



Ferramentas tecnológicas voltadas à acessibilidade educacional de estudantes com deficiência visual, auditiva e intelectual

Technological tools aimed at educational accessibility for students with visual, auditory and intellectual impairment

Karolina Nunes Tolentino Costa, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC

Milton José Cinelli, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC

Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC

Bruno Cavalheiro Bertagnolli, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC

Resumo

A valorização e o reconhecimento das diferenças humanas vêm contribuindo para a construção de um novo paradigma no sistema educacional, que busca atualmente empregar a tecnologia como ferramenta de apoio para minimizar as dificuldades dos estudantes e potencializar suas capacidades de aprendizagem. Neste sentido, o objetivo do presente artigo consiste na construção de uma Revisão Sistemática da Literatura, que propõe investigar, compreender e evidenciar, sob um ponto de vista crítico, o atual estado do conhecimento sobre o desenvolvimento de recursos tecnológicos de acessibilidade para estudantes com deficiência visual, auditiva e intelectual. Utiliza-se, portanto, o método proposto por Kitchenham e Charters (2007), que sugere o desdobramento da pesquisa em três etapas: Planejamento, Condução e Relatório. Os resultados apontam para avanços promissores na área da tecnologia ao redor do mundo, como por exemplo o uso da eletrostática em telas *touchscreen*, de toques multimodais e de sonificação interativa em dispositivos móveis. Os dados obtidos podem auxiliar o desenvolvimento de novas pesquisas em torno deste eixo temático, ampliando as possibilidades de gerar soluções ainda melhores no segmento na inclusão educacional. modelo de referência para elaboração do artigo por estar previamente formatado.

Palavras-chave: tecnologias assistivas; educação; design; interação humano-computador

Abstract

The appreciation and recognition of human differences have contributed to the construction of a new paradigm in the educational system, which currently seeks to use technology as a support tool to minimize student's difficulties and enhance their learning ability. In this sense, the purpose of this articles to build a Systematic Literature Review, which proposes to investigate, understand and evidence, from a critical point of view, the current state of knowledge about the development of accessibility multimedia resources for students with visual, auditory and intellectual impairment. Therefore, the method proposed by Kitchenham and Charters (2007) is used, which suggests the development of the research in three stages: Planning, Conduction and Reporting. The results point to promising advances in the technology area around the world, such as the use of electrostatics on touchscreens, multimodal touch and interactive sonication on mobile devices. The data obtained can assist the development of new research around this thematic axis, expanding the possibilities of generating even better solutions in the field of inclusive education.



Keywords: assistive technologies; education; design; human-computer interaction

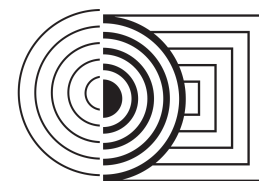
1. Introdução

A modernização das tecnologias educacionais vem introduzindo nos últimos anos novas possibilidades de ensino e aprendizado. Estes artefatos, que atualmente encontram-se em constante processo de desenvolvimento, teste e implementação, vêm promovendo, dentre outras finalidades, a ampliação de abordagens pedagógicas inovadoras que minimizam as dificuldades encontradas por estudantes com deficiências. Devido a limitações sensoriais, cognitivas ou físicas, algumas pessoas são impossibilitadas de acessar os recursos de *hardware* ou *software* que o mundo digital oferece (HOGETOP; SANTAROSA, 2002). Este cenário configura uma realidade para inúmeros estudantes que possuem fatores limitantes de aprendizagem, como deficiências visuais, auditivas e intelectuais, e necessitam de recursos de acessibilidade que garantam sua inclusão e desenvolvimento no processo educacional.

A educação é um direito da pessoa com deficiência, assegurando sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades (BRASIL, 2015). Isso significa que a educação inclusiva vai além de espaços arquitetônicos projetados nas escolas para acesso à cadeirantes. Torna-se cada vez mais necessário pensar em novas formas de aprimorar a assimilação cognitiva, o desempenho comunicativo e interativo e a capacidade de acompanhar os conteúdos lecionados em sala de aula, seja por meio de apostilas impressas, aulas expositivas, aulas orais ou plataformas digitais de educação.

Um aspecto positivo que acompanha as recentes mudanças sociais é a propagação de informações a respeito das diversas categorias de deficiências existentes, congênitas e adquiridas, e o esclarecimento sobre as condições de vida das pessoas deficientes, suas necessidades sociais, perspectivas emocionais e expectativas pessoais. Este panorama, colabora para que o respeito e a inclusão sejam integrados na área da educação e para que a dignidade de qualquer aluno seja preservada acima de tudo. Nesta perspectiva, os autores Silva e Oliveira (2018) afirmam que: [...] “na medida em que a sociedade amplia o olhar para o acolhimento das diferenças que caracterizam a condição humana, abrem-se novas possibilidades de considerá-las nas formas de organização dos espaços de convivência social” (SILVA; OLIVEIRA, 2018, p. 58). De acordo com Wellichan e Souza (2017), independente do transtorno ou limitação que o estudante apresente, “o incentivo à convivência, a atenção e estímulo ao desenvolvimento do aluno e os cuidados na comunicação (clareza e objetividade) contribuem para que o aluno se sinta parte do ambiente e se desenvolva” (WELICHAN; SOUZA, 2017, p. 152).

Pensando nisso, o presente estudo concentra seus esforços em investigar as recentes descobertas tecnológicas/ferramentas digitais (*softwares* e aplicativos), projetados para aumentar o potencial de aprendizagem de alunos com deficiências visuais, auditivas e intelectuais. Desta forma, realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura, que consiste em



pesquisar e reunir estudos relevantes sobre uma determinada questão elaborada, utilizando bancos de dados que congregam e disponibilizam diferentes fontes científicas.

2. Fundamentação teórica

Desde os primeiros registros da história humana e no decorrer da caminhada evolutiva da civilização, busca-se desenvolver e aprimorar apetrechos, ferramentas e utensílios que tragam, em determinado aspecto, melhorias e resoluções para problemas enfrentados no cotidiano. Na dimensão inclusiva, este desenvolvimento ganha força, concretude e regulamentações legais tardiamente. “A história das pessoas com deficiência no Brasil evoluiu no século XIX, com a educação especial de cegos e de surdos em internatos, como na Europa” (MAIOR, 2015, p.1), ainda de acordo com a autora, posteriormente, no início do século XX, foram inauguradas escolas especiais para crianças com deficiências intelectuais, em redes de ensino alheias ao ensino público, devido à omissão do Estado e a falta de políticas públicas destinadas à acessibilidade no setor educacional. Já as pessoas com deficiência física estavam inseridas na área da saúde, “em centros de reabilitação, mantidos por iniciativa não governamental” (MAIOR, 2015, p.1). Estes centros, se estabelecem a partir da epidemia de poliomielite entre os anos 1950 e 1960, adotando terapias instituídas após a da II Guerra Mundial (MAIOR, 2015).

“Sendo a acessibilidade o ensejo para a cidadania, busca-se corrigir um equívoco histórico que impedia essas populações ao alcance dos bens e serviços comuns a todos os indivíduos (RODRIGUES; ARAÚJO; MARCON, 2020, p. 37328)”. Neste sentido, o governo federal brasileiro lança em 2011 o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência, denominado “Viver Sem Limite”, que garante direitos e oportunidades à portadores de deficiência, na área da saúde, educação, inclusão social e acessibilidade. Uma das ações do Plano incluiu a inauguração do Centro Nacional de Referência em Tecnologia Assistiva (CNRTA), que tem como propósito principal orientar núcleos de pesquisa das universidades federais voltados ao desenvolvimento de Tecnologias Assistivas, visando a ampliação e circulação destes produtos tecnológicos no país.

De acordo com Cook e Hussey (2007), as TAs (Tecnologias Assistivas) compreendem uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para melhorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiência (COOK; HUSSEY, 2007). Para Rodrigues, Araújo e Marcon (2020), compreende-se as Tecnologias Assistivas como “os pisos táteis, os sistemas de interfaces adaptativos de voz e de comunicação alternativa/aumentativa, bem como cadeiras de rodas motorizadas entre outros aparatos” (RODRIGUES; ARAÚJO; MARCON, 2020, p. 37328).

“No campo educacional, espaços como Salas de Recursos Multifuncionais, previstos na legislação, são os espaços que concentram a TA como apoio à inclusão, como forma de garantir à pessoa com deficiência acesso a recursos que maximizem sua autonomia” (SARDAGNA; OLIVEIRA, 2018, p. 7). Estes espaços fornecem equipamentos mobiliários, materiais didáticos, e equipamentos de informática nas escolas públicas para alunos com necessidades especiais. É



nesta dimensão da informática e da computação que a pesquisa ancora o seu propósito de investigação, pois por meio da Revisão Sistemática de Literatura pôde-se compreender o atual estado de desenvolvimento de pesquisas que buscam criar recursos de acessibilidade para que alunos com necessidades especiais possam explorar cada vez mais seus potenciais de aprendizagem por meio de instrumentos digitais.

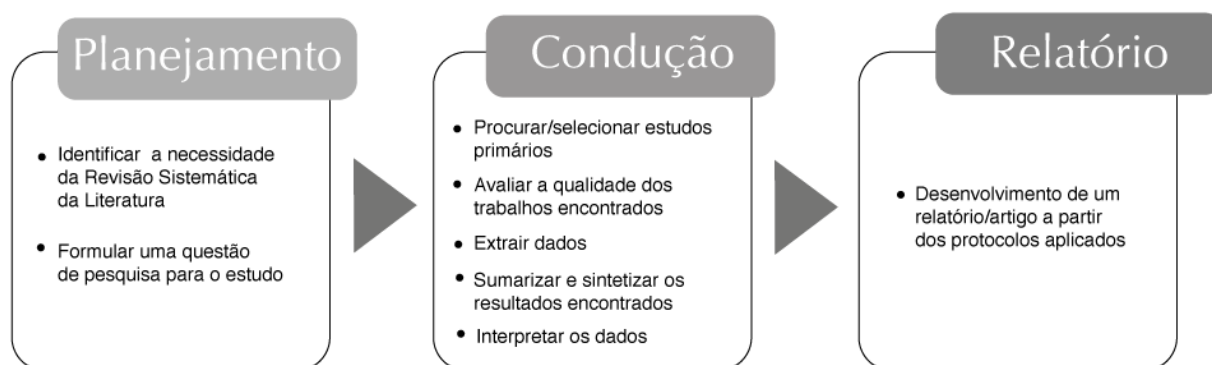
Os recursos de acessibilidade ao computador correspondem ao conjunto de *hardware* e *software* projetados especialmente para tornar o computador acessível a pessoas com limitações sensoriais, motoras e intelectuais. Conforme elucidado por Carvalho et al (2016), este conjunto de equipamentos incluem “dispositivos de entrada (mouses, teclados e acionadores diferenciados) e dispositivos de saída (sons, imagens, informações táteis)” (CARVALHO et al., 2016, p. 66). Cabe ressaltar, portanto, que os resultados encontrados na pesquisa destacam diferentes dispositivos de entrada e de saída, sendo eles: *softwares*, *tablets*, ferramentas multimídia, aplicativos *mobile*, e ainda, plataformas de aprendizagem inclusivas.

3. Método

Trata-se de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), realizada a nível de doutorado, que identifica, coleta, e avalia criticamente dados de pesquisas científicas sobre um determinado assunto, a partir de uma pergunta norteadora. Nesta perspectiva, a questão central, motivadora do presente estudo, consiste na seguinte interrogação: quais os recursos digitais de acessibilidade estão sendo desenvolvidos atualmente para aumentar o potencial de aprendizagem de estudantes portadores de deficiências visuais, auditivas e intelectuais?

Para encontrar as respostas referente à pergunta, o estudo seguiu o método de pesquisa proposto por Kitchenham e Charters (2007), utilizando o modelo de protocolo de Revisão Sistemática de Literatura estabelecido pelos autores. De acordo com as diretrizes apresentadas pelo método, as atividades a serem realizadas agrupam-se em três etapas: (i) planejamento, (ii) condução e (iii) relatório. A Figura 1, apresentada a seguir, expressa visualmente a sequência e o detalhamento destas três fases.

Figura 1: Etapas do processo da Revisão Sistemática de Literatura.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020), baseado em Kitchenham e Charters (2007).

As atividades do método foram sequencialmente realizadas. A busca sistemática ocorreu em 15/10/2020, se utilizando do “Portal de Periódicos Capes” como fonte de consulta. Esta plataforma online consiste em uma biblioteca virtual que disponibiliza artigos, livros, teses e dissertações de produções nacionais e internacionais em diferentes áreas de conhecimento. As bases de dados consultadas por meio do portal foram *Web of Science*, *Scopus* e *Technology Research Database*. O refinamento e seleção dos trabalhos encontrados se deu por meio da leitura dos títulos, sucedida da leitura dos resumos, e ainda, da avaliação da relevância científica do periódico no qual o artigo foi publicado, analisando o seu prestígio e importância por meio do Fator de Impacto, consultado na base de indicadores bibliométricos e periódicos “*JCR - Journal Citations Report*”, e o do índice H, consultado na base “*SCImago Journal Rank*”.

Os filtros aplicados durante as buscas correspondem à critérios de inclusão e exclusão, os quais foram definidos para esta RSL da seguinte forma: somente periódicos revisados por pares, somente artigos, somente publicações realizadas nos últimos 5 anos, entre 2016 e 2020.

As buscas segmentaram-se em três categorias, primeiramente foram direcionadas aos recursos de acessibilidade para estudantes com deficiência visual, à posteriori, para estudantes com deficiência auditiva e por último para estudantes com deficiência intelectual. Desta forma, descreve-se a seguir o detalhamento dos dados obtidos em cada uma das pesquisas.

▪ Recursos de Acessibilidade para Estudantes com Deficiência Visual

Nesta primeira etapa da busca foram inseridas as *strings*: “*Visually Impaired Students Device*” na língua inglesa para ampliar a janela de resultados. A busca retornou 769 títulos, dos quais 17 foram selecionados. Após a leitura dos resumos resultaram 8 estudos, e após a avaliação da relevância do periódico, permaneceram 4 estudos, sendo estes os definitivos. Após a tabulação dos dados obtidos na primeira etapa, a pesquisa foi direcionada aos recursos voltados à deficiência auditiva, focando nos instrumentos de acessibilidade desenvolvidos para melhorar a qualidade de vida dos estudantes portadores desta deficiência.



- Recursos de Acessibilidade para Estudantes com Deficiência Auditiva

Nesta categoria, as *strings* inseridas no campo de busca correspondem a: “*Hearing Impaired Students Device*”. Foram encontrados 645 resultados gerais, dos quais 12 títulos foram selecionados, 7 permaneceram após a leitura dos resumos e 3 estudos se estabeleceram como estudos definitivos após a avaliação de qualidade dos periódicos. A última etapa da busca sistemática consistiu em investigar os recursos de acessibilidade para estudantes com deficiência visual. Neste contexto, também foram encontrados resultados relevantes, conforme descreve-se a seguir.

- Recursos de Acessibilidade para Estudantes com Deficiência Intelectual

As *strings* desta categoria de busca corresponderam a: “*Intellectual Disability Students Devices*”, e retornaram um total de 960 documentos. Após a seleção dos títulos, que resultou em 14 estudos, foram selecionados posteriormente 5 estudos, os quais passaram por uma avaliação de qualidade dos periódicos. Desta forma, considerou-se que dois periódicos não atendiam aos requisitos de qualidade necessários, totalizando assim 3 estudos finais nesta etapa. Deste modo, esta Revisão Sistemática da Literatura encontrou 10 estudos relevantes após seguir os protocolos definidos para a pesquisa. No tópico subsequente, são apresentadas as particularidades dos documentos selecionados, bem como discussões relativas aos resultados encontrados.

4. Resultados e discussões

Os artigos encontrados são hegemonicamente de origem internacional. Os países correspondentes às publicações são: Estados Unidos, Inglaterra, Suíça, Áustria, Alemanha e Paquistão. Já as linhas de pesquisa de interesse dos periódicos segmentam-se em: Interação Humano-Computador, Tecnologia, Psicologia, Educação e Saúde. O Quadro 1 apresenta os resultados da RSL, evidenciando as singularidades de cada estudo no que se refere ao título, periódico, país e ano de publicação.

Quadro 1: Resultado da Revisão Sistemática de Literatura.

Cód.	Título Deficiência Visual	Periódico	País	Ano
1	<i>A user-centered design and analysis of an electrostatic haptic touchscreen system for students with visual impairments</i>	<i>International Journal of Human-Computer Studies</i>	Estados Unidos	2018
2	<i>Interactive sonification of images in serious games as an education aid for visually impaired children</i>	<i>British Journal of Educational Technology</i>	Inglaterra	2020
3	<i>Speech to speech interaction system using Multimedia Tools and Partially observable Markov Decision Process for visually impaired students</i>	<i>Multimed Tools and Applications</i>	Suíça	2020
4	<i>The comprehension of stem graphics via a multisensory tablet electronic device by students with visual impairments</i>	<i>Journal of Visual Impairment & Blindness</i>	Estados Unidos	2019
Cód.	Título Deficiência Auditiva	Periódico	País	Ano



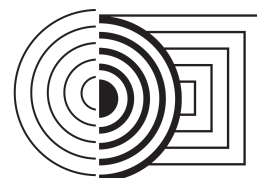
5	<i>A study of using smart book to enhance communication ability for hearing-impaired students</i>	<i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i>	Alemanha	2018
6	<i>Enabling profound hearing-impaired children to articulate words using lip-reading through software application</i>	<i>Journal of Pakistan Medical Association</i>	Paquistão	2018
7	<i>Virtual lab to develop achievement in electronic circuits for hearing-impaired students</i>	<i>Education and Information Technologies</i>	Estados Unidos	2016
Cód.	Título Deficiência Intelectual	Periódico	País	Ano
8	<i>Evaluating a computer flash-card sight-word recognition intervention with self-determined response intervals in elementary students with intellectual disability</i>	<i>School Psychology Quarterly</i>	Estados Unidos	2017
9	<i>Systematic instruction of phonics skills using an Ipad for students with developmental disabilities who are AAC users</i>	<i>The Journal of Special Education</i>	Estados Unidos	2016
10	<i>Using the virtual – representational – abstract approach to support students with intellectual disability in mathematics</i>	<i>Focus on Autism and Other Developmental Disabilities</i>	Estados Unidos	2018

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

De acordo com a numeração correspondente a cada um dos estudos, descreve-se no Quadro 2 as características principais das pesquisas encontradas.

Quadro 2: Descrição dos estudos encontrado na Revisão Sistemática de Literatura.

Cód.	Propósito do Estudo	Conclusão
1	Testar a usabilidade de um <i>software</i> desenvolvido pelos pesquisadores, que aplica eletrostática em níveis diferentes de tensão para produzir texturas em telas <i>touchscreen</i> . Estes efeitos, que se denominam “hápticos”, criam uma superfície condutiva para gerar atrito com o dedo do usuário. O objetivo consiste no auxílio da interpretação de gráficos matemáticos para estudantes com deficiência visual.	Houve melhoria da precisão dos participantes na localização de pontos hápticos na tela, demonstrando boa usabilidade do dispositivo e capacidade de desenvolver estratégias eficazes de exploração da tela. Este aspecto também evidenciou que o dispositivo é intuitivo para os usuários. Por fim, conclui-se que o dispositivo atende as necessidades de acessibilidade desejadas e estabelecidas por estudos anteriores, especialistas e educadores na área.
2	Testar a usabilidade do aplicativo de sonificação interativa de imagens, desenvolvido pelos pesquisadores, para o uso de dispositivos educacionais móveis na educação de crianças com deficiência visual no ensino fundamental. O artigo propõe novos algoritmos de sonificação que convertem imagens coloridas e em tons de cinza em som.	A funcionalidade interativa do algoritmo de sonificação permitiu que os participantes explorassem as imagens e figuras geométricas com um alto nível de controle. O estudo revelou que a eficiência do método para analisar funções matemáticas básicas depende fortemente das habilidades individuais das crianças com deficiência visual. Os autores preveem que a principal aplicação da ferramenta será no ensino da geometria, alguns ramos de jogos, biologia e geografia.
3	Testar um sistema de interação de fala desenvolvido pelos pesquisadores. A interação de diálogo ocorre por meio da combinação de ferramentas Multimídia e Processo de Decisão Markov Parcialmente Observável (POMDP). O objetivo consiste em ajudar alunos com deficiência visual a utilizarem computadores e compreenderem conceitos computacionais quando os mesmos são solicitados por professores a realizarem atividades no computador.	Os resultados experimentais comprovaram o bom desempenho do POMDP como sistema de gestão de diálogo para alunos com deficiência visual. O sistema proposto ajuda alunos com deficiência visual a aprender facilmente usando um novo diálogo. O sistema minimiza a necessidade do aluno de solicitar ajuda de outra pessoa para compreender as funções do computador, promovendo assim autonomia e independência.



Cód.	Propósito do Estudo	Conclusão
4	Investigar a eficácia de telas com toque multimodal que emitem vibrações e sons em dispositivos móveis (<i>tablets</i>) para auxiliar indivíduos com deficiência visual a identificar e interpretar gráficos de ciências, tecnologia, engenharia e matemática. O estudo compara o recurso multimídia com o método tradicional em alto relevo (braile).	Os resultados demonstram que os <i>tablets</i> com tela de toque multimodal podem ser comparados aos gráficos em relevo (braile) de forma equivalente, independente da gravidade da deficiência. A equivalência das respostas entre os participantes que utilizaram o <i>tablet</i> e o braile demonstra um resultado positivo para a ferramenta, visto que a maioria dos alunos eram leitores de braile e foram apresentados ao <i>tablet</i> no dia do teste.
5	Investigar a usabilidade de um aplicativo <i>Android</i> , desenvolvido pelos pesquisadores, para ampliar a capacidade de comunicação de alunos com deficiência auditiva. O aplicativo para <i>smartphone</i> é uma ferramenta desenvolvida para aumentar potencial de aprendizagem dos alunos. O <i>app</i> utiliza recursos de animação, mídias sociais e linguagem de sinais.	O estudo apontou um baixo grau de complexidade de uso do aplicativo e um alto grau de compreensão por parte dos alunos. A categorização das informações no <i>app</i> tornou o conteúdo conciso e organizado, e o uso de imagens facilitou o entendimento. Os resultados confirmam a boa usabilidade da ferramenta e a sua notória característica de facilitar a comunicação dos estudantes no dia a dia escolar.
6	Testar um <i>software</i> , desenvolvido pelos pesquisadores, para leitura labial e articulação de palavras. O objetivo do estudo consiste em mitigar as barreiras de comunicação de crianças (estudantes) com deficiência auditiva profunda, ampliando sua capacidade de leitura labial e articulação de palavras.	Todos os participantes relataram um melhor desempenho na articulação de palavras. Conclui-se que após a experimentação, a articulação de palavras por parte de crianças com deficiência auditiva profunda demonstra-se compreensível para ouvintes inexperientes/leigos.
7	Relatar e discutir a utilização de um Laboratório Virtual para o desenvolvimento de desempenho em circuitos eletrônicos para alunos com deficiência auditiva.	Os resultados revelaram claramente a eficácia do Laboratório Virtual na melhoria dos alunos (habilidades práticas) no que diz respeito ao manuseio de circuitos eletrônicos.
8	Avaliar a eficácia de um <i>software</i> de computador desenvolvido pelos pesquisadores, que se utiliza <i>flashcards</i> (cartões de memorização) para auxiliar estudantes com deficiência intelectual no reconhecimento de palavras-visuais.	O estudo demonstra que além de melhorar as habilidades acadêmicas, o sistema estudado também oferece mecanismos que podem promover a autonomia de alunos com deficiência intelectual em diferentes âmbitos da vida.
9	Testar um programa de instruções sistemáticas, que se baseia no uso da fonética, para auxiliar a alfabetização de alunos com deficiência intelectual que não podem participar verbalmente do ensino de fonética tradicional devido ao uso de Comunicação Aumentativa e Assistiva (ACC). O método de instruções, desenvolvido pelos pesquisadores, se utiliza de recursos multimídia (<i>tablets</i>) e determinados <i>softwares</i> para operar suas funções.	Os resultados indicam que alunos com deficiência intelectual, atraso de desenvolvimento ou transtorno do espectro autista que usam AAC, se beneficiam com a utilização diária de instruções sistemáticas baseadas na fonética. Por meio de <i>tablets</i> , os alunos podem produzir e manipular fonemas, bem como identificar sons, palavras e imagens. Constata-se que por meio da ferramenta os alunos podem adquirir as habilidades necessárias para ler e compreender textos.
10	Explorar a eficácia de uma sequência instrucional denominada " <i>Virtual-Representational-Abstract</i> " (VRA). Esta ferramenta se utiliza de dispositivos digitais (<i>tablets</i>) para auxiliar na aprendizagem da matemática por alunos com deficiência intelectual leve do ensino médio.	Os resultados sugerem que a sequência instrucional VRA é uma opção viável para auxiliar alunos do ensino médio com deficiência intelectual leve no aprendizado matemático. Algumas limitações de uso foram detectadas, sugerindo que mais testes sejam realizados para validar a eficácia da ferramenta.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Após a leitura e a interpretação de cada estudo, observa-se que os autores destacam a importância do Design Centrado no Usuário para a construção de uma ferramenta digital. Na totalidade das pesquisas selecionadas foram recrutados participantes - estudantes e/ou educadores - para realizar testes de usabilidade nos recursos multimídia apresentados. Invariavelmente, foram priorizadas as análises de interação entre os dispositivos e os seres humanos, levando em consideração suas percepções e níveis de satisfação com uso do produto. As métricas de avaliação de usabilidade se pautaram na aceitação, adaptação, facilidade de



manuseio, facilidade de aprendizagem, conforto e eficácia dos dispositivos pelo público alvo de usuários.

No que tange os métodos aplicados, estes se diversificam, e atendem ao rigor científico solicitado em pesquisas deste segmento. Foram conduzidos testes empíricos, como observações e monitoramento em ambiente parcialmente controlado, entrevistas, questionários, simulações e lista de atividades. Na análise e tratamento dos dados foram utilizados mapas de calor, cálculos matemáticos e métodos estatísticos.

Os estudos que evidenciam recursos de acessibilidade para estudantes com deficiência visual foram encontrados com maior facilidade nas bases de dados, ao passo que os estudos relativos às deficiências auditivas e intelectuais demonstraram-se menos volumosos e exigiram maior tempo de leitura e filtragem para a seleção dos artigos.

Estas circunstâncias podem indicar que as soluções tecnológicas para o auxílio da deficiência visual no setor educacional estão evoluindo com maior velocidade se comparadas com as outras deficiências. Observa-se também, a partir dos resultados desta RSL, uma tendência por parte dos pesquisadores em focar no desenvolvimento de ferramentas que amparam estudantes nas disciplinas de ciências exatas, auxiliando na resolução de problemas matemáticos e na interpretação de gráficos. No entanto, outras áreas de conhecimento são mencionadas e exploradas nos estudos, Língua Portuguesa, Informática, Biologia, Geografia, Eletrônica e *Games*. O público alvo da pesquisa se estabelece entre alunos do ensino fundamental, médio e universitário.

Os autores dos trabalhos salientam as dificuldades encontradas atualmente na área da educação no tocante ao desenvolvimento de alunos com deficiências dentro e fora das salas de aula. Apesar de muitos recursos inclusivos já estarem implementados na programação educacional das instituições de ensino, apura-se a necessidade de buscar constantes melhorias e de promover estudos científicos a favor de novas descobertas, a fim de proporcionar mais autonomia e diversificar as opções de aprendizagem para estes estudantes.

5. Considerações finais

Os resultados encontrados na Revisão Sistemática da Literatura demonstraram-se suficientes para responder à questão central da pesquisa, indicando que diferentes pesquisas (ao menos 10) estão sendo desenvolvidas na comunidade científica global. Os estudos encontrados utilizam ferramentas digitais, *tablets*, *smartphones* e computadores para possibilitar que a tecnologia proporcione novos artifícios de aprendizagem aos alunos com necessidades especiais.

O desenvolvimento de recursos inclusivos no segmento das deficiências visuais apresentou diferentes soluções, sugerindo o uso de: eletrostática para produzir texturas na tela por meio de diferentes níveis de tensão; sonificação interativa de imagens, que converte imagens em preto e branco/coloridas em sons; sistema de interação de diálogo, que utiliza “Processo de Decisão



Markov Parcialmente Observável”, e por fim, telas com toque multimodal, que exploram vibrações no display para o auxílio da interpretação de gráficos.

Já os estudos focados nas deficiências auditivas propõem a utilização das seguintes ferramentas: aplicativo que disponibiliza animações, vídeos, linguagem de sinais e interação com redes sociais para favorecer a capacidade de comunicação do aluno; *software* de leitura labial para ampliar a capacidade de articulação de palavras, e também uma plataforma para laboratório virtual que busca promover o aprendizado e desenvolvimento de circuitos eletrônicos para estudantes universitários.

Por último, os estudos direcionados para deficiências intelectuais apontam para a utilização de três instrumentos: um *software* que utiliza *flashcards* para o reconhecimento de palavras-visuais; um programa de instruções sistemáticas que se baseia na fonética para facilitar a alfabetização, e uma sequência de instruções denominada “*Virtual-Representational-Abstract*”, que objetiva auxiliar o aprendizado da Matemática por meio de dispositivos móveis (*tablets*).

Os estudos encontrados validaram a eficácia de todos os recursos desenvolvidos e testados pelos pesquisadores, apontando mínimos aspectos que ainda necessitam de investigações em níveis mais aprofundados de observação e interpretação de resultados para a obtenção de conclusões mais robustas. As descobertas realizadas por meio da Revisão Sistemática de Literatura apontam para um cenário tecnológico promissor no setor da inclusão educacional, que vem elaborando e explorando soluções técnico-pedagógicas cada vez mais alinhadas com o progresso digital.

Ficou evidente a importância do reconhecimento das necessidades e requisitos dos usuários durante o uso das ferramentas, principalmente no que corresponde ao uso de interfaces gráficas. Assim sendo, conclui-se que o presente estudo apresentou contribuições nas áreas de Tecnologias Assistivas, Interação Humano-Computador, Design e Educação. Destaca-se que diferentes recursos de acessibilidade estão sendo desenvolvidos especificamente para reduzir dificuldades e ampliar habilidades estudantis de pessoas com deficiências. Recomenda-se o apoio da comunidade científica, de desenvolvedores *web*, e de instituições de ensino para explorar, aperfeiçoar, difundir e implementar estas novas descobertas tecnológicas, a fim de otimizar o processo educacional e consequentemente, melhorar o nível de aproveitamento escolar deste grupo de estudantes.

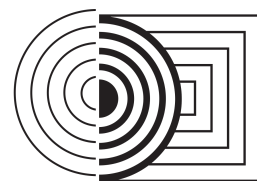
Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.



6. Referências Bibliográficas

- AHLGRIM-DELZELL, Lynn *et al.* *Systematic Instruction of Phonics Skills Using an iPad for Students with Developmental Disabilities who are AAC Users. The Journal of Special Education*, [S.L.], v. 50, n. 2, p. 86-97, 2015.
- BALADOH, S. M.; ELGAMAL, A. F.; ABAS, H. A. *Virtual Lab to Develop Achievement in Electronic Circuits for Hearing-Impaired Students. Education and Information Technologies*, [S.L.], v. 22, n. 5, p. 2071-2085, 2016.
- BOUCK, Emily C. *et al.* *Using the Virtual–Representational–Abstract Approach to Support Students with Intellectual Disability in Mathematics. Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 237-248, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. **Censo da Educação Básica**, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. **Política Nacional de Saúde da Pessoa Portadora de Deficiência**. Brasília, 2008.
- BRASIL. Ministério Público do Trabalho - Procuradoria Regional do Trabalho da 17^a Região. **Lei Brasileira de Inclusão**. Vitória/ES. 2015.
- BATEMAN, Amelia *et al.* *A User-Centered Design and Analysis of an Electrostatic Haptic Touchscreen System for Students with Visual Impairments. International Journal of Human-Computer Studies*, College Park, v. 109, p. 102-111, 2017.
- CARVALHO *et al.* *Tecnologias Assistivas Aplicadas a Deficiência Visual: Recursos Presentes no Cotidiano Escolar e na Vida Diária e Prática. Educere - Revista da Educação*, Umuarama, v. 16, n. 1, 2016, p. 66.
- CAZZELL, Samantha *et al.* *Evaluating a Computer Flash-Card Sight-Word Recognition Intervention with Self-Determined Response Intervals in Elementary Students with Intellectual Disability. School Psychology Quarterly*, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 367-378, set. 2017. American Psychological Association (APA).
- COOK, A. M.; HUSSEY, S. M. **Assistive Technologies: principles and practice**. 2 ed. St. Louis, Missouri: Mosby Inc, 2007.
- HAHN, Michael E.; MUELLER, Corrine M.; GORLEWICZ, Jenna L. *The Comprehension of STEM Graphics via a Multisensory Tablet Electronic Device by Students with Visual Impairments. Journal of Visual Impairment & Blindness*, [S.L.], v. 113, n. 5, p. 404-418, set. 2019.
- HOGETOP, Luiza; SANTAROSA, Lucila. *Tecnologias adaptiva/assistiva informáticas na educação especial: viabilizando a acessibilidade ao potencial individual. Revista de Informática na Educação: Teoria, Prática* – Porto Alegre, vol. 5, nº 2 (novembro de 2002), p. 103-117.



KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. **Technical Report EBSE 2007-001**, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

LOKESH, S. et al. *Speech to Speech Interaction System Using Multimedia Tools and Partially Observable Markov Decision Process for Visually Impaired Students*. **Multimedia Tools and Applications**, [S.L.], v. 79, n. 7-8, p. 5023-5042, 2018.

MAIOR, Izabel. **Breve Trajetória Histórica do Movimento das Pessoas com Deficiência**. 2015.

MINGSIRITHAM, Kemmanat; CHANYAWUDHIWAN, Gan. *A Study of Using Smart Book to Enhance Communication Ability for Hearing-Impaired Students*. **International Journal of Emerging Technologies in Learning (Ijet)**, [S.L.], v. 13, n. 12, p. 99-108, 2018.

RADECKI, Andrzej et al. *Interactive Sonification of Images in Serious Games as an Education Aid for Visually Impaired Children*. **British Journal of Educational Technology**, [S.L.], v. 51, n. 2, 2019.

RODRIGUES, Olira Saraiva.; ARAÚJO, Cláudia Helena dos Santos.; MARCON, Mary Aurora da Costa. *Acessibilidade e Tecnologias Assistivas: Sentidos da Educação*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 37325-37333, 2020.

SARDAGNA, Helena Vanites., OLIVEIRA Sandra de. *Pesquisa e Produção de Tecnologia Assistiva: Promovendo Inclusão e Acessibilidade*. **Pleiade**, Foz do Iguaçu, v. 11, n. 21, p. 05-11, 2018, p. 7.

SHOAIB, L. et al. *Enabling Profound Hearing Impaired Children to Articulate Words Using Lip-Reading Through Software Application*. **Journal of Pakistan Medical Association**. 2018.

SILVA, Kele Cristina da; OLIVEIRA, Sandra Eli Sartoreto de. *A Visão de Universitários com Deficiência sobre Acessibilidade no Ensino Superior. Perspectivas em Diálogo*: **Revista de Educação e Sociedade**, Naviraí, v. 5, n. 9, p. 55-74, jun. 2018, p. 54.