

VisER: uma Proposta de Modelagem Inclusiva para Descrição do Modelo Entidade-Relacionamento

Amanda Klein¹, Huandy C. Camargo¹, Bárbara P. Caetano¹, Melise M. V. de Paula¹

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Caixa Postal 50-37500-903 – Itajubá – MG – Brasil

Abstract. *This article presents the development of VisER, a textual language designed to support the teaching of the Entity-Relationship (ER) Model to visually impaired individuals. VisER complements a previously developed tactile diagram, allowing for a structured representation of ER concepts without the need for visual support. The research addresses the design of the language and its initial evaluation with a blind student. Its development was conducted collaboratively, involving researchers, educators, and the student himself, aiming to meet the real needs of users. The results indicate that VisER facilitates communication between teachers and students, promoting better understanding and formalization of conceptual models. Additionally, the article discusses challenges encountered in representing ER elements and proposes improvements to enhance the accessibility and usability of the tool.*

Resumo. *Este artigo apresenta o desenvolvimento da VisER, uma linguagem textual projetada para apoiar o ensino do Modelo Entidade-Relacionamento (ER) a pessoas com deficiência visual. A VisER complementa um diagrama tátil previamente desenvolvido, permitindo uma representação estruturada dos conceitos do ER sem a necessidade de suporte visual. A pesquisa aborda a concepção da linguagem e sua avaliação inicial com um estudante cego. Seu desenvolvimento foi conduzido de forma colaborativa, envolvendo pesquisadores, docentes e o próprio estudante, buscando atender às necessidades reais dos usuários. Os resultados indicam que a VisER facilita a comunicação entre docentes e discentes, promovendo uma melhor compreensão e formalização dos modelos conceituais. Além disso, o artigo discute desafios encontrados na representação de elementos do ER e propõe melhorias para ampliar a acessibilidade e usabilidade da ferramenta.*

1. Introdução

A inclusão educacional de pessoas com deficiência visual tem avançado nos últimos anos, sendo fatores de grande impacto as políticas e programas que visam capacitar professores para lidar com as necessidades específicas desses estudantes [Silva and Pereira 2022]. Essas iniciativas em instituições federais e programas de incentivo ao ingresso desse público representam um passo importante para garantir o acesso às oportunidades com equidade.

De acordo com a revisão sistemática feita por [Vilarim et al. 2022], as abordagens utilizadas no ensino de pessoas cegas baseiam-se, predominantemente, em modelos desenvolvidos de forma independente por cada pesquisador ou instituição. Essa prática resultou em ferramentas que representam algum nível de inovação, de fácil uso e com menor curva de aprendizagem. Entre os métodos identificados por [Vilarim et al. 2022],

destacam-se as abordagens táteis, que utilizam materiais físicos, e as baseadas em software, que fazem uso de leitores de tela e elementos sonoros para transmissão do conteúdo.

Especialmente em áreas de estudo tradicionalmente dependentes de recursos visuais e conceitos abstratos, como é o caso de conteúdos no ensino de banco de dados na computação, são encontrados muitos desafios [de Lima et al. 2023]. Por exemplo, ao realizar o projeto conceitual de um banco de dados relacional, o Modelo ER pode ser usado. Para elaborá-lo, é necessária a compreensão de conceitos representados por meio de diagramas. Esses, são compostos por diferentes tipos de figuras como retângulos, losangos e outros elementos gráficos [Elmasri et al. 2005]. A interpretação pelos leitores de tela desses elementos não é trivial.

Sob esse aspecto, mais especificamente o ensino da modelagem conceitual de banco de dados utilizando o ER, foi proposto um diagrama tátil visando auxiliar na representação e estudo do modelo. A prototipação, desenvolvimento e validação do diagrama foram realizados em colaboração com uma pessoa cega, estudante de um curso de graduação em Sistemas de Informação de uma Instituição de Ensino Superior [Klein et al. 2024].

Em conjunto com o diagrama, foi criada uma linguagem, denominada VisER, para a comunicação entre docente e discente. Em termos práticos, o diagrama permite a identificação, por meio do tato, dos elementos do modelo (retângulos, losangos, linhas de relacionamento, entre outros). Já a VisER serve para formalizar e expressar de maneira adequada o que se consegue compreender através do diagrama tátil. Além disso, a linguagem também é utilizada pelo docente para a transmissão do conteúdo.

Desta forma, o objetivo deste artigo é apresentar a VisER como ferramenta para apoiar o ensino de modelagem conceitual de banco de dados para pessoas com deficiência visual, no contexto da utilização do Modelo Entidade-Relacionamento (ER). A linguagem proposta visa complementar o uso de um diagrama tátil [Klein et al. 2024], permitindo que estudantes com deficiência visual formalizem e expressem, de maneira precisa, as percepções obtidas através da interação com os elementos do modelo.

Com base na abordagem metodológica adotada, este estudo busca responder três questões centrais:

1. A linguagem VisER facilita a compreensão do Modelo ER por pessoas cegas?
2. Quais são os principais desafios enfrentados pelos usuários ao utilizar a linguagem?
3. Qual é o impacto da VisER na experiência de aprendizagem de estudantes cegos no ensino do Modelo ER?

Para isso, foi conduzida uma validação por meio de uma entrevista estruturada, visando obter um relato detalhado da experiência do usuário, bem como validar a eficácia da linguagem e seu impacto na aprendizagem.

Este trabalho é relevante para o WEI, uma vez que aborda um aspecto importante na formação em cursos de Computação: a capacidade de compreender conceitos abstratos relacionados à modelagem. Ao propor uma linguagem para ser usada em associação a um diagrama, o estudo contribui diretamente para a melhoria dos processos de ensino-aprendizagem, facilitando a inclusão e ampliando o acesso a conhecimentos fundamentais da área.

2. Trabalhos Relacionados

Atualmente, o ensino de computação para pessoas com deficiência visual enfrenta desafios significativos relacionados à acessibilidade de conceitos que dependem de representações visuais. Os principais estudos na área exploram duas abordagens predominantes: materiais táteis e ferramentas baseadas em software [Vilarim et al. 2022].

Buscando métodos para ensinar modelagem UML, [Brookshire 2006] descreve uma abordagem para estudantes com deficiência visual, envolvendo o uso de materiais táteis, como cartões e alfinetes, para criar diagramas de classe em uma superfície de papelão. Os resultados mostraram que a qualidade dos diagramas criados pelos estudantes com deficiência visual foi semelhante à dos estudantes videntes. Assim, [Brookshire 2006] concluiu que o método foi adequado para permitir que estudantes com deficiência visual participem de projetos em equipe e aprendam técnicas importantes de diagramação.

[Souza Filho et al. 2022] desenvolveram materiais concretos tridimensionais para auxiliar o ensino de modelagem de Sistemas de Informação para pessoas com deficiência visual. A pesquisa focou na criação de ferramentas físicas que permitem aos estudantes cegos compreenderem conceitos geralmente apresentados de forma visual, como diagrama de classes. Os elementos foram modelados em uma base do tipo tabuleiro para encaixar as peças e formar os diagramas, com as peças contendo o braille em relevo. Ao final, os resultados mostraram que o uso desses materiais contribui significativamente para a inclusão e o entendimento dos alunos com deficiência visual nas disciplinas de Engenharia de Software.

O artigo de [Magalhães and Neto 2010] apresenta a ferramenta ApreNDER, desenvolvida para auxiliar alunos com deficiência visual na construção de Diagramas Entidade-Relacionamento (DER). O software utiliza um menu de áudio interativo e comandos de teclado para guiar o usuário na construção dos diagramas. Inicialmente, o professor cadastra um enunciado, que é lido pelo sintetizador de voz, e o aluno utiliza as funcionalidades para criar entidades, atributos e relacionamentos, resultando na geração do DER. [Magalhães and Neto 2010] concluiu que a ferramenta permitiu que alunos deficientes visuais compreendessem e desenvolvessem DERs, contribuindo para a inclusão no ensino de banco de dados. Ainda, em sua primeira versão, as limitações incluem a impossibilidade de representar todos os elementos gráficos de um DER completo e a restrição no número de entidades e atributos.

Dessa forma, os trabalhos relacionados analisados apresentam diferentes abordagens para tornar acessível o ensino de modelagem para pessoas com deficiência visual. Métodos como o uso de materiais táteis, explorado por [Brookshire 2006] e [Souza Filho et al. 2022], e a ferramenta ApreNDER [Magalhães and Neto 2010], representam esforços importantes na adaptação de conteúdos tradicionalmente visuais. No entanto, tais abordagens apresentam limitações específicas: enquanto soluções táteis facilitam a compreensão espacial dos modelos, elas carecem de um meio formalizado de comunicação; por outro lado, ferramentas computacionais podem enfrentar barreiras quanto à usabilidade e representação de elementos gráficos complexos.

A criação de linguagens acessíveis, como a VisER, envolve teorias tanto da área de linguagens de programação quanto das tecnologias assistivas. Linguagens de

programação são projetadas para fornecer uma forma estruturada de comunicar instruções a um computador [Shneiderman and Plaisant 2010], mas em contextos de acessibilidade, é necessário considerar o usuário final, neste caso, pessoas com deficiência visual.

Segundo [Shneiderman and Plaisant 2010], a criação de uma linguagem de programação acessível deve equilibrar simplicidade estrutural com complexidade funcional, permitindo aos usuários compreender e utilizar a ferramenta de forma intuitiva. Em relação às tecnologias assistivas, a definição e adaptação de uma linguagem deve permitir uma interação eficiente e inclusiva, como apontado por [Cook and Polgar 2008]. A VisER, ao integrar componentes táteis e textuais, exemplifica como diferentes tecnologias assistivas podem ser combinadas para criar uma solução acessível, fornecendo a representação visual e a estruturação textual do Modelo Entidade-Relacionamento (ER).

3. Metodologia

Com o objetivo de desenvolver uma abordagem centrada no usuário, considerando a individualidade das experiências visuais dos envolvidos, foi adotada a pesquisa-ação como metodologia para o desenvolvimento do diagrama tátil e da linguagem VisER. Este método foi escolhido por sua flexibilidade e foco na colaboração entre pesquisadores e participantes, permitindo um entendimento profundo das necessidades dos usuários [Tripp 2005].

Além disso, a natureza cíclica do processo permite um *feedback* contínuo, possibilitando ajustes e abordagens conforme o progresso da pesquisa [Thiollent 2011]. Embora o diagrama tátil tenha desempenhado um papel relevante no processo, ele não é o foco principal deste artigo, sendo apenas brevemente apresentado. Na sequência, é descrito o processo de desenvolvimento e evolução da linguagem VisER.

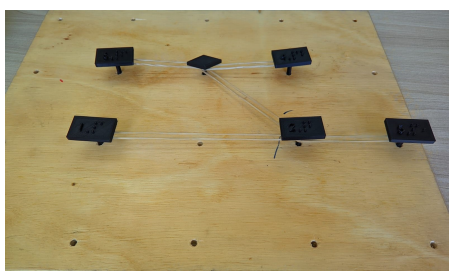
No desenvolvimento, a fase de planejamento envolveu a identificação dos desafios enfrentados por pessoas com deficiência visual na interpretação de diagramas tradicionais de banco de dados. Durante a fase de ação, o diagrama tátil e a linguagem foram aplicados em um ambiente real de ensino, permitindo que o discente interagisse com o material. Na fase de observação, o docente acompanhou o uso do diagrama junto com a linguagem, registrando as dificuldades e benefícios apresentados. Por fim, a fase de reflexão consistiu na análise dos dados coletados e na identificação de melhorias potenciais na VisER, com base no *feedback* do usuário. A pesquisa, incluindo o desenvolvimento do diagrama tátil, teve a duração de aproximadamente sete meses.

Vale destacar que a linguagem VisER foi inicialmente concebida a partir do diagrama tátil, não sendo planejada como uma ferramenta independente. Seu desenvolvimento começou na fase de ação da pesquisa-ação, com a aplicação do diagrama no contexto de ensino. No entanto, a definição da linguagem como uma ferramenta formal ocorreu somente nas últimas duas fases, observação e reflexão. As duas primeiras fases, relacionadas ao planejamento e à aplicação do diagrama tátil, estão detalhadas em [Klein et al. 2024]. A evolução para a linguagem VisER ocorreu à medida que os pesquisadores refletiram sobre as limitações do diagrama e a necessidade de uma solução textual acessível.

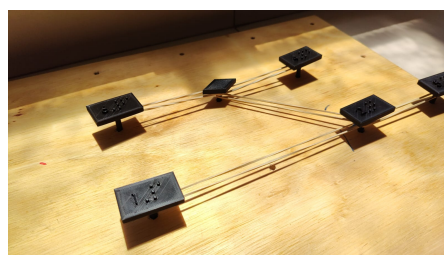
O diagrama tátil desenvolvido [Klein et al. 2024] consiste em uma base de madeira perfurada, onde são inseridas peças de plástico que representam as entidades. Essas

peças são diferenciadas para identificar entidades fortes, entidades fracas e relacionamentos ternários. Já os relacionamentos entre as entidades são representados por elásticos que conectam as peças, proporcionando uma representação física das relações entre elas.

Esta abordagem tátil foi empregada durante as aulas da disciplina de banco de dados, no curso de Sistema de Informação da Universidade Federal de Itajubá, para que uma pessoa cega pudesse acessar o conteúdo dos diagramas discutidos nas apresentações e materiais de aula, possibilitando-lhe acompanhar as explicações e interações em tempo real. O diagrama também permite que o discente monte seus próprios diagramas ou esclareça dúvidas de maneira prática e inclusiva. As Figuras 1a e 1b ilustram o diagrama.



(a) Visão frontal. Fonte: Autoral.



(b) Visão superior. Fonte: Autoral.

Figura 1. Imagens do diagrama tátil desenvolvido.

Durante o processo, foram identificadas limitações na representação de elementos mais dinâmicos, como os atributos de entidade e as cardinalidades dos relacionamentos. Por este motivo, identificou-se a necessidade de uma ferramenta complementar. Para solucionar este problema, foi proposta uma linguagem, a VisER, que contempla todas as características do ER que não haviam sido consideradas no diagrama tátil. Também, foi a solução elaborada para facilitar a comunicação entre discente e docente, além de ser usada como recurso na avaliação da disciplina para que a pessoa cega pudesse formalizar todo o seu conhecimento sobre o ER em uma atividade prática.

Assim, o desenvolvimento aconteceu ao longo de um semestre na disciplina de banco de dados [Klein et al. 2024], como parte de um esforço conjunto para tornar o conteúdo acessível a um estudante cego. Conforme os conceitos de pesquisa-ação, o processo foi colaborativo, envolvendo o docente responsável pela disciplina, um discente com cegueira congênita (perda de visão presente ao nascimento), além de três pesquisadores envolvidos que atuaram como colaboradores no projeto. Como apenas dois participantes possuíam conhecimentos prévios sobre acessibilidade, foram realizadas consultas ao Núcleo de Educação Inclusiva (NEI) da universidade, a fim de complementar as discussões e garantir a adequação da proposta às diretrizes de inclusão. Durante o desenvolvimento da linguagem, reuniões foram realizadas para discutir e definir os descritores a serem utilizados, bem como a estrutura geral do documento. A ideia é que a pessoa/-discente use a linguagem para descrever um ER considerando um determinado contexto. Logo, o resultado é um documento contendo a descrição textual do modelo.

Como linguagem VisER não foi inicialmente concebida como uma ferramenta formal, não foi possível elaborar uma documentação estruturada do processo de design. O desenvolvimento ocorreu de forma emergente, conforme as necessidades e desafios foram sendo identificados ao longo da aplicação prática na disciplina, com a colaboração

continua entre o discente cego e o docente.

3.1. Descrição dos Elementos do Diagrama na Linguagem

Nesta primeira versão, entidade e relacionamentos são especificados em seções separadas. Para isso, foram definidas palavras-chaves usadas para descrever tanto as seções do documento, quanto os elementos do modelo representado. Para cada palavra-chave definida, é especificada sua função e utilização.

Palavra-chave	Função	Utilização
Entidades	Indica o início da seção na qual as entidades do modelo serão descritas.	<i>Entidades:</i>
Entidade	Inicia a definição da entidade de número {num}, nomeada como {nome}. Caso seja uma entidade fraca, o tipo é preenchido com <i>fraca</i> ; caso contrário, o campo {tipo} pode ser omitido.	<i>Entidade</i> {tipo} {num}: {nome}
Chave	Define a chave primária de uma entidade ou relacionamento. O campo {tipo} indica se a chave é <i>composta</i> ou <i>fraca</i> . Em chaves compostas, múltiplos atributos podem ser listados, separados por vírgula.	<i>Chave</i> {tipo}: {nome}, {nome2}, ...
Atributos	Lista os atributos de uma entidade ou relacionamento. O campo {tipo} descreve se o atributo é <i>simples</i> , <i>composto</i> ou <i>multivalorado</i> . Atributos compostos são definidos com suas partes entre parênteses.	<i>Atributos</i> {tipo}: {nome (parte1, parte2)}, {nome2}, ...

Tabela 1. Palavras-chave, funções e formas de utilização na linguagem VisER – Entidades, chaves e atributos.

As entidades, que representam objetos do mundo real com existência independente, são identificadas unicamente no modelo e descritas em uma seção específica do documento [Elmasri et al. 2005]. Para cada entidade, define-se uma chave primária, conforme preconizado pelo Modelo ER. Os atributos, por sua vez, descrevem características das entidades ou relacionamentos, podendo ser simples, compostos ou multivalorados, conforme a classificação proposta por Navathe [Elmasri et al. 2005].

As especializações permitem representar subconjuntos de uma entidade genérica, herdando atributos e relacionamentos conforme o tipo definido (total, parcial, disjunta ou compartilhada) [Elmasri et al. 2005]. Já os relacionamentos estabelecem as associações entre duas ou mais entidades [Elmasri et al. 2005], sendo descritos em uma seção própria na linguagem. Neles, também se define a cardinalidade de participação de cada entidade.

3.2. Exemplo de Utilização

Buscando exemplificar o uso da linguagem VisER, observa-se um Modelo ER na Figura 2 e sua representação descrita na linguagem no Código 1.

Palavra-chave	Função	Utilização
Especializacao	Define uma especialização para uma entidade genérica. Apresentada em uma seção separada após os relacionamentos. O descritor {nome_entidade} refere-se ao nome da entidade genérica; {tipo} indica o tipo de especialização e deve ser definido entre parênteses "()". As entidades específicas são listadas entre chaves.	<i>Especializacao:</i> {nome_entidade} ({tipo}) { Entidades: Entidade {num}: ... }
Relacionamentos	Indica o início da seção onde os relacionamentos entre entidades serão descritos.	<i>Relacionamentos:</i>
Relacionamento	Indica a definição de um relacionamento entre uma ou mais entidades. {num_entidaden} é o número definido para a entidade referida anteriormente. {nome} é o nome dado ao relacionamento entre estas entidades.	<i>Rel</i> {num_entidade1} – {num_entidade2}: {nome}
Cardinalidade	Indica a cardinalidade para cada entidade de nome {nome_entidade}, participante do relacionamento. Os descritores {cardmin} e {cardmax} são cardinalidades mínima e máxima de uma entidade, respectivamente. São possíveis os seguintes valores: 0, 1 e n, sendo n válido somente para cardinalidade máxima.	<i>Cardinalidade</i> {nome_entidade}: {cardmin}, {cardmax}

Tabela 2. Palavras-chave, funções e formas de utilização na linguagem VisER – especialização, relacionamentos e cardinalidades.

```

Entidades:
  Entidade 1: Funcionario.
    Chave: CPF.
    Atributos simples: Nome, Endereco
    Atributos compostos: Nome (
      Primeiro_Nome, Ultimo_Nome).
  Entidade 2: Departamento.
    Chave: Cod_Departamento.
    Atributos simples:
      Nome_Departamento, Localizacao.
  Entidade fraca 3: Dependente.
    Chave fraca: Nome_Dependente, CPF.
    Atributos simples: Data_Nascimento. }

Relacionamentos:
  Rel 1 - 2: Trabalha_Em.
    Cardinalidade Funcionario: 1, n.
    Cardinalidade Departamento: 1, 1.
  Rel 1 - 3: Possui.
    Cardinalidade Funcionario: 1, 1.
    Cardinalidade Dependente: 0, n.
  Especializacao: Funcionario (total,
    disjunta){
    Entidades:
      Entidade especifica 1: Gerente.
      Entidade especifica 2: Assistente.

```

Código 1. Exemplo de utilização da linguagem após documentação.

4. Validação da Linguagem e Resultados

Com o objetivo de validar a linguagem VisER, considerando a ausência de um grupo am-
plo de testadores, foi realizada uma avaliação qualitativa por meio de uma entrevista es-

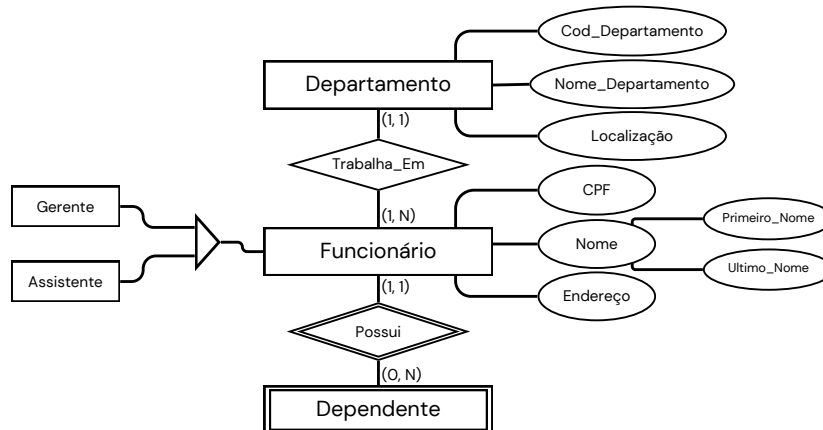


Figura 2. Diagrama resultado do Código 1. Fonte: Autoral.

truturada com o discente cego, após um semestre de uso da ferramenta. A pessoa desempenhou um papel ativo no desenvolvimento e utilização da linguagem, proporcionando uma perspectiva única sobre seus benefícios e limitações. As perguntas e a entrevista completa transcrita podem ser acessadas em: <https://bit.ly/4bEEslV>.

Em relação às limitações da linguagem, o discente destacou um obstáculo significativo relacionado à capacidade de visualizar a *"big picture"*, que significa ver o ER de forma geral, como um todo. Enquanto pessoas videntes conseguem identificar rapidamente o contexto geral do diagrama, o discente dependeu de sua memória para compreender o modelo descrito. Essa dificuldade foi mais acentuada ao interpretar diagramas criados por terceiros, exigindo a frequente pesquisa por entidades e atributos. Além disso, o uso de números em vez de nomes para identificar entidades foi uma decisão de design justificada pela necessidade de reduzir a carga cognitiva durante o processo de leitura e escrita do diagrama usando a linguagem.

Ademais, em relação às funcionalidades e melhorias, o discente sugeriu duas alterações principais. Primeiramente, a criação de uma aplicação que possibilite a escrita do modelo ER por meio de uma interface baseada em botões, como “adicionar entidade” ou “adicionar atributo”, eliminando a necessidade de digitação manual. A sugestão ainda incluiu uma funcionalidade que permita a geração automática de diagramas visuais a partir do código da linguagem, similar ao *PlantUML* [PlantUML Team 2024].

O discente também apontou a importância e facilidade em relação ao idioma da linguagem VisER, já que muitos alunos em nível de graduação podem não possuir familiaridade com o idioma inglês (idioma principal da maioria das linguagens de programação básicas). Neste sentido, o fato da ferramenta ter como idioma o português agilizou o processo de aprendizado e memória do diagrama.

No contexto das avaliações acadêmicas, o discente relatou que a utilização da linguagem VisER durante provas foi mais eficiente do que o método tradicional de desenhar diagramas, este limitado pela falta de acessibilidade dos leitores de tela. Embora a linguagem tenha mostrado grande potencial, enfatizou-se a necessidade de alinhamento prévio entre aluno e professor quanto à compreensão dos modelos. Problemas pontuais relacionados ao uso de editores de texto mais comuns também foram mencionados.

Sobre a independência da ferramenta em relação ao diagrama, o discente observou que a linguagem e o diagrama tátil possuem um caráter complementar. Enquanto o diagrama tátil permite a compreensão global do ER por meio da identificação tátil de entidades e relacionamentos, a linguagem oferece maior autonomia, particularmente em atividades como provas, eliminando a necessidade de assistência para a representação visual dos modelos.

Por fim, sobre o impacto no aprendizado, a possibilidade de criar e utilizar a linguagem VisER teve um impacto significativo no aprendizado do discente. Durante as aulas, a combinação do diagrama tátil com o suporte do docente facilitava o entendimento do ER. No entanto, em contextos fora da sala de aula, a linguagem se mostrou essencial para possibilitar o estudo independente, permitindo a realização de exercícios que podiam ser revisados posteriormente pelo docente. Sem o uso da linguagem, seria necessário memorizar informações detalhadas, tornando inviável o progresso autônomo.

Dessa forma, os resultados da validação indicam que a linguagem VisER atende ao objetivo principal de promover acessibilidade no ensino de ER para pessoas com deficiência visual. Contudo, foram identificadas oportunidades de evolução, como o desenvolvimento de ferramentas complementares que aumentariam a facilidade no uso e aprendizado da linguagem. Essas sugestões constituem um ponto de partida para futuras pesquisas e melhorias da ferramenta.

5. Considerações Finais

Dessa forma, este trabalho apresentou o desenvolvimento da linguagem VisER, com o objetivo de auxiliar pessoas com deficiência visual no aprendizado do Modelo Entidade-Relacionamento (ER). A linguagem foi projetada em conjunto com um diagrama tátil [Klein et al. 2024], proporcionando acessibilidade e maior autonomia no aprendizado de banco de dados. Sua validação qualitativa foi realizada com quem criou e utilizou a abordagem, cujos resultados destacaram tanto os benefícios da ferramenta, como a possibilidade de estudo independente. Por fim, foram propostas melhorias, como a criação de ferramentas complementares, estabelecendo uma base sólida para futuros aprimoramentos.

Além disso, a validação da linguagem VisER permitiu responder às questões de pesquisa, inicialmente, a partir da experiência do discente cego. Em relação à primeira questão, os resultados indicaram que a VisER facilita a compreensão do modelo ao possibilitar a descrição textual estruturada dos diagramas, tornando-se uma alternativa acessível ao desenho tradicional, que carece de suporte adequado por leitores de tela. No entanto, a necessidade de recorrer à memória para compreender o diagrama como um todo foi identificada como um desafio.

Quanto à segunda questão, que investiga os desafios enfrentados, destacou-se a dificuldade em obter uma visão global do diagrama sem um suporte visual. Também, foram apontadas limitações relacionadas ao uso da linguagem em editores de texto e à necessidade de alinhamento entre aluno e professor quanto à interpretação dos modelos. Por fim, em relação ao impacto da VisER na experiência de aprendizagem, observou-se que a ferramenta contribuiu significativamente para a autonomia do discente, permitindo a realização de exercícios, revisões e provas sem a necessidade de assistência. Ademais, a sugestão de aprimoramentos, como a implementação de uma interface interativa e a

geração automática de diagramas visuais, aponta caminhos para a evolução da linguagem, visando ampliar sua usabilidade e acessibilidade.

Quanto aos obstáculos encontrados, para ser utilizada com o diagrama, a linguagem exige conhecimento prévio tanto do professor, quanto do aluno. Além disso, insere-se um novo processo de avaliação nas atividades do docente, já que não é comum corrigir um diagrama visual através de texto. Uma primeira ideia para a resolução deste problema, futuramente, seria a criação da aplicação, sugerida pelo discente. Ademais, a validação foi realizada apenas pela pessoa que contribuiu para concepção da linguagem e a utilizou, impedindo uma avaliação isenta e criando um viés de solução.

Até o momento, o desenvolvimento da linguagem VisER e do diagrama tátil não segue diretrizes formais de acessibilidade estabelecidas para tecnologias assistivas. No entanto, são aspectos importantes a serem explorados em trabalhos futuros. Por fim, o processo como um todo, considerando desde a criação até o uso em sala de aula, se mostrou satisfatório e promissor. É importante também ressaltar outros pontos positivos, como o idioma da linguagem ser português, e sua utilização em conjunto do diagrama tátil, permitindo o aprendizado dos mesmos conteúdos por todos os alunos.

É importante ressaltar que o estudo busca abranger todo o espectro da deficiência visual, considerando indivíduos com diferentes graus de limitação na interpretação de representações gráficas, desde pessoas com baixa visão até aquelas com cegueira total. Por enquanto, a validação inicial da linguagem VisER foi realizada apenas com uma pessoa com cegueira total congênita. Futuramente, pretende-se expandir a validação para maior inclusão.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe um avanço ao integrar ambas as estratégias por meio do diagrama tátil e da linguagem VisER. Diferente das abordagens apresentadas em trabalhos anteriores, a VisER permite a formalização textual estruturada dos modelos ER, proporcionando maior autonomia para os estudantes cegos ao possibilitar a descrição precisa e independente dos diagramas. Além disso, enquanto trabalhos anteriores não enfatizam a estratégia utilizada para avaliação empírica das soluções no contexto educacional, este estudo incorpora um processo de validação qualitativa, destacando tanto os benefícios quanto os desafios enfrentados pelos usuários na prática.

Por fim, o desenvolvimento de soluções inclusivas para o ensino de banco de dados, como o diagrama tátil e a linguagem proposta, representa um avanço significativo na educação para pessoas com deficiência visual. Estas ferramentas visam não apenas tornar o conteúdo acessível, mas também promover uma participação ativa dos alunos no processo de aprendizado. Contudo, o sucesso da abordagem dependerá da capacidade de integrar a ferramenta, de maneira eficaz, nas práticas de ensino, garantindo que os alunos com qualquer deficiência visual possam aprender e expressar seu entendimento do conteúdo em condições equivalentes aos outros discentes.

Referências

- Brookshire, R. G. (2006). Teaching uml database modeling to visually impaired students. *Issues in Information Systems*, 7(1):98–101.
- Cook, A. M. and Polgar, J. M. (2008). *Cook & Hussey's assistive technologies*. Elsevier Health Sciences.

- de Lima, C. E., Marcon, M., Ortoncelli, A. R., and Beal, F. (2023). Desenvolvimento de uma interface tangível de usuário para auxílio de estudantes cegos em conteúdos de disciplinas da computação. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 972–982. SBC.
- Elmasri, R., Navathe, S. B., Pinheiro, M. G., et al. (2005). *Sistemas de banco de dados*. Pearson Addison Wesley São Paulo.
- Klein, A., Caetano, B., Camargo, H., Fornitano, G., Frinhani, R., and Paula, M. (2024). Diagrama tátil: Uma abordagem de ensino de banco de dados para pessoas com deficiências visuais através da pesquisa-ação. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, pages 85–97, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Magalhães, R. L. and Neto, M. M. (2010). Aprender: Ferramenta de apoio à construção de diagrama entidade relacionamento para deficientes visuais. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1.
- PlantUML Team (2024). Plantuml. <https://plantuml.com/>. Acesso em: 14 dez. 2024.
- Shneiderman, B. and Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Pearson.
- Silva, M. and Pereira, J. (2022). Políticas e programas de inclusão educacional para pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Educação Inclusiva*, 10(2):123–145.
- Souza Filho, C. F., Lima, M. J. M., Sanavria, C. Z., Cristo, G. C., da Silva Pereira, H. G., Floriano, N. S., and da Silva, S. C. (2022). Engenharia de software e inclusao de deficientes visuais: Uma proposta de material concreto 3-d para modelagem de sistemas de informacao. *Anais do Computer on the Beach*, 13:347–352.
- Thiollent, M. (2011). *Metodologia da pesquisa-ação*. Cortez Editora.
- Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: Uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, 31.
- Vilarim, H., Silva, F., and Silva, L. (2022). Um levantamento sobre as técnicas/métodos para o ensino de deficientes visuais / a survey on techniques/methods for teaching the visually impaired. *Brazilian Journal of Development*, 8:23484–23495.