horizonte, v.13, n. 1, p. 69-90, <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/per/v13n1/v13n1a05.pdf>. Acesso em: 10 de maio, 2017.
- Silva Júnior, Elias dos Santos. (2018) “A Internet das Coisas e a Plataforma Arduíno como Computação Embarcada em Mapas Táteis: Uma avaliação dessa Tecnologia Assistiva para o ensino das pessoas ouvintes com deficiência visual.”. Dissertação (Curso de Mestrado Profissional em Diversidade e Inclusão - CMPDI) Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense.