

Gráficos estatísticos em relevo: promovendo acessibilidade no ensino de matemática

Fábio Garcia Bernardo¹

Rafael Duarte Santos²

Resumo: A pesquisa tem como objetivo apresentar e discutir o desenvolvimento de recursos grafo-táteis acessíveis, para o reconhecimento e interpretação de gráficos estatísticos, quando se considera a presença de estudantes com Deficiência Visual (DV) nas aulas de matemática. Como referenciais teóricos, discute-se a importância da acessibilidade como premissa do processo de inclusão escolar e a utilização de Tecnologia Assistiva como mediadoras do processo de acessibilização de recursos educacionais para esses estudantes. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola especializada na educação de pessoas com DV, de modo que os materiais desenvolvidos foram testados em atividades de ensino com os estudantes da instituição, caracterizando a investigação como sendo de natureza qualitativa, em que se buscou avaliar a usabilidade e a qualidade dos recursos desenvolvidos. Os resultados reafirmam a importância dos materiais grafo-táteis e apontam o processo de acessibilização de recursos como uma ação necessária para o processo de inclusão nas aulas de matemática, uma vez que os estudantes foram capazes de compreender e interpretar os gráficos apresentados, a partir da exploração, análise e interpretação dos dados, com satisfatória autonomia. Desse modo, considerando as características visuo-táteis dos gráficos confeccionados, acredita-se que esses materiais possam ser utilizados em atividades de ensino para todos os estudantes, o que contribui em grande medida para o processo de inclusão escolar, possibilitando que estudantes com e sem deficiência possam realizar as mesmas atividades na sala de aula.

Palavras-chave: Educação Matemática. Deficiência Visual. Educação Inclusiva

1 Introdução

A leitura e a interpretação de gráficos, diagramas e pictogramas, de diferentes naturezas, é uma das habilidades mais importantes dos dias atuais, que devem ser trabalhadas desde os primeiros anos na escola, conforme se observa nas recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais [PCNs] (Brasil, 1997), na Base Nacional Comum Curricular [BNCC] (Brasil, 2018) e em diversas pesquisas na literatura (Gal, 2021; Rangel, Landim, Novaes & Baccar, 2024; Santos, 2023). Nos PCNs, a temática se apresentou estruturada no bloco denominado “Tratamento da Informação”, enquanto na BNCC ganhou status de unidade temática, intitulada “Probabilidade e Estatística”. Ambos os documentos, representam um conjunto de diretrizes educacionais desenvolvidas pelo Ministério da Educação (MEC) do Brasil, que orientam a elaboração e execução dos currículos nas escolas. Segundo a BNCC, a leitura e interpretação de tabelas e gráficos está atrelada tanto a aspectos mais técnicos, tais como a identificação do título, da fonte, da natureza dos dados e do tipo de gráfico utilizado, quanto também à capacidade de interpretação e resolução de problemas que envolvam os dados comunicados nessas representações.

Ler e interpretar corretamente gráficos se traduz em ter acesso mais rápido a dados e informações, possibilitando a compreensão de tendências, padrões e comparações, habilidades essenciais para o acesso às informações nos dias atuais, e se encontra presente em outros

¹ Instituto Benjamin Constant • Rio de Janeiro – RJ, — Brasil • ✉ fabiobernardo@ibc.gov.br • ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3785-4184>

² Instituto Benjamin Constant/UFRJ • Rio de Janeiro – RJ, — Brasil • ✉ rafaelduartesantos2003@gmail.com • ORCID <https://orcid.org/0009-0005-0446-793X>



componentes curriculares, como por exemplo nas Ciências da Natureza e na Geografia. Em muitas situações cotidianas, a capacidade de interpretar gráficos influencia diretamente na tomada de decisões, na capacidade de fazer análises críticas e na avaliação sobre a veracidade de dados apresentados, além da possibilidade de identificar possíveis manipulações a partir de gráficos mal elaborados ou incompletos.

Desse modo, como essencial para o desenvolvimento dos estudantes, tais habilidades precisam ser trabalhadas de modo acessível a todos quando se considera a educação como uma questão de direitos humanos. Assim, neste trabalho, dentre os inúmeros desafios do processo de inclusão, considera-se que a promoção da acessibilidade, em especial nas dimensões comunicacional, instrumental e programática, é condição premente para que os estudantes com Deficiência Visual (DV) possam ter acesso aos conteúdos que possuem grande apelo visual, tal como a interpretação de gráficos.

O trabalho tem por objetivo apresentar a necessidade da acessibilidade nas aulas de matemática, o que se faz por meio do uso constante dos diferentes recursos de Tecnologia Assistiva (TA) disponíveis e comumente utilizados na Educação de estudantes com DV, e, além disso, apresentar um roteiro de orientação para a confecção e o desenvolvimento de diferentes tipos de gráficos, todos com elementos de acessibilidade, que podem naturalmente ser utilizados por todos na sala de aula.

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Benjamin Constant (IBC), uma escola especializada na educação de estudantes com deficiência visual, no âmbito do Grupo de Pesquisa o Ensino de Ciências e Matemática para Estudantes com Deficiência Visual, com investigação aprovada por comitê de ética da Plataforma Brasil, e está inserida nas atividades de Iniciação Científica do segundo autor. Trata-se de pesquisa de natureza qualitativa, com objetivo de apresentar e desenvolver materiais acessíveis para as aulas de matemática, em especial no trabalho com diferentes tipos de gráficos, tais como: de setores, de barras e de colunas, além de outros formatos pictóricos. Utilizou-se, para esse fim, a máquina Fusora, um equipamento de Tecnologia Assistiva capaz de imprimir instantaneamente textos, figuras, imagens, gráficos, quadros e tabelas em relevo, possibilitando uma leitura acessível ao tato, canal sensorial muito utilizado por pessoas com DV.

Num processo de investigação mais amplo, os estudantes experimentaram as diferentes etapas que possibilitam o desenvolvimento do letramento estatístico, assim descritas: i. formulação de uma questão investigativa; ii. planejamento e coleta de dados; iii. análise dos dados e interpretação dos resultados; iv. comunicação dos resultados por meio de gráficos (Gal, 2021; Rangel *et al.*, 2024; Santos, 2023). Para este trabalho, focaremos na quarta etapa deste processo que se assenta na produção de gráficos acessíveis, para ampliar a forma de acesso aos resultados da pesquisa vivenciada pelos estudantes.

2 Acessibilidade enquanto premissa do processo de inclusão

Segundo Sassaki (2009), desde a década de 1950 profissionais da reabilitação denunciavam a existência de barreiras físicas nos espaços urbanos, edifícios e meios de transporte coletivo, que impediam ou dificultavam a locomoção de pessoas com deficiência. Ao longo dos anos, o conceito de acessibilidade se estende para diferentes setores da sociedade, o que faz com que as concepções sobre o tema se ampliem, sendo as questões físicas e arquitetônicas apenas uma das dimensões da acessibilidade. Em 1994, o Decreto nº 5296 (Brasil, 2004) regulamentou as Leis nº 10.048 e 10.098, que estabelecem normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, em diferentes setores da vida cotidiana, dentre os quais, nos meios de transporte, na comunicação e informação, o que direciona o olhar da sociedade para a necessidade de acessibilidade em suas múltiplas dimensões.

Em 2007, a Convenção dos Direitos da Pessoa com Deficiência reconhece “a importância da acessibilidade aos meios físico, social, econômico e cultural, à saúde, à educação e à informação e comunicação, para possibilitar às pessoas com deficiência o pleno gozo de todos os direitos humanos e liberdades fundamentais” (Brasil, 2007, p. 17). A partir da convenção, muitos pesquisadores passaram a se debruçar em pesquisas que buscavam promover acessibilidade em diferentes setores da sociedade, e, em 2009, Romeu Sassaki traz contribuições importantes para área quando define e exemplifica, com clareza e objetividade, seis dimensões de acessibilidade que são discutidas até os dias atuais, inclusive na Lei Brasileira de Inclusão [LBI] (Brasil, 2015): arquitetônica, comunicacional, metodológica, instrumental, programática e atitudinal.

De acordo com essa lei, a acessibilidade se manifesta como o direito da “pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida viver de forma independente e exercer seus direitos de cidadania e de participação social” (Brasil, 2015, p. 32), e pode ser entendida como um conjunto de ações e atitudes que contribuem para a superação de qualquer obstáculo que possa comprometer o acesso aos espaços, informação e comunicação.

Portanto, articulando as diferentes concepções sobre o tema, considera-se que a acessibilidade se caracteriza e se traduz no processo contínuo de remoção de barreiras, e este deve ser o fio condutor das ações educacionais enquanto fator essencial para o processo de inclusão, pois um ambiente acessível beneficia todas as pessoas (Sassaki, 2009).

Em relação ao ensino de matemática em um ambiente com a presença de um estudante com DV, além da acessibilidade necessária, faz-se necessário ainda levar em conta os diferentes estilos de aprendizagem, a importância de se utilizar materiais didáticos adequados às necessidades individuais e coletivas e o uso de recursos de TA. Dentre os principais destes, destaca-se o uso do Sistema Braille e do Soroban (sempre que necessário), calculadoras sonoras, letras ampliadas para os estudantes com baixa visão e a permissão para a utilização de computadores e celulares para diferentes funcionalidades a esses estudantes, sempre que assim eles desejarem (Bernardo, Santos & Garcez, 2019). Além disso, há de se considerar, sempre que possível, a utilização de materiais grafo-táteis, materiais concretos, régua adaptadas, lupas e instrumentos de aumento para os estudantes com baixa visão e outros instrumentos de acessibilidade que se enquadram nas diferentes dimensões de acessibilidade propostas por Sassaki (2009). A acessibilidade e o uso de estratégias e recursos adequados podem favorecer a participação do estudante com DV nas atividades de ensino, e contribuir para um ensino de matemática mais equânime, portanto, mais inclusivo.

3 Tecnologia Assistiva e a Deficiência Visual

A Tecnologia Assistiva é definida pela LBI (Brasil, 2015) como um conjunto de “produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (Brasil, 2015, p. 9). Além da LBI, o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), instituído pela Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República, órgão composto por profissionais de diferentes áreas do conhecimento, professores e pesquisadores, em sua sétima reunião realizada em 2007 definiu a TA como:

Uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (CAT, 2007, p. 3)

Dessa forma, a TA pode ser classificada em dois diferentes grupos, o de serviços e o de recursos, mas ambos visam eliminar/minimizar barreiras, funcionando assim como uma ferramenta de inclusão, indispensável às pessoas com deficiência. Nesse aspecto, é importante destacar que o art. 74 da LBI (Brasil, 2015) garante à pessoa com deficiência acesso a produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de TA que maximizem sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida. Assim, a disponibilização de recursos de TA nas escolas é um direito garantido por lei, que não pode ser negligenciado aos estudantes, sob o risco de se promover exclusão do processo educacional.

Para os estudantes com DV, Bernardo, Santos e Garcez (2019) destacam como recursos de TA indispensáveis o uso do Sistema Braille e de letras ampliadas, os materiais táteis e grafo-táteis, e, para quem vai desenvolver esses recursos, os softwares de transcrição de textos e as impressoras braille como forma produção de textos acessíveis. Neste trabalho, utilizaram-se todos esses recursos e um equipamento denominado máquina Fusora, que tem como potencialidade imprimir, de forma instantânea, diferentes elementos didáticos em relevo.

3.1 A máquina Fusora

A máquina Fusora é um recurso de TA, pode ser definida como uma impressora térmica que utiliza um tipo de papel especial, denominado microcapsulado, para produzir o relevo durante a impressão. As imagens devem ser impressas com cartucho de impressão, à base de carbono, comumente encontrados nas impressoras a *laser*, ou por meio de canetas na cor preta, também à base de carbono. Em seguida, ao inserir a folha com a base impressa na máquina, ela aquece o papel, produzindo o relevo nas partes que possuem tinta. É um dispositivo que permite a acessibilização de informações para pessoas com DV sem o uso de uma impressora braille. Apesar dessa praticidade, tanto a máquina Fusora quanto o papel utilizado têm um custo elevado de aquisição, o que faz com que seja um recurso mais adequado às instituições de ensino. A máquina chega a custar cerca de R\$ 20.000, e cada folha de papel microcapsulado, cerca de R\$ 90,00. A Figura 1, a seguir, apresenta a imagem da Fusora utilizada neste trabalho.

Figura 1: Máquina Fusora



Fonte: Acervo dos autores (2024).

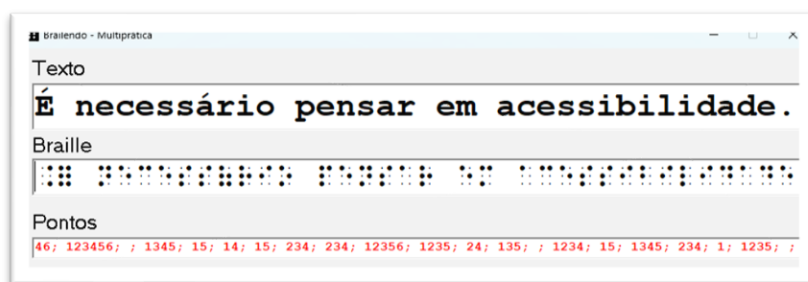
3.2 Softwares de transcrição

A escrita e a produção de textos e materiais em braille se dá de diferentes formas, como por meio dos softwares de transcrição. Destacam-se, dentre estes, o Software Braille Fácil e o Brailendo³, ambos desenvolvidos pelo Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da UFRJ, como os mais populares e mais utilizados pelos profissionais de transcrição, por serem gratuitos e haver fácil acesso a cursos e oficinas sobre sua utilização em diferentes canais no *Youtube*, inclusive alguns oferecidos pelos próprios

³ Os softwares podem ser baixados em: [Baixar o Braille Fácil](#) e [Baixar o Brailendo](#)

desenvolvedores. Além disso, ambos possuem propriedades que possibilitam impressão por meio das principais impressoras braille disponíveis no mercado brasileiro. O Braille Fácil é o mais indicado quando se necessita transcrever textos dos diferentes componentes curriculares e possibilita a adaptação de gráficos simples, quadros, tabelas, simbologia matemática, simbologia química, caracteres informáticos, entre os outros. Já o Brailendo, utilizado nesta pesquisa, tem interface mais simples e objetiva, e foi desenvolvido visando também contribuir para o ensino do Sistema Braille. Escolhemos este programa pois sua utilização não requer conhecimentos aprofundados sobre braille, ele funciona com o usuário digitando os textos em seu *prompt* de comando, de modo que o conteúdo digitado é simultaneamente transcrito pelo programa para o braille. A Figura 2, a seguir, apresenta uma tela do Brailendo, com conteúdo textual transcrito.

Figura 2: Janela do software Brailendo



Fonte: Acervo dos autores (2024).

É importante ressaltar que o editor de texto do *Microsoft Word* possui algumas fontes braille que possibilitam a transcrição de textos. No entanto, as que foram por nós testadas são limitadas, uma vez que não reconhecem o sinal de número e os caracteres e símbolos matemáticos. Assim, são fontes que não possibilitam uma transcrição correta e adequada para os textos e materiais da matemática, o que também justifica a escolha do Brailendo.

4 Percurso metodológico

O trabalho se insere no âmbito das atividades desenvolvidas em uma pesquisa de Iniciação Científica, que se deu no Instituto Benjamin Constant, uma escola especializada na educação de estudantes com deficiência visual. A investigação aconteceu em 2023 e contou com a participação de dois estudantes do instituto, um com baixa visão e o outro cego congênito, matriculados em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, quando o professor regente trabalhava o conteúdo de Estatística. Após todo o período de apresentação, discussão e trabalho do conteúdo, contendo definições e atividades propostas, os alunos foram desafiados a realizarem um trabalho de pesquisa que passava pelas seguintes etapas: i. formulação de questões investigativas; ii. planejamento e coleta de dados; iii. análise e interpretação dos dados; iv. comunicação dos resultados por meio de gráficos.

Enquanto questão de investigação, os alunos decidiram explorar o perfil de seus colegas com deficiência visual na instituição, além de buscar informações sobre o local de residência, o tempo gasto para chegar a escola, as razões pelas quais resolveram estudar em uma escola especializada e as atividades que mais gostam de realizar na escola. Assim, coletivamente, foram escolhidas as questões a serem respondidas pelos entrevistados, algumas objetivas e outras com respostas textuais curtas que podem ser observadas no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1: Formulário de perguntas escolhidas pelos estudantes

1) Qual a sua idade?
2) Há quanto tempo você estuda no IBC?
3) Qual o bairro e o município onde reside?
4) Quanto tempo você leva para chegar ao IBC?
() Menos de 1h () Entre 1h e 2h () Mais de 2 horas
4) Que horas você acorda para vir pra escola?
5) Qual ou quais são os meios de transporte que você utiliza para vir à escola?
6) Como você vem para a escola?
() sozinho () com responsável/familiar () com amigo(a)
7) Qual ou quais atividades você mais gosta de realizar na escola?
() Assistir aulas
() Atividades esportivas
() Atividades culturais (música, teatro, passeios, eventos/projetos)
() Convivência com os colegas e amigos
8) Por que você escolheu o IBC e não uma escolar regular comum perto de sua casa?

Fonte: Elaborado pelos pesquisadores (2024).

Os estudantes receberam auxílio para criar um Formulário *Google* com as questões, de modo que fosse possível registrar as respostas coletadas diretamente no formulário. Na etapa seguinte, os estudantes, com o auxílio dos pesquisadores, escolheram aleatoriamente três ou quatro colegas que estudavam nos demais anos de escolaridade (6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, 2º e 3º anos do Ensino Médio) e os convidaram para participar da pesquisa. De forma voluntária, todos os 27 convidados responderam com entusiasmo as perguntas, o que gerou os dados que serão comunicados nos gráficos da próxima seção.

Neste trabalho, não nos importa a natureza das respostas e a análise qualitativa e/ou quantitativa desses dados, trabalho que foi proposto aos estudantes nas etapas seguintes da pesquisa. Assim, vamos nos deter aqui no processo de confecção e desenvolvimento dos gráficos, levando em conta a necessidade de acessibilidade nesse processo. Cabe salientar que o próprio *Google* Formulário possibilita a organização e a comunicação dos dados coletados por meio de gráficos, além das planilhas eletrônicas que são potentes para esse fim, apresentando diferentes opções e formatos (barras, colunas, setores, dispersão etc.). No entanto, nem o *Google* Formulário nem as planilhas possibilitam conteúdos acessíveis aos leitores de tela⁴, escrita de textos em braille e utilização de diferentes “texturas” nas barras, setores e em outros formatos, o que impossibilita uma impressão acessível ao estudante com DV. Desse modo, o Quadro 2, a seguir, apresenta as etapas de confecção e desenvolvimento dos gráficos para sanar esta carência.

Quadro 2: Etapas da confecção e desenvolvimento dos gráficos acessíveis

Etapa 1	Análise das características das respostas
Etapa 2	Escolha do formato do gráfico a ser confeccionado
Etapa 3	Utilização do Software Geogebra para desenho manual dos gráficos
Etapa 4	Transcrição do conteúdo textual no software Brailendo
Etapa 5	Organização dos gráficos e textos (em tinta e em braille) num editor de textos
Etapa 6	Impressão dos materiais em uma impressora a <i>laser</i>
Etapa 7	Reimpressão dos materiais na máquina Fusora de modo a inserir os relevos
Etapa 8	Testagem dos materiais com estudantes cegos
Etapa 9	Comunicação dos resultados da pesquisa à comunidade escolar

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

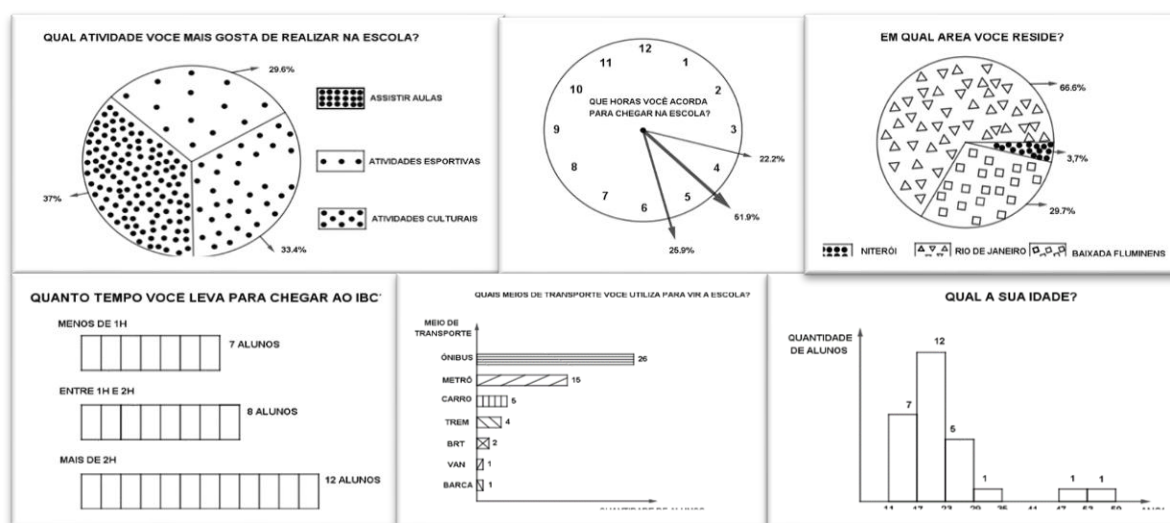
⁴ São dispositivos presentes nos celulares e computadores que possibilitam a leitura e reprodução em áudio de conteúdos textuais acessíveis.

5 Confeção e desenvolvimento dos gráficos

Os 27 participantes responderam as 8 questões da entrevista diretamente no *Google* Formulário. O programa organizou as respostas em forma de gráficos, mas que se mostraram inacessíveis aos leitores de tela e não possibilitavam edição e/ou inserção de textos em braille ou em formato ampliado. Com isso, percebeu-se a necessidade de serem considerados outros processos para tornar os gráficos acessíveis. De acordo com Bernardo, Garcez e Santos (2019), a disponibilização de materiais grafo-táteis é um recurso indispensável ao ensino de matemática para estudantes com DV, tendo em vista que estes recursos conjugam informações em texto ampliado, em braille e com relevo perceptível ao toque, para que possam ser acessadas por meio do tato, sentido comumente utilizado por estes estudantes. Vale destacar que os materiais grafo-táteis apresentam acessibilidade ao estudante com DV, mas são recursos que podem ser utilizados por todos os estudantes, uma vez que fazem uso dos mesmos elementos textuais e imagéticos presentes no material original.

Assim, iniciou-se, por parte dos pesquisadores, o processo de análise das características das respostas (Etapa 1), para que se pudesse escolher o tipo de gráfico mais adequado para a apresentação dos resultados, o que nos levou a definir formatos não convencionais (Etapa 2), em função das características das perguntas e respostas das entrevistas. Para a Etapa 3, a confecção dos gráficos, utilizou-se o *software* de Geometria Dinâmica Geogebra, uma vez que este possui ferramentas adequadas para diferentes representações, inserção de desenhos, eixo cartesiano, setores, entre outras. A Figura 3, a seguir, apresenta alguns gráficos elaborados no programa.

Figura 3: Gráficos desenhados no Geogebra



Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

O Geogebra é um software livre, de grande potencialidade, que possibilitou a utilização de diferentes estratégias para a “texturização” de partes dos gráficos. Elementos como pequenos triângulos, quadrados e pontos (mais ou menos dispersos) nos setores foram utilizados para que fossem inseridas legendas, de modo a distinguir as diferentes partes durante a leitura na exploração pelo tato. Da mesma forma se procedeu no gráfico de barras horizontais, com a inserção de diferentes elementos gráficos nas barras, ambos apresentados na Figura 3, acima.

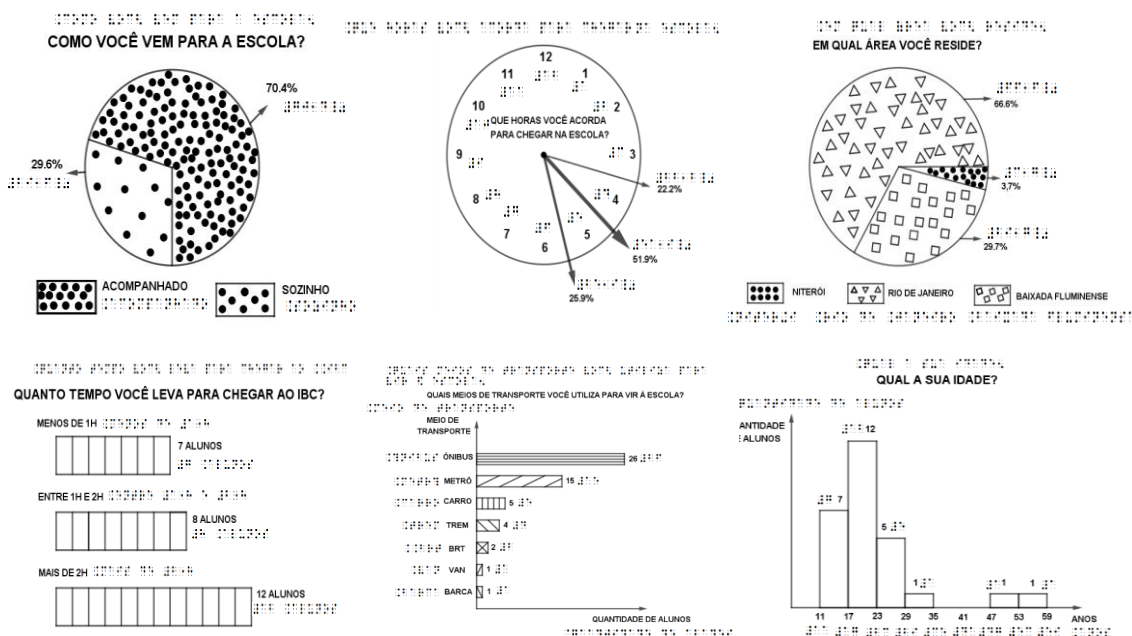
No entanto, o trabalho de acessibilização não pode ser todo realizado no Geogebra, uma vez que o programa não possibilita a inserção de textos em braille. Esta limitação é a justificativa para a utilização do Brailendo (Etapa 4) para a escrita de todas as informações

textuais e dados numéricos, de modo que as informações em braille pudessem ser inseridas nos gráficos. Assim, cada um dos gráficos foi copiado da área de trabalho do Geogebra, por meio da ferramenta “captura de tela” e “colado” em um documento do editor de texto *Microsoft Word*, para que as informações em braille pudessem ser inseridas (Etapa 5).

Os dados, tais como o título dos gráficos, informações numéricas, legendas e os demais elementos foram transcritos para o Sistema Braille no Brailendo e recortados para serem “colados” juntos aos textos em tinta, numa leitura acessível ao estudante cego. Além disso, recomenda-se a utilização de letras com tamanho ampliado (24), com negrito, para o estudante com baixa visão. Cabe destacar que para estes estudantes, é sempre importante uma investigação junto a eles sobre a melhor fonte a ser utilizada, o possível uso de contraste e o tamanho que torna a leitura mais confortável e possível.

A Figura 4, a seguir, apresenta os gráficos com a inserção de elementos textuais e numéricos em tinta e em braille.

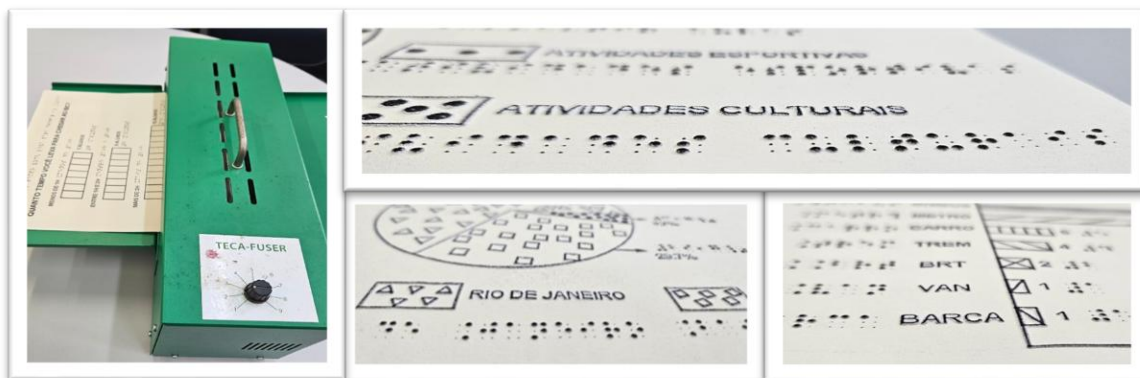
Figura 4: Gráficos com elementos textuais e numéricos em tinta e em braille



Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Chegamos então à Etapa 6, que é a impressão dos gráficos em uma impressora a *laser*, condição necessária para posterior utilização da máquina Fusora, dispositivo que funciona aquecendo o papel microcapsulado, de modo a gerar relevo na impressão à base de carbono. Nesta etapa, levando-se em conta a grande quantidade de informação textual, tanto em tinta quanto em braille e os formatos escolhidos para cada uma das respostas, optou-se por imprimir um gráfico por página, utilizando-se papel A4. A Figura 5, a seguir, apresenta uma parte dos gráficos, demonstrando o relevo atribuído às imagens e demais informações, após a passagem pela máquina Fusora.

Figura 5: Gráficos impressos na máquina Fusora



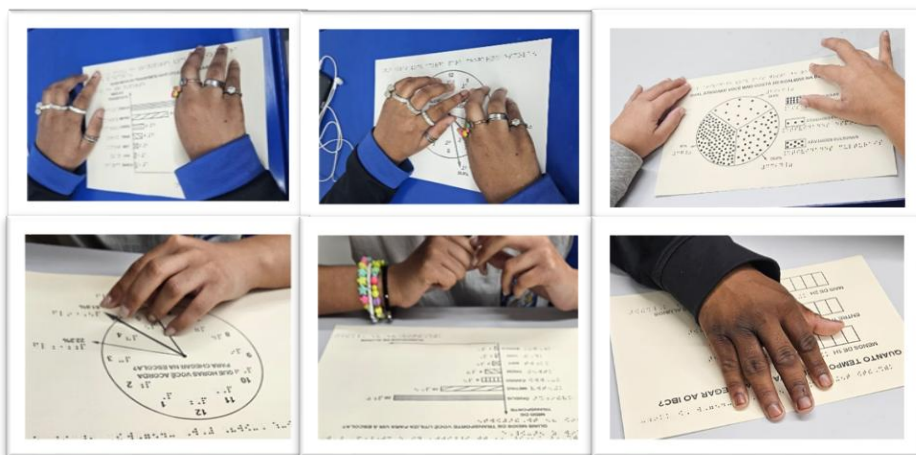
Fonte: Acervo dos autores (2024).

6 Algumas apreensões sobre a testagem dos gráficos

Os gráficos foram testados com estudantes cegos e com baixa visão em busca de respostas para que pudéssemos avaliar a qualidade da acessibilidade, no que se refere aos relevos, às informações e textos em tinta e em braille, à identificação e ao reconhecimento dos diferentes tipos de gráficos e seus principais elementos constitutivos, tais como o título e os dados comunicados.

Participaram desta etapa cinco estudantes do IBC, maiores de idade, sendo três com cegueira advéncia e dois com baixa visão, todos matriculados no terceiro ano do Ensino Médio. Eles concordaram em contribuir com a avaliação dos recursos desenvolvidos, o que se deu em um tempo de aula de aproximadamente 50 minutos. A Figura 6, a seguir, apresenta uma composição de seis imagens com os estudantes analisando e explorando os gráficos.

Figura 6: Estudantes avaliando os gráficos



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Foram apresentados aos estudantes dois gráficos de setores, um gráfico de barras horizontais, um histograma, um em formato de relógio e um último em formato de retângulos posicionados lado a lado, em que cada um desses retângulos representava um estudante que optou por aquela resposta nas entrevistas. Os dois alunos com baixa visão não tiveram problemas com a leitura e interpretação dos gráficos, de modo que um deles respondeu a todos os questionamentos sem qualquer intervenção dos pesquisadores, identificando, inclusive, os diferentes formatos dos gráficos para representar as respostas da pesquisa. Ambos também

atestaram que a qualidade da impressão foi satisfatória e que o tamanho da fonte e a cor preta utilizada, com uso do negrito, foram suficientes para a leitura, sem que fosse necessário aproximar a folha dos olhos para realizar a leitura. Cabe destacar que a fonte ideal é aquela que torna a leitura mais confortável e acessível, o que deve se dar por meio de uma anamnese com o próprio estudante, uma vez que o tamanho da letra e o tipo de contraste utilizado pode variar de uma pessoa com baixa visão para outra.

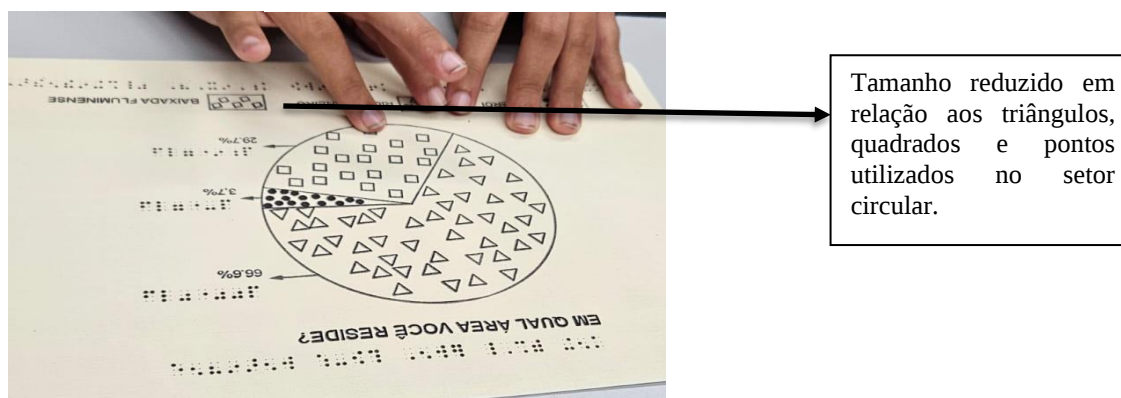
Já em relação aos estudantes cegos, o Sistema Braille é o recurso de Tecnologia Assistiva ideal para a apresentação de informações textuais, numéricas e simbólicas. Uma vez que o braille possibilita a autonomia na leitura e escrita – proporcionando a interpretação de textos e a apropriação da escrita e de sua ortografia, processos essenciais no desenvolvimento cognitivo e acadêmico do estudante –, justifica-se a sua utilização em todos os materiais acessibilizados neste trabalho.

Na avaliação dos materiais, os três estudantes cegos foram capazes de ler os títulos dos gráficos e identificar, sem dificuldades, o de setores e o de barras horizontais. Quanto aos demais gráficos, foi necessário explicar melhor cada um deles, justificando os formatos escolhidos (Histograma, Relógio e Retângulos lados a lado), em função das características das perguntas e das respostas aos questionários. Comentou-se então a existência desses e de outros formatos na comunicação de informações e pesquisas, dando como exemplo os pictogramas, enquanto representações mais livres e criativas, que fazem uso de outros elementos imagéticos para se apresentar resultados de pesquisas.

Dentre os três, uma aluna não apresentou dificuldades em responder aos demais questionamentos, sendo capaz de identificar as diferentes “texturas” e os valores que estavam sendo comunicados, necessitando apenas de orientações orais para a localização das informações. Ela atestou a qualidade do braille e foi capaz de reconhecer e identificar as diferentes legendas utilizadas.

Já os outros dois estudantes cegos apresentaram mais dificuldades, o que chama a atenção para a necessidade de ajustes e melhoria nos gráficos. Um ajuste se dá na mudança dos elementos escolhidos para representar os diferentes setores (pequenos triângulos, quadrados e pontos); aqueles foram utilizados como forma de diferenciação entre seções e possuíam tamanhos menores no interior da legenda, conforme a Figura 7, a seguir:

Figura 7: Estudante testando o gráfico de setores



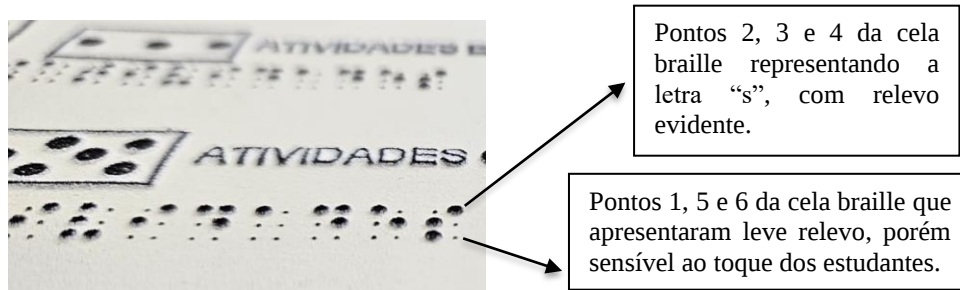
Fonte: Acervo dos autores (2024).

O tamanho desses elementos foi reduzido para que pudessem caber dentro das legendas, o que se apresentou como um fator de dificuldade para diferenciação por parte dos dois estudantes. Assim, tivemos que ajudá-los na identificação destas legendas.

Outra dificuldade apresentada por eles se deu na leitura de alguns textos e números em braille. Os estudantes cegos congênitos, que fazem uso do Sistema Braille desde pequenos, desenvolvem uma sensibilidade bastante apurada na ponta dos dedos. Por isso, o sombreamento

dos pontos braille, que também ficaram em relevo após a impressão na Fusora, foi perceptível pelos discentes, confundindo, assim, o reconhecimento de palavras e números. A Figura 8, a seguir, demonstra os pontos sombreados que dificultaram a leitura dos dois estudantes.

Figura 8: Relevo presente nos textos em tinta e em braille



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Eles também perceberam o relevo presente nas letras em tinta, como na palavra “atividades” da Figura 8, o que fez com que perdessem bastante tempo procurando o texto transcrito para o braille, que estava posicionado logo abaixo da palavra. O relevo no texto em tinta revelou um excesso de informações táteis que dificultou a leitura e interpretação de alguns dos gráficos. Isso fez com que eles necessitassem de mediação, mas não impediu a compreensão, após a intervenção dos pesquisadores.

Essa fragilidade observada na testagem, ao se diminuir a autonomia dos estudantes, revela um ponto a ser corrigido/melhorado na confecção dos materiais. Para minimizar esses problemas e aprimorar o material, vamos realizar a impressão da matriz em duas etapas. Na primeira, somente as informações textuais e numéricas estarão em preto para serem impressas em uma impressora à jato de tinta, de forma que as demais informações transcritas para o braille e os desenhos estejam sem cor ou transparentes. Em etapa seguinte, retornam à cor preta os textos e os dados numéricos em braille e os desenhos, para que agora sejam novamente impressos, desta vez na impressora a *laser*. Essa estratégia fará com que, ao submeter a matriz ao processo de impressão na Fusora, somente terá relevo o que foi impresso a *laser*, ou seja, as informações em braille e os desenhos. Isto fará com que os textos em tinta sejam percebidos apenas pelos estudantes videntes e com baixa visão, o que diminuirá, sensivelmente, a quantidade de informações em relevo, que se mostrou um dificultador para os estudantes cegos.

Para além dos problemas identificados acima, a apresentação dos resultados da pesquisa e a testagem despertaram inúmeros questionamentos por parte dos estudantes em relação aos dados apresentados. Muitos deles se colocaram no lugar dos respondentes, dizendo que horas saíam de casa para chegar à escola, quanto tempo gastavam no deslocamento e as atividades que mais gostavam de realizar no Instituto. Embora não fosse nosso objetivo nesse momento discutir a natureza das perguntas e respostas, as observações e comentários revelam que os estudantes foram capazes de interpretar os gráficos apresentados, embora tenha sido necessária a intervenção e a mediação por parte dos pesquisadores em diferentes momentos. Tal percepção aponta potencialidade do recurso desenvolvido no que se refere à interpretação dos gráficos, e demonstra que a acessibilidade é fundamental nesse processo. Em relação à necessidade de intervenção e mediação, considera-se, para além das fragilidades observadas, que este é um processo natural e importante em qualquer atividade de ensino. Assim, acredita-se que após a melhoria dos pontos assinalados, os materiais possuem grande potencial para serem utilizados em atividades de ensino, tanto por estudantes videntes quanto por estudantes com DV.

7 Considerações finais

Os resultados demonstraram o potencial dos recursos grafo-táteis apresentados como ferramentas pedagógicas fundamentais no ensino de gráficos estatísticos para estudantes com DV. Ao desenvolver materiais acessíveis, com o auxílio da máquina Fusora, fazendo uso do Sistema Braille e das letras ampliadas, foi possível proporcionar aos estudantes a oportunidade de compreender e interpretar gráficos por meio do tato, o que lhes possibilita acessar os mesmos conteúdos e realizar as mesmas atividades que seus colegas videntes. Este avanço pode ser significativo no contexto educacional inclusivo, pois reforça o princípio de que a acessibilidade deve ser uma premissa, e não uma exceção, no processo de ensino-aprendizagem.

Os resultados indicaram também que os estudantes não só conseguiram utilizar os materiais de forma autônoma, como também demonstraram capacidade de identificar o título dos gráficos, os tipos de gráficos e a natureza dos dados, o que facilita a resolução de problemas a partir dessa análise. Tal autonomia é um dos aspectos centrais da inclusão, visto que possibilita aos alunos com DV a participação de maneira ativa no processo de aprendizagem. O fato de que os estudantes puderam interpretar gráficos e realizar atividades matemáticas que fazem uso de informações visuais, tradicionalmente desafiadoras para este grupo, evidencia que os recursos desenvolvidos não apenas promovem acessibilidade, mas também empoderam esses alunos, possibilitando uma experiência educacional com mais equidade e significado.

Além disso, a pesquisa reafirma a importância da utilização de recursos de Tecnologia Assistiva na sala de aula, um direito garantido por lei, já que esses recursos promovem acessibilidade. Nesse sentido, cabe destacar que a formação continuada de professores para o uso e produção desses materiais é igualmente essencial. É necessário um investimento contínuo na capacitação docente para garantir que a implementação desses recursos seja eficaz e que a acessibilidade realmente se traduza em inclusão na prática cotidiana.

Por fim, acredita-se que os resultados dessa investigação abrem caminho para novas pesquisas e aplicações em diferentes áreas do conhecimento, ampliando o escopo de acessibilidade não apenas no ensino da matemática, mas também em outras disciplinas que envolvem o uso de representações gráficas e visuais. A incorporação de tais recursos em escolas regulares comuns pode ser um passo crucial na promoção de uma educação verdadeiramente inclusiva, capaz de atender às necessidades de todos os alunos, independentemente de suas condições físicas ou sensoriais. Assim, o estudo sugere que o uso de recursos de TA não devem ser vistos apenas como uma adaptação pontual, mas como uma prática educativa constante, voltada para a equidade e a inclusão de todos, ainda que estes recursos não estejam completamente disponíveis nas escolas.

Referências

- Bernardo, F. G.; Garcez, W. R. & Santos, R. C. (2019). Recursos e metodologias indispensáveis ao ensino de matemática para alunos com deficiência visual. *Revista de Educação Ciências e Matemática*, 9(1), 23-42.
- Brasil. Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. (2007). Brasília, DF.
- Brasil. Decreto nº. 5.296, de 2 de dezembro de 2004. (2004). Regulamenta as [Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000](#), e [10.098, de 19 de dezembro de 2000](#). Brasília, DF.
- Brasil. Lei nº. 13.146, de 6 de julho de 2015. (2015). Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da pessoa com Deficiência). Brasília, DF.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: a educação é a base*. Brasília, DF.

Brasil. Ministério da Educação e do Desporto: Secretaria de Educação Fundamental. (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*. Brasília, DF.

CAT - Comitê de Ajudas Técnicas. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. *Ata da Reunião VII, de dezembro de 2007*. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuni%C3%A3o_do_Comite_de_Ajudas_T%C3%A9cnicas.pdf Acesso em: 15 fev. 2013

Gal, I. (2021). Promovendo a alfabetização estatística: desafios e reflexões com uma perspectiva brasileira. In: C. Monteiro & L. Carvalho (Org.). *Temas emergentes em letramento estatístico: Temas emergentes em literacia estatística* (pp. 37-59). Recife, PE: UFPE.

Rangel, L.; Landim, F. M. P. F.; Novaes, A. M. & Baccar, M. H. M. M. (2024). Letramento estatístico segundo o GAISE e a BNCC: paridades e contrastes. *Ensino em revista*, 31(Contínua), 1-25.

Santos, R. C. (2022). *Representações de tabelas e gráficos estatísticos para alunos com deficiência visual*. 252f. Tese (Doutorado em Ensino e História da Matemática e da Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ

Sasaki, R. K. (2009). Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. *Revista Nacional de Reabilitação (Reação)*, São Paulo, Ano XII, mar./abr. 2009, 10-16. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/211/o/SASSAKI_-_Acessibilidade.pdf?1473203319

Agradecimento à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) que disponibiliza Bolsa de Iniciação Científica ao segundo autor do trabalho.