



## O Uso de Laboratórios Virtuais por educandos com Deficiência Visual/ Cegos no Ensino de Ciências: Uma Revisão Sistemática de Literatura

Ricardo Daniell Prestes Jacaúna - UFRGS - ricardojacauna@gmail.com-  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0885-847X>

Miriam Garcia Müller- PPGIE - UFRGS - miriam.muller@canoasedu.rs.gov.br-  
<https://orcid.org/0000-0002-9885-4578>

Crediné Silva de Menezes - PPGIE - UFRGS - credine@gmail.com-  
<https://orcid.org/0000-0002-2709-7135>

**Resumo:** O uso de laboratórios virtuais de aprendizagem é cada vez mais adotado como uma ferramenta para apoiar as aprendizagens, por permitir que os sujeitos possam experimentar diversas situações que favoreçam seu desenvolvimento. Ao referirmos aos estudantes com deficiência visual e/ou cegueira, estas práticas tornam-se desafiadoras. Diante disso, apresentamos uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre o uso de Laboratórios Virtuais em aulas de ciências com a participação desses educandos. Foi utilizado o protocolo de RSL consolidado por Kitchenham (2004) como base metodológica. As informações e dados foram encontrados em periódicos científicos conforme os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos no protocolo de pesquisa. Localizamos 320 trabalhos, desses, 11 foram selecionados e analisados, de forma a responder as questões estabelecidas. Conclui-se que são incipientes as pesquisas sobre LV para apoiar o ensino de Ciências para o público considerado. **Palavras-Chave:** Laboratório Virtual, Deficientes Visuais e/ou Cegos, Ensino de Ciências.

### The Use of Virtual Laboratories by Visually Impaired/Blind Students in Science Teaching: A Systematic Literature Review

**Abstract:** The use of virtual learning laboratories is increasingly adopted as a tool to support learning, as it allows subjects to experience different situations that favor their development. When referring to students with visual impairment and/or blindness, these practices become challenging. Therefore, we present a Systematic Literature Review (RSL) on the use of Virtual Laboratories in science classes with the participation of these students. The RSL protocol consolidated by Kitchenham (2004) was used as a methodological basis. The information and data were found in scientific journals according to the inclusion and exclusion criteria pre-established in the research protocol. We located 320 works, of which 11 were selected and analyzed in order to answer the established questions. It is concluded that research on VL is incipient to support the teaching of Science for the public considered.

**Keywords:** Virtual Laboratory, Visually Impaired and/or Blind, Science Teaching.

## INTRODUÇÃO

Práticas laboratoriais são essenciais para uma educação científica, para a solução de problemas, bem como para oportunizar aos alunos aplicarem o conhecimento teórico na prática. Sendo assim, o aprendizado de Ciências na escola passa pela realização de experimentos em laboratório.

Contudo, ao nos referirmos à inclusão de alunos com deficiências visuais e/ou cegos (DV) nas aulas práticas no ensino de ciências, o desafio é enorme. Muitas vezes, estes não participam dessas aulas por não haver propostas pedagógicas adaptadas e apropriadas com os recursos de acessibilidade necessários.



Práticas pedagógicas mediadas pelas tecnologias apresentam-se como uma opção eficaz para oportunizar aos alunos DV/cegos uma aprendizagem através de processos interativos e participativos, quando utilizadas com recursos de acessibilidade e metodologias adaptadas.

Os laboratórios convencionais apresentam um alto custo e possibilidade de acidentes para os alunos, desta forma, uma alternativa é o uso de Laboratórios Virtuais (LV), onde podem ser realizadas experiências controladas, com menor custo para aquisição e atualização, e menor risco para os alunos. De acordo com Vieira (2018), laboratórios virtuais são simuladores que exibem o funcionamento dos equipamentos e mecanismos que se encontram em um laboratório, possibilitando que o estudante aprenda com eles. Contam com arcabouço tecnológico para suprir as atividades pedagógicas que podem, então, apoiar o desenvolvimento de metodologias educacionais.

Nesse contexto, este artigo apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), acerca de pesquisas que abordem como o uso de LV para experimentação no ensino de ciências tem sido considerado no ensino de estudantes com DV e cegos nos últimos 11 anos.

Este artigo está organizado em seções, a partir desta introdução. A seção 2 discorre sobre a inclusão de pessoas com deficiência visual e/ou cegos, na seção 3 são abordados os procedimentos metodológicos utilizados na RSL. A seção 4 apresenta os resultados e discussões acerca das questões de pesquisa. Na seção 5, expõem-se as considerações finais do trabalho.

## **2. INCLUSÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL E/ OU CEGOS**

Partindo do princípio de que somos iguais em direitos, a Constituição Federal de 1988 estabelece no caput do artigo 5º, que “Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza [...]” (BRASIL, 1988). E, no tocante, especialmente à Educação, o Capítulo III Da Educação, da Cultura e do Desporto nos artigos 205 e 206, estabelece o direito de todos à educação, com igualdade de oportunidades inclusivas, tanto na área educacional como social.

A Educação Especial está incluída no campo de Educação Inclusiva, assim Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (2008), define como público-alvo da educação especial os alunos em três agregados de especificidade: alunos com deficiência, alunos com transtornos globais do desenvolvimento e alunos com altas habilidades/superdotação. Salientamos que, dentro da Educação Especial temos a deficiência visual que é o objeto de estudo deste artigo.

O decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004, caracteriza a deficiência visual caracterizada no Brasil como:



Deficiência visual: cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°, ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores (BRASIL, 2004).

A deficiência visual pode ser caracterizada pela limitação no campo da visão, podendo ser desde uma baixa visão até uma cegueira total. Assim, uma pessoa considerada cega possui ausência total da visão e a baixa visão vai desde a incapacidade de notar luz até o grau em que a deficiência visual interfira no desempenho de atividades cotidianas (Lázaro, 2014).

Enquanto a cegueira, é caracterizada por Gutierrez (2014) como a ausência total de visão ou a simples percepção de luz. São considerados cegos congênitos aqueles que nasceram com esta condição ou que adquiriram a cegueira antes dos cinco anos de idade.

Conforme apresentado, a legislação educacional brasileira está alicerçada em princípios para que se desenvolva uma Educação Especial voltada para a perspectiva inclusiva, onde todos têm os mesmos direitos, incluindo assim uma educação de qualidade, que respeite e valorize as singularidades e especificidades de todos os sujeitos.

### **3. METODOLOGIA**

Esta pesquisa foi desenvolvida baseando-se nos moldes indicados por Kitchenham (2004); Kitchenham e Charters (2007) para uma RSL: planejamento, condução e produção do relatório. Em um primeiro momento foi definido o planejamento com as escolhas das questões de pesquisa (Q.P) e dos critérios de inclusão e de exclusão. No segundo momento a condução das buscas foi realizada seguindo as estratégias e as Strings de busca definidas no planejamento. Por último, foi realizada a análise dos dados, que resultou em um relatório de pesquisa.

Buscou-se identificar, avaliar e categorizar as produções científicas disponíveis em português, inglês e espanhol referente a como uso de LV para experimentação prática no ensino de ciências tem sido efetuado no ensino de estudantes DV / cegos.

A seguir são apresentados o objetivo e as questões de pesquisa (QP), os termos de buscas, os Critérios de Seleção dos Artigos e os artigos selecionados.

#### **3.1 Objetivo e Questões de Pesquisa**

Esta pesquisa tem como objetivo central encontrar, mediante uma RSL (Kitchenham, 2004), dados sobre a existência e utilização de LV para apoiar o ensino de ciências para pessoas DV/cegos, possibilitando a compreensão de sua usabilidade no âmbito educacional inclusivo.

As questões de pesquisa (QP) que nortearam essa RSL são:



- **QP1:** Existem pesquisas sobre o uso de Laboratórios Virtuais para apoiar o ensino de ciências à educandos com DV/cegos?
- **QP2:** Quais as principais características dos L.V para educandos com D.V/cegos?
- **QP3:** Quais os Laboratórios Virtuais usados para apoiar o ensino de ciências à educandos com DV/cegos de forma cooperativa entre os pares?
- **QP4:** Quais Laboratórios Virtuais permitem ao professor produzir uma simulação com recursos de acessibilidade para educandos com DV/cegos?
- **QP5:** Quais áreas do ensino de ciências são abordadas (química, física, biologia) nas pesquisas sobre L.V para D.V/cegos?

### 3.2 Estratégias de Busca e Definição das String:

A partir das QP apresentadas, foram definidos os termos de busca. Essas, foram agrupadas formando uma string de busca que foi aplicada em português, inglês e espanhol. Foram utilizados os operadores lógicos AND e OR, a fim de combinar as palavras-chaves e verificar o retorno dos trabalhos referentes a este estudo.

As buscas se deram no dia 21 de fevereiro de 2022 nos seguintes bancos de dados: Portal de Periódicos CAPES/MEC, SciELO - Scientific Electronic Library Online, Scopus®, Web of Science™, Eric e Redalyc. Na Tabela 1 é apresentada a string de busca utilizada em cada idioma:

**Tabela 1. Strings de busca utilizadas**

Idioma	Query (chave)
Português	((deficiência visual OR (cego)) AND ((ferramenta virtual) OR (laboratório virtual)) AND ((aprendizagem de ciência) OR (ensino de ciência)) AND ((biologia) OR (física) OR (química)))
Inglês	((visual impairment) OR (blindness) OR (vision disabilities) OR (visually impaired)) AND ((virtual tools) OR (virtual laboratory)) AND ((science learning) OR (science teaching)) AND ((biology) OR (physics) OR (chemistry))
Espanhol	((deficiencia visual) OR (ciego)) AND ((herramientas virtuales) OR (laboratorios virtuales)) AND ((aprendizaje de ciencias) OR (enseñanza de ciencias)) AND ((biología) OR (química) OR (física))

### 3.3. Critérios de Seleção dos Artigos

Para definir os artigos que seriam selecionados para análise, foi levado em consideração o objetivo deste trabalho e as QP. Foram definidos Critérios de Inclusão (CI) e Critérios de Exclusão (CE), conforme apresentado na Quadro 1. Estes critérios foram aplicados na análise do título, resumo e palavras-chaves de cada trabalho.

- **Critérios de Inclusão:**
  - CI1:** Artigos científicos completos.
  - CI2:** Idiomas: português, inglês ou espanhol.

**CI3:** Descritores aparecem no título ou palavras-chaves ou no resumo.

**CI4:** Disponibilidade de Download de forma gratuita.

- **Crítérios de Exclusão:**

**CE1:** Após a leitura dos resumos, identificar que não se trata de trabalhos relacionados ao objetivo da pesquisa.

**CE2:** Revisões Sistemáticas de Literatura, mapeamentos e levantamentos bibliográficos.

### 3.4 Obtenção dos Artigos e Trabalhos Selecionados

As buscas nos bancos de dados resultaram em 320 artigos, destas, 11 publicações foram excluídas por serem duplicadas. Dos trabalhos restantes, realizou-se a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos na seção 3.3.

Destaca-se que foram encontrados 8 trabalhos sobre o uso de L.V no ensino de ciências, 14 que se referiam aos L.V e pessoas com DV/ cegos e 11 que abordavam as três temáticas envolvidas na pesquisa: LV, ensino de ciências e DV/cegos e/ou cegueira. Estes, foram selecionadas para leitura na íntegra, análise e extração dos dados fim de responder as Q.P. Os demais 309 excluídos por não se enquadrarem nos critérios.

A sistematização do processo de busca e seleção dos artigos é apresentado na Figura 1.

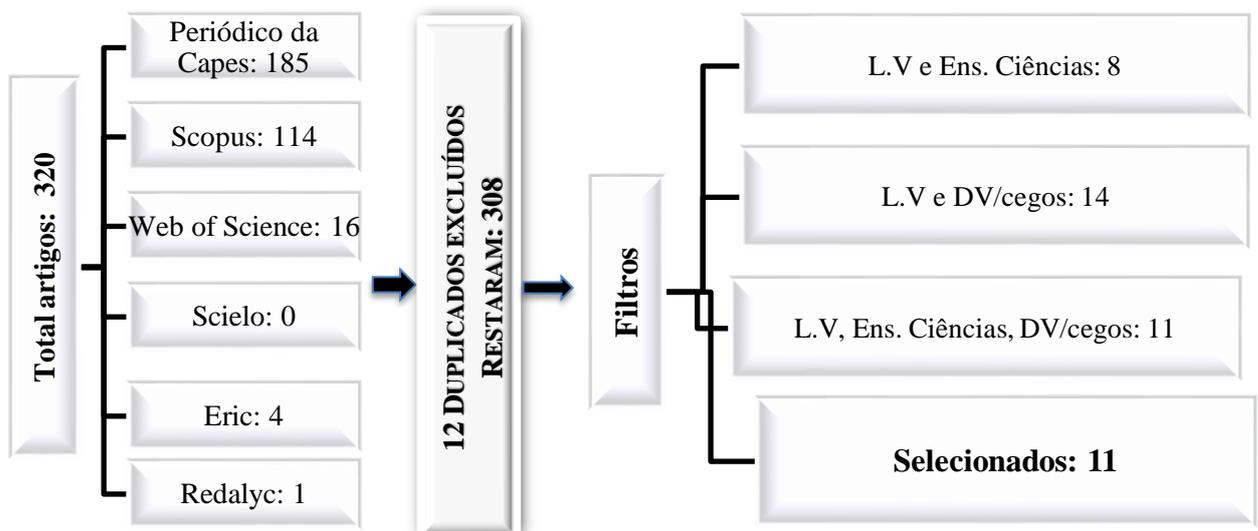


Figura 1. Sistematização das buscas

Os 11 artigos selecionados para extração dos dados foram organizados na Tabela 2 com um identificador (ID), ano de publicação e autor. Estes serão utilizados nas análises abordadas na seção 4.

Tabela 2. Artigos Selecionados

ID	Autor	Ano	Título
----	-------	-----	--------



1	Widiyatun, F. et.al.	2020	Validation of audio-based solar system visual aid for special school students.
2	Tomlinson, BJ et.al.	2020	Auditory Display in Interactive Science Simulations: Description and Sonification Support Interaction and Enhance Opportunities for Learning
3	Matousek, J. et.al.	2020	Speech and web-based technology to enhance education for pupils with visual impairment
4	Winters, R.M. et.al.	2019	Sonic Interaction Design for Science Education
5	Scalise, K. et.al.	2018	Accommodations in Digital Interactive STEM Assessment Tasks: Current Accommodations and Promising Practices for Enhancing Accessibility for Students With Disabilities
6	Tomlinson, BJ et.al	2018	Design and Evaluation of a Multimodal Science Simulation
7	Morgan, EC, and Moore, EB	2016	Investigating Student Learning with Accessible Interactive Physics Simulations
8	Stender, A.S. et.al.	2016	Communicating Science Concepts to Individuals with Visual Impairments Using Short Learning Modules
9	Ellis, J.T. et.al.	2015	Developing and evaluating an accessible cyberteaching training (ACT) program for faculty via a virtual center for teaching and learning
10	Brzoza, P; Mackowski, M and Spinczyk, D.R.	2014	Intelligent Tutoring Math Platform Accessible for Visually Impaired People
11	Levy, S.T e Lahav, O.	2012	Enabling people who are blind to experience science inquiry learning through sound-based mediation

#### 4. Resultados e Discussões

Após a leitura de todos os trabalhos, foi realizado um agrupamento, a fim de analisar como se concentram os resultados em relação ao ano e público-alvo das pesquisas. Em um segundo momento buscou-se responder as questões de pesquisa.

O recorte temporal deu-se pelo período de 11 anos e compreendeu os anos de 2011 a 2021. Assim, quanto ao ano de publicação, três dos artigos selecionados são do ano de 2020; um do ano de 2019; Dois do ano de 2018; Dois do ano de 2016 e um por ano referente aos anos de 2019, 2015, 2014 e 2011.

##### 4.1 QP1: Existem pesquisas sobre o uso de Laboratórios Virtuais para apoiar o ensino de ciências à educandos com DV/cegos?

Após a validação dos artigos que abordavam o tema da pesquisa, foram encontrados e selecionados 11 estudos relevantes, com a proposta de ajudar na aprendizagem desses estudantes. Dentre estes trabalhos, nove, sendo eles os de ID (2, 3, 4,6, 7, 8, 9, 10, 11) trouxeram estratégias utilizadas no uso de LV aplicados ao ensino de ciências, cada um com conteúdo distintos, em diversos contextos, para sujeitos com DV/cegos, do ensino fundamental, ensino médio e ensino superior.

Destes trabalhos, observou-se que na sua maioria, são voltados para o público universitário (I.D: 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11). E, apenas um direcionado para crianças no ensino fundamental (I.D: 6) e outro para adolescentes de ensino médio (I.D: 4).



Destacamos uma pesquisa (I.D: 1) que foi desenvolvida especificamente para estudantes matriculados em escolas especiais e que foi validada por especialistas (universitários). E, a pesquisa (I.D: 5) foi aplicada com adultos, porém sem definir o nível de escolaridade, pois os sujeitos apresentavam níveis com grande variação cognitiva.

#### 4. 2 Q. P2: Quais as principais características dos L.V para educandos com DV/cegos?

Para apresentar as principais características dos L.V encontrados nesta busca, iremos destacar alguns pontos, como a estrutura física e a forma de acesso, o tipo de laboratório e as possibilidades de interatividade.

Em relação a estrutura física e forma de acesso, consideramos as modalidades apresentadas por Schimidt e Tarouco (2008) para L.V, classificando como Laboratórios Remotos, aqueles que permitem o acesso, não sendo necessário a presença do sujeito na instituição para realizar o experimento (podendo ser feito on-line). E, os Laboratórios Presenciais são aqueles que possuem espaços localizados em uma instituição de ensino, de forma que o sujeito disponha de artefatos para a realização do experimento, incluindo a presença de um mediador e a possibilidade de interação presencial com outros colegas.

ao referirmos os achados desta pesquisa, o Quadro 1 ilustra a classificação dos L.V ao referirmos a estrutura física e a forma de acesso.

**Quadro 1. Formas de Acesso**

FORMA ACESSO \ ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PRESENCIAL	X				X						
REMOTO		X	X	X		X	X	X	X	X	X

Referente aos tipos de laboratórios virtuais, Zuffo (2009) categoriza em três tipos: Os Multimídia, que são aqueles que apresentam conteúdos de maneira ampla e de fácil compreensão através de sons, textos, animações e imagens, com a demonstração de como se faz determinada prática. Os de realidade virtual, que são os que possibilitam uma imersão total do sujeito no mundo virtual, trabalhando o conceito de simulação do ambiente laboratorial. E, os de realidade aumentada, que permitem aos estudantes interagirem com objetos tridimensionais inseridos no mundo real mediante algum dispositivo tecnológico.

Com isso, dentre os 11 trabalhos analisados, todos apresentam L.V e/ou ambientes virtuais com características de multimídia, permitindo a inclusão de multimodal com diferentes modos de utilização com recursos sonoros, animações, visuais etc.



Ao analisarmos a interação entre sujeito com os L.V apresentamos algumas características de interface que auxiliam a usabilidade e a interação dos sujeitos com DV/cegos, dentre as características destacamos displays visuais, tátil, recursos auditivos, leitor de tela e acesso ao teclado. O Quadro 2 apresenta essa síntese das características dos L.V desta pesquisa.

**Quadro 2. Características de Interface**

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 30px; height: 30px; background-color: #f0e6ff; margin-right: 5px;"></div> <div style="font-weight: bold;">ID</div> </div>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>CARACTERÍSTICAS</b>											
<b>DISPLAYS VISUAIS</b>		x	x			X	x	x	x	x	x
<b>TÁTIL</b>	X			x	X						
<b>AUDITIVA</b>	X	x	x		X		x	x	x	x	x
<b>LEITOR DE TELA</b>		x	x			x	x	x	x		x
<b>TECLADO</b>		x	x			x	x	x	x		x

Salientamos que todos os L.V apresentados nos trabalhos analisados apresentam a possibilidade de interação do sujeito diretamente com o objeto, porém o ID 10 refere-se a um LV que foi aplicado através da mediação de um professor, ou seja, necessitou de um terceiro para auxiliar nas interações práticas com o experimento.

#### **4.3 Q.P3: Quais LV estão sendo usados para apoiar o ensino de ciências à educandos DV/cegos de forma cooperativa entre os pares?**

Com base nos estudos de epistemologia genética, Piaget apresenta a cooperação como um importante processo dentro do princípio de escola ativa, e, fator importante para favorecer a construção do conhecimento, visto que, os sujeitos precisam levar em consideração do ponto de vista do outro sem necessidade de aceitação e, tampouco, precisam abandonar o ponto de vista próprio.

Ao analisarmos o uso dos LV de forma cooperativa entre os pares para apoiar o ensino de ciências à educandos com DV/cegos, identificamos apenas um trabalho, onde Stender et.al. (2016) propõem atividades de aprendizagem científica a um grupo de alunos com baixa visão e cegueira, através de módulos, usando abordagens táteis e auditivas para trabalhar conceitos como: sistema métrico, resistência, deformação de materiais, transparência e eletromagnetismo, assim, os módulos forneceram uma plataforma para aprender conceitos básicos de biologia, física e química (I.D: 8).

Com relação a cooperação entre os sujeitos, a aplicação foi feita de forma individualizada, e ao final de cada módulo, o grupo de alunos reunia-se para manifestarem suas opiniões e discutirem a temática.



#### **4.4 Q.P4: Os LV permitem ao professor produzir uma simulação com recursos de acessibilidade para educandos DV/cegos?**

Tardif (2014) afirma que os saberes dos professores necessitam ser personalizado e situados em função de uma situação de trabalho particular, ou seja, o conteúdo trabalhado deve ser adaptado e contextualizado de acordo com a realidade e o contexto de aprendizagem de cada escola. Assim, a falta de autoria do professor na produção do conteúdo e na experiência a ser disponibilizada de forma acessível para o aluno, limitará o docente a ser um repetidor de conteúdo sem poder avançar em suas estratégias de ensino, e, não proporcionando “saberes construídos pelos atores em função dos contextos de trabalho” (TARDIF, 2014. p. 266).

Desta forma, analisamos que dentre os onze trabalhos encontrados nas buscas, 10 (dez) referiam a LV e 1(um) deles tratava-se de uma ferramenta virtual. Porém, é importante destacar que todos os LV encontrados não ofereciam a autoria do professor na submissão do conteúdo portanto não sendo responsabilidade deste a produção de um conteúdo acessível.

No entanto encontramos Ellis et.al. (2015) que apresenta uma proposta que oferece uma ferramenta/plataforma virtual, o Accessible Cyberteaching Training (ACT). Este ambiente permite ao docente produzir conteúdo acessível para alunos DV/cegos.

Esse ambiente apesar de não ter apresentado experiências virtuais, serviu de exemplo da possibilidade do desenvolvimento de LV que permitam a inserção da simulação pelo professor e que esta simulação tenha recursos de acessibilidade para os alunos DV/cegos.

#### **4.5 Q.P5: Quais áreas do ensino de ciências são abordadas (química, física, biologia) nas pesquisas sobre LV para DV/cegos?**

Ao analisar os 11 trabalhos com relação as áreas do ensino de ciências, que são abordadas nas pesquisas sobre LV para DV/cegos, entre elas, Biologia, física e química, constatou-se que a área de ensino de física é a que mais aparece nas buscas, sendo encontrados sete artigos (I.D: 2,3,4,6,7,8 e 10). Desses, destacamos que as aplicações se concentram na audiodescrição e/ou transcrição de suas fórmulas, através de recursos sonoros.

Referente ao ensino de química, os achados apontaram 2 trabalhos (I.D: 8 e 11). Levy e Lahavt (2012) utilizam um ambiente de aprendizado assistido por computador para oferecer suporte a alunos cegos na exploração de sistemas químicos simulados, usando uma representação baseada em som. A proposta de modelagem computacional inclui um modelo de computador baseado em agente, um guia de voz gravado e o entrevistador (I.D: 11).

O trabalho de Stender et.al. (2016) é o único a abordar conteúdos de Biologia, mas destaca-se pelo fato desta pesquisa trabalhar o ensino de ciências de uma forma mais completa,



ao desenvolver e integrar o ensino de biologia, física e química dentre os módulos trabalhados (I.D: 8).

Após análise dos resultados, verificou-se que dentro das strings de buscas, dos bancos de dados e critérios adotados nessa pesquisa, é incipiente o número de artigos encontrados sobre LV no ensino de ciências para DV/cegos, demonstrando assim, o quanto a participação desses alunos em aulas laboratoriais possui pouca ou nenhuma efetividade.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os critérios de buscas adotados nesta pesquisa, o presente trabalho evidenciou dados relevantes, capazes de demonstrar a escassez de estudos sobre o uso de LV por DV/cegos no ensino de ciências, Segundo Piaget (2002) o sujeito aprende pelas interações entre ele e o objeto e/ou entre os sujeitos para a construção do conhecimento, desenvolvendo uma aprendizagem ativa que pode ser potencializada através da cooperação com outros sujeitos.

Neste estudo foram apresentadas cinco questões de pesquisa, das quais, todas foram respondidas, mesmo que, os achados mostrassem limitações no uso e aplicação dos LV com dv/cegos, esses poucos dados também dizem sobre a falta de acessibilidade e da necessidade em adaptações de materiais e recursos, para a inclusão de todos os educandos.

Nessa perspectiva, é compreensível o anseio pelos estudos sobre a temática nessa área do conhecimento. Os estudos nesse campo educacional evidenciam um ambiente carente de novas práticas pedagógicas, alunos com desinteresse escolar e escolas com baixa infraestrutura.

Sendo assim, esta revisão aponta a necessidade de iniciativas, que busquem produzir mais aplicações no âmbito do ensino de ciências para DV/cegos, bem como, no preparo de professores para o uso e desenvolvimento destes.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Congresso Nacional. Constituição da República Federativa do Brasil (1988). Brasília, DF, 1988.

\_\_\_\_\_. Política nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva. Brasília, DF: MEC/SEESP. 2008.

BRZOZA, P.; MACKOWSKI, M. Intelligent Tutoring Math Platform Accessible for Visually Impaired People. (K. Miesenberger et al., Eds.). In: Computers helping people with special needs, icchp 2014, PTI. 2014.

ELLIS, J. T. et al. Developing and evaluating an accessible cyberteaching training (ACT) program for faculty via a virtual center for teaching and learning. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Anais...2015.

GUTIERREZ, D. O Livro Além do Braille: aspectos relativos a edição e produção. Dissertação de Mestrado. USP, 2014.



- KITCHENHAM, B. (2004) “Procedures for Performing Systematic Reviews”, Technical Report TR/SE-0401. Department of Computer Science. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>.
- KITCHENHAM, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Disponível em: [https://www.elsevier.com/data/promis\\_misc/525444systematicreviewsguide.pdf](https://www.elsevier.com/data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf).
- LÁZARO, R. C. G. Deficiência Visual: Diversas são as formas e sintomas que caracterizam uma deficiência visual. Instituto Benjamin Constant, 2014. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/index.php?catid=97&blogid=1&itemid=92>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2021.
- LEVY, S. & LAHAVT, O. (2012). Enabling people who are blind to experience science inquiry learning through sound-based mediation. *Journal of Computer Assisted Learning*. 28. 499-513. 10.1111/j.1365-2729.2011.00457.x.
- Matoušek, J., Krňoul, Z., Campr, M. et al. Speech and web-based technology to enhance education for pupils with visual impairment. *J Multimodal User Interfaces* 14, 219–230 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12193-020-00323-1>
- MORGAN, E.; MOORE, E. Investigating Student Learning with Accessible Interactive Physics Simulations. (D. Jones, L. Ding, A. Traxler, Eds.). In: 2016 Physics education research conference. 2016.
- PIAGET, J. *Epistemologia Genética*. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2002.
- SCALISE, K. et al. Accommodations in Digital Interactive STEM Assessment Tasks: Current Accommodations and Promising Practices for Enhancing Accessibility for Students With Disabilities. *Journal of Special Education Technology*, v. 33, n. 4, p. 219–236, 2018.
- SCHIMIDT, Marcelo A. R.; TAROUCO, Liane M. R. Metaversos e laboratórios virtuais – possibilidades e dificuldades. *Revista de Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p 1-12, jul/2008.
- STENDER, A. S. et al. Communicating Science Concepts to Individuals with Visual Impairments Using Short Learning Modules. *Journal of Chemical Education*, v. 93, n. 12, p. 2052–2057, 2016.
- TARDIF, Maurice. *Saberes docentes e formação profissional*. Petrópolis – RJ: Vozes, 2014.
- TOMLINSON, B. et al. Design, and Evaluation of a Multimodal Science Simulation. In: *assets’18: proceedings of the 20th international acm sigaccess conference on computers and accessibility*. 2018.
- TOMLINSON, B. J.; WALKER, B. N.; MOORE, E. B. Auditory Display in Interactive Science Simulations: Description and Sonification Support Interaction and Enhance Opportunities for Learning. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. Anais...2020.
- WIDIYATUN, F. et al. Validation of audio-based solar system visual aid for special school students. *Journal of Physics: Conference Series*. Anais...2020.
- WINTERS, R. M. et al. Sonic Interaction Design for Science Education. *Ergonomics in Design*, v. 27, n. 1, p. 5–10, 2019.
- ZUFFO, M. Aprendizagem por meio de Ambientes de Realidade Virtual. In: LITTO, F. Michael; FORMIGA, M. M. M. (Org.). *Educação a Distância: o estado da arte*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.