



Explorando o potencial da interação NUI em um jogo de pensamento computacional para crianças

Title: Exploring the potential of NUI interaction in a computational thinking game for children

Elisa M. de Castro
UFSCar - campus Sorocaba
mcastroelisa@gmail.com

Tiemi C. Sakata
UFSCar - campus Sorocaba
tiemi@ufscar.br

Luciana A. M. Zaina
UFSCar - campus Sorocaba
lzaina@ufscar.br

Resumo

Os novos paradigmas de interações têm surgido ao longo dos anos e motivam a investigação do seu potencial de uso no contexto do ensino-aprendizagem. Em uma interface de usuário natural (NUI - Natural User Interface), a interação ocorre naturalmente enquanto os usuários interagem com uma aplicação usando gestos, voz, toque e assim por diante. Essas formas de interação são chamadas de naturais, pois são baseadas em ações corporais e movimentos comumente adotados pelos usuários em sua vida diária. Recentemente, o ensino do pensamento computacional nos estágios iniciais da educação fundamental I tem sido amplamente discutido por profissionais da educação e pesquisadores em informática e educação no Brasil. E a maioria deles reconhece que os jogos são um meio para encorajar as crianças a desenvolverem o pensamento computacional. Considerando que a NUI pode ser adotada por aplicativos com fins de aprendizagem, este artigo explora o potencial de usar essas formas de interação em um jogo para ensinar o pensamento computacional para crianças. O estudo foi realizado em três etapas. Primeiro, 10 crianças foram coparticipantes na seleção de gestos e imagens do jogo. Na segunda etapa, considerando os resultados da primeira, foram desenvolvidas duas versões do jogo; uma permitindo as interações por gestos e outra por toque. Finalmente, foi realizada uma investigação sobre a aceitação e uso das duas versões do jogo, com 49 crianças. Todas as crianças que participaram do estudo pertenciam a escolas primárias no Brasil. Os resultados mostraram que, usando os gestos para interagir, as crianças se tornam mais focadas e mais conscientes dos movimentos que estavam realizando do que quando usavam a interação através do toque. Além disso, um alto nível de aceitação para ambos os modos de interação foi relatado pelos participantes em uma demonstração de que não tiveram dificuldades em entender os gestos e imagens.

Palavras-Chave: Pensamento computacional; Jogo; Interação Natural; Crianças.

Abstract

The new paradigms of interactions have arisen over the years and motivated the investigation of their potential for use within teaching-learning context. In a natural user interface (NUI), the interaction comes naturally while users interact with an application by using gestures, voice, touch, and so on. These ways of interaction are called natural, so they are based on body actions and movements commonly adopted by users in their daily life. Recently, the teaching of computational thinking in the early stages of children education has been highly discussed by education professionals and researchers in informatics and education in Brazil. And most of them recognize that games are a means to encourage children to develop the computational thinking. Taking into account that NUI can be adopted by applications with learning purposes, this article explores the potential of using such ways of interaction in a game for teaching computational thinking to children. The study was conducted in three stages. First, 10 children were co-participants in the selection of gestures and images of the game. In the second stage, considering the results of the first stage, two versions of the game were developed; one allowing the interactions by gestures and another by touch. Finally, an investigation was carried out on the acceptance and use of the two versions of the game, with 49 children. All children that took part in the study belonged to primary schools in Brazil. The results showed that by using the gestures to interact the children become more focused and more conscious about the movements they were performing in contrast to when they interacted by touch. In addition, a

Cite as: de Castro, E. M., Sakata, T. C. & Zaina, L. A. M.. (2019). Exploring the potential of NUI interaction in a computational thinking game for children (Explorando o potencial da interação NUI em um jogo de pensamento computacional para crianças). *Brazilian Journal of Computers in Education (Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE)*, 27(2), 140-166. DOI: 10.5753/RBIE.2019.27.02.140



high level of acceptance for both ways of interaction was reported by the participants by which we could conclude that they had no difficulties in understanding the gestures and images.

Keywords: *Computational Thinking; Game; NUI Interaction; Children.*



1 Introdução

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no meio educacional vem sendo reconhecido ao longo dos anos como um meio determinante para motivar dos estudantes. Além disto, sua aplicação nas diversas atividades escolares pode apoiar o desenvolvimento de habilidades cognitivas, sociais e profissionais (Valente, 2002). Dada a relevância do uso de TIC, observa-se que, cada vez mais, ela tem sido inserida nos diferentes níveis escolares.

Uma das abordagens que tem sido amplamente discutida é a relacionada ao ensino do pensamento computacional no contexto escolar (Raabe et al., 2017; Morais et al., 2017; Gomes, Barreto, Lima & Falcão, 2015; Rodriguez et al., 2015; Santos et al., 2018). O ensino do pensamento computacional não se concentra no ensino de linguagens de programação, mas sim no desenvolvimento de pensar em diferentes níveis de abstração para formular soluções para um dado problema (Bastos, Adamatti & Carvalho, 2016).

O pensamento computacional pode ser introduzido de diferentes formas dentro do contexto escolar. Uma delas é através de jogos digitais, que promovem atividades lúdicas desafiadoras e prazerosas (Cox & Bittencourt, 2017; Gomes et al., 2015; Morais et al., 2017). O uso de jogos como estratégia para ensino do pensamento computacional se apresenta como um meio desafiador e mais adequado para apresentar conceitos novos, principalmente para crianças (Rodriguez et al., 2015; Santos et al., 2018).

Há diferentes formas de promover a interação de crianças em um jogo que podem ir desde o uso do tradicional teclado e mouse até o uso de movimentos corporais (Martin-SanJose et al., 2017; Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017). A interação através de interfaces naturais, também conhecidas como NUI (*Natural User Interface*) tem despertado interesse dentro do contexto de ensino-aprendizagem (Reis et al., 2015; Martin-SanJose et al., 2017; Gomes et al., 2015).

As NUI são definidas como meios de interação as quais permitem ao usuário agir e interagir através de ações, gestos, voz e toque, classificadas como *naturais* quando relacionadas ao mundo real ou o mais próximo possível do comportamento diário humano (Norman, 2010; Rahman, Ali, & Masnizah, 2013). Dentre os diversos tipos gestuais, o uso das mãos tem sido alvo de estudos e pode representar a ação de toque, de segurar o objeto, entre outras (Plouffe & Cretu, 2016; Falcão & Barbosa, 2015; Martin-SanJose et al., 2017; Rahman et al., 2013; Renziet al., 2015; Subramanian, 2015; Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017).

Embora diversos trabalhos venham investigando a interação através de NUI, a discussão sobre o que pode ser considerado *natural* persiste, trazendo à tona como diferentes públicos, como por exemplo as crianças, interpretam esses movimentos (Falcão et al., 2014; Hiniker et al., 2015). Dois estudos diferentes com crianças, Hiniker et al (Hiniker et al., 2015) e Falcão et al. (2014) apontam que nem sempre os movimentos denominados de *naturais* são entendidos desta forma pelas crianças. Isto porque, segundo os autores, o momento e o propósito da interação deve ser contextualizado ao seu objetivo de aprendizagem. Ou seja, deve-se explorar não só como as crianças interagem com as aplicações NUI, mas também como elas interpretam os movimentos no contexto em que interagem. E ao mesmo tempo, considerar todas as limitações que a tecnologia possui para adoção de determinados movimentos (Martin-SanJose et al., 2017).

O estudo realizado neste artigo foi motivado por dois aspectos: a crescente discussão sobre ensino de pensamento computacional para crianças no contexto brasileiro e o uso da interação NUI para aprendizagem. O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma investigação sobre o potencial da interação NUI, usando as mãos, em um jogo para ensino do pensamento computacional para crianças. A investigação realizada neste trabalho não se limitou apenas na



avaliação dos movimentos usados pelas crianças em um jogo já existente. As crianças foram coparticipantes na escolha dos movimentos e imagens que fariam parte do jogo. Dentro do contexto de aprendizagem, o uso do jogo permitiu que os conceitos sobre pensamento computacional fossem ensinados de forma transparente e lúdica. Esse tipo de estratégia já havia sido abordada por (Falcão, Gomes, & Albuquerque, 2015; Gomes et al., 2015; Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017).

A metodologia adotada por este trabalho contou com três etapas: investigação e desenho dos gestos e símbolos do jogo, com a participação de crianças; desenvolvimento de um jogo que usasse a interação NUI através de gestos e que contemplasse o ensino de conceitos do pensamento computacional de forma transparente e lúdica; avaliação da aceitação e compreensão dos movimentos adotados no jogo dentro do contexto de aprendizagem de pensamento computacional. O método de comparação foi adotado para explorar o uso da NUI. Para isto, foram desenvolvidas duas versões do jogo: uma onde a interação ocorre através de movimentos naturais com o uso das mãos e; outra com a interação através do toque (*touch*). Em ambas as versões os mesmos conceitos de pensamento computacional eram abordados.

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 apresenta os fundamentos sobre pensamento computacional e NUI e trabalhos relacionados. A Seção 3 descreve a metodologia utilizada na condução deste trabalho. Na sequência (Seção 4) é descrito o estudo que investigou os movimentos tidos como naturais pelas crianças e as imagens que faziam sentido para elas. Na Seção 5 é feito o mapeamento dos movimentos escolhidos para a tecnologia NUI e o desenvolvimento do jogo. Em seguida, a aceitação e uso do jogo são discutidas na Seção 6. Por fim, na Seção 7 são feitas as considerações finais.

2 Fundamentos e Trabalhos relacionados

Esta seção descreve os fundamentos sobre pensamento computacional e NUI, bem como os principais trabalhos relacionados com este estudo.

2.1 Pensamento Computacional

O termo Pensamento Computacional foi formalizado em 2006, quando Jeannette Wing afirmou que, utilizar fundamentos da Ciência da Computação para criar soluções para problemas quaisquer aprimoram e reforçam habilidades intelectuais e, portanto, podem ser transferidos para qualquer domínio (Wing, 2006, 2011). Não existe ainda uma definição única sobre pensamento computacional aceita pela comunidade científica. Entretanto, organizações como a *Computer Science Teachers Association (CSTA)*¹ e a *International Society for Technology in Education (ISTE)*² prepararam um manual que aborda definições operacionais e um modelo sistemático para o ensino do pensamento Computacional (CSTA & ISTE, 2011).

As discussões sobre a introdução do pensamento computacional como parte curricular dos anos de ensino fundamental já têm sido abordadas dentro do Brasil (Morais et al., 2017). A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) apresentou recentemente seu posicionamento compreendendo que é fundamental que o ensino de pensamento computacional ocorra na educação básica (Raabe et al., 2017). Segundo este documento da SBC, os principais conceitos do pensamento computacional a serem desenvolvidos na educação básica são:

¹ <https://www.csteachers.org/>

² <https://www.iste.org/>



- (i) Abstração - capacidade de compreender e esquematizar soluções utilizando modelos e representações adequadas, identificando o que é importante e ignorando detalhes.
- (ii) Automação - capacidade para descrever a solução em uma sequência precisa de instruções (algoritmo).
- (iii) Análise - capacidade para analisar criticamente os problemas (verificando a existência de diferentes soluções) e as soluções (tanto em termos de correteude quanto de eficiência).

A inserção do pensamento computacional pode ser feita por diferentes estratégias de ensino: ensino de programação, gamificação, robótica educacional, animações, atividades desplugadas, entre outras (Gomes & Tedesco, 2017; Falcão & Barbosa, 2015; Santos et al., 2018). A estratégia mais utilizada para o ensino do pensamento computacional pelas iniciativas brasileiras é o uso de jogos (que inclui o desenvolvimento de jogos e/ou seu uso) (Santos et al., 2018). Desta forma, pode-se afirmar que este estudo, idealizou-se a criação de um jogo para promover, principalmente, o desenvolvimento do raciocínio algorítmico (automação) de forma lúdica.

2.2 NUI

A sensação de naturalidade na interação deve ser o objetivo das aplicações que usam NUI (Wigdor & Wixon, 2011). O interesse pela interação NUI permeia diversas áreas do conhecimento como entretenimento (Mendes, Lopes, & Ferreira, 2011), estudo do papel da linguagem gestual e seus impactos dentro de ambientes imersivos 3D (Hachaj & Ogiela, 2014); suporte em aplicações assistivas (Reis et al., 2015; Ringlandet al., 2014; Soares et al., 2015) e na aprendizagem (Falcão et al., 2014; Hiniker et al., 2015; Gomes et al., 2015; Goyal, Chopra, & Mohanan), entre outros. Dada a sua forma diferenciada de interação, alguns autores têm proposto *guidelines* para auxiliar o desenvolvimento de aplicações NUI como (Shiratuddin & Wong, 2012) e (Maike et al., 2015).

Diversos *toolkits* para desenvolvimento de aplicações NUI têm surgido para dar suporte as diferentes tecnologias (Goth, 2011). Alguns exemplos são: Kinect³, Leap Motion⁴, RealSense⁵, Myo⁶, Extreme Reality⁷, entre outros. Este trabalho adotou a tecnologia da *RealSense* da Intel, pois o grupo que desenvolveu este trabalho recebeu em doação duas câmeras para fins de pesquisa. A tecnologia RealSense da Intel possui um *toolkit* para o desenvolvedor composto por câmera e bibliotecas que atendem diferentes linguagens de programação como C# e Unity⁸.

2.3 Trabalhos Relacionados

Estudos têm sido desenvolvidos para mostrar o potencial do uso das mãos em aplicações voltadas à aprendizagem. Kauppinen et al. (2013) apresentam um estudo utilizando a aplicação Kinect Stories, onde crianças de 3 a 6 anos interagem com um livro de histórias, utilizando gesto e comandos por voz. Renzi et al. (2015) utilizaram NUI e gestos para estimular e motivar as crianças a aprender o básico sobre notação musical. Já Subramanian (2015) apresenta um laboratório virtual de Ciências, onde o professor e os alunos podem visualizar e realizar

³ <https://dev.windows.com/en-us/kinect>

⁴ <https://www.leapmotion.com/>

⁵ <https://goo.gl/U7fRgc>

⁶ <https://www.myo.com/>

⁷ <http://www.xtr3d.com/>

⁸ <https://unity3d.com/pt7>



experimentos através de gestos usando o Kinect. Rahman et al. (2013) realizaram um estudo comparativo de formas de interação através de gestos naturais e do uso do toque (*touch*) com crianças, adotando para isto, respectivamente o Kinect e iPad em uma aplicação pré-existente. Os resultados demonstraram que houve um maior envolvimento das crianças quando usaram a NUI através do Kinect.

Uma experiência com o objetivo de desenvolver noções básicas do pensamento computacional foi apresentada por Rodriguez et al. (2015). Usando o ambiente Scratch, 7 estudantes do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública do interior de São Paulo exploraram conceitos do pensamento computacional e criaram um jogo digital educativo como projeto final da atividade. Os resultados demonstraram que tal atividade foi efetiva para estimular o aprendizado de conceitos de pensamento computacional.

Na Grécia, uma iniciativa usando o ScratchJr com 43 crianças da educação infantil destacou que o ensino do pensamento computacional pode ser visto como uma forma de alfabetização computacional (Papadakis, Kalogiannakis & Zaranis, 2016). Todas as atividades eram focadas em cenários lúdicos, com interação através do *touch* em um *tablet*, em que a criança definia diferentes movimentos a um personagem. A análise quantitativa da experiência evidenciou quais eram os tipos de blocos mais escolhidos pelas crianças e que conceito ele representava. A partir dessa análise ficou claro que as crianças tinham problema em relação a lateralidade (girar para direita e esquerda).

No Brasil, o número de iniciativas que envolve a inclusão do pensamento computacional na educação aumentou consideravelmente nos últimos anos, sendo que o uso de jogos se destaca como a abordagem mais utilizada nesses trabalhos (Santos et al., 2018).

O uso do *touch* através de *tablets* como meio de interação para aplicação LightBot⁹ foi investigado por Falcão et al. (2015). Participaram do estudo 11 crianças de 6 e 9 anos (com exceção de duas crianças de 5 e 13 anos). Como resultados e recomendações do trabalho pode-se destacar: (i) as crianças tinham dificuldades em compreender o significado de setas rotacionais (direita e esquerda); (ii) necessitavam de tutoriais mais diretos comunicando os próximos passos do jogo; e (iii) as metáforas escolhidas precisam estar de acordo com a realidade do público alvo.

Um outro estudo realizado com o jogo The Foos¹⁰ com a participação de 39 crianças do primeiro e segundo ano do ensino fundamental I, apresentou resultados sob a perspectiva de interação e pedagógica. Na primeira perspectiva, Falcão et al. (2015) discutiu os resultados sob o olhar da interação humano-computador. Resultados semelhantes aos apresentados anteriormente por Papadakis et al (Papadakis et al., 2016; Falcão & Barbosa, 2015) foram encontrados, em relação ao problema de lateralidade (direita e esquerda). Também destacaram que quando não compreendiam alguma coisa, as crianças tocavam em várias partes da tela até conseguir realizar uma ação (tentativa e erro). Na segunda perspectiva, os autores Gomes et al. (2015) apontaram que quando a interação com o jogo demandava por muitas tarefas, as crianças tinham mais dificuldade no entendimento do uso e objetivo da atividade. Nos resultados dos estudos anteriores, os autores ressaltam que os problemas de interação podem acarretar sérios danos ao processo de aprendizagem. E que, portanto, os aspectos interativos são elementos que tem forte influência no processo de ensino-aprendizagem.

Um trabalho semelhante ao apresentado neste artigo, foi desenvolvido por um time da Samsung da Índia (Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017). O objetivo do trabalho foi explorar

⁹ <https://lightbot.com/hour-of-code.html>

¹⁰ <http://thefoos.com/>



gestos para ensinar o pensamento computacional por meio de um jogo usando o *Kinect*. Cada gesto representa um conceito de linguagem de programação. A experiência relata que os estudantes conseguem se envolver de uma maneira mais leve e relaxada com a aplicação desenvolvida. Além disso, concluem que o uso de gestos durante o processo de aprendizado potencializa a memorização e aprendizagem sobre determinada tarefa.

Embora os trabalhos anteriores usem NUI no contexto de aprendizagem de pensamento computacional, apenas o trabalho de (Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017) realizou um estudo sobre uso de gestos para a interação e a construção do jogo teve participação do público-alvo. E apenas Rahman et al. (2013) apresentam uma investigação comparando o uso de gestos e *touch*, porém não dentro do contexto de ensino de pensamento computacional. Os demais trabalhos anteriores utilizaram uma aplicação já desenvolvida, de forma que os meios de interação, gestos e toque, já haviam sido previamente definidos sem a participação das crianças.

Não foi encontrado nenhum trabalho na literatura que compara o uso do *touch* e do NUI no contexto do pensamento computacional.

3 Metodologia

A metodologia da Figura 1 foi delineada para a condução do estudo deste trabalho. Na Figura é possível observar as etapas de condução (centro), os atores envolvidos (parte superior) e as perspectivas consideradas em cada etapa (parte inferior). As perspectivas de cada etapa foram apoiadas por referências bibliográficas indicadas na legenda inferior.

A Etapa 1 (Seção 4) foca-se na investigação dos gestos usando as mãos e das imagens para serem usadas através do *touch*. Para o desenvolvimento desta etapa foi definido um tema para o jogo e uma história para o jogo. Para a definição do tema do jogo considerou-se os problemas apresentados pelos autores indicados pela perspectiva de problemas de interação (em vermelho), assim como os conceitos que envolvem o ensino de pensamento computacional (em verde). É importante destacar que nesta etapa não se considerou as características dos recursos tecnológicos que seriam utilizados para interação. Isto foi feito porque desejava-se investigar os gestos que eram *naturais* para as crianças, não oferecendo nenhuma opção previamente definida a eles. Desta maneira, também seria possível verificar possíveis limitações tecnológicas. Ou seja, o movimento que fazia sentido para as crianças, poderia não estar disponível na tecnologia utilizada. Os participantes desta etapa são crianças pertencentes ao ensino fundamental I e pesquisadores de IHC (Interação Humano-Computador) para conduzir a investigação.

Considerando os resultados da Etapa1, a Etapa2 (Seção 5) consiste no desenvolvimento do jogo. Para esta etapa, além das perspectivas mencionadas na etapa anterior, também são consideradas as diretrizes para desenvolvimento de aplicações NUI (em roxo). Os pesquisadores em IHC fornecem subsídios para os desenvolvedores de software para a construção do jogo. Como resultado desta etapa são geradas duas versões do mesmo jogo, uma para *tablet*, onde a interação ocorre através do *touch*, e outra usando a câmera da RealSense, que reconhece os gestos.

Por fim, na Etapa3 (Seção 6) é realizada a investigação sobre a aceitação e uso do jogo desenvolvido na etapa anterior fazendo um paralelo dos resultados obtidos com os já apresentados pelas referências apontadas nas perspectivas consideradas nesta etapa (vermelho e verde). Pesquisadores de IHC conduziram a investigação desta etapa. Crianças de uma escola de Ensino Fundamental I diferente da escola da Etapa 1, participaram deste estudo.

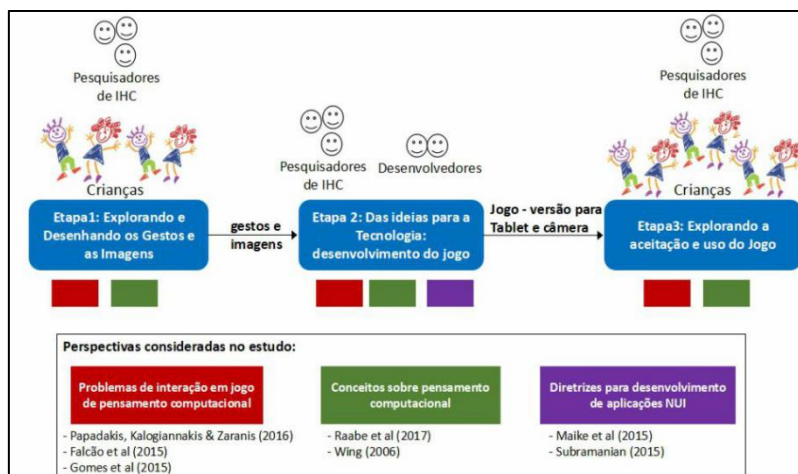


Figura 1: Metodologia para condução do estudo.

A finalidade da Figura 1 é dar uma visão geral da metodologia seguida no estudo. Os detalhes sobre cada uma das etapas, os artefatos utilizados e os resultados serão descritos nas seções a seguir. As Etapas 1 e 3 foram estruturadas de acordo com a proposta de (Lazar, Feng, & Hochheiser, 2017) em planejamento, condução e análise. Já a Etapa 2 possui uma estruturação diferente, pois trata-se do desenvolvimento do jogo.

4 Etapa1: Explorando e Desenhando os Gestos e as Imagens

O primeiro passo foi a realização do estudo para capturar quais movimentos e imagens seriam escolhidos pelas crianças para interação. Usualmente, as aplicações de toque que são desenvolvidas para crianças utilizam gestos que são familiares a adultos (Hiniker et al., 2015). Visando diminuir a distância entre os gestos usados por crianças e os usados na aplicação NUI, foi realizado um estudo junto ao público alvo, as crianças, para que os participantes opinassem sobre a aplicação desenvolvida. O objetivo principal foi que as crianças fossem coparticipantes do processo de desenho da aplicação (Baranauskas, Martins, & Valente, 2013).

4.1 Planejamento

O tema e os objetivos do jogo foram definidos considerando as discussões de (Papadakis et al., 2016) sobre uso de cenários lúdicos para motivar a interação das crianças, de (Falcão & Barbosa, 2015) sobre uso de metáforas adequadas para crianças e as recomendações de (Raabe et al., 2017; Wing, 2006) sobre pensamento computacional. No jogo, os participantes iriam escolher movimentos para um personagem e então solicitar que o jogo executasse esses movimentos.

O tema do jogo foi definido como "Missão Barba Negra", onde o personagem principal era um pirata que tinha que cumprir missões e atingir objetivos, a fim de deixar seu capitão "Barba Negra" satisfeito. Devido a popularidade entre as crianças e similaridade das ideias para o jogo, pode-se afirmar que o personagem e o jogo Mario Bros foram fonte de inspiração para algumas concepções. Com isto, aproveitou-se do conhecimento prévio das crianças para não desperdiçar tempo para aprender o funcionamento básico do jogo, focando-se mais na interação (Falcão & Barbosa, 2015; Gomes et al., 2015).



Para atingir os objetivos do jogo, o jogador deve desenvolver uma sequência de movimentos para o pirata. Cada movimento pode ser associado a um comando em uma linguagem de programação. Este estilo de jogo foi projetado para incentivar o desenvolvimento dos 3 conceitos de pensamento computacional considerados neste trabalho: abstração, quando o jogador precisa entender a missão do jogo e definir quais comandos são necessários para a solução do problema no cenário específico; automação, no desenvolvimento da solução usando uma sequência de comandos e; análise, ao testar sua solução e ao avaliar a possibilidade de desenvolver diferentes soluções.

Foram definidas duas questões que deveriam ser respondidas nesta etapa:

P1 - Quais são as imagens que representam as ações do jogo sob o ponto de vista das crianças? (visando a aplicação touch).

P2 - Quais são os gestos que as crianças relacionam com determinada ação? (foco nos gestos).

Utilizou-se das premissas do Design Participativo (DP) para planejar a condução do estudo, permitindo assim a participação ativa dos usuários (Muller, 2003). Foram preparados artefatos de suporte: (i) descrição de um cenário de uso para as crianças entenderem o contexto da aplicação (ver Figura 2); (ii) um conjunto de imagens das ações que o personagem principal, o Pirata, poderia realizar feitas em papel; (iii) um conjunto de imagens que representavam o cenário de interação do personagem, obstáculos e objetos que o personagem deveria superar e "pegar", respectivamente; (iv) um grupo de perguntas a serem feitas para as crianças sobre a dinâmica e uso das imagens e sobre os gestos utilizados; e (v) uma coleta simples de dados demográficos contendo idade, sexo, ano escolar e meios eletrônicos que utilizava para jogar.

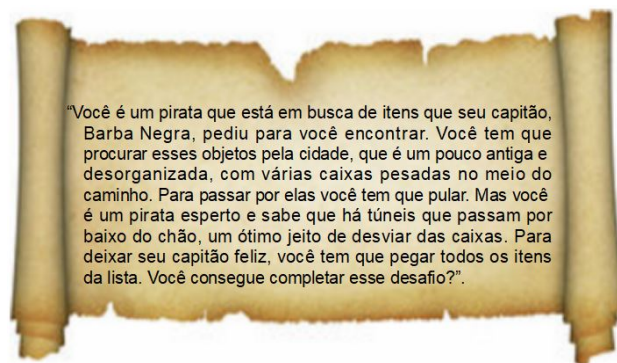


Figura 2: Cenário descrevendo o contexto da aplicação.

Não foram definidos nenhum conjunto de gestos previamente alinhados a tecnologia da RealSense (usada no estudo) porque desejava-se coletar as escolhas das crianças sem influência tecnológica, mesmo correndo-se o risco da dificuldade de mapeamento dos gestos para a dada tecnologia.

4.2 Condução

A investigação foi conduzida na Escola Estadual Professor Arquimínio Marques da Silva, na cidade de Sorocaba e teve duração média de 6 minutos por criança. A equipe que conduziu a atividade era formada por 3 pesquisadores de IHC. O termo de consentimento livre e esclarecido utilizado no estudo foi obtido pela escola. As crianças participaram de forma voluntária. Foi questionado nas salas de aula aquelas que gostariam de participar.



No início do estudo foi aplicada a coleta demográfica através de uma entrevista presencial, coletando, além das informações pessoais, (a) qual tipo de jogo costuma jogar, (b) se já jogou algo que fosse relacionado com assuntos vistos na escola, (c) o que costuma fazer para aprender a jogar um novo jogo, e (d) se preferiam usar controle remoto ou movimentos corporais para jogar. Participaram do estudo 10 crianças (5 meninas e 5 meninos) do quinto ano do Ensino Fundamental I, de 9 a 11 anos. Para a questão (a) houve relatos sobre preferência por jogos competitivos e que tenham um enredo, uma história, (b) 7 relataram que utilizaram jogos para aprender diversos assuntos, (c) 8 reportaram que tentam aprender sozinhos, e que nunca usam tutoriais dos jogos, e (d) houve um equilíbrio entre as respostas.

O estudo foi dividido em dois passos, sendo que duas crianças participaram por vez; para cada criança participante havia um membro da equipe que interagiu e um terceiro membro que ficava como observador. No primeiro passo foi apresentada descrição de um cenário de uso à criança, que um dos membros da equipe fazia a leitura na entonação de uma história (Figura 2). Era apresentado então, o cenário de interação (uma cartolina de fundo azul) com os desenhos de obstáculos e sugeriu-se à criança que ela seria o Pirata. A partir disto era apresentado o conjunto de imagens de ações e de objetos que ela poderia escolher para chegar até seu objetivo. As crianças não propuseram novas imagens do personagem, apenas selecionavam as disponíveis. Para estimular a interação e escolhas dos participantes, o membro da equipe de investigação realizava as seguintes perguntas: *O Pirata tem que andar para frente. Qual figura você acha que melhor representa esse movimento?*; *Agora o Pirata está antes dessa caixa, e ele precisa pular. Qual figura você usaria?*; *E para entrar no cano?*; e *Agora para sair, qual figura melhor representa?*. A criança também era informada que ela poderia desenhar num papel sua própria sugestão de imagens, caso as apresentadas não fossem adequadas. Desta maneira era montado o cenário. A Figura 3 ilustra um exemplo de cenário de interação *touch* construída por um participante. Todos os cenários construídos pelas crianças foram armazenados por meio de fotografias.

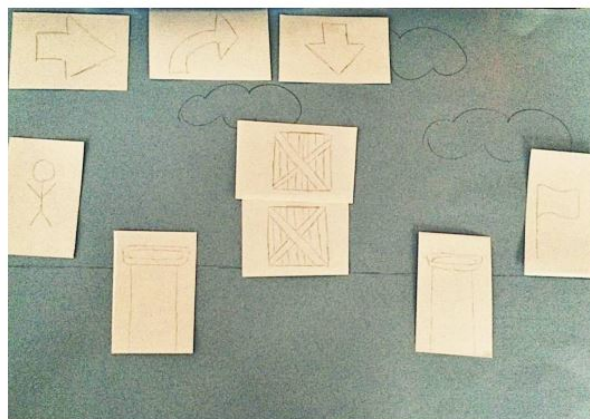


Figura 3: Cenário exemplificando o contexto da aplicação.

No segundo passo, enquanto um membro da equipe segurava o cenário de interação na frente da criança, para associar com a altura do computador e posição da câmera que seria utilizada posteriormente para capturar os gestos, outro membro questionava ao participante quais seriam os gestos que ele faria com as mãos para as ações de *andar*, *pular*, *descer* pelo cano, *sair* do cano e *pegar* o objeto no final da fase. Quando a criança realizava o gesto que



achava adequado com a mão, o observador responsável anotava detalhadamente como era feito o movimento.

4.3 Análise e Resultados

A análise foi conduzida explorando as fotografias que continham os cenários de interação. Além disto, as anotações realizadas pelo observador também foram consideradas. Foram consideradas quatro ações: *pular*, *andar*, *descer e sair do cano*. Para aplicação com a câmera também foi considerado o gesto de *pegar o objeto*. No caso do *touch* o *pegar o objeto* era atingido através de um passo de *andar*. Na análise descrita a seguir, os números entre parênteses apresentam as maiores escolhas feitas pelas crianças para as ações.

Primeiro foi realizada a análise das imagens para responder a pergunta P1 - *Quais são as imagens que representam as ações do jogo sob o ponto de vista das crianças?* A imagem relacionada a *pular* teve como maior escolha a *seta curvada para a direita* (6). Com relação à ação de *entrar no cano*, a *seta para baixo* obteve o maior número de escolhas (6). Quando questionados sobre qual seria a imagem que melhor representa a ação de *sair do cano*, a *seta para cima* teve a melhor votação (5). Sobre a imagem que representaria a ação de *andar* do personagem, todas as crianças escolheram a *seta apontando para o lado direito*. Não houve sugestões de imagens diferentes das sugeridas pelos pesquisadores.

No segundo passo, foram analisadas as escolhas dos gestos para responder a P2 - *Quais são os gestos que as crianças relacionam com determinada ação?* Para a categoria *pular* o maior número de respostas foi realizar o *movimento de baixo para cima* (9). Para a ação *entrar no cano*, foi escolhido o *gesto de cima para baixo* (8). Com relação a *sair do cano*, a mais escolhida foi um *movimento de baixo para cima* (7). A ação de *andar* teve como escolha um *movimento da esquerda para a direita* (9). Para os gestos também foi questionado sobre o movimento de *pegar os objetos*. O maior número de respostas foi para o movimento de *fechar a mão* (9).

5 Etapa 2: Das Ideias para a Tecnologia - Desenvolvimento do Jogo

A partir dos resultados obtidos na Etapa1 foi realizado o desenvolvimento das aplicações para *tablet*, e para a aplicação com a câmera. Escolheu-se desenvolver para *tablet* e não para *smartphones*, pois o primeiro traria um maior conforto para interação (devido ao tamanho da tela). O Android foi escolhido por ser uma das plataformas mais utilizadas em dispositivos móveis no Brasil¹¹. Antes de iniciar a construção da aplicação, foi realizado um estudo dos gestos disponíveis pela câmera e seu *toolkit* e o mapeamento dos gestos escolhidos pelas crianças para os que estavam disponíveis na tecnologia.

5.1 Mapeamento dos Gestos

O *toolkit* da RealSense possui recursos para o reconhecimento e manipulação de gestos¹². O primeiro passo consistiu em explorar os gestos disponíveis na API da câmera RealSense e compará-los com as escolhas das crianças (Etapa1 – Seção 4) para os movimentos que o personagem poderia fazer durante o jogo. Para isso, dois dos autores deste artigo, pesquisadores em IHC, realizaram todos os gestos disponíveis na câmera, e na sequência realizaram os gestos

¹¹ <https://goo.gl/M6Gv84>

¹²











https://software.intel.com/sites/landingpage/realsense/camera-sdk/v1.1/documentation/html/doc_hand_handling_gestures.html



escolhidos pelas crianças. Constatou-se então uma limitação tecnológica, os gestos que tinham similaridade, câmera x crianças, apresentavam falha de reconhecimento pela API, como por exemplo o *swipe* (movimento da mão aberta tanto na horizontal como na vertical) e o *grab* (a mão inicia aberta e movimentada a ponta do indicador encostando no dedão). Um problema que foi identificado é que muitos dos movimentos eram interpretados pela câmera como sendo iguais, pois as diferenças entre eles eram pequenas. Dessa forma, foi realizado um mapeamento dos movimentos escolhidos para movimentos que pudessem ser reconhecidos sem erros pela tecnologia.

A Tabela 1 apresenta o mapeamento entre escolhas das crianças para os recursos disponíveis nas tecnologias que seriam usadas (*tablet* e câmera). Um fator que influenciou a seleção dos gestos (coluna (c) – Tabela 1) foi que eles deveriam ser diferentes entre si, para que não houvesse um reconhecimento errado quando a criança estivesse jogando. Como o gesto da ação de pegar o objeto não foi reconhecida pelo movimento de agarrar, confundindo-se com o gesto de *push to select* (Tabela 1 linha 1, colunas (c) e (d)), optou-se por usar o reconhecimento do sinal V (vitória) para o movimento de *pegar*. Assim, para o desenvolvimento do jogo foram adotados os gestos mapeados conforme (c) para câmera, e as imagens (e) para interação *touch* no *tablet*.

Tabela 1: Mapeamento dos gestos das crianças para a tecnologia: (a) movimento do personagem pirata; (b) gesto escolhido pelas crianças; (c) gesto reconhecido pela câmera; (d) descrição do gesto; (e) imagem que representa o movimento no *tablet*.

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Andar	Esquerda para direita		<i>Push to select</i> - com a mão relaxada e de frente para a tela, o usuário realiza um leve movimento para a frente e volta.	
Pular	De baixo para cima		<i>Thumb up</i> - realizando um "jóia", é possível aceitar alguma solicitação da aplicação.	
Descer	De cima para baixo		<i>Thumb down</i> - como um "jóia" invertido, é possível negar alguma ação da aplicação.	
Agarrar	Fechar a mão		<i>V sign</i> - dedos do meio e indicador levantados formando um "V".	
Play	"tchau"		<i>Escape/reset</i> - movimentando a mão para a direita e esquerda (como se fosse um "tchau"), é possível sair ou reiniciar uma aplicação.	

5.2 Desenvolvimento do Jogo

A elaboração das fases do jogo e seus respectivos cenários e missões foram discutidas por uma equipe de três pesquisadores de IHC e dois desenvolvedores de software. Considerou-se os *guidelines* propostos por Shiratuddin & Wong (Shiratuddin & Wong, 2012) e Maike et al. (2015) para desenvolvimento de aplicações NUI.

Do ponto de vista de ensino-aprendizagem buscou-se concentrar nos dois elementos principais: a interação NUI que favorecesse o uso de jogos para aprendizagem (Falcão & Barbosa, 2015; Gomes et al., 2015; Papadakis et al., 2016) e a implementação dos principais



conceitos do pensamento computacional para educação básica que foram delineados no planejamento do Estudo 1 (Seção 4.1).

Foram consideradas as recomendações realizadas por Falcão et al (2015). Para evitar barreiras de interação encontradas em estudos anteriores sobre visão 3D e direção de movimento (Falcão & Barbosa, 2015; Falcão et al., 2015), optou-se pelo desenvolvimento de aplicações 2D. No jogo, o pirata pode andar para a direita, sem possibilidade de virar e voltar. Neste jogo, o jogador controla o personagem pirata, que deve levar objetos para o temido Barba Negra.

Gomes et al (2015) reportaram que as crianças tinham dificuldades para entender uma fase do jogo quando deveriam realizar muitas tarefas para atingir seus objetivos. Baseando-se nisso, o jogo Missão Barba Negra foi projetado com cenários que não tivessem muitos detalhes. As diferentes fases do jogo iam introduzindo novas ações gradativamente. A cada fase o jogador escolheria o conjunto de movimentos (imagens ou gestos) e somente depois solicitaria a execução. Desta maneira, seria possível ver de forma sequencial se os passos selecionados realizam as tarefas desejadas.

O jogo Missão Barba Negra foi elaborado utilizando princípios do pensamento computacional recomendados pela SBC (abstração, automação e análise) (Raabe et al., 2017) para desenvolver habilidades relacionadas à resolução de problemas e também para introduzir e estimular as crianças a usar o raciocínio lógico e a programação de computadores. Para melhor entendimento, é apresentado a seguir, a resolução de cada uma das três primeiras fases associada aos conceitos do pensamento computacional de abstração, automação e análise (Raabe et al., 2017). Foi dado foco nas três primeiras fases do jogo, pois são as fases usadas pelas crianças na Etapa 3 deste estudo (Seção 6).

A Fase 1 (Figura 4 (a)) é a mais simples e requer apenas que o pirata ande para frente 8 vezes e pegue o objeto no último passo. Esta fase foi desenvolvida para que o jogador compreenda os possíveis comandos e o funcionamento do jogo. Mesmo em uma fase simples como esta, a criança já está desenvolvendo a habilidade de abstração, pois o jogo requer que ela entenda o problema e construa um modelo abstrato para a solução. Ao mesmo tempo, a criança está desenvolvendo a capacidade de automação do problema, já que é necessário usar uma linguagem simples e precisa (botões com setas ou movimento das mãos para o *tablet* e câmera, respectivamente) para desenvolver uma solução e concluir a fase.

A Fase 2 (Figura 4 (b)) é composta pelo mesmo número de passos que a Fase 1, com a diferença que no 4º passo, é necessário usar um novo comando: *pular*. Da mesma forma que a Fase 1, a Fase 2 requer desenvolver as habilidades de abstração e automação. Já na Fase 3 (Figura 4 (c)), além do novo comando de *descer*, o jogador deve decidir qual dos caminhos deve escolher para finalizar a fase. Nesse caso, considera-se que a criança irá desenvolver também a habilidade de análise, pois requer que ela identifique os diferentes caminhos e analise qual seria o melhor caminho no desenvolvimento da solução. A 3ª fase requer, no mínimo, 12 passos.

Além dessas 3 primeiras fases, foram desenvolvidos mais 5 num total de 8 fases, buscando motivar diferentes perfis de jogadores. Todas as fases a partir da terceira requerem habilidades dos 3 conceitos do pensamento computacional. Um *feedback* visual e textual sobre a evolução do jogo é apresentado para que o jogador possa acompanhar sua evolução.

Para o desenvolvimento foi utilizada a tecnologia Unity (versão gratuita) e a IDE Visual Studio¹³, já que a tecnologia da *RealSense* disponibiliza uma API para Unity. Além disto, o *Unity* permite a criação de jogos de forma otimizada e de fácil exportação para diferentes

¹³ <https://www.visualstudio.com/>



plataformas, como NUI e Web. Primeiro o jogo foi desenvolvido para versão da câmera e depois foi portado para Android.

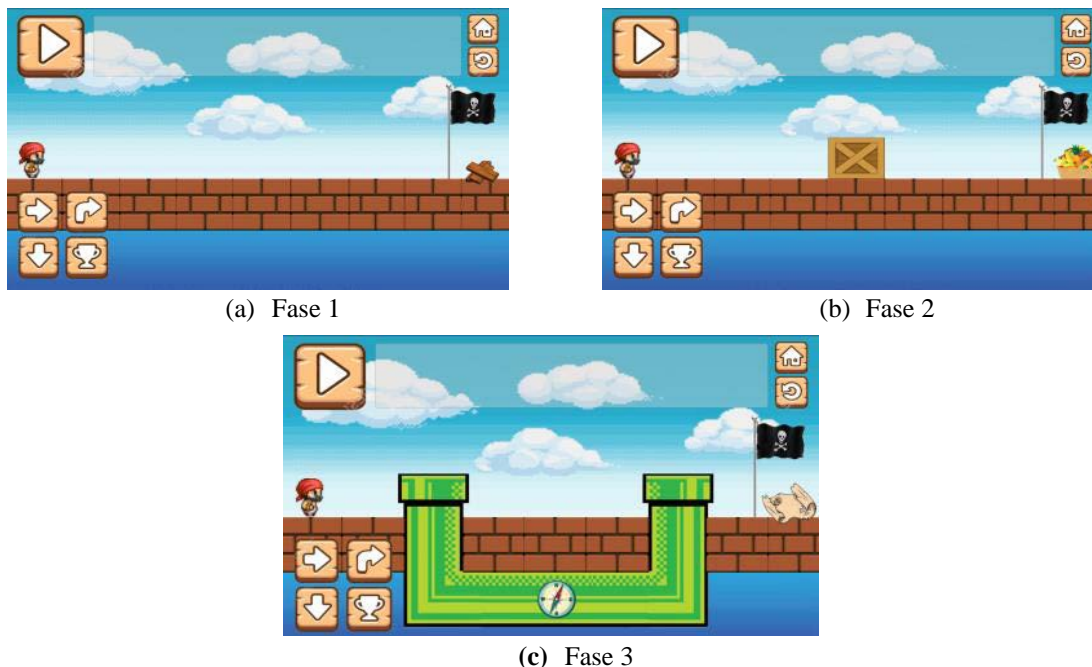


Figura 4: As três primeiras fases do jogo Missão Barba Negra.

As versões para *tablet* e câmera são bastante semelhantes em todas as fases do jogo para não inserir graus de dificuldades diferentes de interação. Como exemplo, a Figura 5 apresenta as versões para *tablet* e para câmera, respectivamente, referentes a Fase 8 do jogo. Observa-se que para a versão do *tablet*, há um conjunto de imagens no canto inferior esquerdo (c) que representa os movimentos que são selecionados através do *touch*. No caso da versão da câmera não existe essa opção, visto que os comandos são executados por gestos.

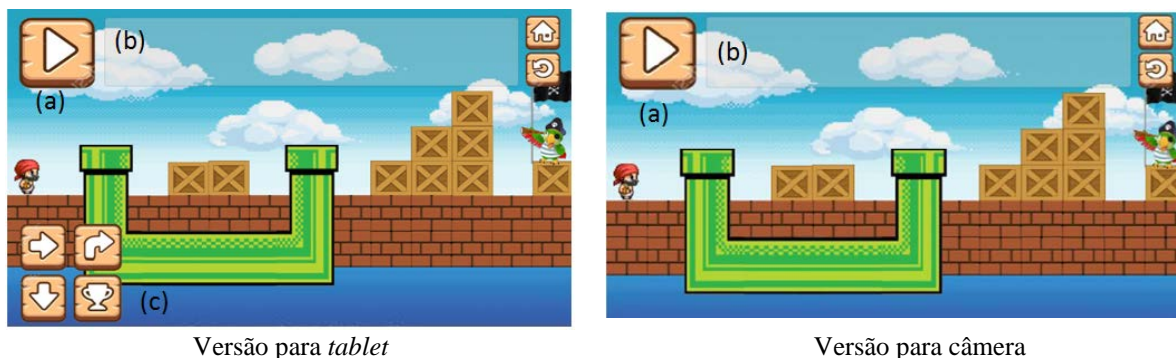


Figura 5: Fase 8 do jogo Missão Barba Negra.

Em ambas as versões, o botão de *executar* (a) está presente, mas no caso da versão da câmera é dado pelo movimento descrito na Tabela 1. A área transparente (b) é o local onde as ações escolhidas pelos participantes ficam registradas. O participante indica a sequência de movimentos (através do *touch* ou gestos) necessários para cumprir a missão da fase e estas são apresentadas na área (b). Somente depois de escolher todos é que o participante ativa o executar (a). A cada movimento executado, o jogo destaca aquele movimento para que a criança



acompanhe o personagem e o movimento escolhido. Ao final de cada fase do jogo é dada uma mensagem textual simples parabenizando o jogador por ter cumprido a etapa.

Seguindo as recomendações de Falcão & Barbosa (2015), foi elaborado um tutorial inicial simplificado, onde em uma animação o personagem Barba Negra explica (como se o personagem estivesse falando) o objetivo do jogo e os símbolos e movimentos disponíveis.

5.3 Teste Piloto das Aplicações

Antes de realizar a Etapa 3 do estudo com as crianças, foi realizado um teste piloto. Além de avaliar o uso das aplicações, o teste buscou analisar previamente se os gestos utilizados (Tabela 1) eram aceitos e usados pelas crianças. Foi elaborado e aplicado aos responsáveis pelas crianças, um termo de consentimento livre e esclarecido sobre o uso acadêmico dos dados coletados. O teste piloto foi realizado com quatro crianças de 9 a 11 anos, sendo que uma estava cursando o 4º ano do ensino fundamental, uma o 5º e as outras duas o 6º. Foi perguntado se elas já utilizavam algum dispositivo similar ao Kinect, e três disseram que tinham esse dispositivo em casa. Além disso, todas já utilizavam dispositivo móvel, *smartphone* ou *tablet*. Foram usados um computador e um notebook com duas câmeras RealSense instaladas e 2 *tablets* Samsung de 10.1", um com Android 4.1 e outro com Android 6.

Para balancear o uso e evitar que uma versão influenciasse o uso da outra, dois participantes iniciaram usando a câmera e outros dois usando o *tablet* (Lazar et al., 2017). Depois, cada participante usava o ambiente que ainda não havia interagido. Ou seja, todos os participantes fizeram uso das duas versões. A condução foi realizada com duas crianças por vez, uma na câmera e outra no *tablet*, em recintos diferentes, para que não houvesse interferência entre elas. Para o uso da aplicação com a câmera, inicialmente o jogo apresentava às crianças os movimentos e explicação. Como eram poucos participantes, durante o teste dois pesquisadores de IHC realizaram a observação e esclareciam dúvidas.

Pôde-se observar durante a interação que não houve dúvidas quanto ao uso das imagens (versão do *tablet*) e gestos (versão da câmera). Apenas uma das crianças teve problemas no reconhecimento dos gestos, mas em decorrência da precisão da câmera. Ao final do uso de cada aplicação, *touch* e gestos, foi solicitado um feedback aos participantes. Todos relataram não ter dificuldade e que haviam gostado das duas versões.

6 Etapa 3: Explorando a aceitação e uso do jogo

Na Etapa 3 foram investigados dois aspectos: (i) a aceitação e entendimento do uso dos gestos para interação e (ii) a evolução das crianças nas três primeiras fases do jogo.

6.1 Planejamento

Para direcionar a investigação desta etapa foram definidas as perguntas a seguir:

P1 - *Qual a aceitação das aplicações por parte das crianças?*

P2 - *As crianças demonstraram entender o uso dos gestos da aplicação da câmera?*

P3 - *Em qual aplicação as crianças foram mais eficientes, considerando o número de movimentos (gestos e touch) para completar as fases?*

P4 - *O primeiro tipo de interação (gestos ou touch) influenciou na eficiência para atingir o objetivo de uma dada fase do jogo?*



Para responder a P1, além de considerar os dados coletados a partir da observação, foi preparado um artefato adaptado do questionário SAM (*Self-Assessment Manikin*) (Bradley & Lang, 1994). O SAM que é um método de avaliação que contempla questões relacionadas à qualidade afetiva de um sistema computacional, com dimensões de satisfação, motivação e sentimento de domínio. Para cada dimensão há uma escala de 1 a 9, onde os quatro primeiros valores da escala são contados como avaliação negativa, o quinto valor como neutro e os quatro últimos como positivos. Para esta coleta, foi considerada apenas com a dimensão de satisfação das crianças, pois o domínio sobre o uso da aplicação já seria analisado através da observação (responderia a P2). O cartão, com imagens adaptadas do modelo SAM original, é apresentado na Figura 6 e seria entregue as crianças ao final do uso de cada aplicação (*tablet* e câmera). A coleta da aceitação sob a perspectiva da criança, permitiria verificar a resposta afetiva sobre a proposta do jogo e conseqüentemente seu potencial de aceitação nos diferentes meios de interação (Falcão & Barbosa, 2015; Papadakis et al., 2016). Além disto, foi preparado um artefato para coleta de perfil dos participantes, onde as próprias crianças informariam sobre seus dados.



Figura 6: SAM adaptado (Bradley & Lang, 1994).

O número de movimentos realizados pelas crianças em cada fase do jogo e a compreensão destes movimentos, seriam capturados a partir de filmagens em vídeo e anotações em um formulário próprio. É importante destacar que as duas versões, câmera e *tablet*, possuíam o mesmo número de movimentos mínimos para que o final de uma dada fase fosse atingido. Para filmagem da interação no *tablet*, seriam usados o Movizen¹⁴ e LookBack¹⁵, pois permitiam gravar as telas do jogo conforme os participantes interagiam. Já para gravar os gestos das mãos seriam utilizados dois celulares, um iPhone 6S Plus e um Motorola Play terceira geração. Além disto, seria utilizado um formulário para anotações sobre o comportamento e dúvidas das crianças durante o uso das aplicações.

O foco da questão P2 era verificar se os movimentos eram compreendidos e faziam sentido às crianças, já que devido as limitações da tecnologia os gestos foram adaptados em relação às escolhas realizadas na Etapa 1 deste estudo (Tabela 1). Tal questão permitiria explorar o entendimento do jogo a partir das metáforas e formas de interação utilizadas (Falcão & Barbosa, 2015; Gomes et al., 2015). Para responder a P3, seria verificada a evolução das crianças através das 3 fases do jogo em relação ao número de passos realizados para atingir o objetivo de cada fase nos dois meios de interação (*tablet* e câmera). Por fim, com a P4, seria analisado se o fato de iniciar a interação por uma ou outra forma, teve influência na eficiência para se completar a Fase 3, que era fase mais desafiadora.

6.2 Condução

O estudo foi realizado na Escola Municipal Professor Roberto Marcello, em Salto de Pirapora, com 49 crianças, com idades entre 7 e 10 anos, pertencentes a duas turmas do ano do Ensino Fundamental I. A idade das crianças neste estudo era diferente da idade das crianças que

¹⁴ <http://www.movizen.com/pt/>

¹⁵ <https://lookback.io/>



participaram da Etapa 1, justamente para verificar o qual abrangente a proposta do jogo seria. É importante destacar que a escola e as crianças não haviam participado da Etapa 1. A investigação foi conduzida no período da manhã durante quatro dias seguidos. A parte ética referente à captação de imagem e áudio foi tratada pela escola diretamente com os responsáveis pelas crianças. A equipe que conduziu o estudo era formada por três pesquisadores de IHC.

A escola cedeu duas salas, localizadas em lados opostos do edifício. Na primeira sala, foi montado um ambiente para observação da interação com a câmera; foram colocados um computador e um *notebook* ambos com a câmera RealSense instalada. Para que não ocorressem distrações e possíveis “cópias” de gestos e ações entre as crianças, elas ficavam de costas uma para a outra. Neste ambiente havia dois pesquisadores para observação, pois a interação com a câmera exigia maior atenção, além da possibilidade de existirem maiores dúvidas durante a interação. Na segunda sala, havia duas mesas com cadeiras que foram usadas para que os participantes interagissem com a aplicação em dois *tablets* - um Samsung Galaxy Note, e um Samsung Galaxy Tab A Note; havia um pesquisador que realizava a observação. Ou seja, em cada ambiente havia a interação de duas crianças de cada vez.

Para que a interação em um tipo de aplicação (câmera e *tablet*) não influenciasse na outra, foi feito um balanceamento dividindo as crianças em dois grupos: um que começava sua participação no estudo pela câmera (C) e depois interagia com o *tablet* (T) e outro grupo que fazia o inverso. (Lazar et al., 2017). Além disto, a interação de uma mesma criança com as duas aplicações não acontecia no mesmo dia, para evitar que memorizassem as respostas das fases e pudessem fazer de forma mecânica. Ao entrar na sala, a criança recebia uma breve explicação sobre o que era o estudo e sobre o jogo. Depois disto, era demonstrado a ela apenas uma vez os gestos que deveria fazer para as ações do personagem, no caso da interação com a câmera; a partir disto, ela ficava à vontade para jogar; e caso tivesse alguma dúvida, ela tinha ciência que poderia solicitar a ajuda dos pesquisadores presentes.

Colocou-se como meta que os participantes jogassem até a Fase 3 em um tempo de aproximadamente 10 minutos. Algumas crianças atingiram esta fase facilmente e por isto, os pesquisadores deixavam que ela continuasse a jogar a título de diversão. Porém, para a análise dos dados foram consideradas apenas até a Fase 3. A métrica de tempo de interação não foi levada em consideração no estudo. A criança respondia o questionário de perfil apenas uma vez ao final de sua primeira interação. O grau de satisfação de acordo com o SAM era respondido para cada uma das aplicações que a crianças interagiam.

6.3 Análise

Primeiro foi realizada uma pré-análise, em aproximadamente 33 horas de vídeo, para que amostras não válidas fossem descartadas. Foram consideradas não válidas amostras que: (i) continham falhas de gravação, onde não era possível observar por completo a interação dos participantes em uma das aplicações; ou (ii) o participante tinha realizado a interação em apenas uma das aplicações, pois tinha faltado da aula em um dos dias.

De um total de 49 participantes, apenas 29 apresentaram amostras de vídeos consideradas válidas; totalizando 58 amostras (interação com a câmera e com o *tablet* para uma mesma criança) a serem analisadas. Sobre o perfil dos 29 participantes, o maior número de respostas sobre: (i) “o que mais fazia na Internet”, 19 apontaram que jogam, (ii) “dispositivos que mais usam”, 23 apontaram que usam celular ou *tablet*, (iii) “matérias que mais gosta”, 12 apontaram Matemática, e (iv) “matérias que menos gostam”, 8 apontaram Português.



Os 58 vídeos foram assistidos duas vezes, uma para coleta das informações referente as interações com a interface do jogo e uma para captura dos movimentos na câmera, e imagens *touch no tablet*. Já durante a análise dos vídeos, observou-se que nenhum dos 29 participantes acessou o tutorial em nenhuma das aplicações antes de iniciar a interação. Ou seja, mesmo seguindo as recomendações de (Falcão & Barbosa, 2015) para elaboração de tutorias mais simples, observou-se que este é um elemento que as crianças não consideram na interação.

Tabela 2: Número de movimentos realizados pelos participantes, sendo: (F) Fases; (M) número mínimo de movimentos por fase, que era o mesmo para as duas aplicações; (D) o tipo de dispositivo - (C) câmera ou (T) para *tablet*; e (P) participantes.

(F)	(M)	(D)	Participantes que iniciaram a interação pela câmera															
			P2	P3	P6	P7	P8	P9	P12	P13	P14	P17	P18	P19	P20	P22	P24	P28
1	9	C	14	10	9	12	12	10	10	10	13	11	9	9	10	10	10	10
		T	11	10	9	12	10	11	10	15	11	14	11	12	14	10	10	18
2	9	C	11	10	9	11	15	19	10	10	10	10	9	10	10	10	11	11
		T	10	10	9	12	12	10	9	9	9	10	11	20	12	10	11	
3	12	C	12		20	13	15		20		17	18	13		15			13
		T			12	12	13		12	12	12		14			13		14
(F)	(M)	(D)	Participantes que iniciaram a interação pelo tablet															
			P1	P4	P5	P10	P11	P15	P16	P21	P23	P25	P26	P27	P29			
1	9	C	10	10	9	9	9	10	9	10	10	9	10	10	13			
		T	20	20	9	13	11	9	19	10	15	9	14	9	10			
2	9	C	11	10	12	9	10	10	10	10	10	9	12	11	11			
		T	9	20	10	10	12	10	10	11	12	10	12	10	12			
3	12	C	14		12	18	14	15	15	15		13	14	12				
		T				13				12				16				

A análise dos dados resultou na Tabela 2. Na tabela encontra-se separado os dados da interação por qual aplicação um dado participante começou. Pode-se observar que a amostra de participantes que começaram pelo *tablet* é menor; isto ocorreu devido as amostras que tiveram que ser descartadas por não estarem completas. As células em branco representam etapas não concluídas. Para verificação da aceitação das aplicações analisou-se as respostas de cada criança por aplicação informada através do SAM adaptado (Figura 6) e cruzou-se os resultados com as análises dos vídeos para verificar as reações de cada criança.

6.4 Resultados e discussão

As subseções a seguir apresentam e discutem os resultados encontrados na análise respondendo cada pergunta delineada no planejamento.

6.4.1 P1 – Aceitação das Aplicações

Para a P1 (*Qual a aceitação das aplicações por parte das crianças?*), foi verificado se a satisfação em ambas as aplicações era semelhante. Isto pode ser observado na distribuição das respostas dos participantes apresentado na Figura 7. No caso da aplicação do *tablet*, acredita-se que este meio já é bastante conhecido pelas crianças e por isto não houve dificuldades de interação. Também pode-se concluir que, o fato de a interação por gestos não ser comumente usada não afetou a satisfação com esta aplicação. A satisfação positiva de crianças no uso de gestos para interação já havia sido discutida por Rahman et al. (2013), e os resultados obtidos neste estudo reforçam os encontrados pelos autores.

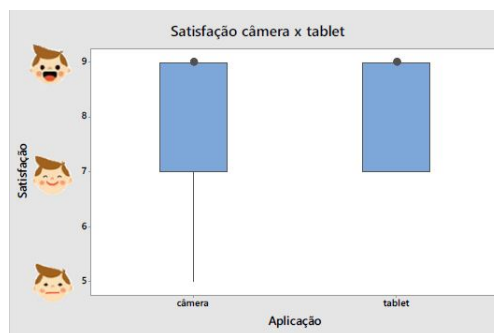


Figura 7: Satisfação no uso das aplicações.

Constatou-se através de uma pré-análise de vídeos que, o *outlier* encontrado na Figura 7, era relacionado a um participante que ficou frustrado durante sua interação, pois a câmera não foi eficaz no reconhecimento de seus gestos. Durante a interação deste participante, foram realizadas diversas alterações para melhorar o reconhecimento dos gestos, mudar a cadeira de posição, melhorar iluminação da sala, contudo o problema tecnológico não foi resolvido.

É importante ressaltar que mesmo alterando os movimentos previamente escolhidos pelas crianças na Etapa 1 (Seção 4) devido às limitações da tecnologia da câmera (Seção 5) não houve impactos na aceitação da aplicação da câmera. Um dos pontos que devem ter contribuído para que as aplicações tivessem boa aceitação foi a conversa que existiu entre equipe de desenvolvimento e os pesquisadores de IHC, em que foram discutidos não somente aspectos técnicos, mas também as questões de interação.

O SAM constitui-se em um instrumento relevante para coleta do sentimento sobre um dado objeto interativo (Bradley & Lang, 1994). Segundo (Hayashi et al., 2016), as emoções são usualmente expressa através de expressões faciais e reações do corpo. Como o SAM usa-se de imagens que representam emoções, ele se constitui em um instrumento que facilita o mapeamento da emoção para a imagem que a representa. Principalmente, quando aplicado a públicos como crianças. Desta maneira, acredita-se que os resultados demonstrados através da Figura 7 refletem de fato a aceitação das aplicações. Também é importante ressaltar que as emoções positivas e, conseqüentemente, a aceitação da tecnologia, tem uma influência positiva na aprendizagem (Hayashi & Baranauskas, 2013). E a atividade se torna prazerosa incentivando ainda mais os alunos a interagirem com o objeto de ensino (Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017).

6.4.2 P2 – Entendimento dos Gestos da Aplicação da Câmera

A resposta à pergunta P2 (*As crianças demonstraram entender o uso dos gestos da aplicação da câmera?*), foi obtida considerando-se as três primeiras fases do jogo. Através de uma minuciosa análise dos vídeos, foi verificado se, após a breve explicação sobre gestos (era explicado apenas uma vez a eles), os participantes conseguiam usar e lembrar ou não de cada gesto. Para encontrar evidências sobre o entendimento ou não, foi investigado se a crianças realizava os seguintes questionamentos durante a interação: (i) “Como faz para ‘ação’ mesmo?” e (ii) “Para ‘ação’ é assim né?”. Considerou-se que no caso (ii) a criança estava apenas pedindo uma reafirmação. Já no caso (i) ela teria dúvidas de fato sobre como fazer.

A Tabela 3 sumariza os resultados, apresentando a ação, fase e número de participantes que fizeram um dado questionamento. A ação “descer” não é considerada nas Fases 1 e 2 (marcada como X), pois esse conceito somente é introduzido a partir da Fase 3 do jogo. Observa-se que a quantidade de dúvidas nos movimentos foi muito baixa nas três fases analisadas o que demonstra que houve um entendimento por parte das crianças.



Tabela 3: Compreensão dos gestos por parte das crianças - entre parênteses observa-se o número de participantes que realizaram o questionamento (i) ou (ii).

Ação	Fase 1 (29)	Fase 2 (29)	Fase 3 (20)
Andar	-	(i): 6	(i): 2
	(ii): 4	(ii): 1	(ii): 2
Pular	-	-	(i): 3
	(ii): 2	(ii): 1	(ii): 1
Descer	X	X	-
	X	X	(ii): 1
Agarrar	-	(i): 6	-
	-	-	(ii): 2
Executar	(i): 1	(i): 2	(i): 1
	-	(ii): 1	(ii): 2

Tais resultados reforçam o que já havia sido apontado pelos resultados da questão P1 de que a alteração dos gestos não trouxe impacto no uso da aplicação com a câmera. Observa-se que as lições aprendidas através de outros trabalhos (Falcão & Barbosa, 2015; Papadakis et al., 2016) e uso de *guidelines* para construção de aplicações NUI (Maïke et al., 2015; Shiratuddin & Wong, 2012) também tiveram impacto no resultado positivo para concepção do jogo e consequentemente para seu uso.

6.4.3 P3 – Aplicação em que as crianças foram as mais eficientes

Ao responder à pergunta P3 (*Em qual aplicação as crianças foram mais eficientes, considerando o número de movimentos (gestos e touch) para completar as fases?*), foi possível verificar se o ambiente NUI inseria alguma barreira de interação, que consequentemente fazia com que as crianças fossem menos eficientes em número de passos. Embora, o objetivo deste estudo não seja avaliar o processo de aprendizagem a partir do jogo, sabe-se que barreiras de interação podem trazer impactos negativos para esse processo (Gomes et al., 2015). Considerando os resultados apresentados na Tabela 2, foi comparado o número de movimentos realizado pelas crianças (câmera e *tablet*) com o número mínimo de passos necessários para realizar cada fase.

Comparando o número de movimentos das Fases 1 e 2 nos diferentes meios de interação, sem considerar por qual meio o participante interagiu primeiro, pode-se observar um menor número de movimentos na aplicação da câmera, conforme apresentado na Figura 8. Isso porque o *touch* permitia que elas escolhessem as ações na base de tentativa e erro sem prejudicar muito o tempo despendido em cada fase; o que justifica os *outliers* presentes na figura. Esta questão já havia sido citada nos trabalhos de (Falcão & Barbosa, 2015; Falcão et al., 2015) e este resultado ratifica o que já havia sido discutido pelos autores. Contudo, através da análise dos vídeos observou-se que as ações de tentativa e erro eram realizadas não por desconhecer um elemento que estava interagindo, como relatou os autores citados anteriormente, mas sim porque desejavam alcançar a próxima fase rapidamente. Com isto, não refletiam sobre as ações realizadas.

Os *outliers* observados na Figura 8, referente a interação da câmera, foi decorrente de falhas no reconhecimento de alguns gestos para determinados participantes. Com isso, algumas crianças realizavam um maior número de movimentos, na tentativa de que os passos do jogo fossem reconhecidos. Embora este resultado não tenha impactado na aceitação da aplicação da câmera (Subseção 6.4.1), ele deve ser considerado como um fator importante a ser tratado em trabalhos futuros. Isto porque traz um impacto negativo já que o foco no aprender os conceitos envolvidos no jogo passa a ser desviado para o movimento que não foi aceito.

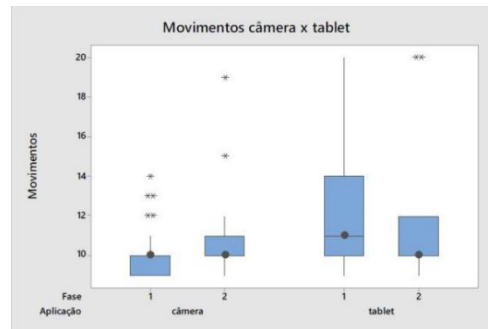


Figura 8: Comparação dos movimentos.

Com base nos dados da Tabela 2 considerando os 29 participantes, outro resultado foi obtido observando-se a eficiência através do número de passos extras utilizados pelos participantes, considerando as duas interações que ele teve durante o estudo. Considera-se como interação o contato dos participantes com a *tablet* ou com a câmera; ou seja, independente do meio de interação o participante interagiu duas vezes durante o estudo. Os gráficos da Figura 9 resumiram o número de passos extras nas três fases do jogo, considerando, por fase, a 1ª e a 2ª interação, independente de qual dispositivo tenham começado. É possível observar que o número de passos extras diminuiu da Fase 1 para a Fase 2, com exceção de poucos *outliers*. Isto é, houve uma evolução do participante no decorrer do jogo. Já na Fase 3, fase que requer um raciocínio lógico mais apurado, os participantes mostraram maior dificuldade para atingir a solução final na 1ª interação. Porém, é possível notar que, mesmo sendo a fase mais desafiadora, foi a fase em que mais crianças usaram menor número de passos extras na 2ª interação, sendo várias soluções iguais ao número de passos mínimo. Estes resultados demonstram que a proposta do jogo não introduziu barreiras de interação. Consequentemente, permitiu que as habilidades do pensamento computacional pudessem ser exercitadas e soluções melhores foram sendo propostas ao longo das fases (Raabe et al., 2017).

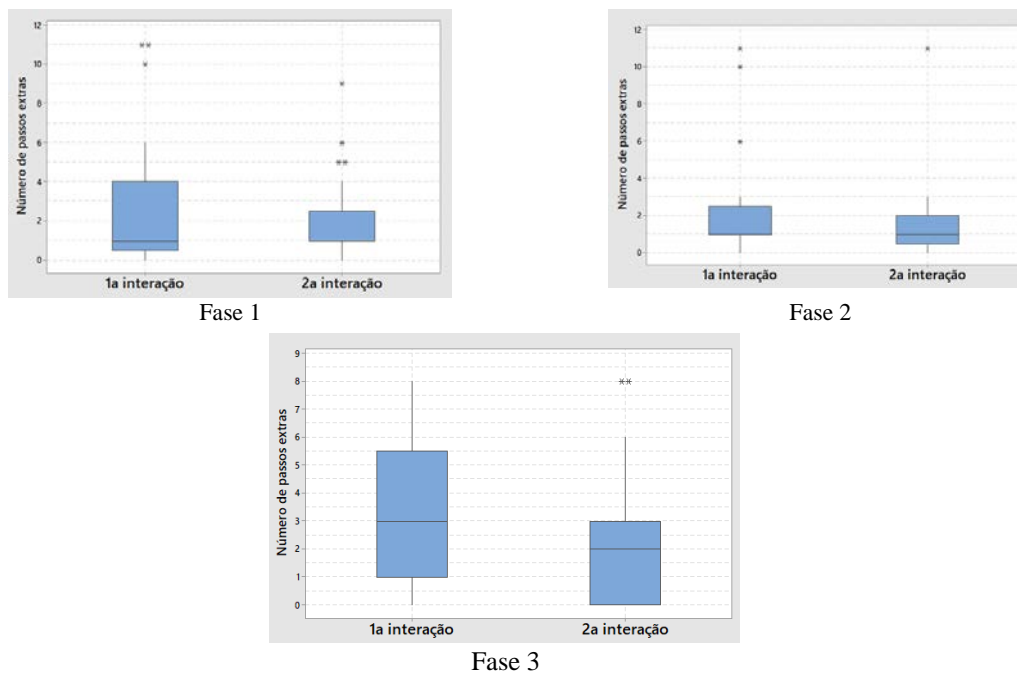


Figura 9: Número de passos extras usados na 1ª e 2ª interação por fase.

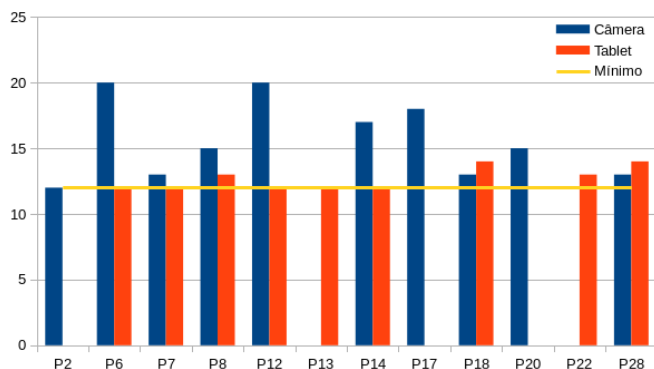


6.4.4 P4 – Influência do primeiro tipo de interação (gestos ou touch)

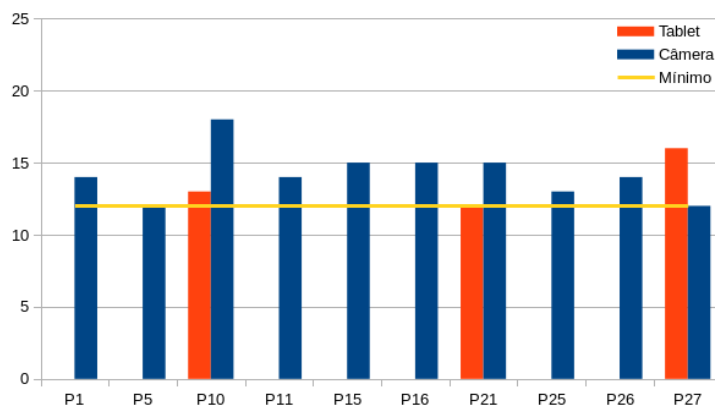
Um aspecto analisado no estudo foi se o primeiro tipo de interação (gestos ou *touch*) trouxe influências para a eficiência. Para responder a pergunta P4 (*O primeiro tipo de interação (gestos ou touch) influenciou na eficiência para atingir o objetivo de uma dada fase do jogo?*), foi analisado o número de passos usados na Fase 3, a fase mais desafiadora considerada no estudo, dividida pelos que iniciaram a interação pela câmera e os que iniciaram a interação com o *tablet*. O gráfico da Figura 10 ilustra o número de passos usados na Fase 3, por cada um dos 22 participantes que conseguiu alcançar essa fase do jogo.

A Figura 10 (a) apresenta os resultados dos participantes que iniciaram a interação com o jogo pela câmera. Pode-se observar que a grande maioria dessas crianças também conseguiram atingir os objetivos e finalizar a Fase 3 no *tablet*, que era sua 2ª forma de interação. Exceto o participante P13 e P22 que tiveram problemas no reconhecimento de seus gestos. Quando se compara o número de passos usados na câmera com o número mínimo, observa-se que as soluções propostas através da interação com a câmera não foram muito eficientes. Contudo, quando tiveram a 2ª interação, que foi no *tablet* conseguiram propor soluções com menor número de passos.

Por outro lado, grande parte dos participantes que iniciaram a interação com o *tablet* (Figura 10 (b)) não conseguiram atingir a Fase 3; com exceção de 3 crianças. Contudo, na 2ª interação, na câmera, além de terem conseguido alcançar a Fase 3, propuseram soluções mais eficientes que as obtidas por aqueles que usaram primeiro a câmera.



(a) Iniciaram interação na câmera



(b) Iniciaram interação no tablet

Figura 10: Número de movimentos utilizados pelos participantes na Fase 3.



Os dois resultados apresentados anteriormente demonstram uma evolução natural das crianças em relação a interação com o jogo: em um segundo contato possuem uma melhoria nas soluções. Contudo, ficou evidente que a interação com a câmera trouxe um envolvimento mais efetivo da criança com o jogo. Mesmo não conseguindo ser mais eficientes quando realizavam a primeira interação com câmera, elas conseguiram atingir o objetivo da fase. O mesmo não aconteceu para aquelas que tiveram o primeiro contato no *tablet*. O estudo apresentado por (Rahman et al., 2013) já demonstrou que a interação através de gestos trazia um maior envolvimento das crianças que a interação através do *touch*. Além disto, a primeira interação através do *tablet* foi prejudicada pelo excesso de número de *touches* que os participantes executavam com o intuito de atingir rapidamente o final da fase (Falcão & Barbosa, 2015). No caso da interação com a câmera as crianças tiveram uma maior concentração sobre a forma de interação (Rahman et al., 2013; Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017).

7 Conclusões e Trabalhos futuros

Este artigo apresentou um estudo que visava explorar o potencial da interação NUI, usando as mãos, em um jogo para ensino de pensamento computacional para crianças.

Na primeira etapa as crianças tiveram uma participação ativa na escolha das imagens e gestos das aplicações. O problema com reconhecimento e interpretação de movimentos de lateralidade haviam sido reportados por (Falcão & Barbosa, 2015; Papadakis et al., 2016). Contudo, durante a escolha das imagens não houve problema no reconhecimento de setas curvas que envolviam o movimento de lateralidade.

Na segunda etapa foi enfrentado uma barreira tecnológica, pois os gestos que haviam sido escolhidos pelas crianças na primeira etapa não puderam ser mapeados para a tecnologia adotada. Embora as tecnologias existentes disponibilizem *toolkits* para desenvolvimento, em alguns casos não é possível utilizar qualquer tipo de movimento. Isto traz à tona a discussão sobre o esforço necessário para implementação de aplicações NUI que sejam efetivamente aderentes ao público-alvo e o contexto de aprendizagem. No caso deste estudo, o problema foi mitigado através do uso de gestos simples e que fossem reconhecidos pela tecnologia. Considerou-se, também, as recomendações da SBC sobre os principais conceitos do pensamento computacional que devem ser desenvolvidos na educação básica (Raabe et al., 2017) e as lições aprendidas a partir dos resultados de outras experiências sobre interação em NUI (Falcão & Barbosa, 2015; Gomes et al., 2015; Papadakis et al., 2016).

Por fim, na terceira etapa realizou-se um estudo sobre a aceitação e uso da proposta do jogo. Os resultados demonstraram que ambas as interações foram bem aceitas pelas crianças e os gestos foram bem compreendidos. Sobre a eficiência nos movimentos constatou-se que na interação com a aplicação da câmera as crianças tinham uma maior concentração. E ratificou-se o que já havia sido apontado em outros estudos (Falcão & Barbosa, 2015; Gomes et al., 2015), que no *tablet* eles acabam interagindo através da abordagem de tentativa e erro, sem pensar sobre o significado da interação. Parte disto, deve-se a questão de a interação através de gestos ser algo novo para os participantes, conforme evidenciado na coleta do perfil dos participantes, o que os torna mais atentos aos movimentos que devem ser realizados. Também destaca-se o que foi afirmado por (Goyal, Chopra, & Mohanan, 2017) de que o entendimento claro do objetivo dos gestos favorecem o processo de aprendizagem.

Desta forma, conclui-se que há um potencial a ser explorado sobre o uso da interação NUI para ensino do pensamento computacional. O ensino do pensamento computacional requer



que os participantes abstraíam soluções, as automatizem e analisem essas soluções. Para isto, é necessário que haja concentração e atenção sobre o problema a ser resolvido. A última etapa deste estudo evidenciou que a interação através de gestos introduziu um ambiente de interação que favorece a concentração dos participantes.

Trabalhos futuros podem ser realizados explorando outros tipos de movimentos como forma de interação. Também destaca-se ser relevante envolver o professor do ensino fundamental no processo de concepção do jogo para que seja possível relacionar o ensino do pensamento computacional com outras áreas do conhecimento (Moraes et al., 2017).

Agradecimentos

Agradecemos aos desenvolvedores de software que participaram de forma voluntária durante o desenvolvimento do jogo. Também agradecemos à Escola Estadual Professor Arquimínio Marques da Silva e à Escola Municipal Professor Roberto Marcello por abrir as portas para que este estudo pudesse ser realizado. Por fim, agradecemos o apoio financeiro através do processo nº 2016/12471-6, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Referências

- Baranauskas, M. C. C., Martins, M. C., & Valente, A. (2013). Codesign de redes digitais: *Tecnologia e educação a serviço da inclusão social*. Porto Alegre: Penso. [GS Search]
- Bastos, N., Adamatti, D., & de Carvalho, F. (2016). Development of logic skills in high school students: a proposal based on neuroscience. *Brazilian Journal of Computers in Education* (RBIE), 24(1). DOI:<http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2016.24.1.53> [GS Search]
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* (25), 49–59. DOI:[https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9) [GS Search]
- Cox, K., & Bittencourt, R. (2017). Bibliographical study on digital games building process: The need for synergy between educating and fun. *Brazilian Journal of Computers in Education* (RBIE), 25(01), 16. DOI:<http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2017.25.01.16> [GS Search]
- CSTA, & ISTE. (2011). Computational thinking toolkit. CSTA (Computer Science Teacher Association) and ISTE (International Society for Technology In Education). Disponível em: <https://c.ymcdn.com/sites/www.csteachers.org/resource/resmgr/471.11CTLeadershipToolkit-S.pdf>.
- Falcão, T. P., & Barbosa, R. (2015). Aperta o Play! Análise da interação exploratória em um jogo baseado em pensamento computacional. In *Proceedings of XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação* (SBIE'15), 419–428. DOI:<http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.419> [GS Search]
- Falcão, T. P., Gomes, T. C. S., & Albuquerque, I. R. (2015). O Pensamento Computacional Através de Jogos Infantis: uma Análise de Elementos de Interação. In *Proceedings of XIV Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais* (IHC'15), Salvador, BA. DOI: <http://doi.org/10.1145/3148456.3148485> [GS Search]



- Falcão, T. P., Santos, R., Rodrigues, A., & Silva, P. (2014). Corpo e mente: uma análise educacional e de usabilidade da interação corporal em videogames. In *Proceedings XIII of Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC'14)*, Foz do Iguaçu, PR. [[GS Search](#)]
- Gomes, T., & Tedesco, P. (2017). Gamificando a sala de aula: desafios e possibilidades em uma disciplina experimental de pensamento computacional no ensino fundamental. In *Proceedings of XXIII Workshop de Informática na Escola (WIE'17)*, 1–10. DOI: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wie.2017.1> [[GS Search](#)]
- Gomes, T. C. S., Barreto, P., Lima, I. R. A., & Falcão, T. P. (2015). Avaliação de um jogo educativo para o desenvolvimento do pensamento computacional na educação infantil. In *Proceedings of IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE'15)*. DOI: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2015.1349> [[GS Search](#)]
- Goth, G. (2011). Brave NUI World. *Communications of the ACM*, 54(12), 14–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64091-5> [[GS Search](#)]
- Goyal, S., Chopra, S., & Mohanan, D. (2017). Codefruits: Teaching computational thinking skills through hand gestures. In *Proceedings Annual Symposium on Computer-Human Interaction (extended abstracts)*, 291–298, New York, NY. DOI: <https://doi.org/10.1145/3130859.3131335> [[GS Search](#)]
- Hachaj, T., & Ogiela, M. R. (2014). Recognition of body movements patterns for immersive virtual reality system interface. In *Proceedings of 9th International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC'14)*, 290–294, Guangdong. DOI: <https://doi.org/10.1109/3PGCIC.2014.79> [[GS Search](#)]
- Hayashi, E. C. S., & Baranauskas, M. C. C. (2013). Affectibility in educational technologies: A socio-technical perspective for design. *Educational Technology Society*, 16(1), 57–68. Disponível em: https://www.j-ets.net/ets/journals/16_1/6.pdf
- Hayashi, E. C. S., Posada, J. E. G., Maike, V. R. M. L., & Baranauskas, M. C. C. (2016). Exploring new formats of the self-assessment manikin in the design with children. In *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computer Systems (IHC '16)*. New York, NY, USA: ACM. DOI: <https://doi.org/10.1145/3033701.3033728> [[GS Search](#)]
- Hiniker, A., Sobel, K., Hong, S. R., Suh, H., Irish, I., Kim, D., & Kientz, J. A. (2015). Touchscreen prompts for preschoolers: designing developmentally appropriate techniques for teaching young children to perform gestures. In *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'15)*, 109–118. New York, NY. DOI: <https://doi.org/10.1145/2771839.2771851> [[GS Search](#)]
- Kauppinen, S., Luojus, S., Tuomisto, J., & Ahlgren, A. (2013). Utilizing gesture recognition technology in children's interactive storybook. In *Proceedings of International Conference on Making Sense of Converging Media (AcademicMindTrek '13)*, 76–79. New York, NY, USA: ACM. DOI: <https://doi.org/10.1145/2523429.2523474> [[GS Search](#)]
- Lazar, J., Feng, J., & Hochheiser, H. (2017). *Research methods in human-computer interaction* (2nd ed.). Morgan Kaufmann. [[GS Search](#)]
- Maike, V. R. M. L., de Sousa Britto Neto, L., Goldenstein, S. K., & Baranauskas, M. C. C. (2015). Heuristics for NUI revisited and put into practice. In M. Kurosu (Ed.), *Human-*



- Computer Interaction: Interaction Technologies, 317–328, Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-20916-6_30 [GS Search]
- Martin-SanJose, J.-F., Juan, M.-C., Mollá, R., & Vivó, R. (2017). Advanced displays and natural user interfaces to support learning. *Interactive Learning Environments*, 25(1), 17–34. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1090455> [GS Search]
- Mendes, D., Lopes, P., & Ferreira, A. (2011). Hands-on interactive tabletop LEGO application. In *Proceedings of 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE'11)*. New York, NY. DOI: <https://doi.org/10.1145/2071423.2071447> [GS Search]
- Morais, D. C. S., Falcão, T. P., Oliveira, G. S., & Peres, F. M. d. A. (2017). Conteúdos curriculares em jogos digitais educacionais: Desafios de um processo participativo. In *Proceedings of Workshop de Informática na Escola (WIE'17)* (pp. 343–352). Recife, PE. DOI: <https://dx.doi.org/10.5753/cbie.wie.2017.343> [GS Search]
- Muller, M. J. (2003). The human-computer interaction handbook. Chapter: Participatory design: The third space in HCI. In J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), 1051–1068. Hillsdale, NJ, USA: L. Erlbaum Associates Inc. [GS Search]
- Norman, D. A. (2010). *Natural user interfaces are not natural interactions*, 17(3), 6–10. DOI: <https://doi.org/10.1145/1744161.1744163> [GS Search]
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: A case study. *International Journal of Mobile Learning and Organization*, 10(3), 187–202. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2016.077867> [GS Search]
- Plouffe, G., & Cretu, A. (2016). Static and dynamic hand gesture recognition in depth data using dynamic time warping. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* (2), 305–316. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIM.2015.2498560> [GS Search]
- Raabe, A. L. A., Frango, I., Ribeiro, L., Granville, L. Z., Salgado, L., da Cruz, M. J. K., Fortes, S. (2017). Referenciais de Formação em Computação: Educação Básica. Sociedade Brasileira de Computação - SBC. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/noticias/10-slideshow-noticias/1996-referenciais-de-formacao-em-computacao-educacao-basica>.
- Rahman, M. S. A., Ali, N. M., & Masnizah, M. (2013). A study on the naturalness of gesture-based interaction for children. In *Proceedings of 3rd International Visual Informatics Conference, Advances in Visual Informatics (IVIC'13)* (pp. 718–728). Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-02958-0_65 [GS Search]
- Reis, H. M., Wiechmann, L., Borges, S. S., Gasparini, I., Tsutsumi, M., Brandão, A. F., Isotani, S. (2015). Rehabilitation using kinect and an outlook on its educational applications: A review of the state of the art. In *Proceedings of XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE'15)*, 802–811. Maceió. DOI: <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.802> [GS Search]
- Renzi, M., Vassos, S., Catarci, T., & Kimani, S. (2015). Touching notes: A gesture-based game for teaching music to children. In *Proceedings of 9th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI'15)*, 603–606. New York, NY. DOI: <https://doi.org/10.1145/2677199.2688810> [GS Search]
- Ringland, K. E., Zalapa, R., Neal, M., Escobedo, L., & Tentori, M. E. (2014). Sensory paint: A natural user interface supporting sensory integration in children with neuro



- developmental disorders. In *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI'14), 1681–1686. New York, NY. DOI: <https://doi.org/10.1145/2559206.2581249> [GS Search]
- Rodriguez, C., Zem-Lopes, A. M., Marques, L., & Isotani, S. (2015). Pensamento computacional: transformando ideias em jogos digitais usando o scratch. In *Proceedings of XXI Workshop de Informática na Escola* (WIE'15), 62–71. DOI: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wie.2015.62>[GS Search]
- Santos, P., Araujo, L., & Bittencourt, R. (2018). A mapping study of computational thinking and programming in brazilian k-12 education. In *Proceedings of 48th Annual Frontiers in Education Conference* (FIE'18). DOI: <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8658828>[GS Search]
- Shiratuddin, M. F., & Wong, K. W. (2012). Game design considerations when using non-touch based natural user interface. *Transactions on Edutainment*, 35–45. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-23456-9_43 [GS Search]
- Soares, F., Esteves, J. S., Carvalho, V., Lopes, G., Barbosa, F., & Ribeiro, P. (2015). Development of a serious game for Portuguese sign language. In *Proceedings of 7th International congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems* (ICUMT'15), 226–230. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICUMT.2015.7382432> [GS Search]
- Subramanian, A. (2015). Integration of natural user interface in a real-world environment. In *Proceedings of IEEE International Conference on computational Intelligence & Communication Technology* (CICT'15), 714–718. DOI:<https://doi.org/10.1109/CICT.2015.73> [GS Search]
- Valente, J. A. (2002). *A tecnologia no ensino: implicações para a aprendizagem*. São Paulo: Casa do Psicólogo Editora. [GS Search]
- Wigdor, D., & Wixon, D. (2011). *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc. [GS Search]
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. Disponível em: <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>.
- Wing, J. M. (2011). Computational thinking – what and why? *The magazine of Carnegie Mellon University's School of Computer Science*. Disponível em: <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>.