

Tecnologias Aplicadas ao Ensino e Aprendizagem com Línguas de Sinais: Um Mapeamento Sistemático Sob as Perspectivas Nacional e Internacional

Venilton Falvo Jr, ICMC-USP, falvojr@usp.br
Catherine Martins Falvo, UNIARA, cattmartins@gmail.com
Lilian Passos Scatalon, ICMC-USP, lilian.scatalon@usp.br
Ellen Francine Barbosa, ICMC-USP, francine@icmc.usp.br

Resumo: O advento da tecnologia vem impactando positivamente as dinâmicas de ensino e aprendizagem. De fato, a união entre as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e práticas pedagógicas modernas tem proporcionado ambientes educacionais mais dinâmicos e inclusivos. Nesse contexto, este trabalho tem como principal objetivo obter uma visão geral das soluções tecnológicas que vêm sendo utilizadas no ensino com ênfase nas línguas de sinais. Além disso, os seguintes objetivos específicos foram definidos: (i) identificar os tipos de soluções investigadas; (ii) apresentar os tópicos educacionais mais relevantes; e (iii) identificar as línguas de sinais mais exploradas. Para isso, um Mapeamento Sistemático (MS) foi conduzido, no qual foram consideradas as buscas manual e automatizada. O MS identificou 185 estudos primários, obtendo um panorama das principais soluções tecnológicas relacionadas ao domínio das línguas de sinais na educação. Com isso, também foi possível delinear as publicações com foco na Libras. De modo geral, este estudo conclui que as tecnologias já vêm contribuindo consistentemente para o ensino e aprendizagem através das línguas de sinais. Nesse sentido, a grande diversidade tecnológica das soluções foi discutida, além das nuances com relação aos tópicos de ensino e línguas de sinais exploradas.

Palavras-chave: Mapeamento Sistemático, Línguas de Sinais, Tecnologia, Ensino e Aprendizagem, Educação.

Technologies Applied to Teaching and Learning with Sign Languages: A Systematic Mapping Under the National and International Perspectives

Abstract: The advent of technology has had a positive impact on teaching and learning dynamics. In this sense, the union between Information and Communication Technologies (ICT) and modern pedagogical practices can lead to more dynamic and inclusive educational environments. In this context, this work has as main objective to obtain an overview of the technological solutions that have been used in the teaching of sign languages. Specific objectives were defined: (i) to identify the types of solutions investigated; (ii) present the most relevant educational topics; and (iii) identify the most explored sign languages. For this, a Systematic Mapping (SM) was conducted, in which its approach included manual and automated searches. The SM identified 185 primary studies, obtaining an overview of the main technological solutions related to the domain of sign languages. Thus, it was also possible to outline publications with an emphasis on Libras. Finally, this study concluded that technologies have already been consistently contributing to the teaching and learning through sign languages. In this sense, the great technological diversity of the solutions was discussed, in addition to the nuances regarding teaching topics and sign languages.

Keywords: Systematic Mapping, Sign Languages, Technology, Teaching and Learning, Education.

1. Introdução

De acordo com (WHO, 2018), existem 466 milhões de pessoas, cerca de 6,1% da população mundial, com perda auditiva incapacitante. Sendo assim, grande parte delas

têm a necessidade de “ouvir com os olhos”, algo possível por meio das línguas de sinais, as quais permitem que conversas e informações sejam transmitidas visualmente usando diferentes formas/movimentos das mãos. Para isso, seus usuários combinam movimentos articulados das mãos, expressões faciais, e movimentos da cabeça e do corpo para se comunicarem (Quadros, 2019).

No Brasil, a Língua Brasileira de Sinais (Libras) foi reconhecida oficialmente em 2002 (Quadros, 2019). Desde então, algumas iniciativas foram fomentadas em âmbito nacional para inclusão social de seus usuários. Segundo o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem cerca de 9,7 milhões de deficientes auditivos no Brasil, o que equivale a 5,1% da população (IBGE, 2010). Tais pessoas são usuárias em potencial da Libras, mas provavelmente apenas uma parcela delas tem acesso à alfabetização, tendo em vista as dificuldades socioeconômicas do país.

Em uma perspectiva relacionada, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) têm alterado não apenas as interações sociais, mas também as práticas de ensino. De fato, a educação é um processo contínuo de desenvolvimento para que a pessoa se integre na sociedade ou grupo no qual pertence (Cilli *et al.*, 2017). Logo, a inclusão social e digital são aspectos importantes no processo educacional moderno. As TICs podem contribuir para tornar as práticas de ensino mais inclusivas, facilitando o acesso à informação, especialmente em domínios complexos como o ensino de línguas de sinais.

Sendo assim, para o desenvolvimento de ambientes educacionais efetivos, é essencial que sejam consideradas as características intrínsecas dos aprendizes, incluindo suas limitações físicas. Entretanto, usuários com deficiência auditiva ainda enfrentam dificuldades no processo de ensino devido a ambientes inadequados de aprendizagem, que geralmente não foram planejados/projetados pensando em usuários de línguas de sinais (Snoddon, 2018). Neste cenário, é importante refletir sobre o ensino e aprendizagem das línguas de sinais, considerando o crescente uso de tecnologias no campo educacional. De fato, as TICs podem facilitar o acesso ao conhecimento, especialmente no contexto de pessoas com algum tipo de deficiência.

Diante do contexto apresentado, este trabalho apresenta a condução de um Mapeamento Sistemático (MS) a fim de apresentar o estado da arte considerando o uso de tecnologias no ensino e aprendizagem de línguas de sinais. O MS selecionou 139 estudos primários por meio de uma abordagem de busca baseada em *Quasi-Gold Standard* (QGS) (Zhang *et al.*, 2011), obtendo uma visão geral sobre as principais soluções de software, hardware e contribuições teóricas relacionadas ao domínio em questão. Dessa forma, foi possível delinear os estudos selecionados com foco na Libras. Considerando o cenário nacional, a Libras está presente em 16 destes trabalhos, sendo superada apenas pela *American Sign Language* (ASL), e representando cerca de 11,5% dos estudos primários do MS. De forma complementar, outros 46 estudos, selecionados manualmente em eventos nacionais, foram incorporados aos estudos primários com a intenção de expandir os resultados e discussões no âmbito da Libras.

Este artigo está organizado da seguinte forma: A Seção 2 descreve como o MS foi planejado e conduzido. A Seção 3 apresenta os resultados obtidos considerando todos os estudos primários identificados no MS. Por fim, a discussão e as principais conclusões sobre a pesquisa realizada são apresentadas nas Seções 4 e 5.

2. Método

O MS descrito neste trabalho buscou verificar o cenário atual de pesquisas envolvendo temáticas que relacionem os conceitos de ensino e aprendizagem com línguas de sinais mediante o uso de tecnologia. Para isso, um conjunto de diretrizes consolidadas

foi considerado para definição do protocolo de busca e processo de condução deste MS (Zhang *et al.*, 2011; Petersen *et al.*, 2015; Kitchenham e Charters, 2007).

2.1. Definição do Escopo

O objetivo deste MS é determinar como a tecnologia está sendo aplicada no ensino e aprendizagem por meio das línguas de sinais, o que derivou as seguintes Questões de Pesquisa (QP):

- **QP1:** Quais áreas do desenvolvimento de software possuem pesquisas sobre o ensino e aprendizagem de linguagens de sinais?
 - Quais são os tipos de soluções propostas (software/hardware/teóricas)?
 - Quais tecnologias foram usadas?
 - Quais métodos de avaliação foram aplicados?
- **QP2:** Quais tópicos educacionais são abordados?
- **QP3:** Quais línguas de sinais são abordadas?
 - Quais estudos abordam múltiplas línguas de sinais?

2.2. Critérios de Seleção

Foram definidos os seguintes critérios de seleção:

- Critério de Inclusão:
 - Os estudos apresentam contribuições (software ou hardware ou teóricas) para o ensino e a aprendizagem de línguas de sinais.
- Critérios de Exclusão:
 - Estudos que não foram publicados no período de 2000 a 2019, seguindo o racional de que estudos anteriores a 2000 não representam as abordagens educacionais atuais (Radermacher e Walia, 2013; Scatalon *et al.*, 2019);
 - Estudos classificados como resumos, resumos de conferências/editoriais, literatura cinza ou capítulos de livros;
 - Estudos não apresentados em inglês ou português;
 - Estudos não acessíveis em texto completo;
 - Estudos duplicados ou complementares de outros estudos.

Ainda sobre os critérios de exclusão, alguns esclarecimentos são necessários. Primeiro, os idiomas inglês e português foram escolhidos porque o primeiro é o idioma mais indexado pelos mecanismos de busca e o segundo é o idioma nativo dos autores. Além disso, pretende-se obter uma visão geral das contribuições em português, tendo em vista a Libras. Além disso, entende-se como “estudos não acessíveis em texto completo” os trabalhos não cobertos por acesso institucional. Com isso, estudos pagos e/ou inacessíveis foram desconsiderados.

2.3. Busca Manual

Para a etapa de busca manual, foram selecionados periódicos e conferências especializadas em Engenharia de Software (ES) e Educação. Esses eventos, nacionais e internacionais, foram definidos com o apoio de especialistas. No entanto, apenas as fontes internacionais são exploradas nesta seção, pois a maioria dos eventos nacionais não são indexadas pelos mecanismos de busca e isso reduziria consideravelmente a eficácia da abordagem de busca sistemática baseada em QGS (Zhang *et al.*, 2011). Nesse sentido, os 46 estudos nacionais selecionados manualmente serão analisados nos resultados (Seção 3) e discussões (Seção 4) deste trabalho.

A Tabela 1 apresenta as conferências e periódicos internacionais considerados durante a busca manual. Nesta etapa, o conjunto *title-abstract-keywords* é essencial na avaliação dos estudos, mas outras seções podem ser consideradas para uma classificação mais eficaz, tendo em vista os critérios de seleção. Essa etapa resultou na seleção de 19 artigos, que representam os estudos primários que caracterizam o QGS deste MS.

Tabela 1. Busca manual internacional (QGS)

Conferência/Periódico	Fonte	QGS
ACM TOCE	ACM	0
Computers & Education	Elsevier	5
FIE	IEEE	0
HCI International	Springer	5
ICALT	IEEE	5
IEEE Trans. Educ.	IEEE	1
IEEE Trans. Learn. Technol.	IEEE	0
Informatics in Education	Vilnius University	0
ITiCSE	ACM	2
Learning @ Scale	ACM	0
SIGCSE	ACM	1
Total		19

2.4. Busca Automatizada

Duas estratégias para identificação de palavras-chave foram utilizadas em conjunto: (i) análise do PICO e suas respectivas QP; (ii) importação dos dados de *title-abstract-keywords* em um software de análise de frequência. Os resultados desse processo produziram a seguinte string de busca:

(*learn* **OR** *learning* **OR** *teach* **OR** *teaching*) **AND**
 (“*sign language*” **OR** “*signed language*”) **AND**
 (*technology* **OR** *technologies*)

Seguindo a abordagem de Zhang *et al.* (2011), foi realizada uma busca automatizada nas quatro bases de dados identificadas como relevantes pela busca manual: ACM DigitalLibrary*, IEEE Xplore†, ScienceDirect‡ e Springer Link§.

A Tabela 2 sumariza os resultados da busca automatizada, em que a seleção dos estudos seguiu o mesmo raciocínio apresentado na busca manual. Além disso, a busca automatizada retornou a maioria dos estudos selecionados pela busca manual (QGS), o que sugere uma boa sensibilidade da string de busca.

Tabela 2. Resultados da busca automatizada

Base de Dados	QGS	Busca Automatizada		
		Resultados	QGS	Relevantes
ACM DigitalLib.	3	922	3	47
IEEE Xplore	6	359	5	59
ScienceDirect	5	1.961	5	20
SpringerLink	5	4.980	5	36
Total	19	8.222	18	162

2.5. Avaliação de Performance da Busca

De acordo com o método de avaliação de Zhang *et al.* (2011), a *quasi-sensitivity* resultou em 94,7% (18/19) e, portanto, o desempenho da busca automatizada foi aceitável. Assim, os 163 artigos selecionados pelas buscas manual e automatizada são potenciais estudos primários, por isso devem ser lidos na íntegra. Nesta etapa, 24 estudos foram excluídos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos, resultando em um total de 139 estudos primários. A Figura 1 sintetiza a distribuição desses estudos considerando a abordagem de busca sistemática baseada em QGS.

*<https://dl.acm.org>

†<https://ieeexplore.ieee.org>

‡<https://sciencedirect.com>

§<https://link.springer.com>

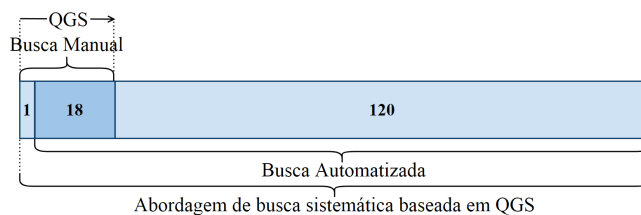


Figura 1. Composição dos resultados da abordagem de busca sistemática baseada em QGS.

2.6. Extração de Dados

Para extrair as informações relevantes dos estudos primários identificados, um formulário de extração de dados foi criado. Devido ao grande número de estudos selecionados no MS, optou-se por não incluir todas as referências neste trabalho. Sendo assim, todos os artigos e seus respectivos dados (incluindo um glossário para o formulário de extração de dados) estão disponíveis online*.

Os estudos primários oriundos de eventos *Internacionais* – 139 publicações selecionados por meio da abordagem de busca sistemática baseada em QGS (Falvo Jr *et al.*, 2020b); e *Brasileiros* – 46 publicações selecionadas por meio da busca manual nacional (Falvo Jr *et al.*, 2020a), foram devidamente identificados pelos prefixos *INT* e *BRA*. Assim, um total de 185 estudos primários foram selecionados pelo MS, os quais serão apresentados e discutidos nas seções a seguir.

3. Resultados

Foram selecionados 185 estudos primários no total. A Figura 2 apresenta a distribuição desses estudos por ano de publicação. É possível verificar uma tendência linear crescente ($R^2 = 0.847$), o que pode indicar um tema de pesquisa em ascensão.

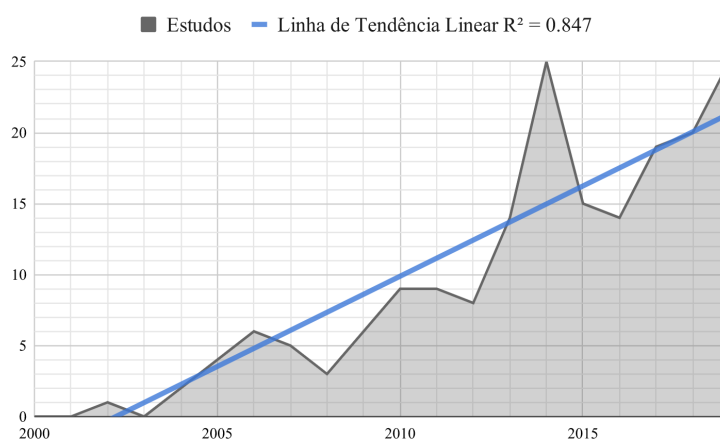


Figura 2. Linha de tendência linear (R^2) de publicações internacionais por ano

A Tabela 3 apresenta os principais locais de publicação, considerando todos os estudos primários deste MS, os quais estão ordenados pela quantidade de estudos selecionados. Nesse contexto, a presença de conferências e periódicos definidos na busca manual internacional (em destaque na Tabela) sugere uma execução efetiva dessa fase considerando o protocolo de busca adotado.

A seguir são discutidos os principais resultados deste trabalho, de modo a responder cada QP definida no escopo do MS. Adicionalmente, com o objetivo de organizar os estudos primários, eles serão classificados com relação à sua origem: internacional (*INT*) ou nacional (*BRA*).

*<https://bit.ly/SM-DataExtraction>

Tabela 3. Conferências/Periódicos mais relevantes

Conferências/Periódicos Internacionais (INT)			Conferências/Periódicos Nacionais (BRA)		
Nome	Fonte	Estudos	Nome	Fonte	Estudos
<i>HCI International</i>	Springer	12	RENOTE	CINTED/UFRGS	13
ICCHP	Springer	8	SBIE	CEIE	13
<i>ICALT</i>	IEEE	6	WCBIE	CEIE	11
ASSETS	ACM	6	WIE	CEIE	7
<i>Computers & Education</i>	Elsevier	5	RBIE	CEIE	2
Procedia Computer Science	Elsevier	5	-	-	-
Outros	-	97	-	-	-
Total		139	Total		46

3.1. Soluções Tecnológicas (QP1)

A primeira questão de pesquisa tem como objetivo identificar as vertentes de desenvolvimento exploradas para a construção de soluções educacionais com suporte a línguas de sinais. Para isso, as contribuições deste MS foram classificadas com base na estrutura *Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)* (Bourque e Fairley, 2014; Petersen *et al.*, 2015).

Sendo assim, as quinze áreas da ES definidas no *SWEBOK* foram consideradas, das quais quatro foram exploradas pelos estudos primários deste trabalho. A Tabela 4 apresenta as áreas da ES identificadas nesta pesquisa, tendo em vista os 185 estudos primários (139 Internacionais e 46 Brasileiros).

Tabela 4. Áreas da ES (SWEBOK)

Área da ES	INT		BRA	
	Estudos	%	Estudos	%
Construção de Software	65	47%	23	50%
Projeto de Software	47	34%	5	11%
Fundamentos da Engenharia	24	17%	9	19%
Qualidade de Software	3	2%	9	19%
Total	139	100%	46	100%

Considerando as áreas da ES, é evidente que a maioria dos estudos primários apresentem o “Projeto” e “Construção” de soluções para o ensino/aprendizagem através das línguas de sinais. Por outro lado, existe uma quantidade importante de estudos com ênfase em avaliações empíricas, o que mostra a importância das avaliações formais na ES. Esses estudos foram classificados na área “Fundamentos da Engenharia”.

É importante observar, ainda, que muitos outros artigos apresentavam avaliações empíricas, mas foram classificados em outras áreas da ES, semanticamente mais adequadas a suas respectivas contribuições primárias. Nesse cenário, 47,5% dos estudos primários do MS apresentaram algum tipo de avaliação empírica – *survey*, estudo de caso ou experimento (Wohlin *et al.*, 2012). Por outro lado, considerando a busca manual nacional, essa porcentagem foi ligeiramente superior, com um total de 52,1%. Assim, é possível aferir que aproximadamente a metade dos estudos primários identificados possuem algum tipo de avaliação formal.

No entanto, existe um número inferior de estudos com ênfase em avaliações não empíricas, cujo principal objetivo geralmente é conduzir validações menos estruturadas em um determinado domínio de aplicação. Tais estudos foram classificados como “Qualidade de Software”. Nesse sentido, o MS retornou um número baixo de estudos com esta contribuição primária, cerca de 2%. Já a busca manual nacional obteve aproximadamente 19% de seus estudos nesta categoria, evidenciando que esta área de ES tem recebido mais atenção no Brasil.

De modo geral, as contribuições dos estudos primários foram classificadas em software, hardware ou teórica. Com isso, este trabalho identificou que 69,8% de seus

estudos têm ênfase em software, 11,3% em hardware. Desta forma, é possível concluir que a maioria das soluções tecnológicas para ensino e aprendizagem de línguas de sinais vêm se baseando em software. Neste contexto, foram categorizados mais especificamente cada um dos estudos (Figura 3).

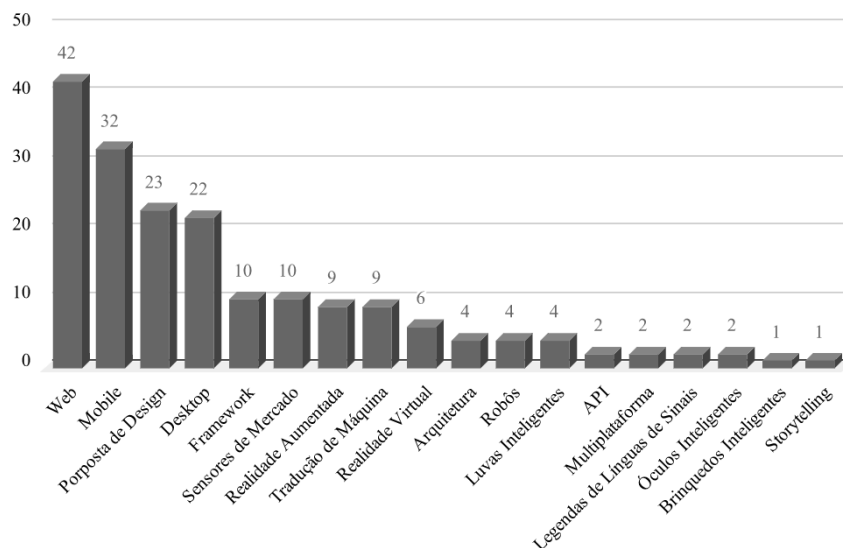


Figura 3. Publicações por tipo de solução

Essas informações evidenciam a dominância de algumas plataformas de desenvolvimento de software: Web, Mobile e Desktop. Juntas, tais plataformas equivalem a 52% dos estudos primários. No entanto, foram identificadas apenas duas soluções que são claramente multiplataforma (*INT70*, *INT116*). Essa pequena fração de contribuições pode denotar uma lacuna relevante em termos de usabilidade, já que a falta de uma experiência unificada pode prejudicar e/ou limitar a experiência dos usuários.

Sob outra perspectiva, diversas propostas de *design* foram identificadas, mostrando que os potenciais projetos vêm sendo avaliados formalmente pela comunidade científica antes de sua efetiva implementação. Propostas relacionadas à tradução de máquina e legendas de línguas de sinais foram classificadas individualmente. Com isso, foi possível obter uma visão mais técnica sobre a complexidade e os desafios encontrados nesse tipo de solução, geralmente exploradas por meio de abordagens de Inteligência Artificial (IA). Nestas vertentes, não foram identificados artigos na busca manual nacional, porém três publicações do MS aplicam tais técnicas no contexto da Libras (*INT17*, *INT20*, *INT47*).

Uma quantidade significativa de estudos têm ênfase em sensores de mercado. Os sensores Kinect*, Leap Motion† e Myo Armband‡ foram os mais utilizados, nesta ordem. Isso evidencia que existem iniciativas na indústria que viabilizam o desenvolvimento de soluções para o reconhecimento de línguas de sinais por meio de hardware padronizados, comumente munidos de um Kit de Desenvolvimento de Software (SDK).

Por fim, os estudos primários mostram que algumas técnicas e tecnologias vêm ganhando notoriedade. Merece destaque o uso dos conceitos de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) em diversas soluções. Além disso, algumas APIs, *frameworks* e arquiteturas de software foram propostas, indicando que existem iniciativas para a criação de soluções mais genéricas e estruturadas nesse domínio.

*<https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect>

†<https://developer.leapmotion.com>

‡<https://developerblog.myo.com>

3.2. Tópicos Educacionais (QP2)

A segunda QP identifica os tópicos educacionais das publicações, com o objetivo de entender melhor o público-alvo das soluções propostas. Para isso, foram extraídos os temas relacionados ao ensino e aprendizagem tendo em vista os estudos relevantes deste trabalho. A Tabela 5 sintetiza todos os tópicos educacionais identificados, considerando o MS e a busca manual nacional.

Tabela 5. Tópicos Educacionais

Tópico Educacional	INT		BRA	
	Estudos	%	Estudos	%
Línguas de Sinais	59	42,4%	19	41,3%
Geral	48	34,5%	10	21,7%
Língua de Sinais Escrita	10	7,2%	3	4,3%
Matemática	7	5,0%	-	-
Alfabeto	6	4,3%	1	2,2%
Ciência da Computação	4	2,9%	4	8,7%
Língua Nativa do País	2	1,4%	9	19,6%
Princípios Islâmicos	1	0,7%	-	-
Ciências	1	0,7%	-	-
Aprendizagem Baseada no Trabalho	1	0,7%	-	-
Total	139	100%	46	100%

Cerca de 42,2% dos estudos investigam o ensino por meio das línguas de sinais, evidenciando que a disseminação dessas línguas, muitas vezes em busca de inclusão social, é uma prioridade. Por outro lado, cerca de 31,3% são estudos aplicados à educação, mas sem de um tópico educacional específico; geralmente são soluções mais flexíveis e com uma maior capacidade disruptiva. Os outros 26,5% estão distribuídos entre outros tópicos de ensino, nos quais destacam-se as línguas de sinais escritas, predominantemente baseadas em *SignWriting**.

O *SignWriting* é um sistema de escrita que usa símbolos visuais para representar as formas das mãos, movimentos e expressões faciais das línguas de sinais. Por meio dele pode-se escrever qualquer sinal, independentemente da língua de sinais, sendo possível considerá-lo como um sistema de escrita universal. Entretanto, é preciso estudar seu alcance mundial e avaliar sua viabilidade prática.

Outra constatação interessante se dá pelo grande volume de estudos relacionados ao tópico de ensino e aprendizagem da língua nativa do país em que os usuários das línguas de sinais vivem. Particularmente, os trabalhos brasileiros se destacaram pelos esforços para o letramento bilíngue Português/Libras.

Ademais, identificou-se o público-alvo dos estudos, com a intenção de complementar a resposta desta QP. Assim, a maioria (aproximadamente 91,9%) têm relação direta somente com usuários surdos. Isso evidencia que existem muitas iniciativas para inclusão social de surdos e deficientes auditivos, em diferentes contextos. Em contrapartida, apenas 8,1% dos estudos têm um público-alvo mais abrangente.

Em particular, alguns desses estudos apresentam soluções que abrangem pessoas com deficiências intelectuais ou sensoriais adicionais, enquanto outros investigam formas de reduzir as barreiras entre usuários e não usuários das línguas de sinais. Por conta disso, tais estudos tendem a investigar as línguas de sinais de maneira secundária, mas como uma ferramenta essencial de ensino e inclusão social.

3.3. Línguas de Sinais (QP3)

A última QP diz respeito ao uso das línguas de sinais no domínio educacional apoiadas pela tecnologia. Primeiramente foram identificadas as línguas de sinais mais

*<http://signwriting.org>

pesquisadas pelos estudos primários, conforme a Tabela 6. Novamente, EUA e Brasil estão no topo, com a *American Sign Language* (ASL) e Libras.

Tabela 6. Línguas de Sinais

Língua de Sinais	INT		BRA	
	Estudos	%	Estudo	%
ASL	21	15,11%	-	-
Libras	16	11,51%	44	95,65%
Geral	15	10,79%	-	-
SignWriting	10	7,19%	2	4,35%
ArSL	10	7,19%	-	-
PSL	6	4,32%	-	-
BSL	6	4,32%	-	-
MySL	6	4,32%	-	-
ISL	5	3,60%	-	-
Outras	44	31,65%	-	-
Total	139	100%	46	100%

Analisando o histórico de publicações, a ASL apresentou contribuições relevantes desde 2004. Por outro lado, a Libras possui apenas seis estudos anteriores a 2010, 10% de um total de 60 estudos relevantes em Libras. Isso sugere um aumento expressivo nas publicações relacionadas à língua brasileira de sinais, em especial nos últimos dez anos. Sendo assim, o baixo índice de estudos relevantes anteriores a 2010 pode direcionar critérios de seleção em uma replicação ou estudo futuro.

Outras línguas de sinais merecem destaque, são elas: *Arabic Sign Language* (ArSL), *Portuguese Sign Language* (PSL), *British Sign Language* (BSL), *Malaysian Sign Language* (MySL) e *Indian Sign Language* (ISL). Nesse contexto, soluções baseadas na ArSL vêm crescendo consistentemente nos últimos anos e merecem o devido destaque.

Adicionalmente, alguns estudos foram classificados como “Geral” porque exploram o domínio de forma genérica/abstrata, mantendo a língua de sinais como um elemento secundário. Entretanto, apenas um estudo enfatiza a possibilidade de uma unificação das línguas de sinais (INT79).

Por fim, a *SignWriting* aparece novamente com um número significativo de contribuições, mostrando que a língua de sinais escrita possui grande apelo científico. Por outro lado, três estudos investigam múltiplas línguas de sinais (INT62, INT74, INT102). Entretanto, nenhum deles apresenta uma solução genérica ou com alto nível de abstração para o desenvolvimento de soluções de escala global.

É possível concluir que existem várias pesquisas relevantes no que tange ao domínio investigado neste MS. Ainda assim, a maioria das soluções são construídas sem padrões e/ou estilos arquiteturais, o que dificulta o acesso à informação e criação de soluções mais inteligentes e colaborativas. Na seção a seguir este assunto é discutido, juntamente com outras temáticas, das quais a Libras é o assunto central.

4. Discussão

Com base nos resultados apresentados, é possível afirmar que a Libras, no domínio educacional, vem sendo consistentemente investigada em algumas das principais áreas da ES. Sendo assim, estudos em que Libras é a língua de sinais primária somam 60 publicações (16 de fontes internacionais e 44 selecionados pela busca manual nacional). Alguns desses estudos primários serão discutidos a seguir com a intenção de apresentar suas principais contribuições.

Martino *et al.* (2017) propõem uma solução de tradução de máquina baseadas em avatares 3D. As soluções baseadas em avatares equivalem a 21,67% das contribuições baseadas na Libras (INT17, INT34, INT47, INT80, BRA6, BRA7, BRA8, BRA10,

BRA11, BRA16, BRA18, BRA29, BRA33). Portanto, é possível inferir que avatares 3D representam parte significativa do estado da prática na representação das Línguas de sinais. Adicionalmente, Martino *et al.* (2017) apresentam um sistema baseado em corpus*. Nesse caso, o corpus foi criado a partir de um livro de ciências para crianças. Por fim, os detalhes arquiteturais e resultados de uma avaliação preliminar também são apresentados.

Refinando o assunto de avatares 3D, uma parte dos estudos investiga a efetividade desse tipo de solução, principalmente por meio da comparação de aplicativos educacionais móveis (*BRA6, BRA7, BRA8, BRA10, BRA11, BRA16, BRA18*). Dentre os software mais avaliados estão *Hand Talk*[†], *ProDeaf* (descontinuado, devido à “fusão” com o *Hand Talk*), *VLibras*[‡] e *Rybená*[§]. Dentre os resultados apresentados, o *Hand Talk* se mostrou a frente dos concorrentes, saindo-se melhor na interpretação, tradução e eventuais desambiguações.

Vários estudos selecionados investigam conceitos de gamificação em suas soluções educacionais (*INT92, INT109, BRA2, BRA12, BRA23, BRA24, BRA25, BRA31, BRA34, BRA36, BRA37, BRA39*), principalmente os destinados ao público infantil. Nesse sentido, Resende *et al.* (2019) descrevem o desenvolvimento de um jogo chamado *LibrasBot*, desenvolvido para ser um Recurso Educacional Aberto (REA) multidisciplinar. O principal objetivo é fomentar o ensino da robótica e desenvolver o aprendizado de Libras.

Ainda na categoria de jogos, Lopes *et al.* (2018) apresentam o aplicativo *LibrAR* que implementa os conceitos de RA/RV para auxiliar no ensino de letras e números em Libras. A solução possui três módulos: o primeiro apresenta uma mão 3D para ensinar os sinais; o segundo e o terceiro são jogos para que o usuário treine seus conhecimentos em Libras, com possibilidade de imersão por meio de RA (*smarthphones*) ou RV (*cardboards*).

Vale *et al.* (2018) apresentam o projeto e construção do jogo *Gestus*, que tem por objetivo ensinar Libras para crianças de forma lúdica. Seu desenvolvimento foi baseado na metodologia *Design Thinking* e consiste em um conjunto de mini *games* que ensinam palavras e expressões em Libras, visando auxiliar as crianças surdas no complexo processo de inclusão social no contexto escolar. Dentre os jogos apresentados, este é o que possui a interface visual mais elaborada e amigável.

Finalmente, algumas publicações contribuíram na vertente teórica apresentando o conceito de Arquiteturas Pedagógicas (APs) (*BRA22, BRA27, BRA35*). Segundo Reinoso *et al.* (2017), uma AP pode ser definida pelo seguinte conjunto dos componentes: (i) objetivo de aprendizagem – o que aprender; (ii) atividades – o que fazer; (iii) método – como desenvolver as atividades; e (vi) recursos digitais – com quais ferramentas. Em outras palavras, são estruturas de aprendizagem compostas pela abordagem pedagógica, software, Internet, IA, Educação a Distância (EaD) e concepção de tempo e espaço (Tavares *et al.*, 2017).

Considerando os estudos discutidos nesta seção, a Tabela 7 sintetiza suas principais características e contribuições. De modo geral, observou-se uma diversidade interessante de soluções neste MS. Com isso, foi possível identificar o uso massivo das TICs, além de novas técnicas pedagógicas e abordagens de desenvolvimento bastante sofisticadas. Dessa forma, pode-se concluir que as capacidades de hardware, software e humana nunca foram tão elevadas, possibilitando a criação de aplicações cada vez mais

*Categoria de soluções que constrói conhecimento computacional a partir de exemplos ou modelos estatísticos.

[†]<https://www.handtalk.me>

[‡]<https://www.vlibras.gov.br>

[§]<https://portal.rybena.com.br/site-rybena>

mais robustas, eficientes e sensíveis ao contexto de seus usuários.

Tabela 7. Síntese dos estudos discutidos (ênfase em Libras)

Estudo	Solução	Avatar	Síntese
BRA2	Mobile	Não	Jogo baseado em mensagens instantâneas, chamado <i>LibrasZap</i> .
BRA6	Mobile	Sim	Avaliação <i>Hand Talk</i> , <i>ProDeaf</i> e <i>Rybená</i> , com foco na acessibilidade linguística para crianças surdas.
BRA7	Mobile	Sim	Avaliação <i>Hand Talk</i> e <i>ProDeaf</i> , com base na teoria da aprendizagem multimídia e em heurísticas de usabilidade.
BRA8	Mobile	Sim	Avaliação <i>Hand Talk</i> e <i>ProDeaf</i> , considerando os desafios relacionados à desambiguação.
BRA10	Mobile	Sim	Avaliação <i>Hand Talk</i> e <i>ProDeaf</i> , ponderando a incidência de traduções baseadas em datilografia.
BRA11	Mobile	Sim	Avaliação <i>Hand Talk</i> e <i>ProDeaf</i> , sob a perspectiva de surdos e ouvintes no curso de formação continuada de professores.
BRA12	Web	Não	Plataforma educacional intitulada <i>SalaBil</i> , com ênfase na educação bilíngue (Português e Libras).
BRA16	Mobile	Sim	Avaliação <i>Hand Talk</i> e <i>ProDeaf</i> , considerando a análise de tradução automática Português-Libras no contexto do edital do ENEM.
BRA18	Mobile	Sim	Avaliação <i>Hand Talk</i> e <i>ProDeaf</i> , sob três perspectivas: a multimidiática, a multimodalidade e quanto à socialização do sujeito surdo.
BRA22	Framework	Não	<i>Framework CAP 1.0</i> , que visa a criação e uso de arquiteturas pedagógicas.
BRA23	Desktop	Não	Jogo idealizado para instigar o pensamento lógico de crianças surdas através de noções iniciais de robótica, denominado <i>LibrasBot</i> .
BRA24	Desktop	Não	A <i>ForcaBRAS</i> é uma proposta de jogo para o ensino lúdico e intuitivo da representação do alfabeto e números usando Libras.
BRA25	RA	Não	Jogo da memória baseado em RA que visa apoiar usuários da Libras no processo de aprendizagem.
BRA27	Framework	Não	Apresentação da <i>CAP-APL</i> , uma plataforma Web que disponibiliza recursos digitais através de APs (Português e Libras).
BRA29	RV	Sim	Dicionário temático visual-gestual baseado em RV para Libras.
BRA31	RA/RV	Não	O jogo <i>LibrAR</i> utiliza RA e RV para auxiliar no ensino do alfabeto e de Algarismos numéricos em Libras.
BRA33	Mobile	Sim	Apresentação do aplicativo <i>MIDOAA</i> , que embarca um objeto de aprendizagem acessível para computação.
BRA34	Mobile	Não	Jogo didático multidisciplinar para alunos surdos da Educação de Jovens e Adultos, chamado <i>Quiz Classroom Libras</i> .
BRA35	Framework	Não	Plataforma <i>Construtor de Arquiteturas Pedagógicas (CAP)</i> para a aprendizagem de Libras.
BRA36	Mobile	Não	Aplicativo educacional móvel baseado em técnicas de gamificação que tem o objetivo de apoiar o ensino-aprendizagem da Libras.
BRA37	Proposta de Design	Não	Modelo para educação inclusiva baseado na semiótica peirceana.
BRA39	Web	Não	Jogo <i>Gestus</i> , que tem por objetivo apresentar a Libras à crianças ouvintes, com idades entre 7 a 10 anos, de forma lúdica/humanizada.
INT17	Tradução de Máquina	Sim	Processamento de legendas para geração automática de linguagem de sinais.
INT34	RV	Sim	Ambiente de RV com suporte a chats para deficientes auditivos e para o ensino de Libras.
INT47	Tradução de Máquina	Sim	Solução baseada em tradução de máquina com avatares 3D, além de apresentar a concepção de um corpus com suporte a Libras.
INT80	Proposta de Design	Sim	Desenvolvimento de um avatar intérprete de Libras.
INT92	Mobile	Não	Jogo de adivinhação multiplayer para aprendizagem e prática da Libras.
INT109	Desktop	Não	Jogo educacional para o aprendizado de operações matemáticas e números em Libras, denominado <i>MatLIBRAS Racing</i> .

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste artigo, foi apresentada uma visão geral das pesquisas realizadas sobre o uso da tecnologia para o ensino e aprendizagem de línguas de sinais, com ênfase na Libras. Um MS foi conduzido, resultando em 139 estudos selecionados. Adicionalmente, a busca manual nacional foi utilizada como uma extensão dos estudos primários do MS, incluindo mais 46 publicações. Com isso, os artigos foram classificados de acordo com as áreas da ES, tópicos educacionais e línguas de sinais para responder as QP definidas. Também foram apresentados alguns dos principais estudos primários selecionados, abordando temas como o nível de abstração e capacidade de escala global das soluções.

Resumidamente, identificou-se que a maioria das soluções dizem respeito ao

projeto/construção de software. Adicionalmente, metade dos estudos apresentam alguma abordagem empírica, o que evidencia a importância de um processo de avaliação formal. Em aspectos técnicos, as soluções identificadas com foco no ensino e aprendizagem com línguas de sinais estão divididas entre as plataformas Web, Mobile e Desktop. No entanto, alguns estudos enfatizam abordagens mais específicas como tradução de máquina, sensores, RA/RV, *frameworks*, arquiteturas e, em menor grau, robótica.

Sobre os tópicos educacionais, existe uma grande incidência de soluções educacionais para o apoio ao ensino de línguas de sinais, algo esperado tendo em vista os termos utilizados na string de busca. Além disso, uma língua de sinais escrita merece destaque, a *SignWriting*. Por meio dela é possível se comunicar independentemente da língua de sinais nacional, pois cada usuário interpretará o sinal em sua língua nativa. Tal característica viabiliza uma série de possibilidades para a criação de soluções de âmbito global. Entretanto, uma pesquisa mais aprofundada deve ser conduzida para uma discussão mais fundamentada.

Finalmente, considerando as línguas de sinais, ressalta-se a predominância da ASL e da Libras. Adicionalmente, muitas outras línguas de sinais foram mapeadas, inclusive a *SignWriting*. Além disso, alguns estudos tratam as línguas de sinais de forma genérica. Entretanto, nenhum deles apresentou uma implementação ou proposta concreta visando a unificação ou coexistência das línguas de sinais, o que poderia derivar uma interessante linha de pesquisa.

Este trabalho apresenta algumas ameaças à validade: (i) é importante ressaltar que o primeiro autor realizou individualmente todas as etapas deste MS, incluindo a seleção dos estudos (buscas manual e automatizada), leitura, classificação e extração de dados. Todavia, os coautores forneceram *feedback* contínuo sobre todas as etapas, com o objetivo de minimizar esse viés; (ii) este estudo limitou o período de publicação dos trabalhos selecionados entre 2000 e 2019, pois acredita-se que contribuições anteriores não representariam as abordagens educacionais atuais, especialmente considerando o contexto da ES (Radermacher e Walia, 2013; Scatalon *et al.*, 2019). Não obstante, a pouca incidência de publicações nos anos iniciais desse período pode representar um critério de seleção coerente.

Como trabalhos futuros, pretende-se investigar os aspectos estruturais e técnicos para definição de uma arquitetura genérica para criação de aplicações educacionais baseadas em línguas de sinais. Em especial, o conceito de REA, apesar de identificado em apenas um estudo neste MS (Resende *et al.*, 2019), poderia derivar soluções interessantes, principalmente tendo em vista a criação de uma interface computacional pública e colaborativa para o ensino/aprendizagem através das línguas de sinais. Por fim, a condução de uma Revisão Sistemática, refinando o escopo do mapeamento atual e evidenciando novas lacunas de pesquisa, seria deveras interessante.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – #2018/26636-2; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001; e CNPq.

Referências

Bourque, P.; Fairley, R. E. **SWEBOK V3.0: Guide to the Software Engineering Body of Knowledge**. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society Press, 2014.
Cilli, T. *et al.* **A Tecnologia da Informação e Comunicação nas Práticas Educacionais**. São Paulo, SP, Brasil: Edição Independente, 2017.

- Falvo Jr, V. *et al.* Tecnologias Aplicadas ao Ensino e Aprendizagem de LIBRAS: Um Mapeamento Sistemático. **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2020)**, Natal, Brasil, nov. 2020.
- Falvo Jr, V. *et al.* The Role of Technology to Teaching and Learning Sign Languages: A Systematic Mapping. **Proceedings of the 50th Annual Frontiers in Education Conference (FIE 2020)**, Uppsala, Sweden, out. 2020.
- IBGE. **Conheça o Brasil – População: Pessoas com Deficiência**. 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2Zf79IV>. Acesso em: 13/12/2020.
- Kitchenham, B.; Charters, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. 2007. Disponível em: <https://bit.ly/3mgRhaR>. Acesso em: 13/12/2020.
- Lopes, M. *et al.* LibrAR: aplicativo de aprendizagem de libras usando realidade aumentada e realidade virtual em dispositivo móvel. **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE)**, v. 1, n. 1, p. 10, 2018.
- Martino, J. M. D. *et al.* Signing avatars: making education more inclusive. **Universal Access in the Information Society**, v. 16, n. 3, p. 793–808, ago. 2017.
- Petersen, K. *et al.* Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. **Information and Software Technology**, v. 64, p. 1–18, 2015.
- Quadros, R. M. de. **LIBRAS – Língua para o Ensino Superior**. São Paulo, SP, Brasil: Parábola Editorial, 2019.
- Radermacher, A.; Walia, G. Gaps between Industry Expectations and the Abilities of Graduates. In: **Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (SIGCSE '13), p. 525–530.
- Reinoso, L. *et al.* Framework CAP 1.0 para criação e uso de arquiteturas pedagógicas. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, v. 1, n. 1, p. 384–393, 2017.
- Resende, J. *et al.* LibrasBot: Um Recurso Educacional Aberto para o estímulo o pensamento lógico de crianças surdas. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, v. 1, n. 1, p. 892–901, 2019.
- Scatolon, L. P. *et al.* Software Testing in Introductory Programming Courses: A Systematic Mapping Study. In: **Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (SIGCSE '19), p. 421–427.
- Snoddon, K. **WFD Position Paper on Inclusive Education**. World Federation of the Deaf (WFD), 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3ebroWg>. Acesso em: 13/12/2020.
- Tavares, O. *et al.* CAP-APL: plataforma para criação e uso de arquiteturas pedagógicas para aprendizagem de Português e Libras. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, v. 1, n. 1, p. 466–475, 2017.
- Vale, V. *et al.* O jogo Gestus como aplicação de primeiro contato com LIBRAS. **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE)**, v. 1, n. 1, p. 8, 2018.
- WHO. **Global Estimates on Prevalence of Hearing Loss**. World Health Organization (WHO), 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3g5Of6t>. Acesso em: 13/12/2020.
- Wohlin, C. *et al.* **Experimentation in Software Engineering**. New York, NY, USA: Springer Publishing Company, Incorporated, 2012.
- Zhang, H. *et al.* Identifying relevant studies in software engineering. **Information and Software Technology**, v. 53, n. 6, p. 625–637, 2011.