

CONSTRUÇÃO DE MAQUETE TÁTIL PARA A APRENDIZAGEM DE PROBABILIDADE POR ALUNOS CEGOS BASEADA NO DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO

Aida Carvalho Vita¹
Verônica Yumi Kataoka²

Resumo: O objetivo deste artigo é refletir sobre a construção de uma maquete tátil (MT) proposta por Vita para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por alunos cegos. A MT, composta por artefatos, tarefas de reconhecimento tátil e tarefas da Sequência de Ensino Passeios Aleatórios do Jefferson, resultou da construção sequenciada de cinco protótipos, desenvolvidos conforme as cinco etapas da metodologia do Design Centrado no Usuário: identificação da necessidade do projeto centrado no usuário; especificações do contexto de operação; especificações das exigências dos usuários; solução de design; avaliação. A avaliação dos protótipos foi baseada no conceito ergonômico de usabilidade, sendo que as opiniões dos alunos sobre a MT e suas estratégias ao manuseá-la na resolução das tarefas foram fundamentais nesse processo. A MT mostrou-se facilmente moldável às adaptações curriculares, e os alunos cegos demonstraram competência e proficiência no trabalho com os cbP. Por tudo isso, considera-se que a MT apresentou potencial para ser utilizada como material didático na escola e na aprendizagem de cbP. Assim, espera-se que as reflexões apresentadas possam contribuir para o processo educacional inclusivo e para a aprendizagem dos cbP por todos os alunos, incluindo os cegos, possibilitando, por conseguinte, o desenvolvimento do letramento probabilístico dos mesmos.

Palavras-chave: Metodologia do Design Centrado no Usuário. Conceitos Básicos de Probabilidade. Alunos Cegos. Maquete tátil

CONSTRUCTIONS OF A TACTILE MODEL FOR LEARNING OF PROBABILITY FOR BLIND STUDENTS BASED ON USER-CENTRED DESIGN

Abstract: This paper aims to reflect about the construction of a tactile model (MT), proposed by Vita, for learning basic concepts of probability (cbP) for blind students. The MT, composed of artefacts, tactile recognition tasks and the task sequence Jefferson's random walks, resulted from the construction sequenced five prototypes, developed according to the five steps of the User-Centred Design methodology: identifying the need of user-centered design, specification of context operation; specification of user requirements, the design solution; evaluation. The evaluation of the prototypes was based on the ergonomic concept of usability, and the opinions of students about TM and the strategies they employed when using it in the resolution of tasks were fundamental in this process. The MT was easy to modify according to curricular adaptations, and blind students demonstrated competence and proficiency in working with cbP. Finally, it is considered that MT has the potential to be used as didactic material in school and learning cbP. It is hoped that reflections like these can contribute to inclusive educational process and learning of cbP for all students, including the blind,

¹ Doutora em Educação Matemática; Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, aida2009vita@gmail.com

² Doutora em Estatística e Experimentação Agropecuária; Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, veronicayumi@terra.com.br

involving them all in the development of probabilistic literacy.

Keywords: User-Centred Design Methodology. Basic Concepts of Probability. Blind Students. Tactile Model.

Introdução

No atual panorama da inclusão social, a pessoa com deficiência ganhou *status* de cidadã, como corrobora Caiado (2006). Além disso, a Legislação, a exemplo da Lei Brasileira 13.146/2015 de Inclusão da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015), tem reforçado os direitos e capacidades desses sujeitos, como pode ser observado no Livro 1, Título II, Capítulo IV, Artigo 27, da Lei supra, que diz:

A educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem (BRASIL, 2015, p.7).

Entretanto, concordamos com Caiado (2006) quando este afirma que o movimento social para a inclusão desses sujeitos de direito na sociedade precisa avançar ao patamar da conquista de seus direitos. Ainda que, legalmente, observemos mudanças substanciais no processo social de inclusão e verifiquemos um crescente número de alunos com deficiência matriculados no ensino regular, reconhecemos que a inclusão escolar para essas pessoas exige que inúmeras providências sejam implementadas para a permanência deles na escola, a fim de garantir o acesso aos meios de aprendizagem escolar, a exemplo do que está escrito no Livro 1, Título II, Capítulo IV, Artigo 28, inciso III da Lei 13.146/2015:

Incumbe ao poder público assegurar, criar, desenvolver, implementar, incentivar, acompanhar e avaliar [...]

III - projeto pedagógico que institucionalize o atendimento educacional especializado, assim como os demais serviços e adaptações razoáveis, para atender às características dos estudantes com deficiência e garantir o seu pleno acesso ao currículo em condições de igualdade, promovendo a conquista e o exercício de sua autonomia (BRASIL, 2015, p.7).

No Brasil, dentre as providências e adequações voltadas à educação inclusiva, estão os

PCN: Adaptações Curriculares (BRASIL, 1998a) e o Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000), produzidos e distribuídos pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) visando a esclarecer a comunidade escolar sobre as atribuições e competências que cabem às diferentes instâncias da sociedade na construção e desenvolvimento do processo escolar inclusivo. Com isso, o MEC apresentou as Adaptações de Grande Porte, que caberiam às instâncias político-administrativas superiores (Secretarias Estaduais e Municipais de Educação, pelas unidades escolares e equipes técnicas), e as Adaptações de Pequeno Porte, aquelas ações cuja implementação seria de competência dos professores.

No âmbito das Adaptações de Pequeno Porte, os documentos sugerem que estas envolvam o desenvolvimento e adaptação de materiais para o ensino e aprendizagem das diversas áreas do conhecimento, bem como adaptação de objetivos, de conteúdo, do método de ensino e da organização didática; do processo de avaliação e de temporalidade do processo de ensino e aprendizagem. Para tanto, o professor poderia, além de iniciativas próprias, amparar-se nos resultados das pesquisas voltadas para esse fim, uma vez que, de acordo com a Lei 13.146/2015 (Art. 28, Inciso VI), as pesquisas devem ser incentivadas, implementadas, asseguradas e desenvolvidas pelo Poder Público, ou especificamente “para o desenvolvimento de novos métodos e técnicas pedagógicas, de materiais didáticos, de equipamentos e de recursos de tecnologia assistiva” (BRASIL, 2015, p.8).

Apesar de recomendado pela Lei, ao direcionar o olhar para a discussão de adaptação ou criação de materiais didáticos para a aprendizagem e o ensino de Matemática dos alunos com deficiência, em particular por alunos cegos³, ressaltamos que, aqui no Brasil, realmente ainda há carência de pesquisas nessa direção. Dentre as existentes, podemos citar as pesquisas de Ferronato (2002), Adrezzo (2005), Fernandes e Healy (2006), Fernandes (2004, 2008), Reily (2004), Vita (2012), Guimarães (2014) e Santos (2014), bem como projetos de pesquisa como “Rumo à Educação Matemática Inclusiva”, de Healy *et al* (2009); “Uso de uma maquete tátil na aprendizagem de Probabilidade por alunos cegos e videntes de escolas

³ Pessoas com deficiência visual, segundo os PCN: AC (BRASIL, 1998a), são aquelas que têm a redução ou perda total da capacidade de ver com o melhor olho e após a melhor correção ótica, sendo observada como cegueira aquelas que têm a perda da visão em ambos os olhos, de menos de 0,1 no melhor olho após correção, ou um campo visual não excedente a 20 graus, no maior meridiano do melhor olho, pensando sob o enfoque educacional, a perda total ou o resíduo mínimo da visão que leva o indivíduo a necessitar do método braille como meio de leitura e escrita, além de outros recursos didáticos e equipamentos especiais para a sua educação.

públicas baianas de Itabuna e Ilhéus”, de Vita *et al* (2012); “Uso de uma maquete tátil por alunos cegos e videntes”, de Kataoka *et al* (2013), e “Aplicação de tarefas de probabilidade no contexto da maquete tátil a alunos da educação básica: investigações à luz de teorias da Educação Matemática”, de Vita *et al* (2016).

Salientamos que os estudos de Vita (2012), Guimarães (2014), Santos (2014), e os projetos de Vita *et al* (2012 e 2016) e Kataoka *et al* (2013), têm utilizado como material didático uma maquete tátil (primeira versão proposta por Vita [2012]) e o objeto matemático investigado é a Probabilidade, tratados especificamente os seguintes conceitos básicos (cbP): chance, espaço amostral, eventos simples e compostos, probabilidade de eventos simples e compostos, situação determinística, experimento aleatório, frequências esperadas e observadas, padrões observados e esperados.

Esses cbP têm sido trabalhados na Sequência de Ensino Passeios Aleatórios do Jefferson e suas abordagens estão em consonância com as recomendações para o ensino de Probabilidade de Coutinho (2001), que considera importante para o desenvolvimento do raciocínio probabilístico a vivência do aluno com situações que possibilitem a percepção do acaso, a ideia de experiência aleatória e a noção de probabilidade. Também foram consideradas as ideias de Kataoka, Rodrigues e Oliveira (2007), os quais afirmam ser desejável que o professor aborde os conceitos probabilísticos por meio de atividades em que os alunos possam realizar experimentos e observar os eventos, promovendo a manifestação intuitiva do acaso e da incerteza, construindo, a partir dos resultados, modelos matemáticos para o estudo de tais fenômenos.

Além das orientações desses pesquisadores, no Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática do Ensino Fundamental (PCN), no bloco de conteúdo Tratamento da Informação (BRASIL, 1997, 1998b), e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM), no eixo temático Análise de Dados (BRASIL, 2006), recomendam que conceitos probabilísticos devam ser ensinados na Escola Básica como um conjunto de ideias e procedimentos que permitam aplicar a Matemática em questões do mundo real. Especialmente nos objetivos preconizados pelos PCN para o ensino desse tópico, no Ensino Fundamental (BRASIL, 1997, 1998b), cabe aos professores proporcionar aos alunos situações nas quais eles possam compreender a existência de vários acontecimentos do cotidiano que

são de natureza aleatória; realizar experimentos e observar eventos, em espaços equiprováveis, permitindo que as noções de acaso e incerteza possam se manifestar intuitivamente. Ademais, o professor deve apresentar atividades em que o aluno possa representar e contar, por meio de tabelas e/ou diagrama da árvore, os casos possíveis em situações combinatórias, construir o espaço amostral em situações como lançamento de dados, moedas, indicando a possibilidade de sucesso de um evento pelo uso de uma razão.

Os objetivos propostos pela OCNEM (BRASIL, 2006) para o ensino de Probabilidade no Ensino Médio direcionam a fazer com que o aluno compreenda que a probabilidade é uma medida de incerteza, vivencie situações e experiências aleatórias, aprendendo a descrevê-las, e que possa:

[...] dominar a linguagem de eventos, levantar hipóteses de equiprobabilidade, associar a estatística dos resultados observados e as frequências dos eventos correspondentes, e utilizar a estatística de tais frequências para estimar a probabilidade de um evento dado (BRASIL, 2006, p.80).

Apesar de não existir, nos documentos oficiais brasileiros, orientações curriculares específicas para o ensino de cbP a alunos cegos, acreditamos que o preconizado possa ser adequado a estes alunos. Essa ponderação, em parte, está baseada na avaliação do material do Departamento de Educação do Estado da Califórnia, no que se refere à similaridade dos tópicos de Probabilidade que devem ser abordados na escola com alunos cegos daquele Estado. Nesse documento, ressalta-se a indicação para a sumarização dos resultados de um experimento probabilístico utilizando representações táteis em código Braille, tais como gráficos de barra, diagrama da árvore, pictogramas e tabelas (CDE, 2006).

De fato, independente da condição física do aluno, o ensino de conceitos probabilísticos no âmbito escolar deve ser significativo, notadamente, no que concerne à necessidade de propiciarmos condições sociais favoráveis ao mesmo, uma vez que, no cotidiano, frequentemente as pessoas estão diante de situações de natureza aleatória - situações que ocorrem ao acaso e geram um grau de incerteza quanto ao seu resultado, exigindo, assim, do cidadão, conhecimentos probabilísticos que lhe possibilitem determinar as reais probabilidades de ocorrência de um determinado evento.

Para Gal (2005), uma pessoa pode ser considerada letrada em Probabilidade se for

capaz de ler e interpretar criticamente informações probabilísticas que cercam o dia a dia, como, por exemplo, as previsões meteorológicas, o risco de incidência de uma doença, a chance de um time de futebol passar para a segunda fase de um campeonato, e se souber tomar decisões com base nelas. Ainda de acordo com o autor, outro aspecto a ser observado é que a motivação pelo estudo da Probabilidade vem também do contexto em que o problema está inserido, do interesse do aluno em descobrir a real possibilidade de ocorrência ou não de um determinado evento, como também da importância do seu resultado para a tomada de uma decisão. Nesse sentido, Borovcnik e Kapadia (2009) afirmam que erros conceituais em Probabilidade podem afetar decisões pessoais em situações importantes, como no veredito de um júri ou um investimento no mercado financeiro, a título de exemplo.

Refletimos, então, que o desafio é ensinar Probabilidade com o objetivo de capacitar os alunos a compreendê-la e aplicá-la, pois, apesar dos conceitos probabilísticos estarem presentes no cotidiano dos alunos e seu ensino ser recomendado tanto nos PCN quanto na OCNEM, seu ensino, ainda é feito “de forma descontextualizada, priorizando o uso excessivo de fórmulas que muitas vezes não fazem sentido para os alunos, opondo-se, dessa forma, à exploração de situações que envolvam aproximação, aleatoriedade e estimação”. Essa descontextualização na abordagem do conteúdo pode estar relacionada com alguns fatores. Um deles, comentado por Cazorla, Gusmão e Kataoka (2011), é a falta de recursos didáticos validados e adequados à realidade da escola para o trabalho com este conteúdo de forma mais lúdica e interativa.

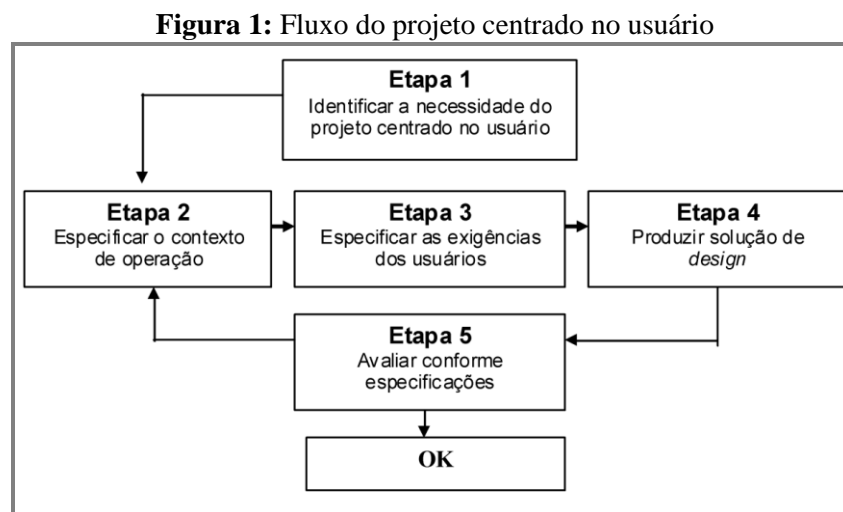
Pelo exposto, acreditamos ser necessário o desenvolvimento de materiais que possam contribuir com o trabalho do professor de Matemática no desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem de Probabilidade para todos os alunos. Por isso, no contexto da importância do ensino de Probabilidade, das lacunas de pesquisas que possam auxiliar os professores na abordagem desse conteúdo, bem como da carência de propostas de adaptações de materiais didáticos, tivemos como objetivo, neste artigo, refletir sobre a construção da maquete tátil – MT, proposta por Vita (2012), para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por alunos cegos. Salientamos que a construção da MT foi feita a partir da avaliação de protótipos ou modelos de baixo custo, projetados conforme o ciclo da Metodologia do Design Centrado no Usuário (DCU) e tendo como base o conceito

ergonômico de usabilidade, que serão detalhados na próxima seção.

Metodologia do Design Centrado no Usuário (DCU)

Para o desenvolvimento da maquete tátil, seguimos o ciclo da metodologia ergonômica denominada Design Centrado no Usuário (DCU). Cabe destacar que a DCU é uma metodologia provinda da Ergonomia Cognitiva que permite envolver ativamente o usuário na construção do instrumento, adaptando-o à sua arquitetura cognitiva. Nesse sentido, afirma Leite (2007), esta metodologia só pode ser utilizada se for possível identificar o perfil do usuário.

A DCU, de acordo com a norma ISO 13407 (1999), estrutura-se em cinco etapas, conforme modelo de fluxo apresentado na Figura 1:



Fonte: (VITA, 2012, p.93).

Observamos que o modelo cíclico de construção de instrumentos possibilita uma rotina flexível, que inicia-se com a identificação da necessidade do projeto centrado no usuário (Etapa 1). Em seguida, discrimina as especificações do contexto de operação e das exigências dos usuários (Etapa 2 e Etapa 3) e, na sequência, apresenta uma solução de *design* (Etapa 4) e desenvolve a avaliação deste *design* conforme as especificações determinadas nas etapas anteriores (Etapa 5). Assim, de forma cíclica, estando na etapa 5 diante de uma solução

inconsistente pode-se rever as especificações e apresentar uma nova solução que, por sua vez, será igualmente submetida à avaliação. Mas, caso a solução tenha atendido às exigências elencadas como especificações, o ciclo estará fechado e a proposta do *design* será acatada como viável. Verificando, ainda, no modelo, o movimento das setas, observamos que o mesmo apresenta uma arquitetura a qual permite a apresentação de várias soluções de design e suas avaliações, sem que haja necessidade de repetição da Etapa 1.

Desse modo, deu-se a construção dos cinco protótipos da maquete tátil, denominados M1, M2, M3, M4 e M5, considerando que a Etapa 1 foi realizada uma única vez, visto que a justificativa para a utilização desse tipo de projeto para todos os protótipos era a mesma: seja, construir e validar uma maquete tátil para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por alunos cegos. Os usuários foram quatro alunos com cegueira adquirida, da Educação de Jovens e Adultos do Ensino Médio, denominados S1, S2, S3 e S4, com idade, respectivamente de 20, 40, 27 e 23 anos. Faz-se importante salientar que, antes das aplicações, esses alunos informaram que ainda não tinham vivenciado o conteúdo de Probabilidade, nem construído gráficos no ambiente escolar.

Ainda no que se refere à identificação do projeto, Etapa 1 da DCU, levamos em conta duas hipóteses na construção dos protótipos: a primeira, que a cegueira adquirida apresenta particularidades que diferem da cegueira congênita, já que o indivíduo, no primeiro caso, possui memórias visuais ou conhecimentos adquiridos durante a vidência, o que poderia se constituir em informações significativas durante o planejamento das adequações do material didático. A segunda, que os alunos cegos têm potencial para um desenvolvimento mental normal à aprendizagem de conceitos matemáticos, desde que disponham de material didático adequado às suas condições físicas. Esta última hipótese encontra apoio no estudo de Vygotsky (1998), bem como nas pesquisas (anteriores a 2012) citadas na introdução, envolvendo a temática de desenvolvimento de material didático para alunos cegos.

Em continuidade à identificação das necessidades do projeto centrado no usuário, consideramos também as orientações contidas nos documentos oficiais (BRASIL, 1998a, 2000, p.22-30) e nas pesquisas (anteriores a 2012) já citadas. Somando-e a isso, ponderamos que a participação do aluno cego na construção de um material didático organizado para a aprendizagem seria fundamental, pois sua presença possibilitaria ajustes bem mais adequados

à sua estrutura cognitiva. Além disso, poderia ser maior a possibilidade de aceitação desse material didático por parte dele.

Destacamos também que, na construção dos cinco protótipos da maquete tátil, procuramos seguir as orientações para o desenvolvimento de protótipos denominados de baixa fidelidade, a exemplo de maquetes de papelão. Esse tipo de protótipo apresenta muitas vantagens, dentre as quais: baixo custo, possibilidade de observar o comportamento dos usuários ao manuseá-lo, e suas reações à semelhança do que aconteceria no produto final. Aliás, esses modelos são convenientes quando a metodologia de construção é a DCU, porque a cada avaliação permite refinar o protótipo por meio de um novo *re-design*, identificando e solucionando problemas previamente, reduzindo custos e melhorando a qualidade final do produto (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

Essas vantagens são corroboradas por Cybis, Betiol e Faust (2007), os quais ratificam que estes modelos possibilitam a construção de uma representação mais resumida do sistema, são de baixo custo e de rápida confecção quando construídos com papel, lápis e tesoura. Para eles, esses modelos permitem uma interação mais efetiva com o usuário, porquanto possibilitam alterações imediatas a partir de suas sugestões.

Já para a avaliação dos protótipos, foi utilizado o conceito de usabilidade da Ergonomia Cognitiva, na perspectiva dos princípios de *design* de Nielsen (1993), procurando-se assegurar que as versões evolutivas dos protótipos estivessem na direção esperada, ou seja, que a solução de *design* se apresentasse alinhada com as especificações previamente estabelecidas. A usabilidade é um conceito ergonômico adequado às metodologias centradas no usuário e definida pela ISO 9241-11 (1998) a partir de três aspectos distintos: (i) a eficácia, que diz respeito à capacidade que os sistemas conferem a diferentes tipos de usuários para alcançar seus objetivos com qualidade; (ii) a eficiência, que se refere à qualidade de recursos, tais como tempo, esforço físico e cognitivo, que o sistema solicita aos usuários para obtenção de seus objetivos; (iii) a satisfação dos usuários em face dos resultados obtidos ao utilizar os sistemas ou a partir dos recursos oferecidos.

Sob esse prisma da usabilidade, na avaliação, procuramos conhecer o potencial de cada protótipo quanto à eficácia, eficiência e satisfação do aluno, caracterizando a usabilidade na maquete a partir da observação e da reflexão sobre as estratégias táteis dos alunos cegos

para resolver as tarefas utilizando a maquete tátil, bem como as sugestões propostas por eles ou por pesquisadores parceiros da área de Educação Matemática para a organização do design de cada protótipo. Buscamos, assim, uma maquete tátil que apresentasse um nível aceitável de usabilidade pelo aluno cego e que se constituísse um instrumento mediador entre este e os cbP. Que pudesse facilitar a aprendizagem do aluno, levando-o a alcançar níveis de desempenho aceitáveis em um espaço de tempo plausível, melhorar sua fadiga, *stress*, desconforto e insatisfação. Segue a reflexão sobre a construção da maquete tátil a partir das soluções de design de cada um dos cinco protótipos (M1, M2, M3, M4, M5).

Construção da maquete tátil

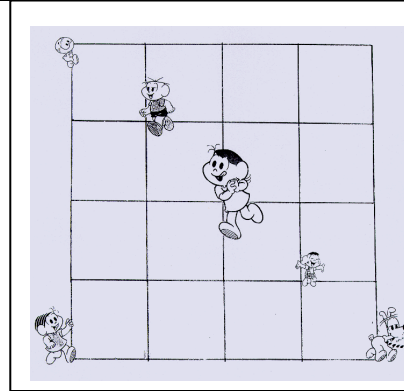
Antes de refletirmos sobre a construção da maquete tátil, devemos frisar que as tarefas envolvendo os conceitos básicos de Probabilidade para alunos cegos surgiram das diversas adaptações feitas às tarefas da sequência de ensino *Os passeios aleatórios da Mônica* – SE PAM (CAZORLA; SANTANA, 2006). Sendo assim, a SE PAM serviu como referência para a construção da maquete tátil, em especial dos protótipos M1, M2, M3 e M5.

Protótipo M1

Na estruturação de M1, as especificações do contexto de operação e do usuário (Etapas 2 e 3), referiam-se à busca de solução para a construção do tabuleiro, uma vez que na SE PAM os alunos liam a história e tinham um cartaz para apoiar a visualização do contexto envolvido (Figura 2).

Figura 2: Historia da SE PAM e cartaz em 2D

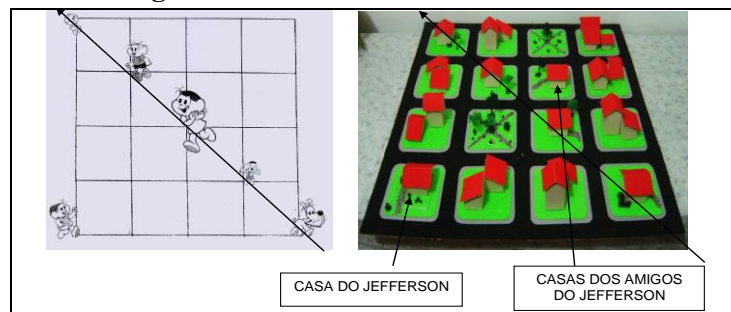
A Mônica e seus amigos moram no mesmo bairro. A distância da casa da Mônica para a casa de Horácio, Cebolinha, Magali, Cascão e Bidu é de quatro quarteirões (conforme ilustra o cartaz). A Mônica costumava visitar seus amigos durante os dias da semana em uma ordem preestabelecida, por exemplo: segunda-feira, Horácio; terça-feira, Cebolinha; quarta-feira, Magali; quinta-feira, Cascão, e sexta-feira, Bidu. Para tornar mais emocionantes os encontros, a turma combinou que a sorte escolhesse o amigo a ser visitado pela Mônica. Para isso, a cada cruzamento, ela jogaria uma moeda; se caísse cara (C), andaria um quarteirão para o Norte, se caísse coroa (X), um quarteirão para o Leste. Cada jogada representaria um quarteirão de percurso. Mônica teria que jogar a moeda quatro vezes para poder chegar à casa dos amigos.



Fonte: (CAZORLA; SANTANA, 2006, p.44-45).

O cartaz simboliza a projeção bidimensional (2D) do bairro na forma de um quadrado (4 x 4) e os 16 quadrados menores simulam as quadras do bairro. Ele expõe a gravura de cada uma das personagens no cruzamento onde se localiza suas respectivas casas. Assim, definimos que as exigências do contexto de operação e de usuário deveriam atender às disposições, num tabuleiro 3D, das casas dos personagens presentes no cartaz, além das recomendações da literatura consultada, no que tange ao uso de materiais apropriados para construção ou adaptação de recursos didáticos para alunos cegos. Em seguida, executamos a Etapa 4, e apresentamos como solução de design o protótipo M1 (Figura 3).

Figura 3: O cartaz 2D e o tabuleiro de M1



Fonte: (VITA, 2012, p.140).

O M1 foi composto por um tabuleiro traçado em Escala 1:200, em papelão coberto por emborrachado EVA, em forma de um quadrado de 86cm x 86cm de lados, dividido em 16

quadrados iguais, formando uma malha de 4 x 4, contendo também quadras, ruas e passeios com cerca de 3 mm de desnível entre eles, correspondente à própria espessura do emborrachado, visando a facilitar a exploração tátil dos alunos. Entretanto, com essa solução, logo percebemos que as casas não conseguiram ficar no cruzamento, pois deveriam ficar em cima das quadras para que o aluno cego pudesse identificá-las como pertencentes a um bairro, não podendo ser apenas a representação de um desenho, como no caso do cartaz 2D. Assim, uma das casas ficou fora da diagonal principal, faltando coerência entre a solução tridimensional (tabuleiro de M1) e a bidimensional (cartaz).

Além da falta de alinhamento das casas no tabuleiro, observamos outra especificação negativa: a escala de desenho 1:200, que fez com que o quadrado da base do tabuleiro ficasse aproximadamente com cinco palmos de lado. Essa dimensão apresentou desconforto, tanto no manuseio quanto no transporte da MT e não seguiu à recomendação de Ventorini (2007), para quem uma maquete tátil não deve exceder a dois palmos. Quanto às especificações positivas, constatamos: (a) a utilização de materiais como o emborrachado EVA e o papelão; (b) o traçado de formas geométricas simples para representar as quadras, edificações e telhados; (d) os desníveis entre as ruas, os passeios e as quadras; (e) o modelo de edificação da casa de Jefferson e de seus amigos, com uma árvore em cada uma; e (f) a presença de abas no tabuleiro para melhorar seu apoio sobre a mesa.

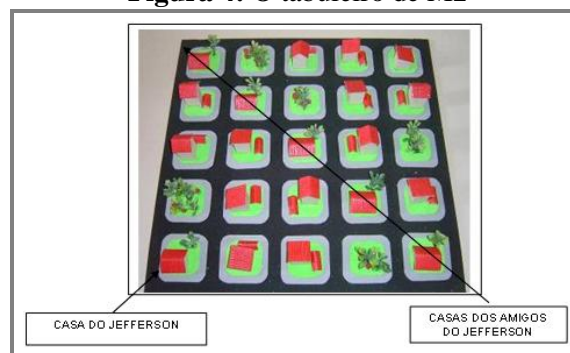
Refletindo sobre esses resultados, verificamos que este protótipo não atendia aos requisitos de usabilidade pretendidos; isto é, não apresentou um nível satisfatório de flexibilidade, eficiência e eficácia para a execução das tarefas por alunos cegos, ainda que os mesmos não tivessem sido consultados. Assim, redefinimos as especificações negativas e, aproveitando as positivas, partimos para a organização da solução de design M2.

Esses resultados sinalizam ainda que as orientações contidas nas pesquisas consultadas contribuíram significativamente para escolhas mais acertadas como o uso do emborrachado EVA e do papelão, por serem materiais agradáveis e inofensivos ao tato, e o emprego da espessura dos materiais para criar desníveis, com o objetivo de promover o reconhecimento de informações diversas. Além disso, a importância da determinação criteriosa de que a maquete deve ter dimensões de até dois palmos e o emprego de formas geométricas simples sem reentrâncias e saliências, para facilitar o manuseio tátil do aluno cego.

Protótipo M2

Para a estruturação de M2, na Etapa 2, no contexto das operações, mantivemos a busca pela congruência entre a representação em 3D e o cartaz em 2D. Em seguida, na Etapa 3, reorganizamos as especificações do contexto do usuário fazendo modificações no tabuleiro, a saber: tabuleiro em escala 1: 400, ainda na forma de quadrado, porém, subdividido em 25, formando uma malha de 5 x 5, e lateral medindo cerca de dois palmos; foram retirados os caminhos de areia e bancos em massa de *biscuit* das praças e a cerca em torno da casa de Jefferson. Dessa maneira, as casas dos amigos ficaram nas quadras localizadas na diagonal do quadrado da base do tabuleiro, enquanto a casa do Jefferson ficou situada na quadra da primeira linha de baixo para cima e na primeira coluna da esquerda para a direita (Figura 4). Enfatizamos que o tabuleiro e as casas foram confeccionados com papelão, o telhado com cartolina ondulada, e as quadras, passeios e ruas com emborrachado EVA.

Figura 4: O tabuleiro de M2



Fonte: (VITA, 2012, p.145).

Após a determinação das especificações referentes às etapas 2 e 3, estruturamos a Etapa 4, a solução de *design* de M2, constituída inicialmente só pelo tabuleiro e uma moeda para o sorteio presente na história da SE PAM. Para a etapa de avaliação, disponibilizamos o protótipo para ser manuseado por um aluno cego, denominado S1. Essa aplicação deu-se em encontro único de aproximadamente três horas, em uma sala de recursos multifuncionais de uma escola. Foram aplicadas as tarefas de reconhecimento tátil e apresentada a história da SE PAM, visando a conhecer o nível de usabilidade de M2 ao ser solicitado pelas estratégias cognitivas do aluno para resolvê-las.

Durante o manuseio, observamos que S1 reconheceu o tabuleiro como um bairro, todavia, ao ouvir a história da SE PAM, achou que era necessário renomear os personagens para uma melhor fixação, trocando Mônica pelo seu próprio nome, Jefferson, e os cinco amigos: de Horácio para Luana, de Cebolinha para Marcos, de Magali para Peter, de Cascão para Orlando, e de Bidu para Aida, nomes que foram mantidos, surgindo, assim, a substituição do nome de SE PAM para SE PAJ - Sequência de Ensino Os Passeios Aleatórios do Jefferson. Posteriormente, o aluno localizou, com facilidade, as praças e a casa no canto esquerdo de Jefferson, e as dos amigos na diagonal do quadrado da base do tabuleiro; entretanto, apresentou dificuldade para relacionar estas casas com o nome do dono. Em razão disso, foram fixadas etiquetas em Braille com os nomes dos personagens em suas respectivas casas, bem como duas outras para orientar quanto aos movimentos para o Norte (N) e para o Leste (L), sobre o tabuleiro a partir da casa do Jefferson.

Após esse reconhecimento tátil inicial, solicitamos a S1 que realizasse o sorteio de uma moeda quatro vezes e fizesse o deslocamento utilizando um carrinho e partindo da casa de Jefferson, para norte, se caísse cara, e para o leste, se caísse coroa, conforme orientação da história da SE PAJ. Nesse momento S1 demonstrou dificuldades na identificação das faces da moeda, sendo necessário encontrar uma solução imediata. A sugestão dada pelo próprio S1 foi colar, em duas tampas plásticas, um círculo emborrachado EVA, em uma a face o atoalhado (verde) e na outra o liso (preto), aproveitando os mesmos materiais das quadras e das ruas do tabuleiro durante os sorteios.

Ao final da aplicação, S1 informou que a quantidade de edificações não atrapalhou seus movimentos sobre o tabuleiro; a largura das ruas era conveniente, pois, ao passar seus dedos sobre ela, lia rapidamente as informações de um lado e do outro sem a necessidade de repetir o movimento; as tampas facilitaram os sorteios mais que a moeda. Todavia, S1 indicou a necessidade de ser colocada uma marcação na esquina do passeio à esquerda da casa de Jefferson e de cada um de seus amigos indicando, desse modo, os pontos de partida e chegada dos movimentos, o que foi feito com um alfinete de cabeça grande. Foi introduzido, também, um carrinho para indicar a posição do Jefferson sobre o tabuleiro após cada sorteio. O aluno sentiu carência de uma sinalização para as paradas em cada sorteio, por isso, sugeriu que colocássemos faixas de pedestres em alto relevo em cada cruzamento. Enfim, todas essas

mudanças eram o indicativo da necessidade de propor um novo protótipo.

No entanto, havia ainda outro aspecto em M2 a ser resolvido, levantado por pesquisadores parceiros da área de Educação Matemática que, ao lerem a história da SE PAJ, questionaram como um aluno cego poderia saber, sem escrever em braile, quantas vezes (frequências esperadas) um determinado amigo foi visitado por Jefferson – por exemplo, em 30 experimentos – e estabelecer a probabilidade frequentista de visita de cada um amigo. Essa indagação teve como referência o tipo de registro utilizado na SE PAM, qual seja, uma tabela (Figura 5) contendo três colunas, em que na primeira havia apenas o número do experimento (repetição); na segunda coluna, os alunos escrevem a sequência do resultado do lançamento da moeda quatro vezes, por exemplo: CCCX, em que C representa cara e X coroa; e, com esse resultado, na terceira coluna, escreve-se o nome do amigo visitado, nesse caso, Cebolinha (ver o cartaz na Figura 3).

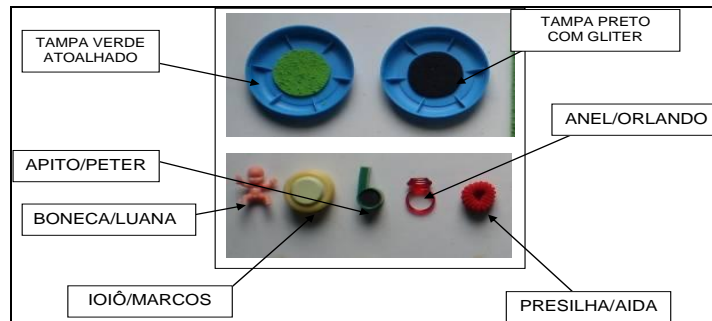
Figura 5: Tabela de registro da SE PAM

Repetição	Sequência	Amigo-visitado	Repetição	Sequência	Amigo-visitado
1			16		
2			17		
3			18		
4			19		
5			20		
6			21		
7			22		
8			23		
9			24		
10			25		
11			26		
12			27		
13			28		
14			29		
15			30		

Fonte: (CAZORLA; SANTANA, 2006).

Após discussões em busca de uma solução, os próprios pesquisadores propuseram a utilização de brinquedos para representar o registro dos amigos visitados. Assim, o apito para representar o amigo Peter e o ioiô para Marcos. Desta forma os brinquedos e as tampas plásticas poderiam ser utilizados pelos alunos cegos nas situações de sorteio (Figura 5).

Figura 5: Tampas para sorteio e os presentes dos amigos



Fonte: (VITA, 2012, p.104).

Todas as mudanças apresentadas por S1 e pelos pesquisadores indicaram que este protótipo não apresentava o nível de usabilidade aceitável, sendo preciso a construção de uma terceira solução de *design*, o M3. Inclusive, de acordo com esses resultados, refletimos que a presença, no sentido de manipulação tátil, de S1 na construção desse protótipo, foi fundamental, pois foi possível ratificar as recomendações encontradas nas pesquisas consultadas e trazer à luz determinadas particularidades do material investigado não encontradas na literatura. Contudo, constatamos que as observações de S1 se restringiram basicamente à estrutura física da maquete, sendo, então, necessária a presença dos pesquisadores para identificarem as incongruências quanto ao seu uso na exploração dos cbP. Logo, resta evidente que, no desenvolvimento de materiais didáticos escolares, é interessante que se conte com os resultados das pesquisas, bem como com a participação dos professores, dos pesquisadores e dos alunos.

Protótipo M3

Por tudo isso, estruturamos o arranjo físico de M3, composto pelas tarefas de reconhecimento tátil, as tarefas da SE PAJ, e o que passamos a denominar de artefatos, a saber: o tabuleiro (Figura 6), o carrinho, as duas tampas plásticas e os brinquedos.

Figura 6: Tabuleiro do protótipo tátil M3



Fonte: (VITA, 2012, p.157).

Salientamos que as tarefas da SE PAJ eram similares aos da SE PAM, à exceção dos nomes dos personagens, que foram trocados, e da história, que também foi modificada, como segue:

Passeios Aleatórios do Jefferson

O Jefferson e seus amigos moram no mesmo bairro. A distância da casa de Jefferson para a casa de Luana, Marcos, Peter, Orlando e Aida é de quatro quarteirões. Jefferson costumava visitar seus amigos durante os dias da semana em uma ordem preestabelecida: segunda-feira, Luana; terça-feira, Marcos; quarta-feira, Peter; quinta-feira, Orlando, e sexta-feira, Aida. Para tornar mais emocionantes os encontros, a turma combinou que o acaso escolhesse o amigo a ser visitado por Jefferson. Para isso, na saída de sua casa e a cada cruzamento, Jefferson deve sortear uma das duas tampas; se cair atalhado, andar um quarteirão para o Norte, se cair liso, um quarteirão para o Leste. Cada jogada representa um quarteirão de percurso com a parada obrigatória na faixa de pedestre. Jefferson deve sortear quatro vezes as tampas para chegar à casa de um dos amigos.

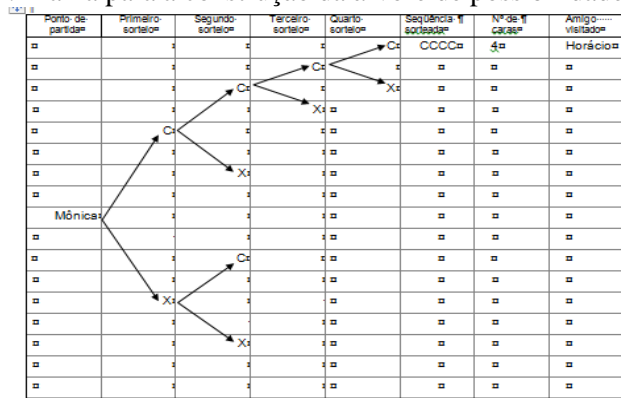
Pensamos que as soluções de design apresentadas em M3 fossem suficientes, contudo, ao discutir, mais uma vez, com pesquisadores, percebemos que, para a execução das tarefas da SE PAJ (Etapa 5), deveríamos repensar nas especificações do contexto e de operação, pois havia incongruências que deveriam ser revistas, antes mesmo da aplicação dessas tarefas com outros alunos cegos.

Dentre as inconsistências, verificamos que M3 atendia às características físicas e cognitivas de alunos cegos nas tarefas de sorteios, nada obstante não possibilitava ao aluno cego fazer inferências sobre a regularidade presente nos caminhos para se chegar à casa de um dos amigos, isto é, não existia um artefato para o registro dos sorteios, diferentemente da SE PAM, em que o aluno vidente poderia observar esse padrão a partir da segunda coluna da tabela de registro (ver Figura 3). Salientamos que esse padrão se refere à quantidade de

“caras” e “coroas” necessárias para que um amigo seja visitado, independente da ordem no sorteio.

Além desse aspecto do registro do sorteio, foram levantados pelos pesquisadores mais duas indagações: a primeira, que questionava como os alunos cegos poderiam fazer o registro dos caminhos possíveis para Jefferson à casa de cada um dos amigos e, por conseguinte, também observar padrões, foi levantada tendo como referência que, na SE PAM, era disponibilizada uma malha para construção da árvore de possibilidades, em que no último ramo poderia ser representada a sequência, seguida do número de caras e, por fim, o nome do amigo visitado (Figura 7). Cabe ressaltar que, a partir dos resultados da árvore, o aluno poderia contar o número de caminhos possíveis para Mônica; no caso da PAM, visitar cada um dos amigos, bem com o número total de caminhos, e determinar, assim, a probabilidade teórica de visita de cada um deles.

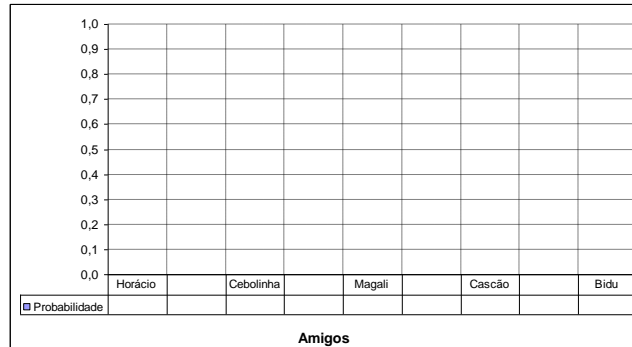
Figura 7: Malha para a construção da árvore de possibilidades na PAM



Fonte: (CAZORLA; SANTANA, 2006, p.49).

A segunda indagação dos pesquisadores se referia à possibilidade de o aluno cego construir um gráfico de barras tanto da probabilidade frequentista quanto da probabilidade teórica similar aos solicitados em duas tarefas da SE PAM, no qual o aluno tem disponível também uma malha (Figura 8)

Figura 8: Malha para o gráfico de barras da probabilidade frequentista e teórica da PAM



Fonte: (CAZORLA; SANTANA, 2006, p.51).

Em consequência disso, constatou-se que este protótipo também apresentava incongruências e comprometia o nível de usabilidade pretendido, sendo proposta a solução de design M4. Por isso, ponderamos que, no processo de construção desse protótipo, a presença dos pesquisadores foi, mais uma vez, elementar, pois, a maquete estava fisicamente adaptada ao aluno cego, contudo, precisávamos afinar ainda mais o seu uso para a exploração dos cbP. Nesse sentido, pensamos que, no desenvolvimento de materiais didáticos escolares, é importante que os envolvidos na construção tenham conhecimento sobre a abordagem dos conceitos, de forma a contemplar as exigências dos alunos.

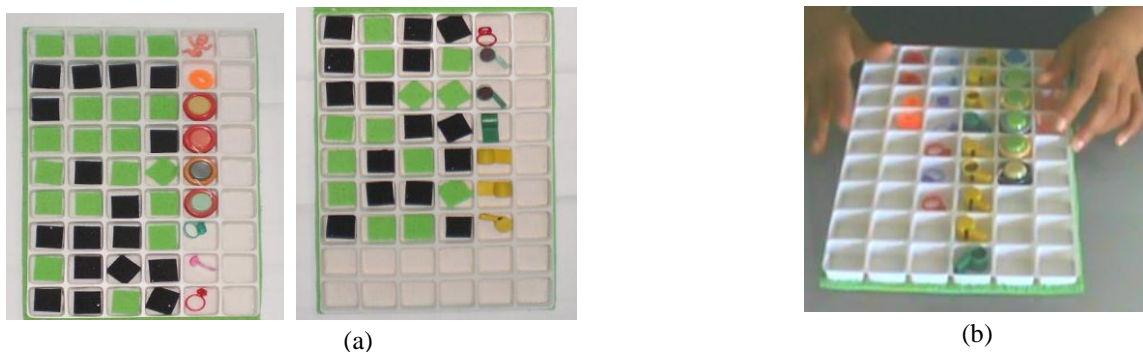
Protótipo M4

Nas Etapas 2 e 3 da DCU, reestruturamos o contexto de operação e do usuário para atender o registro, tanto dos sorteios, quanto dos amigos visitados. Após discussão com os pesquisadores, obtivemos como solução a inserção de mais dois artefatos: (a) formas plásticas utilizadas para moldar doces, compostas por uma base retangular contendo 54 compartimentos quadrados organizados em nove linhas e seis colunas denominadas de colmeias; (b) cartas de 2,5cm x 2,5cm em EVA com duas texturas diferentes, atoalhado (verde) e liso (preto).

Com esses artefatos, os alunos cegos poderiam, em tese, efetuar os registros tanto dos resultados dos sorteios (frequências esperadas), substituindo a tabela de registro da SE PAM, como os dos caminhos possíveis (frequências observadas) (Figura 9a). No caso dos caminhos possíveis, a representação adotada na SE PAJ tem a mesma finalidade da árvore de possibilidade da SE PAM, a diferença é apenas na forma de representação. No caso da PAM,

o aluno utiliza como guia de referência para a construção as setas indicando cara ou coroa supondo o lançamento da moeda. Já no caso da PAJ, a guia são as próprias colmeias, e o aluno acaba representando apenas o ramo final, isto é, a sequência. Ao invés do nome do amigo, o brinquedo correspondente. Com as colmeias e os brinquedos, os alunos podem construir gráficos pictóricos tanto das frequências esperadas quanto das observadas (Figura 9b).

Figura 9: Registro de sorteios e árvore de possibilidade da SE PAJ (a) e pictogramas 3D das frequências da SE PAJ (b)



Fonte: (VITA, 2012, p.199 e 195, respectivamente)

Com a inserção dos artefatos, as tarefas da SE PAJ que se referiam aos sorteios, aos caminhos possíveis e aos gráficos foram modificadas. Sendo assim, na Etapa 4 foi apresentada a solução de design M4 (Figura 10), salientando que foram mantidas as tarefas de reconhecimento tátil, o tabuleiro, os brinquedos e o carrinho de M3.

Figura 10: Protótipo tátil M4



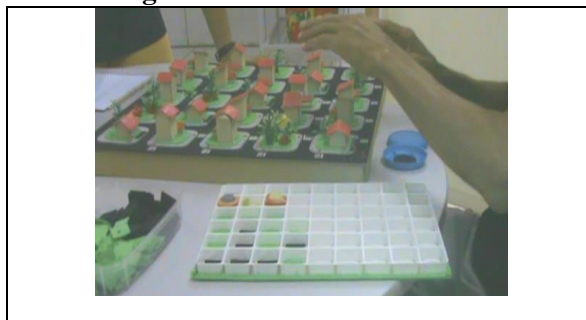
Fonte: (VITA, 2012, p.162).

Para avaliarmos este protótipo (Etapa 5), solicitamos seu manuseio para dois alunos

cegos, denominados de S2 e S3. Os encontros aconteceram em salas de recursos multifuncionais frequentadas por cada um dos alunos. A quantidade de encontros foi adequada à necessidade de cada um deles para solucionar as tarefas, isto é, uma adaptação de temporalidade do processo de aprendizagem (BRASIL, 1998a; 2000).

Durante as aplicações, observamos que tanto S2 quanto S3 demonstraram coerência em seus movimentos táteis e suas falas. Eles reconheceram que o bairro tinha uma forma quadrada; fizeram leitura nas etiquetas em Braille, sempre que tinham alguma dúvida sobre o nome do amigo; manusearam com facilidade as tampas de sorteio e as colmeias; apresentaram movimentos com o M4 em ritmo cada vez mais acelerado, e localizaram a casa dos amigos com crescente habilidade (Figura 11).

Figura 11: S2 manuseando M4



Fonte: (VITA, 2012, p.177).

Por fim, avaliamos que este protótipo apresentava satisfatório nível de usabilidade para atender às características físicas dos alunos em situações de sorteio com as tampas, movimento com o carrinho sobre o tabuleiro e registro dos sorteios e do amigo visitado na colmeia, e construção dos gráficos pictóricos. No entanto, visando melhor resultado na tarefa da experimentação, em que os alunos teriam que visitar 30 vezes o amigo, isto é, fazer 120 sorteios, com esta mesma quantidade de movimentos sobre o tabuleiro e registros na colmeia, propomos novas mudanças no tabuleiro de M4 e partimos para a construção de uma quinta solução de *design*, o M5.

Refletindo sobre os resultados da construção deste protótipo, verificamos que a presença dos alunos S2 e S3 fez com que procurássemos atender às recomendações da literatura, no que tange à retirada de informações desnecessárias numa maquete, visando a atingir uma solução minimalista que pudesse potencializar o uso do material. De novo,

enfaticamos que a presença dos pesquisadores também foi importante para a busca de uma solução que possibilitasse ainda mais o uso deste material para a exploração dos cbP.

Protótipo M5

O protótipo M5 foi desenvolvido seguindo as etapas 2 e 3 da DCU fruto da avaliação do protótipo anterior, sendo deixado no tabuleiro apenas o alfinete e as casas de Jefferson e seus amigos. Assim, apresentamos a solução de *design* M5 cumprindo a Etapa 4 da DCU (ver Figura 12).

Figura 12: Protótipo M5 - Bairro da sequência *Os Passeios Aleatórios do Jefferson*



Fonte: (VITA, 2012, p 182).

Na etapa 5, M5 foi manuseado pelos alunos S2 e S3 para solucionar as tarefas da SE PAJ. Estes alunos apresentaram ritmo cada vez mais rápido em seus movimentos táteis sobre o tabuleiro, demonstraram uma crescente autonomia para manusear os artefatos de modo geral e, em particular, os de registro, bem como afirmaram estar mais satisfeitos com este tabuleiro. O M5 foi também apresentado ao aluno S4, que desconhecia M4.

Após o reconhecimento tátil do tabuleiro e de todos os outros artefatos que compunham este protótipo, S4 solucionou as tarefas da SE PAJ. Em aproximadamente uma hora esta aluna apresentou agilidade no manuseio de M5, tempo muito menor do que o gasto por S2 e S3 para apresentar certo domínio sobre M4 (um encontro de duas horas e meia). Na conversa com essa aluna, percebemos que ela reconheceu vários elementos presentes no tabuleiro de M5. Ademais, as falas de S4, ao ter contato com M5, foram muito parecidas com as de S2 e S3 quando tiveram os seus primeiros contatos com o tabuleiro de M4.

Ao refletir sobre os resultados da construção deste último protótipo, percebemos que,

depois de solucionadas as incongruências envolvendo os cbP ao longo dos outros quatro protótipos, a presença dos alunos S2, S3 e S4 foi indispensável para ratificar que M5 apresentava níveis aceitáveis de satisfação, eficiência e eficácia, uma vez que atendeu às necessidades dos alunos para a realização das tarefas. Enfim, consideramos relevante que, após professores ou pesquisadores desenvolverem um material didático escolar, a avaliação final seja feita sempre com a presença dos alunos.

Em razão de M5 ter sido o protótipo final da maquete tátil, a seguir faremos um breve comentário das potencialidades desse material didático para trabalhar os cbP com alunos cegos.

Potencialidades de Maquete tátil para a aprendizagem dos cbP por alunos cegos

A Maquete tátil (MT) compõe-se de tarefas de reconhecimento tátil, tarefas da SE PAJ e os artefatos, que são: duas tampas de sorteio, um carrinho, um tabuleiro, sete colmeias, 240 cartas em EVA atalhado e liso e 300 brinquedos (60 bonecas, 60 ioiôs, 60 apitos, 60 anéis e 60 presilhas). As tarefas de reconhecimento tátil organizadas em uma ficha F1, intitulada *Tarefas de exploração (Princípios de usabilidade)*, são em número de nove e visam a orientar o aluno cego no reconhecimento tátil dos artefatos da maquete.

Quanto às tarefas da SE PAJ, elas estão organizadas por fichas F2, F3 e F4. A ficha F2 contém dez tarefas envolvendo contextualização, experimentação aleatória e representação gráfica, que devem ser respondidas baseadas numa ação solicitada, sendo o contexto associado à história. Após ler a história, o aluno deve responder à primeira tarefa sobre a diferença entre experimento determinístico e aleatório, a partir do seguinte questionamento: “Qual é a diferença entre a forma antiga e a nova de Jefferson visitar seus amigos?”. Nas outras nove tarefas o enfoque é sobre as chances de o Jefferson visitar cada um dos cinco amigos, tanto antes como depois da experimentação aleatória. Por exemplo, na quarta tarefa, questiona-se: “Todos os amigos têm a mesma chance de serem visitados? Sim ou não e por quê?”.

No que tange à experimentação, é solicitado ao aluno que replique 30 vezes os sorteios das tampas quatro vezes cada. De fato, as duas tampas plásticas são misturadas e o aluno deve

escolher uma delas. Com os resultados da experimentação, o aluno estima as probabilidades de visita de Jefferson a cada um dos amigos, utilizando a frequência relativa, e constrói um gráfico pictórico das frequências esperadas. Desse modo, com as tarefas dessa Ficha, é possível abordar os seguintes cbP: situação determinística e experimento aleatório, espaço amostral, eventos simples e compostos, frequências e padrões esperados, chance, probabilidade frequentista, probabilidade de eventos simples.

Durante as aplicações com S2, S3 e S4 não foi feita abordagem dos cbP de maneira formal, ou seja, não foram utilizados os termos técnicos, mas verificamos que os alunos responderam a todas as tarefas, com exceção de uma delas, de forma satisfatória, com destaque para a percepção de que nem todos os amigos possuíam a mesma chance de serem visitados, tanto antes como depois da experimentação. Na tarefa que foi a exceção, solicitamos aos alunos que calculassem as probabilidades frequentistas e apresentassem os resultados na forma decimal, mas, como eles não sabiam realizar as operações de divisão com números decimais não conseguiram responder.

Na Ficha F3, composta por 10 tarefas, os alunos determinam o número de caminhos possíveis (frequências observadas) para Jefferson visitar cada um dos amigos, efetuando o registro na colmeia, resultando, assim, na árvore de possibilidades (ver Figura 9), observam os padrões, constroem o gráfico pictórico a partir das frequências observadas e calculam as probabilidades teóricas. Os alunos S2, S3 e S4 executaram as tarefas dessa ficha de forma satisfatória também, a exceção da tarefa similar à da Ficha F2, em que era solicitado o cálculo da probabilidade teórica. Com as tarefas de F3 é possível abordar os seguintes cbP: espaço amostral, eventos simples e compostos, frequências e padrões observados, chance, probabilidade teórica (de eventos simples e compostos). Na Ficha F4, com três tarefas, os alunos comparam as probabilidades frequentistas com as probabilidades teóricas e fazem reflexões sobre a justiça da utilização do sorteio para a visita do Jefferson a seus amigos. No caso dos alunos S2, S3 e S4, por conta da limitação na execução dos cálculos dos tipos de probabilidade em F2 e F3, não foi possível aplicar as tarefas dessa ficha.

Por fim, refletimos que as tarefas da SE PAJ associadas aos artefatos podem possibilitar a abordagem dos cbP com alunos cegos de forma satisfatória, assim como a SE PAM se propõe aos alunos videntes. Essa inferência advém não apenas dos resultados com

S2, S3 e S4, mas também de forma mais geral, por termos conseguido, com a solução de design de M5, resolver as incongruências inicialmente existentes entre SE PAJ e SE PAM, tendo como usuários os alunos cegos. Por conseguinte, como já dito, os alunos cegos têm potencial para um desenvolvimento mental normal para a aprendizagem de conceitos matemáticos, desde que os mesmos disponham de material didático adequado às suas condições físicas, no nosso caso, a maquete tátil e os conceitos probabilísticos.

Considerações Finais

Verificamos que foram inúmeras as contribuições da Metodologia do Design Centrado no Usuário (DCU) para o desenvolvimento da maquete tátil (MT). Com esse modelo cíclico, foi possível desenvolver a MT com a efetiva participação dos alunos, visto que suas experimentações e opiniões, após manipulação dos protótipos, foram determinantes para as modificações. A rotina flexível do ciclo do projeto centrado no usuário permitiu que as especificações, etapas 2 e 3, pudessem ser revistas após a avaliação da solução de *design*. Dessa forma, revisitamos, quando necessário, tanto o contexto de operação, readequando a MT às tarefas, quanto o contexto do usuário, adaptando os artefatos às necessidades dos alunos cegos, permitindo que estes demonstrassem competência e proficiência no trabalho com os cbP. Além disso, consideramos que a MT apresentou potencial para ser utilizada como material didático na escola e na aprendizagem desses conceitos.

Percebemos também que a utilização da DCU pode auxiliar tanto professores como pesquisadores na construção de materiais didáticos com uma condição de usabilidade pretendida, atendendo aos princípios do desenho universal, que visam à concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva, e, caso este não possa ser atendido, que possa ser adotada adaptação razoável (BRASIL, 2015).

Finalmente, particularizando para o ensino e a aprendizagem de Probabilidade, esperamos que as reflexões trazidas neste artigo possam contribuir com a produção de materiais didáticos que auxiliem na abordagem desse conteúdo para todos os alunos em salas

de aulas regulares, possibilitando, por conseguinte, o desenvolvimento do letramento probabilístico dos mesmos. Além disso, que inspirem outros estudos, bem como professores, a apresentarem soluções didáticas viáveis para uma efetiva inclusão escolar.

Referências

ADREZZO, K. I. **Um Estudo do Uso de Padrões Figurativos na Aprendizagem de Álgebra por Alunos Sem Acuidade Visual**. 2005. 230f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo: PUC/SP, 2005.

BOROVCNIK, M; KAPADIA, R. Research and Developments in Probability Education. **International Electronic Journal of Mathematics**. v. 4, n. 3, oct. 2009. Disponível em: <<http://www.iejme.com>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Educação Fundamental. **Parâmetro Curricular Nacionais: Matemática, 1º e 2º ciclos do Ensino Fundamental 1**. Brasília: SEF/MEC, 1997.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais: adaptações curriculares**. Brasília: MEC/SEF, 1998a.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília: MEC/SEF, 1998b.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Projeto Escola Viva – Garantindo o acesso e permanência de todos os alunos na escola – Alunos com necessidades educacionais especiais. Adaptações curriculares de pequeno porte, v. 6**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares nacionais para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2006.

_____. Presidência da República - Casa Civil. **Lei nº 13.146 de julho de 2015**, 2015.

CAIADO, K. R. M. **Aluno deficiente visual na escola: lembranças e depoimentos**. 2. ed. Campinas: Ed. Autores Associados, 2006.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF EDUCATION - CDE. **Braille Mathematics Standards**. Sacramento, California, 2006. Disponível em: <http://www.cde.ca.gov/sp/se/sr/documents/braillemathstand.pdf>. Acesso em jun. 2016.

CAZORLA, I. M.; SANTANA, E. R. S. S. **Tratamento da Informação para o Ensino Fundamental e Médio**. Itabuna: Via Literarum, 2006.

CAZORLA, I. M.; GUSMÃO, T. C.; KATAOKA, V. Y. Validação de uma Sequência Didática de Probabilidade a partir da Análise da Prática de Professores, sob a Ótica do Enfoque Ontossemiótico. **Bolema**, v. 24, n. 39, São Paulo, 2011, p.537-560.

COUTINHO, C. Q. S. **Introduction aux Situations Aléatoires dès le Collège: de la modélisation à la simulation d'expériences de Bernoulli dans l'environnement informatique Cabri-géomètre II**. 2001. Tese (Doutorado em Didática da Matemática). Université. Joseph Fourier, Grenoble, France, 2001.

CYBIS, W. A.; BERTIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações**. São Paulo: Novatec Editora, 2007.

FERNANDES, S. H. A. A. **Uma Análise Vygotskiana da Apropriação do Conceito de Simetria por Aprendizes sem Acuidade Visual**. 2004. 250f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2004.

_____. **Das Experiências Sensoriais aos Conhecimentos Matemáticos: Uma análise das práticas associadas ao ensino e aprendizagem de alunos cegos e com visão subnormal numa escola inclusiva**. 2008. 274f. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008.

FERNANDES, S. H. A. A.; HEALY, L. Mãos que falam; mãos que vêem. O papel do sistema háptico no processo de objetificação do conhecimento matemático por alunos cegos. In **VI Reunião de Didática da Matemática do Cone Sul**, Águas de Lindóia, São Paulo, Brasil, 2006.

FERRONATO, R. **A Construção de Instrumento de inclusão no Ensino da Matemática**. 2002. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2002.

GAL, I. Towards "Probability Literacy" for all citizens: Building blocks and instructional dilemmas. In I. GAL, **Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning**. USA: Springer, p.39-63, 2005.

GUIMARÃES, M. A. S. **A interação entre estudante cego e vidente em atividades envolvendo conceitos básicos de probabilidade mediadas pela maquete tátil**. 2014. 84f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus-Bahia, 2014.

HEALY, L. Rumo a Educação Matemática Inclusiva. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq; 2009.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO 9240-11**. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability. Genève, 1998.

KATAOKA, V. Y.; RODRIGUES, A.; OLIVEIRA, M. S. Utilização do conceito de probabilidade Geométrica como recurso didático no ensino de Estatística. In **IV Encontro Nacional de Educação Matemática**, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2007.

KATAOKA, V. Y. *et al.* A Educação Estatística no Ensino Fundamental II em Lavras, Minas Gerais, Brasil: avaliação e intervenção.: **Revista Latino americana de Investigación em Matemática Educativa**, v.14, n.2, 2011, p.234-263, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33519238005>>. Acesso em: 07 mai. 2015.

KATAOKA, V. Y. *et al.* **Uso de uma maquete tátil na aprendizagem de probabilidade por alunos cegos e vidente**. Edital Universal 14/2013: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq; 2013.

LEITE, M. D.. **Design da interação de interfaces educativas para o ensino de matemática para crianças e jovens surdos**. 2007. 149f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação), Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil, 2007.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann. Inc, 1993.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de interação: além da interação homem computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

REILY, L. **Escola Inclusiva: linguagem e mediação**. Campinas, SP: Papyrus, 2004.

SANTOS, F. B. **Análise da construção de pictogramas 3D no contexto da aprendizagem de probabilidade por estudantes cegos e videntes**. 2014. 102f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2014.

VENTORINI, S. E. **A Experiência como Fator Determinante na Representação Espacial do Deficiente Visual**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Sao Paulo, 2007.

VITA, A.C. **Análise Instrumental de uma maquete tátil para aprendizagem de Probabilidade por alunos cegos**. 2012. 239f. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2012.

VITA, A. C. *et al.* **Uso de uma maquete tátil na aprendizagem de probabilidade por alunos cegos e videntes de escolas públicas baianas de Itabuna e Ilhéus**. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus; 2012.

_____. **Aplicação de tarefas de probabilidade no contexto da maquete tátil a alunos**



da educação básica: investigações à luz de teorias da Educação Matemática.

Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus; 2016.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** Tradução Jefferson Luiz Camargo. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.