



Análise de verbalizações de fórmulas matemáticas por professores com experiência no ensino de pessoas com deficiência visual

Analysis of mathematical formulas verbalizations by teachers with experience in teaching visually impaired people

Mirella Alves de Lima

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais / Brasil
mialima5972@gmail.com

Daniela Rodrigues

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais / Brasil
danielachiyo@gmail.com

Patrícia Vasconcelos Almeida

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais / Brasil
almeidaufla@gmail.com

Paula Christina Figueira Cardoso

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais / Brasil
paula.cardoso@ufla.br

André Pimenta Freire

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais / Brasil
apfreire@ufla.br

Resumo: Um dos problemas enfrentados pelos usuários da web com deficiência visual é a falta de recursos de Tecnologia Assistiva para ler corretamente o conteúdo matemático. Visando buscar possibilidades para produzir tais recursos, o trabalho investigativo que originou este artigo se ocupou de compilar um *corpus* produzido pelos professores ao lerem as fórmulas matemáticas para os alunos com deficiência visual. Transcrições

dos áudios foram feitas no intuito de obter padrões de leitura e levantar questões que podem vir a afetar a restauração da estrutura da fórmula matemática. Com base na leitura dos professores, foram examinados determinados elementos presentes nas falas e identificados posicionamentos distintos na manifestação oral dos símbolos, pausas e alterações no tom de voz, bem como das partículas conectivas (preposições, artigos, conjunções) e verbos. Por meio do *corpus* sistematizado das fórmulas matemáticas é possível refletir sobre a variação, padronização, divergência e significado, itens os quais podem auxiliar na demarcação de fenômenos linguísticos encontrados nas transcrições das gravações e com isso oportunizar uma base para futuras pesquisas na área.

Palavras-chave: fórmulas matemáticas; corpus; análise linguística; acessibilidade; deficiência visual.

Abstract: One of the problems faced by visual impairment web users is the lack of assistive technologies to read mathematical content correctly. Aiming to find possibilities to produce such resources, the research work that originated this article was devoted to compiling a *corpus* produced by teachers when reading the mathematical formulas for students with visual impairment. Transcripts of the audios were done in order to obtain reading standards and raise questions that may affect the restoration of the structure of the mathematical formula. Based on the teachers' reading certain elements present in the speech were examined and distinct positions were identified in the oral manifestation of the symbols, pauses and alterations in the tone of voice, as well as in the connective particles (prepositions, articles, conjunctions) and verbs. By means of a systematized mathematical formulas *corpus*, it is possible to reflect on the variation, standardization, divergence and meaning, which can help in the demarcation of linguistic phenomena found in the recordings transcriptions and with this provide a basis for future research in the area.

Keywords: mathematical formulas; corpus; linguistic analysis; accessibility; visual impairment.

Recebido em 07 de dezembro de 2018

Aceito em 15 de maio de 2019

1 Introdução

Atualmente, 53% da população mundial, ou cerca de 4,021 bilhões de pessoas, possui acesso à Internet, conforme indica o último relatório *Digital in 2018*, divulgado pelos serviços online *Hootsuite* e *We Are Social*. Segundo essas companhias, no Brasil, aproximadamente 66%

da população já está conectada à Internet. No que diz respeito à educação e ao mundo científico, essa “era digital” representa um compartilhamento de conhecimento no qual documentos técnicos, arquivos e informações de toda natureza são disponibilizados por uma infinidade de páginas da web a todo o momento. Ocorre, porém, que nem todas as pessoas têm as mesmas condições de acesso a esse conteúdo online, seja ele tecnológico, seja físico.

No Brasil, um relatório divulgado em 2015 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelou que, de acordo com a Pesquisa Nacional da Saúde (PNS) realizada em 2013, a deficiência visual¹ atinge aproximadamente 7,2 milhões de brasileiros. De acordo com estimativas fornecidas em 2017 pela *World Health Organization*, em todo o mundo, cerca de 253 milhões de pessoas têm algum tipo de deficiência visual. Dessas, 36 milhões são cegas e 217 milhões possuem deficiência visual moderada ou grave.

No que concerne a esses grupos de pessoas, o acesso à educação e à informática é normalmente bastante restrito, devido às limitações tecnológicas e de ferramentas adequadas para a construção do conhecimento que a área demanda. Embora o Braille² se constitua como uma importante ferramenta de acesso à informação, nem todas as pessoas com deficiência visual possuem o domínio para utilizá-lo. Ao lado desse sistema, existem ainda outros formatos acessíveis falados (como audiolivros) ou digitais que também são estratégias profícuas para auxiliá-los na aquisição de conhecimento.

Todavia, como destacam Ferreira e Freitas (2006), além das publicações técnicas em formato de áudio serem ainda limitadas, “a dificuldade para os cegos aumenta e o grau de acesso diminui à medida que cresce o nível de informação técnica no documento” (p. 137). Apesar disso, os autores reconhecem que a inserção de novos recursos de Tecnologia Assistiva e a ampliação do uso de computadores pessoais têm colaborado para que as condições de acesso à informação das pessoas

¹ “Considerou-se deficiência visual os casos de cegueira de ambos os olhos, cegueira de um olho e visão reduzida do outro, cegueira de um olho e visão normal do outro e baixa visão de ambos os olhos” (IBGE, 2015, p. 28).

² “Sistema de leitura e de escrita para cegos, em que as letras, os algarismos e os sinais gráficos são representados por uma combinação de seis pontos em relevo, que são lidos da esquerda para a direita, com uma ou ambas as mãos” (BRILLE, 2018).

com deficiência visual sejam aprimoradas, embora esse processo também tenha se deparado com alguns empecilhos técnicos. Dentre os obstáculos, é premente ressaltar o problema da falta de acessibilidade de acesso a conteúdos matemáticos na web.

Visando obter subsídios para minimizar esse problema, está em desenvolvimento o projeto NavMatBR, que intenciona melhorar a acessibilidade da Educação Matemática às pessoas com deficiência visual a partir da investigação de técnicas de leitura e compreensão de fórmulas complexas e do desenvolvimento de recursos de Tecnologia Assistiva (TA). O projeto envolve uma equipe multidisciplinar com pesquisadores das áreas da Ciência da Computação, de Educação Matemática e da Linguística, possibilitando a integração de conhecimentos técnicos para a implementação de recursos de TA, bem como conhecimentos sobre os fundamentos matemáticos e a análise linguística das transcrições de descrições de fórmulas matemáticas lidas por professores e profissionais brasileiros que possibilitem a leitura de conteúdo em português do Brasil.

O projeto surgiu no contexto da carência de recursos computacionais que permitissem a leitura de fórmulas matemáticas para pessoas com deficiência visual em português do Brasil. A leitura feita na língua materna de estudantes com deficiência visual é fundamental para permitir a compreensão desse tipo de conteúdo, considerando as limitações no ensino de língua inglesa para estudantes em Ensino Fundamental, por exemplo. A compreensão de conteúdo matemático com a leitura em uma segunda língua apresentaria uma dificuldade a mais para o entendimento e estudo de tal conteúdo para esses estudantes, ainda mais considerando as dificuldades comumente relatadas no estudo da Matemática e de outras áreas que envolvem o uso de notação com equações e fórmulas, como a Física e a Química.

A forma como é feita a leitura de conteúdos matemáticos apresenta grande variação entre diferentes países, e mesmo entre as diferentes regiões de um país. Assim, para possibilitar a leitura de fórmulas matemáticas para pessoas com deficiência visual por um software leitor de telas, a simples tradução automatizada ou tradução direta termo-a-termo dos conteúdos não seria eficaz para possibilitar a compreensão desse conteúdo.

Recorte do projeto de pesquisa supramencionado, este artigo, que tem como objetivo contribuir para a área de estudos linguísticos, descreve a criação de um *corpus* de fórmulas matemáticas e sua análise a

partir de transcrições das gravações de leituras realizadas por professores especialistas no ensino de pessoas com deficiência visual. O resultado dessa análise irá apoiar o desenvolvimento de recursos de TA para usuários com deficiência visual no Brasil.

Isto posto, este artigo segue organizado em mais quatro seções. Na seção 2, descrevem-se trabalhos relacionados com a produção de recursos de TA para a Matemática. Na seção 3, descreve-se a construção do *corpus* de trabalho e suas características. Na seção 4, discute-se o processo de criação do *corpus* e a análise do material transcrito. Por fim, na seção 5, apresentam-se as considerações finais e trabalhos futuros.

2 Trabalhos relacionados

Nesta seção, são apresentadas algumas pesquisas que produziram *corpus* de referência e recursos de TA para ler adequadamente conteúdo matemático para pessoas com deficiência visual. Tendo em vista que a criação e a adequação de TA são tarefas que devem levar em consideração diversos fatores, dentre eles os sociais, é pertinente pensar em preparar um *corpus* de referência que auxilie não somente no estudo e na compreensão do fenômeno, mas também no desenvolvimento e na avaliação de sistemas de leituras de fórmulas matemáticas para pessoas com deficiência visual.

Dessa forma, vale ressaltar o trabalho de Sepúlveda e Ferres (2012), que utilizaram uma base de 355.684 fórmulas matemáticas da Wikipedia e geraram descrições em espanhol para serem lidas pelo leitor de telas do usuário. Ocorre que o conteúdo da Wikipedia é organizado em páginas HTML (HyperText Markup Language), logo, fórmulas são imagens que possuem um atributo HTML com um texto alternativo que descreve o que é apresentado (*tag alt*). Na proposta dos autores, a descrição é transcrita para a linguagem MathML (Mathematical Markup Language – uma linguagem de marcação matemática) a fim de evitar problemas semânticos no momento em que for renderizada em uma página web como uma fórmula. Para conhecer a forma correta de leitura de fórmulas em espanhol, 38 participantes com diferentes *background* foram convidados a escrever como liam um determinado conjunto de fórmulas matemáticas de diferentes assuntos. A partir desse *corpus* de transcrições, os autores geraram padrões de leitura (referência) com base nas formas de maior frequência.

Outro estudo que vale a pena ser mencionado, pois estabelece alguma relação com o escopo do trabalho realizado que embasa este artigo, é o de Salamonczyk e Brzostek-Pawlowska (2015). Para encontrar padrões de leitura de fórmulas matemáticas na língua polonesa, os autores contaram com o auxílio de um grupo de professores com experiência no ensino para pessoas com deficiência visual que relataram suas preferências de leitura. Os autores não produziram um *corpus* de fórmulas, mas determinaram padrões de leitura a partir do relato dos professores. Entre os padrões destacam-se: ler letras como elas de fato são lidas; ler números inteiros ao invés de dígito por dígito. Os autores enfatizam que a Matemática é principalmente comunicada de forma escrita, ocasionalmente complementada com fala, por essa razão o conteúdo matemático escrito geralmente não possui ambiguidade em contraste com a fala. Desse modo, o usuário com deficiência visual precisa restaurar a estrutura de uma fórmula com base na fala, portanto, a forma oral não pode ser ambígua. Com base nos padrões sugeridos pelos professores, os autores desenvolveram um software que recebe uma fórmula matemática escrita em MathML e gera a sua representação em linguagem natural (texto) para ser lida pelo leitor de telas.

É importante frisar que existem poucas ferramentas que convertem uma representação matemática para um formato que permita ao leitor de telas ler adequadamente. Nessa linha, destacam-se o software AudioMath para o português europeu (FERREIRA, 2005), o i-Math para o tailandês (WONGKIA *et al.*, 2012) e um módulo no navegador ChromeVox para a língua inglesa (SORGE *et al.*, 2014). Por essa razão, é preciso destacar que, embora existam algumas pesquisas que buscam melhorar o acesso a conteúdo matemático para pessoas com deficiência visual, há pouca investigação sobre padrões de leituras de fórmulas matemáticas. Como esse é um espaço em que os estudos que originaram este artigo desejam ocupar, acredita-se que compreendendo como é feita a leitura desse tipo de conteúdo para pessoas com deficiência visual, padrões poderão ser identificados e automatizados, possibilitando sua inserção/criação em recursos de TA.

Posto que até o momento não foi encontrado na literatura um *corpus* de fórmulas matemáticas ou manuais de leitura específicos para o português do Brasil, neste trabalho optou-se pela criação de um *corpus* de fórmulas matemáticas contendo as leituras realizadas por professores de Matemática especialistas no ensino de pessoas com deficiência visual.

Para a criação do *corpus*, foram conduzidas primeiramente leituras de textos de pesquisadores da Linguística de Corpus, especificamente, uma vez que há diferenças entre a concepção do termo *corpus* de acordo com a área em que o pesquisador está inserido. Dentro dessas leituras foram analisadas definições de *corpus* a fim de estabelecer a que mais se ajustaria ao projeto. O presente artigo destaca a concepção de Sardinha (2004), pois se trata do pesquisador brasileiro de maior relevância na área, autor do primeiro manual de Linguística de Corpus do país. Para Sardinha (2004, p. 18), *corpus* é

Um conjunto de dados linguísticos (pertencentes ao uso oral ou escrito da língua ou a ambos) sistematizados segundo determinados critérios suficientemente extensos em amplitude e profundidade de maneira que sejam representativos da totalidade do uso linguístico ou de algum de seus âmbitos, dispostos de tal modo de possam ser processados por computadores, com finalidade de propiciar resultados vários e úteis para descrição e análise.

De acordo com o autor, essa definição é mais completa porque menciona a origem, o propósito, a composição, a formatação, a representatividade e a extensão do *corpus*.

Vale ainda ressaltar o trabalho de Fromm (2003), que foi utilizado como parâmetro para a análise do *corpus* já formado. Segundo o autor, existem diversas aplicações práticas do *corpus* após a sua construção e, dentre essas, a que mais se aproxima do objetivo do projeto, e também apresentada no presente artigo, é a “comprovação de colocações na língua” (p. 3). Nesse caso, as colocações referem-se à “combinação provável mais aceita pelos falantes nativos da língua” (FROMM, 2003, p. 3). Essa afirmação foi adaptada para o contexto da análise proposta pelo projeto, passando então a ser observada como uma combinação de vocábulos mais aceita dentro das nomenclaturas matemáticas quando aplicadas em um software de leitura de telas, facilitando o entendimento das pessoas com deficiência visual. Os resultados das observações sobre a variação de vocábulos e suas implicações serão mais bem explicados na seção 4.

Sabe-se que a construção de um *corpus* consome bastante tempo e é uma tarefa cara, em que é necessário preocupar-se com a confiabilidade, a validade e a consistência de seu processo de criação (HOVY; LAVID, 2010). Dessa maneira, passos adotados na construção de *corpus* em outras linhas de pesquisa da área de processamento de linguagem natural foram adaptados para este trabalho.

3 Criação de um *corpus* de fórmulas matemáticas

Antes de começar a descrição do trabalho de pesquisa é preciso destacar que para desenvolver o projeto NavMatBR tem-se, a priori, que compreender como é feita a leitura de fórmulas matemáticas para pessoas com deficiência visual. Pois, a criação de um conjunto de fórmulas matemáticas para serem lidas por professores de Matemática com experiência no ensino de pessoas com deficiência visual foi motivada pela ausência de manuais ou literatura sobre o tema no Brasil. Esse conjunto de fórmulas e suas respectivas leituras formam o *corpus* que apoia o desenvolvimento do projeto NavMatBR. Por meio desse *corpus*, questões científicas a respeito do processo de leitura de fórmulas matemáticas para pessoas com deficiência visual poderão ser respondidas, tais como a identificação de padrões de leituras que podem ser automatizados. Além de fórmulas, o *corpus* criado a partir dos dados das transcrições contém operadores aritméticos, operadores relacionais, algarismos romanos e outros símbolos do contexto da Matemática. Nesta seção, descrevem-se os passos da criação do *corpus*.

3.1 Seleção das fórmulas

Para a criação do conjunto de fórmulas, a equipe multidisciplinar que compõem o projeto de pesquisa se reuniu por diversas vezes a fim de traçar um roteiro de ação que desse conta dos objetivos do projeto. Depois de algumas discussões de cunho teórico e também metodológicos de geração de dados, decidiu-se por compor uma banca com professores do Departamento de Ciências Exatas (Universidade Federal de Lavras – UFLA), uma graduanda do curso de Física e outra do curso de Matemática, para que fizessem a análise de alguns materiais didáticos em busca daqueles que apresentavam os conteúdos matemáticos tratados nos anos finais do Ensino Fundamental de forma que pudessem nortear a geração de dados. Além disso, como o conteúdo matemático é bastante extenso, decidiu-se ainda que o material escolhido deveria contemplar conteúdos pertencentes aos objetos de conhecimento das grandes unidades temáticas da área da Matemática elencadas pela Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2016): Números e Operações, Álgebra e Funções, Geometria, Grandezas e Medidas e Probabilidade e Estatística. Assim sendo, foram selecionadas então as coleções *Matemática* (BIANCHINI, 2015) e *Praticando Matemática*

(ANDRINI; VASCONCELLOS, 2011). Vale ainda ressaltar que os critérios mencionados, que orientaram a definição das coleções, visavam afunilar o escopo de possibilidades a serem pesquisadas.

O próximo passo foi a análise dos livros. Ao longo do processo surgiram várias sugestões sobre qual fórmula seria mais adequada para ser selecionada. Após a análise, todavia, criou-se um conjunto final de fórmulas e símbolos que puderam ser subdividido em 11 grupos diferentes, mas que tinham relações entre si. No Quadro 1, identificam-se tais grupos, bem como um exemplo de cada um e sua representatividade no *corpus*. Observa-se que o grupo “Equações, inequações e sistemas” possui maior representatividade que os demais, pois se trata do assunto de maior complexidade em relação aos outros grupos. Já o grupo “Função modular” tem apenas um exemplo, pois se trata especificamente dos símbolos usados para identificar esse tipo de conteúdo (nesse caso, o par “[]”). Vale destacar neste momento que, no restante do texto, será adotada o termo “fórmula” para referir-se a um item de qualquer um dos grupos representados abaixo.

QUADRO 1 – Grupos de conteúdo que compõem o conjunto de fórmulas

Grupos	Exemplo	Total de “itens” no conjunto de fórmulas
Números romanos	I	7
Relações entre números e símbolos	>	10
Equações, inequações e sistemas	$(-2ax). (3/(2ax^2)). (-1)2a = 0$	12
Potências e raízes	$2^5 + \sqrt{4}$	2
Retas e ângulos	r/s	7
Frações	$\frac{3}{4}$	3
Números decimais, dízimas	1,333...	2
Graus, unidades de tempo e símbolos	$1^\circ = 60'$	2
Conjuntos numéricos	\mathbb{N}	8
Relações entre conjuntos	$x \in A$	9
Função modular	$f(x) = x + 1 $	1

3.2 Seleção de profissionais para a leitura do conjunto de fórmulas

Após o extenso trabalho de análise e seleção de material para a geração de dados, ficou decidido entre os participantes do grupo de pesquisa que cada fórmula do conjunto deveria ser lido por cinco (5) profissionais da área da Matemática, que trabalham com o ensino de pessoas com deficiência visual e que possuem, no mínimo, um ano de experiência nesse processo. Embora o trabalho não tenha a intenção de argumentar sobre gêneros, é importante citar que o grupo que se disponibilizou a auxiliar a pesquisa se constituiu em um (1) homem e quatro (4) mulheres e a média de idade dos profissionais é de vinte e seis (26) anos. Dentre os selecionados, dois professores são ligados a cursos de Ciências Exatas da UFLA, duas professoras atuam em um centro de apoio educacional ao ensino de pessoas com deficiência visual e auditiva de uma cidade do estado de Minas Gerais e uma aluna é graduanda do curso de licenciatura em Matemática. É interessante mencionar ainda que dos cinco participantes, quatro declararam conhecer algum recurso de TA utilizado por pessoas com deficiência visual, o que sinaliza um conhecimento prévio básico de TA por parte dos participantes.

3.3 Especificação do procedimento de leitura de fórmulas

Para compreender como se deu o procedimento de leitura de fórmulas é preciso aludir que os cinco professores leram as mesmas fórmulas matemáticas e, para que não houvesse nenhuma influência ou intervenção externa durante a gravação, as entrevistas com esses profissionais aconteceram em uma sala especial preparada para tal fim. Cabe destacar que as entrevistas ocorreram individualmente, ou seja, um participante de cada vez e em diferentes datas.

Antes de iniciar as entrevistas, os professores foram informados de que eles seriam participantes colaboradores de um projeto de pesquisa cujo nome é NavMatBR e que, por trabalhar diretamente com coleta de dados com seres humanos, o projeto foi devidamente submetido ao Comitê de Ética da UFLA e havia sido aprovado. Os professores ainda foram esclarecidos sobre a natureza e os objetivos do referido projeto e também sobre a possibilidade que tinham de interromper a entrevista a qualquer momento e sem nenhum prejuízo.

Na primeira etapa das entrevistas, antes efetivamente da leitura das fórmulas, foi solicitado aos professores que contassem um pouco

sobre suas experiências com o ensino de Matemática para pessoas com deficiência visual. Vale salientar que para que houvesse uma linha norteadora para esse relato, o entrevistador tinha em mãos um roteiro³ impresso com uma série de perguntas para também auxiliar os professores no prosseguimento de seus relatos. As principais respostas a essas perguntas foram também registradas por escrito durante esse momento da entrevista pelo próprio entrevistador.

Na segunda etapa, cada professor recebeu, na forma impressa, o conjunto de fórmulas matemáticas que, como apresentado anteriormente, estavam organizadas em grupos de conteúdo, para serem lidas na sequência. Foi solicitado aos professores que lessem as fórmulas conforme fazem em sua prática diária, isto é, da forma mais natural possível, sem se preocupar com ritmo ou cadência de leitura. Ressalta-se que os professores não tiveram nenhum treinamento sobre a tarefa, pois se assumiu que tinham experiência no ensino de pessoas com deficiência visual e também para que os dados pudessem ficar o mais perto do “natural” possível.

Embora não seja foco dos objetivos de pesquisa assinala-se que, em média, as duas etapas das entrevistas duraram aproximadamente sessenta (60) minutos, e para realizar a leitura do conjunto de fórmulas, os professores levavam cerca de vinte (20) minutos. Reitera-se que as duas etapas das entrevistas gravadas foram transcritas para que a equipe do projeto pudesse conhecer um pouco mais sobre os participantes e também tomar notas importantes que viessem a nortear os trabalhos para as próximas etapas.

3.4 Transcrição das fórmulas

Compondo a equipe multidisciplinar do projeto, a fase de transcrições das leituras das fórmulas foi realizada por duas graduandas dos 3º e 5º períodos do curso de Letras Português/Inglês da UFLA. O parâmetro técnico utilizado para as transcrições foi baseado no conjunto de normas⁴ para transcrição de entrevistas gravadas que constam na obra *O discurso oral culto*, sob a organização do linguista brasileiro Dino

³ Este roteiro pode ser conferido em Anexo I.

⁴ Tais normas foram idealizadas para o Projeto de Estudo da Norma Linguística Urbana Culta de São Paulo (Projeto NURC/SP – Núcleo USP), do qual o professor Dino Preti é Coordenador Científico.

Preti (1999). A escolha dessas regras para a transcrição das entrevistas do projeto NavMatBR se deu em função da clareza de tais normas, que são bastante acessíveis e amplamente utilizadas em diversos projetos brasileiros que trabalham com transcrições de gravações.

Ainda em torno das transcrições de entrevistas gravadas, Preti (2009) destaca, na obra *Oralidade em textos escritos*, que

Quem faz pesquisa de língua oral se defronta, após colher o seu corpus, com o problema da transcrição do material colhido. Realizar o trabalho somente como texto gravado não é uma estratégia que se revele eficaz. O ideal será utilizar uma transcrição de base ortográfica que, com toda a precariedade que possa apresentar, é mais oportuna, a não ser que se tenha em mente fazer uma análise de ordem fonética/fonológica, quando então a transcrição fonética se impõe como única forma para a análise. Mas em todas as outras áreas de pesquisa, morfossintática, léxica, discursiva, será melhor começar o trabalho pela transcrição ortográfica, usando o texto oral sempre como um material de controle (p. 305).

É válido frisar que, após discussões com os participantes do projeto, decidiu-se que as questões do âmbito fonético/fonológico não deveriam ser contempladas durante as transcrições, pois não eram o foco de atenção da pesquisa. Dessa forma, essa decisão permitiu que as transcrições fossem registradas ortograficamente, sem preocupações com a pronúncia. O conjunto de regras mencionado pode ser conferido no quadro em Anexo II. É importante registrar que as regras utilizadas permitiram uma padronização das transcrições, conferindo uniformidade ao trabalho.

Especificamente sobre o processo de transcrição, cabe relatar que as transcrições completas das cinco gravações levaram em média o triplo do tempo de duração total de cada entrevista, visto que, por decisão do grupo de trabalho, tais registros foram feitos manualmente, sem o auxílio de softwares.

3.5 Anotação das fórmulas em MathML

As fórmulas foram anotadas em MathML, que é uma linguagem de marcação matemática desenvolvida e recomendada pela W3C. MathML é utilizada para integrar fórmulas matemáticas nas páginas web

e em outros documentos. Por meio da representação de uma fórmula nesse formalismo, é possível gerar automaticamente um texto em linguagem natural que poderá ser lido por um leitor de telas.

Para anotar fórmulas em MathML podem ser utilizados editores online ou editores de textos disponíveis nos computadores. A desvantagem destes últimos é que as anotações poderão conter muitos erros, como não fechar uma *tag*, o que impedirá processamentos automáticos posteriores. No projeto NavMatBR, foi utilizada a plataforma online Wolfram⁵ para gerar a codificação MathML de cada fórmula. Esse ambiente converte uma representação matemática em um código MathML.

Para exemplificar um código na linguagem MathML, na Figura 1 apresenta-se a codificação da fórmula “ $a^2 + b^2 = c^2$ ”. Cada *tag* possui um significado no código. Por exemplo, `<mi>` é utilizada para marcar identificadores (variáveis e constantes), `<mo>` para operadores e `<mn>` para números.

FIGURA 1 – Representação em MathML da fórmula $a^2 + b^2 = c^2$

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <body>
    <math>
      <mrow>
        <msup><mi>a</mi><mn>2</mn></msup>
        <mo>+</mo>
        <msup><mi>b</mi><mn>2</mn></msup>
        <mo>=</mo>
        <msup><mi>c</mi><mn>2</mn></msup>
      </mrow>
    </math>
  </body>
</html>
```

⁵ Link da plataforma online Wolfram: <https://reference.wolfram.com/language/XML/tutorial/MathML.html>

4 Análise e discussão de dados

Como já mencionado, este artigo descreve a criação de um *corpus* de fórmulas matemáticas para apoiar o desenvolvimento de recursos de TA para usuários com deficiência visual no Brasil. Nesta seção, relata-se com mais detalhes a análise do material produzido pelos professores, as dificuldades no processo de transcrição e os direcionamentos a partir do *corpus*.

No que diz respeito ao processo de transcrição manual das fórmulas lidas, pode-se dizer que alguns pontos se sobressaíram mais durante a verificação do todo. Alguns trechos foram selecionados e apresentados no Quadro 2, mas antes é preciso ressaltar que nas transcrições, todas as pausas, longas ou curtas, foram representadas por reticências (“...”). Destaca-se, no entanto, que as pausas feitas pelos entrevistados não foram propositais ou visando a uma melhor compreensão das pessoas com deficiência visual mediante o que foi lido. Essas pausas geralmente ocorriam quando as pessoas estavam pensando no que dizer. Já em relação à entonação, é preciso assinalar que não houve alterações intencionais no tom de voz, de modo que determinada parte ou termo da fórmula fossem relevados.

Por seu turno, as pausas e a entonação, é pertinente registrar, são elementos prosódicos intrínsecos à fala e não devem ser ignorados no estudo da oralidade. Além desses dois, o tom, o acento, os alongamentos, a duração, a silabação, o ritmo, a fluência, as inflexões de voz etc. também são outros importantes elementos prosódicos que contribuem para uma melhor expressão de uma língua e, conseqüentemente, seu entendimento.

Observa-se também que houve diferentes formas de leitura de alguns sinais gráficos, tais como parênteses, colchetes e chaves. É trivial o fato de que um enunciado não é construído a partir de palavras e orações amontoadas. E os sinais de pontuação, por sua vez, contribuem para a adequação sintática e semântica do texto escrito (BECHARA, 2009). Portanto, uma pontuação equivocada traria grandes prejuízos à comunicação.

À grosso modo, e conforme uma concepção mais restrita, como aponta Bechara (2009), sinais como os parênteses, colchetes⁶ e chaves⁷ são exemplos de sinais de comunicação ou “mensagem” (ao contrário dos “separadores”, como a vírgula ou o ponto final). Ainda segundo o autor,

Os parênteses assinalam um isolamento sintático e semântico mais completo dentro do enunciado, além de estabelecer maior intimidade entre o autor e o seu leitor. Em geral, a inserção do parêntese é assinalada por uma entonação especial (BECHARA, 2009, p. 612).

Essa breve explanação do ponto de vista gramatical permite-nos vislumbrar o uso desses sinais na língua e como eles contribuem para um melhor entendimento do texto. Já no que se refere à linguagem matemática, a utilização de tais sinais gráficos, sobretudo pela Álgebra, é bastante frequente e preponderante, possuindo diversos significados específicos e denotando, em especial, algum agrupamento.

Pelo fato dos sinais supramencionados impactarem tanto a Gramática, quanto a Matemática, achou-se interessante registrar a forma como suas ocorrências eram lidas pelos professores. Alguns entrevistados liam “abre/fecha parênteses, chaves etc.”⁸ enquanto que outros faziam a leitura direta desses símbolos. Além disso, algumas vezes os símbolos eram lidos no singular (parêntese, colchete, chave) e outras vezes no plural (parênteses, colchetes, chaves). É conveniente ressaltar que ambas as formas utilizadas, plural e singular, são utilizadas na Língua Portuguesa e estão corretas, e não interferem na apreensão do conteúdo pelas pessoas com deficiência visual. Ainda no que tange esses símbolos, cabe dizer que apenas um dos entrevistados recorreu ao uso de parênteses adicionais

⁶ “Intimamente ligados aos parênteses pela sua função discursiva, os colchetes são utilizados quando já se acham empregados os parênteses, para introduzirem uma nova inserção. Também se usam para preencher lacunas de textos ou ainda para introduzir, principalmente em citações, adendos ou explicações que facilitam o entendimento do texto. Nos dicionários e gramáticas, explicitam informações como a ortoépia, a prosódia etc.(...)” (BECHARA, 2009, p. 613).

⁷ “A chave [{}] tem aplicação maior em obras de caráter científico (...)” (BECHARA, 2009, p. 614).

⁸ A utilização ou não dos verbos, como “abrir/fechar”, enquadra-se na explicação do parágrafo posterior ao Quadro 2.

às fórmulas para evitar o entendimento ambíguo em certos momentos (isso será retomado adiante).

Além disso, constatou-se que alguns entrevistados ora trocavam algumas nomenclaturas, como no caso dos símbolos “ \subset ” (lê-se “está contido”) e “ \supset ” (lê-se “contém”), ora não se lembravam de outras. Em vistas a essa diferença no momento da leitura das fórmulas, sugere-se que talvez fosse mais interessante se o entrevistado tivesse acesso ao roteiro das fórmulas antes da entrevista, de modo que pudesse esclarecer eventuais dúvidas para se esquivar de confusões entre as nomenclaturas corretas de símbolos, sinais gráficos, operadores etc. Além do mais, considerando que esse trabalho se dá em um contexto educacional, no qual os professores normalmente preparam suas aulas antes de executá-las, esse acesso poderia ajudar os profissionais do ensino a preverem possíveis dúvidas de seus alunos no momento da leitura. Em outras palavras, outra vantagem desse contato antecipado com o roteiro seria uma leitura mais “limpa”, em que os entrevistados evitariam hesitações e pausas sem vínculo com o processo de apreensão das fórmulas pelas pessoas com deficiência visual.

Para evidenciar diferentes formas de leitura e problemas relacionados a nomenclaturas, foi selecionado um exemplo. No Quadro 2 são apresentadas as transcrições das cinco leituras feitas pelos professores, identificados por P1 a P5, para a fórmula “ $48 - \{28 - 4. [3. (40: 5 - 3): (17 - 3.4)]\} \leq 4$ ”. Registra-se que os parênteses adicionais mencionados por um dos entrevistados estão sublinhados, as ocorrências dos símbolos estão em **negrito** e os erros de nomenclatura/leitura, comentados anteriormente, estão destacados em *itálico*.

QUADRO 2 – Exemplificação de leituras de uma fórmula

	$48 - \{28 - 4. [3. (40: 5 - 3): (17 - 3.4)]\} \leq 4$
P1	quarenta e oito menos <i>colchete</i> vinte e oito menos quatro vezes... colchete três vezes parênteses parênteses ... quarenta dividido por cinco <i>fecha parênteses</i> menos três <i>fecha parênteses parênteses</i> ... dividido por... parêntese dezessete menos três... vezes quatro parênteses chave colchete ... menor igual quatro
P2	quarenta e oito menos abre chave vinte e oito menos quatro vezes abre colchete três vezes abre parênteses quarenta dividido por cinco menos três fecha ... parênteses dividido abre parênteses dezessete menos três vezes quatro fecha parênteses fecha colchete fecha chave menor igual a quatro
P3	quarenta e oito menos... abre chave vinte e oito menos quatro vezes abre colchete vezes... três vezes abre parêntese quarenta dividido por cinco menos três fecha parêntese ... (divide) abre parêntese dezessete menos três vezes quatro fecha parêntese fecha colchete fecha chave e tudo isso tem que ser menor igual a quatro
P4	quarenta e oito menos abre parêntese ... vinte e oito menos quatro vezes abre colchete três vezes abre parêntese quarenta dividido por cinco menos três fecha parêntese dividido abre parêntese dezessete menos três vezes quatro fecha parêntese fecha colchetes fecha chave menor ou igual a quatro
P5	quarenta e oito menos abre chaves vinte oito menos quatro vezes abre colchete três vezes abre parênteses quarenta dividido por cinco menos três fecha parênteses dividido abre parênteses dezessete menos três <i>vírgula</i> quatro fecha parênteses fecha colchete fecha chaves menor igual a quatro

Outra questão interessante a ser destacada nos exemplos abordados diz respeito ao uso, do que é chamado aqui, de partículas conectivas: preposições, artigos, conjunções e os próprios verbos, inclusive. Ao analisar os excertos acima percebe-se que alguns entrevistados prezaram mais pelo uso dessas partículas conectivas enquanto que outros as excluíam, tornando suas leituras mais “enxutas”. Entretanto, embora se tenha a impressão de que essa leitura “enxuta” possa ser mais vantajosa para os alunos, alguns professores especialistas da área Matemática assinalam que quanto mais detalhada e completa é a leitura, melhor será o entendimento do ouvinte. Os referidos conectores foram realçados em **negrito** e as leituras mais aconselháveis, na visão dos especialistas, estão sublinhadas nos exemplos apresentados Quadro 3.⁹

⁹ O símbolo “Ø” foi utilizado para ressaltar que naquelas determinadas posições nenhum “conectivo” foi empregado pelos entrevistados durante a leitura.

QUADRO 3 – Conectivos presentes nas leituras

=	Ø igual Ø / Ø igual a / <u>é igual a</u> / é igual Ø
>	Ø maior Ø / é maior que / Ø maior que
÷	dividido Ø / dividido por
$A \cup B$	<u>á união com bê</u> / á união Ø bê

É pertinente lembrar que são unidades linguísticas como essas que contribuem para a coesão de uma frase, texto etc. A coesão é um fenômeno essencial para uma língua, uma vez que “(...) diz respeito ao modo como os elementos linguísticos presentes na superfície textual encontram-se interligados, por meio de recursos também linguísticos, formando sequências veiculadoras de sentido” (KOCH, 1997, p. 35).

Também se notou, em vários momentos durante as transcrições, uma grande diversidade de leituras para um mesmo termo. Para ilustrar esse fato, no Quadro 4 detalham-se as diversas leituras para cada termo da fórmula “ $2^5 + \sqrt{4}$ ”. Em **negrito** estão ressaltadas as formas distintas. Para a leitura da potência houve quatro formas diferentes (“elevado à quinta”, “elevado à cinco”, “à quinta” e “elevado à quinta potência”), enquanto que na leitura da raiz houve duas variações (“raiz de” e “raiz quadrada de”). A variedade de termos existente para expressar um mesmo conceito é um movimento espontâneo e rotineiro em qualquer idioma (basta recuperarmos as noções de “variedade linguística” ou mesmo de “sinonímia”). Porém, nesse contexto matemático específico, acreditamos que essa variação não é positiva, pois ter-se um padrão facilitaria não somente para as pessoas que precisam compreender a leitura sem visualizar a fórmula, mas também para aqueles que têm que ensiná-las.

QUADRO 4 – As diferentes leituras para a fórmula $2^5 + \sqrt{4}$

	2^5	+	$\sqrt{4}$
P1	parênteses dois elevado à quinta ... fecha o parênteses desse primeiro termo...	mais	raiz de quatro
P2	dois elevado à cinco	mais	raiz de quatro
P3	dois à quinta	mais	raiz de quatro
P4	dois elevado à quinta potência	mais	raiz quadrada de quatro
P5	dois elevado à cinco	mais	raiz quadrada de quatro

Outro ponto que gerou dificuldade no momento da transcrição, e acredita-se que deverá ser também um problema para os leitores e para os ouvintes das fórmulas, refere-se ao duplo sentido (ambiguidade) das leituras, sobretudo no que toca ao grupo “Equações, Inequações e Sistemas”. Por vários momentos, a tarefa de distinguir os termos da raiz, das frações, das potências etc. do restante da operação tornou-se bastante difícil, principalmente quando se assume uma posição ocupada pela pessoa com deficiência visual, que não tem acesso à disposição visual das fórmulas.

No que concerne à Linguística, “ambiguidade” trata-se da duplicidade de sentidos, em que palavras, expressões ou frases podem admitir mais de uma acepção. Uma vez que geram confusões, as ambiguidades precisam ser evitadas na linguagem formal (licenças poéticas à parte). Devido à desatenção que cerca a sua ocorrência, a ambiguidade é tida como um vício de linguagem. Dentre os diferentes tipos desse “fenômeno”, podemos citar a ambiguidade estrutural (ou sintática), na qual o duplo sentido é oriundo de uma má organização dos elementos internos constituintes da oração. O referido tipo de ambiguidade foi identificado nas leituras feitas pelos professores, já que houve dúvidas de interpretação por causa da ordem de alguns termos.

No Quadro 5, apresentam-se duas fórmulas para explicitar essa situação. As partes “ambíguas” estão sublinhadas e as observações concernentes a elas estão destacadas em *itálico*. Na leitura da primeira fórmula, por exemplo, quando o termo “ $\sqrt{1/9}$ ” é lido como “raiz de um sobre nove”, abre-se margem para “interpretá-lo” ainda como “ $\sqrt{1/9}$ ”, o que muda totalmente a linha de raciocínio para a resolução do problema em que a fórmula é a base.

QUADRO 5 – Exemplo de fórmulas cujas leituras continham ambiguidades

$(2 - \sqrt{1/9})^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{64}}{25} - 1 \right) = 15$	<p>abre parênteses dois menos <u>raiz de um sobre nove</u>*... fecha parênteses elevado ao quadrado vezes abre parênteses <u>raiz de sessenta e quatro dividido por vinte e cinco</u>** menos um fecha parênteses igual a quinze</p> <p>* <i>não é possível saber se é ou</i></p> <p>** <i>mesmo caso: não se sabe se a raiz envolve o 25 ou não</i></p>
$(2,7/0,9) - \left(\frac{1}{2,0,5} + 0,75 \right) \leq 267$	<p>abre parêntese dois vírgula sete sobre zero vírgula nove fecha parêntese menos abre parêntese uma fração numerador um denominador dois vezes zero vírgula cinco <u>mais zero vírgula setenta e cinco</u>* fecha parêntese menor ou igual a duzentos e sessenta e sete</p> <p>* <i>0,75 poderia estar tanto no denominador quanto fora da fração</i></p>

A partir das observações sobre o material transcrito, constata-se que não há um padrão de leitura de fórmulas matemáticas adotado pelos professores de Matemática de pessoas com deficiência visual. A variedade de formas de leitura compreende a simplificação de nomenclaturas, o acréscimo de símbolos que não estão explícitos, o uso ou não de conectivos. Assim, embora a linguagem matemática disponha de um conjunto de símbolos próprios, codificados e que se relacionam segundo determinadas regras, que supostamente são comuns a certa comunidade que as utiliza para comunicar, ela carece do complemento de uma linguagem natural. No caso de pessoas com deficiência visual, a linguagem utilizada para lhes apresentar fórmulas matemáticas deve ser a mais clara possível para evitar problemas de interpretação, que podem causar, por exemplo, erros de cálculos ou de aprendizagem de conceitos. A grande variação de leitura e a falta de um padrão são problemas que devem ser considerados para os estudiosos da área.

Há uma premissa em anotação de *corpus* que, se as pessoas não podem concordar o suficiente, então ou a teoria está errada (mal declarada, instanciada) ou o processo em si é falho (HOVY; LAVID, 2010). No caso do *corpus* produzido neste trabalho, não é possível medir a concordância entre as formas de leituras, pois conforme já discutido, cada professor usou um vocabulário variado. Contudo, isso não invalida tal *corpus*, pois demonstra a riqueza que é inerente à linguagem natural, mesmo

quando utilizada para descrever a Matemática, que tem estilo próprio. Isto posto, ainda assim é possível estabelecer frequência de uso e padrões que poderão ser utilizados para geração de regras automáticas de leituras.

Como resultado deste trabalho, destaca-se então a produção de um *corpus* de fórmulas matemáticas e a sua disponibilização para fins de pesquisa. O *corpus* contém 100 textos que correspondem às transcrições das fórmulas, totalizando 2600 palavras. Trata-se de um *corpus* piloto que não tem a pretensão de ser exaustivo, mas ser uma amostra para o fenômeno sob investigação. A média de palavras por transcrição é de 41,74. Além das transcrições, para cada fórmula estão disponíveis 5 arquivos de áudio (formato mp3) com as leituras das fórmulas, a representação em MathML e a imagem da mesma em formato jpeg. Os arquivos de áudio totalizam 59min20s.¹⁰

5 Considerações finais

Este artigo apresentou o processo de criação de um *corpus* de fórmulas matemáticas para subsidiar o projeto de pesquisa NavMatBR, cujo objetivo principal é produzir um recurso de Tecnologia Assistiva que leia corretamente em português (Brasil) fórmulas matemáticas para usuários com deficiência visual. As principais contribuições do artigo foram: apresentar o processo de criação de *corpus* de fórmulas matemáticas e discutir esse processo, bem como a análise do material coletado.

Embora o *corpus* produzido mostre que há variedades nas formas de leituras de uma mesma fórmula, ainda assim é possível extrair regras para serem inseridas em um recurso de TA. Como trabalhos futuros, tem-se a consulta a especialistas do ensino de Matemática para resolver os casos divergentes. Para esses casos, planeja-se utilizar os formalismos da Matemática para definir uma leitura padronizada. Além disso, serão elaboradas regras de leituras com base na frequência de uso e na sugestão dada pelos especialistas para os casos divergentes. Tais regras serão inseridas em um *parser* para expressões matemáticas, que funcionará junto com um leitor de telas. Com isso, almeja-se gerar um recurso de TA que auxilie pessoas com deficiência visual a obterem conhecimentos matemáticos por meio da web.

¹⁰ O *corpus* do projeto pode ser conferido no link: <http://twixar.me/hx5K>.

Após a implementação do *parser* em um software que possa ser executado com fórmulas em MathML, serão realizadas avaliações envolvendo pessoas com deficiência visual visando identificar quão satisfatória é a compreensão que eles têm do conteúdo lido na forma de voz. A partir dessa avaliação, será possível identificar possíveis pontos de melhoria para reformular as formas de verbalização das fórmulas visando melhor compreensão por pessoas que não podem utilizar a percepção visual para fazer a leitura.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa.

Agradecemos à Isabella C. Teófilo e Natália C. T. Nascimento, que atuaram na realização de parte das entrevistas e na preparação do conjunto de fórmulas elencadas para inclusão nas entrevistas com professores a partir da análise de livros didáticos de Ensino Fundamental da área de Matemática e de Ciências; à Rosana M. Mendes, Helena Libardi e Evelise R. C. G. Freire, que atuaram na orientação das análises de materiais didáticos para seleção das fórmulas e na análise das verbalizações das fórmulas matemáticas com contribuições do ponto de vista de Educação Matemática; à Otávio F. Oliveira e Stênio de Abreu, que atuaram na realização de entrevistas com professores; à Jorge S. R. Silva e Antônio A. O. Barbosa, que atuaram na análise do material coletado com contribuições do ponto de vista de computação e navegação em fórmulas.

Contribuição dos autores

Além de redigir o texto final do artigo, Lima e Rodrigues transcreveram e analisaram os dados coletados. Almeida contribuiu com as análises dos dados coletados e com a escrita do texto final. Cardoso e Freire organizaram a coleta de dados e também contribuíram com a escrita do texto final. Todos os colaboradores são membros do projeto de pesquisa NavMatBR.

Referências

- ANDRINI, A.; VASCONCELLOS, M. J. *Praticando matemática*. 2. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2011. 4 v.
- BECHARA, E. *Moderna gramática portuguesa*. 37. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2009.
- BIANCHINI, E. *Matemática*. 8. ed. São Paulo: Moderna, 2015. 4 v.
- BRAILLE. In: *Dicionário infopédia da Língua Portuguesa*. Porto: Porto Editora, 2003-2018. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/braille>. Acesso em: 17 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. 2. versão rev. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://historiadabncc.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.
- FERREIRA, H. F. P. C. *Leitura automática de expressões matemáticas – AudioMath*. 2005. 287 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática) - Universidade do Porto, Porto, 2005.
- FERREIRA, H.; FREITAS, D. Leitura de fórmulas matemáticas para cegos e amblíopes: a aplicação AudioMath. In: IBERSCAP, 4., 2006, Vitória, ES. *Anais [...]* Vitória, ES, 2006. v. 1, p. 137-142.
- FROMM, G. O uso de corpora na análise linguística. *Revista Factus*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 69-76, 2003.
- HOVY, E.; LAVID, J. Towards a science of corpus annotation: a new methodological challenge for Corpus Linguistics. *International Journal of Translation Studies*, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 13-36, jan./jun. 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. *Pesquisa nacional de saúde 2013*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94522.pdf>. Acesso em: 08 set. 2018.
- KOCH, I. G. V. *O texto e a construção dos sentidos*. São Paulo: Contexto, 1997.
- PRETI, D. (org.). *O discurso oral culto*. 2. ed. São Paulo: Humanitas Publicações – FFLCH/USP, 1999.

PRETI, D. (org.). *Oralidade em textos escritos*. Projetos Paralelos – NURC/SP. v.10. São Paulo: Humanitas, 2009.

SALAMONCZYK, A.; BRZOSTEK-PAWLOWSKA, J. Translation of MathML formulas to Polish text, example applications in teaching the blind. In: IEEE - INTERNATIONAL CONFERENCE on CYBERNETICS (CYBCONF), 2., Gdynia, Poland. *Proceedings* [...]. Piscataway, NJ: IEEE, 2015. p. 240-244. Doi:10.1109/CYBCConf.2015.7175939

SARDINHA, T. B. *Linguística de corpus*. Barueri, SP: Manole, 2004.

SEPÚLVEDA, J. F.; FERRES, L. Improving accessibility to mathematical formulas: the Wikipedia Math Accessor. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, [S.l.], v. 18, n. 3, p. 183-204, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1080/13614568.2012.702134>

SORGE, V.; CHEN, C.; RAMAN, T. V.; TSENG, D. Towards making mathematics a first class citizen in general screen readers. In: WEB FOR ALL CONFERENCE, 11., 2014, Seoul, Republic of Korea. *Proceedings* [...]. New York: ACM, 2014. p. 40. Doi: <https://doi.org/10.1145/2596695.2596700>

WE ARE SOCIAL. *Digital in 2018: World's internet users pass the 4 billion mark*. Disponível em: <https://wearesocial.com/blog/2018/01/global-digital-report-2018>. Acesso em: 9 set. 2018.

WONGKIA, W.; NARUEDOMKUL, K.; CERCONE, N. i-Math: Automatic math reader for Thai blind and visually impaired students. *Computers & Mathematics with Applications*, [S. l.], v. 64, n. 6, p. 2128-2140, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2012.04.009>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Blindness and visual impairment*. Disponível em: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. Acesso em: 09 set. 2018.

ANEXO I

Questionário para entrevista com professores

1. Código de Identificação: _____
2. Sexo:
 - Feminino
 - Masculino
3. Idade: ____ anos.
4. Formação:
 - 2º Grau completo
 - Ensino superior completo
 - Ensino superior incompleto
 - Pós-graduação completa
 - Pós-graduação incompleta
5. Há quanto tempo trabalha com alunos com deficiência visual?
 - Menos de 1 ano
 - 1 a 2 anos
 - 2 a 4 anos
 - 5 anos ou mais
6. Com quantos alunos com deficiência visual você já trabalhou ao longo da sua experiência com o ensino de Matemática?
 - Apenas 1 aluno
 - 2 a 5 alunos
 - 5 a 10 alunos
 - Mais de 10 alunos
7. Com quantos alunos com deficiência visual você trabalha atualmente?
 - Apenas 1 aluno
 - 2 a 3 alunos
 - 4 a 5 alunos
 - Mais de 5 alunos
8. Quantos alunos eram cegos congênitos?
9. Você sentiu diferença no trabalho com alunos cegos congênitos e não congênitos? Comente.
10. Em quais situações você trabalha/trabalhou com esses alunos?
11. Que tipo de conteúdo você ensina/ensinou para esses alunos? (Álgebra, Geometria, Trigonometria, etc.).

12. Que tipo de material utiliza/utilizou nas suas aulas? Se necessário, marque mais de uma opção.
- Material manipulativo
 - Livro didático
 - Softwares
 - Material impresso em Braille
 - Outros. _____
13. Que tipo de dificuldades os alunos tinham?
14. Usava algum tipo de tecnologia na aula? Quais?
- Sim
Quais? _____
 - Não
15. Conhece alguma tecnologia utilizada por cegos? Quais?
- Sim
Quais? _____
 - Não
16. Qual sua experiência com computadores? Já usou um Ambiente de Aprendizado Virtual? Já utilizou algum editor de fórmulas? Qual?
17. O que você acha da experiência de ensinar Matemática/Física para alunos com deficiência visual?
18. Tinha/ tem algum tipo de apoio pedagógico/técnico?
- Sim
 - Não

ANEXO II

Regras de Transcrição

Ocorrências	Sinais	Exemplificação
Incompreensão de palavras ou segmentos	()	Do níveis de renda () nível de renda nominal
Hipótese do que se ouviu	(hipótese)	(estou) meio preocupado (com o gravador)
Truncamento (havendo homografia, usa-se acento indicativo da tônica e/ou timbre)	/	E comé/e reinicia
Entonação enfática	Maiúscula	Porque as pessoas reTÊM moeda
Prolongamento de vogal e consoante (como s, r)	:: podendo aumentar para ::::: ou mais	Ao emprestarmos éh::: ... dinheiro
Silabação	-	Por motivo tran-sa-ção
Interrogação	?	E o Banco... Central... certo?
Qualquer pausa	...	São três motivos... ou três razões ... que fazem com que se retenha moeda ... existe uma ... retenção
Comentários descritivos do transcritor	((minúscula))	((tossiu))
Comentários que quebram a sequência temática da exposição: desvio temático	-- --	... a demanda de moeda -- vamos dar essa notação -- demanda de moeda por motivo
Superposição, simultaneidade de vozes	Ligando as linhas	a. na casa de sua irmã b. [sexta-feira? a. fazem LÁ b. [cozinham lá
Indicação de que a fala foi tomada ou interrompida em determinado ponto. Não no seu início, por exemplo.	(...)	(...) nós vimos que existem...
Citações literais de textos, durante a gravação	“entre aspas”	Pedro Lima... ah escreve na ocasião... “O cinema falado em língua estrangeira não precisa de nenhuma baRREIra entre nós...”
<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciais maiúsculas: só para nomes próprios ou para siglas (USP etc) 2. Fáticos: ah, éh, ahn, ehn, uhn, tá (não por <i>está</i>: tá? Você <i>está</i> brava?) 3. Nomes de obras ou nomes comuns estrangeiros são grifados. 4. Números por extenso. 5. Não se indica o ponto de exclamação (frase exclamativa) 6. Não se anota o <i>cadenciamento da frase</i>. 7. Podem-se combinar sinais. Por exemplo: oh::::: (alongamento e pausa) 8. Não se utilizam sinais de pausa, típicas da língua escrita, como ponto e vírgula, ponto final, dois pontos, vírgula. As reticências marcam qualquer tipo de pausa. 		