

UNIVERSIDADE FEEVALE

MAURO KOLBERG LIPP

DESENVOLVIMENTO DE INTERAÇÕES BASEADAS EM
NATURAL USER INTERFACE PARA JOGOS SÉRIOS
APLICADOS AO ENSINO DE MATEMÁTICA

Novo Hamburgo
2014

MAURO KOLBERG LIPP

DESENVOLVIMENTO DE INTERAÇÕES BASEADAS EM
NATURAL USER INTERFACE PARA JOGOS SÉRIOS
APLICADOS AO ENSINO DE MATEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
à obtenção do grau de Bacharel em
Ciência da Computação pela
Universidade Feevale

Orientador: João Batista Mossmann

Novo Hamburgo
2014

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desse trabalho de conclusão de curso, seja por me orientar, por me dar dicas, me apoiar, me motivar ou por entender minha distância durante este tempo.

RESUMO

Visto que o ensino de matemática brasileiro está entre os piores em relação a outros países, novos métodos de ensino devem ser pensados. Jogos digitais são uma fonte de entretenimento bastante popular desde sua existência. Mas, além de entreter, jogos digitais podem ser utilizados para o ensino, fornecendo diversão, envolvimento e um enorme potencial de aprendizado. Esta classe de jogos é chamada de jogos sérios. A evolução tecnológica deu origem a novos dispositivos de IHC que possibilitam o desenvolvimento de formas de interação mais naturais ao homem, criando-se o conceito de NUI. O fator motivacional proporcionado pelos jogos sérios, amplificado por mecanismos de interação baseados em NUI, pode ser de grande utilidade para aumentar o interesse e auxiliar no processo de aprendizagem. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é investigar como pode ser empregada a tecnologia de NUI no desenvolvimento de jogos sérios aplicados ao contexto de ensino-aprendizagem da matemática. Quatro interações baseadas em NUI foram propostas e implementadas em protótipos de jogos sérios. Os resultados da avaliação realizada apontam que as interações desenvolvidas possuem grande potencial para ensinar diferentes conteúdos de matemática de forma divertida, motivadora e engajante.

Palavras-chave: Jogos sérios. Interface Homem-Computador. *Natural User Interface*.

ABSTRACT

Seen that the mathematic teaching in Brazil is one of the worst in comparison to other countries, new teaching methods must be thought. Digital games are a very popular source of entertainment since its existence. But, besides to entertain, digital games can be used for teaching purposes, providing fun, involvement and a huge potential for learning. This type of games is called serious games. Technological advances made possible the creation of new HCI devices that enabled more natural forms of interaction for humans to be developed, creating the concept of NUI. The motivational factor provided by serious games, amplified by interaction mechanisms based on NUI, can be of great use to increase interest and provide support to the learning process. Thus, the objective of this research is to investigate how the NUI technology can be employed in the development of serious games applied to the context of teaching and learning of mathematics. Four NUI based interactions have been proposed and implemented in serious game prototypes. The results of the conducted evaluation shows that the interactions have great potential to teach different math contents in a fun, motivating and engaging way.

Key words: Serious games. Human-Computer Interface. Natural User Interface.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de alunos por níveis conforme a proficiência em Matemática.....	18
Figura 2 – Tradução da comunicação entre homem e computador.....	21
Figura 3 – Capacidade de reconhecimento do <i>Kinect</i>	28
Figura 4 – Tecnologias empregadas no <i>Kinect</i>	28
Figura 5 – Localização dos eixos cartesianos em relação ao <i>Leap Motion</i>	29
Figura 6 – Tecnologias empregadas no <i>Leap Motion</i>	30
Figura 7 – Funcionamento do sistema de pontuação do <i>Soft Life</i>	31
Figura 8 – Menu de seleção de objetos virtuais por meio de gestos.....	32
Figura 9 – Interação com o jogo <i>CopyCat</i>	33
Figura 10 – Relações de influência do uso do sistema abordadas no TAM.....	36
Figura 11 – Interface do <i>Xdigit</i>	43
Figura 12 – Gestos do <i>Xdigit</i> : navegação, soma, subtração e multiplicação.....	43
Figura 13– Ossos dos dedos identificados pelo <i>Leap Motion</i>	46
Figura 14 – (A) <i>Grab strength</i> de valor zero; (B) <i>Grab strength</i> de valor um.....	46
Figura 15 – (A) <i>Pinch strength</i> de valor zero; (B) <i>Pinch strength</i> de valor um.....	47
Figura 16 – (A) Posição da mão para a opção maior; (B) Posição da mão para a opção menor.	50
Figura 17 – Movimentos realizados para pegar, arrastar e soltar um elemento.	51
Figura 18 – (A) Medição com uma mão; (B) Medição com as duas mãos.	52
Figura 19 – Ações de pegar, puxar e lançar um elemento.....	53
Figura 20 – (A) Tela inicial do menu com as quatro interações; (B) Níveis da interação selecionada; (C) Criação de um novo nível para a interação.	55
Figura 21 – Funcionamento do algoritmo de posicionamento na grade.....	58
Figura 22 – Funcionamento do algoritmo de posicionamento por pontos-chave.....	58
Figura 23 – (A) Pontos antes do lançamento; (B) Pontos ao iniciar o lançamento.	60
Figura 24 – Câmera lateral para visualizar a profundidade do cenário.	61
Figura 25 – Pontuação de usabilidade das interações no SUS para os questionários aplicados.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desempenho brasileiro em matemática em relação aos demais países nas edições <i>do PISA</i>	17
Tabela 2 – Classificação de usabilidade das interações propostas.	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Método de avaliação de Roussos <i>et al.</i> para sistemas de VR voltados ao ensino.	33
Quadro 2 – Método de avaliação de Moreira <i>et al.</i> para um sistema baseado em NUI.	35
Quadro 3 – Questionário baseado no TAM aplicado por Echeverría <i>et al.</i> para avaliar a aceitação do protótipo.....	36
Quadro 4 – Cronograma de avaliação.	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
AR	<i>Augmented Reality</i>
BIOE	Banco Internacional de Objetos Educacionais
HMD	<i>Head-Mounted Displays</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IHC	Interface Homem-Computador
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MEC	Ministério da Educação e Cultura
NUI	<i>Natural User Interface</i>
OCDE	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
RENOTE	Revista de Novas Tecnologias na Educação
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
UI	<i>User Interface</i>
VR	<i>Virtual Reality</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos do trabalho	13
1.2 Metodologia.....	14
1.3 Estrutura do trabalho	14
2 TECNOLOGIA APLICADA AO ENSINO DE MATEMÁTICA	16
2.1 Panorama nacional do ensino de matemática.....	16
2.2 Objetos de aprendizagem aplicados ao ensino de matemática.....	18
3 NATURAL USER INTERFACE	21
3.1 Considerações no desenvolvimento de NUI.....	22
3.2 Dispositivos aplicados à NUI	25
3.2.1 Dispositivos de contato físico	25
3.2.2 Dispositivos auditivos	26
3.2.3 Dispositivos visuais.....	26
3.3 Aplicações	30
3.4 Métodos de avaliação	33
4 TRABALHOS RELACIONADOS	38
4.1 O que se pode aprender com os jogos	38
4.2 <i>Kinections</i> : Usando a tecnologia dos <i>video games</i> para ensinar matemática.....	41
4.3 <i>Xdigit</i> : Um jogo de aritmética com o <i>Kinect</i> para melhorar a experiência de ensino da matemática.....	42
5. APRESENTAÇÃO DOS PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS	45
5.1 Tecnologias aplicadas.....	45
5.1.1 <i>Leap Motion</i>	45
5.1.2 <i>Unity</i>	47
5.2 Estratégias aplicadas no desenvolvimento dos protótipos.....	48
5.3 Apresentação das interações	49
5.3.1 Interação Maior e Menor.....	49
5.3.2 Interação Ordenação.....	50
5.3.3 Interação Medidas	51
5.3.4 Interação Classificação.....	53
5.4 Técnicas aplicadas no desenvolvimento das interações	54
5.4.1 Interação Maior e Menor.....	55
5.4.2 Interação Ordenação.....	56
5.4.3 Interação Medidas	57
5.4.4 Interação Classificação.....	58
6. AVALIAÇÃO DOS PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS	62
6.1 Metodologia.....	62
6.2 Resultados da avaliação – Usabilidade, Utilidade e Aceitação	64
6.3 Resultados da avaliação – Satisfação	67
7. CONCLUSÃO.....	69
7.1 Limitações e trabalhos futuros.....	70
7.2 Contribuições deste trabalho	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

APÊNDICE A – Exemplos de arquivos XML para a interação “Maior e Menor”	77
APÊNDICE B – Exemplos de arquivos XML para a interação “Ordenação”	81
APÊNDICE C – Exemplos de arquivos XML para a interação “Medidas”	83
APÊNDICE D – Exemplos de arquivos XML para a interação “Classificação”	86
APÊNDICE E – Questionário aplicado após o primeiro contato com as interações	89
APÊNDICE F – Questionário aplicado após o período de experimentação das interações	91
APÊNDICE G – Documentação para o especialista	93
APÊNDICE H – Resumo para a Feira de Iniciação Científica da Feevale	99
APÊNDICE I – Artigo para o <i>Computer on the Beach</i>	100

1 INTRODUÇÃO

Jogos digitais sempre foram uma fonte de entretenimento bastante popular, se igualando e até superando a indústria do cinema. Segundo Prensky (2012), além de entreter, os jogos digitais podem ser utilizados para o ensino, aliando a aprendizagem séria ao entretenimento interativo. Fornecendo, desta forma, maior diversão, envolvimento e um enorme potencial de aprendizado para pessoas de todas as idades. Este tipo de jogos, focados no ensino de conteúdos específicos ou voltados ao desenvolvimento de habilidades operacionais ou comportamentais, são chamados de jogos sérios (*serious games*) (MORAIS, 2011).

Para Bergeron (2006), jogos sérios devem possuir objetivos desafiadores, ser divertidos e engajantes, incorporar alguma forma de pontuação e, além disso, devem conduzir o jogador a desenvolver uma habilidade, conhecimento ou atitude aplicável ao mundo real.

O aprendizado através de jogos digitais pode ser muito eficaz, pois no jogo é criada uma representação dramática do problema real estudado. Um ambiente virtual, onde o jogador possui um objetivo claro e recebe estímulos cada vez que se aproxima dele. A consequência dos seus erros é muito menor do que no mundo real. Assim, o próprio jogador aceita mais facilmente o seu erro, fazendo-o se arriscar mais e instigando-o a continuar jogando e a formular estratégias para que consiga superar os desafios propostos (MATTAR, 2012), (PRENSKY, 2012).

Vagheti (2010) aponta que diferentes habilidades são desenvolvidas por modalidades de jogos distintas. O desenvolvimento cognitivo dos processos de tomada de decisões e o raciocínio lógico, por exemplo, são melhor trabalhados em jogos de estratégia. Já um jogo colaborativo estimula o trabalho em equipe, aumenta a confiança, a união e a solidariedade entre os jogadores.

Novas modalidades e técnicas aplicadas em jogos digitais surgem à medida que a tecnologia evolui, contemplando o desenvolvimento de habilidades que, até então, eram pouco exploradas. Como as tecnologias de percepção e atuação, que inovaram a maneira do homem interagir com o computador, dando origem aos jogos de movimento. Nesta modalidade de jogo, o jogador utiliza os movimentos do próprio corpo para interagir com o ambiente virtual, tornando-o parte interativa do jogo (MENDES, 2012).

Conforme Staiano (2011), os jogos de movimento são capazes de melhorar a atenção do jogador, aprimorar sua percepção espacial e suas habilidades sensoriais e motoras, além de fazerem com que o indivíduo crie um mapeamento cognitivo de seus movimentos corporais em relação ao jogo. A autora afirma ainda, que as habilidades adquiridas através dos jogos podem ser transferidas e aplicadas para atividades relacionadas do mundo real.

O uso do corpo como meio de interação é oriundo de uma série de estudos que investigam formas não convencionais de Interface Homem-Computador (IHC). Dentre estes estudos, surgiu uma área que se dedica a encontrar métodos de interação mais naturais ao homem, sem a necessidade um treinamento prévio detalhado. Esta área representa um paradigma de IHC denominado *Natural User Interface* (NUI) (NUIGROUP, 2011).

Existe uma teoria da ciência cognitiva que postula que a compreensão intelectual de conceitos é reforçada por, e em alguns casos resulta direta ou exclusivamente, de interações corporais com o mundo físico, ou "interações incorporadas". Do ponto de vista do ensino de matemática, esta teoria sugere que interações incorporadas podem ser projetadas especificamente para desenvolver o processo cognitivo dos alunos e auxiliar na compreensão de conceitos teóricos abstratos através da experiência, exploração e prática de movimentos corporais controlados (JOHNSON *et al.*, 2013).

Estes conceitos serviram de motivação para determinar os objetivos deste trabalho, apresentado na sessão seguinte.

1.1 Objetivos do trabalho

O objetivo principal deste trabalho é **investigar como pode ser empregada a tecnologia de NUI no desenvolvimento de jogos sérios aplicados ao contexto de ensino-aprendizagem da matemática.**

A partir deste objetivo principal, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Estudar dispositivos e recomendações relacionadas à NUI;
- Criar interações baseadas em NUI para jogos sérios aplicados ao ensino de matemática;
- Desenvolver protótipos de jogos sérios que implementem as interações propostas, e que possuam flexibilidade para abranger diversos conteúdos e anos escolares;

- Verificar se as interações desenvolvidas, associadas a elementos de jogos sérios, podem oferecer motivação e engajamento para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de matemática.

1.2 Metodologia

Seguindo os conceitos de metodologia científica apresentados por Prodanov e Freitas (2013), a natureza deste trabalho caracteriza-se como **pesquisa aplicada**, visto que foram criados protótipos de jogos sérios a fim de solucionar um problema específico, que para este estudo é o desenvolvimento de métodos de interação baseados em NUI aplicados ao contexto de ensino-aprendizagem da matemática.

Inicialmente foi efetuada uma pesquisa na literatura, que além de servir como base de conhecimento e fundamentação teórica do trabalho, serviu também para compreender e estudar o problema e, ainda, identificar as técnicas mais adequadas para a elaboração da solução. Por meio desta pesquisa efetuou-se o levantamento dos requisitos necessários para a construção dos protótipos e a definição das técnicas de interação utilizadas.

Em seguida, os protótipos das interações propostas foram implementados e avaliados utilizando técnicas indicadas na bibliografia. Os resultados desta avaliação contribuíram para a construção das conclusões desta pesquisa.

1.3 Estrutura do trabalho

O embasamento teórico deste trabalho se divide em três capítulos. No capítulo 2 é abordada a situação do ensino de matemática brasileiro e como a tecnologia pode ser utilizada para contribuir neste processo. O capítulo 3 descreve o conceito de NUI, seguido de algumas recomendações para o seu desenvolvimento, dispositivos mais comuns, aplicações e métodos de avaliação. No capítulo 4 são apresentados trabalhos relacionados que abordam os benefícios dos jogos sérios para o aprendizado e o uso de jogos baseados em NUI para o ensino de matemática.

Os capítulos seguintes descrevem o experimento realizado. No capítulo 5 são apresentadas as quatro interações baseadas em NUI propostas neste trabalho, bem como as tecnologias, estratégias e técnicas aplicadas no desenvolvimento dos protótipos que as implementam. O processo de avaliação do experimento é discutido no capítulo 6, abordando a metodologia utilizada e os resultados obtidos.

Por fim, no capítulo 7 são descritas as conclusões do presente estudo, são indicadas as limitações e trabalhos futuros a serem realizados e, ainda, são apontadas as contribuições geradas no desenvolvimento deste trabalho.

2 TECNOLOGIA APLICADA AO ENSINO DE MATEMÁTICA

Neste capítulo procura-se apresentar o panorama nacional da educação brasileira em relação à disciplina de matemática e como a tecnologia pode contribuir neste processo através do desenvolvimento de objetos de aprendizagem.

2.1 Panorama nacional do ensino de matemática

A qualidade do sistema de ensino brasileiro tem muito a melhorar. Prova disso é a baixa classificação da educação brasileira em relação a outros países em indicadores como os realizados pelo Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA – *Programme for International Student Assessment*) (OECD, 2014).

O PISA (OECD, 2014) é um programa desenvolvido e coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*), cujo objetivo é produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. Além da OECD, existe uma coordenação nacional em cada país participante, que no Brasil é realizada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (INEP, 2014).

Os indicadores produzidos pelo PISA são gerados a partir de uma avaliação comparada, aplicada a cada três anos em estudantes na faixa dos 15 anos de idade (idade em que se pressupõe que tenham terminado o ensino básico obrigatório na maioria dos países). A avaliação abrange três áreas do conhecimento: leitura, matemática e ciências. A cada edição do programa é dada maior ênfase em uma destas áreas, sendo a edição de 2000 focada em leitura, a de 2003 em matemática e a de 2006 em ciências. Em 2009 iniciou-se um novo ciclo, focando novamente em leitura. A última edição ocorreu em 2012, com maior destaque para a matemática (INEP, 2014).

Na Tabela 1 pode-se verificar o número de participantes brasileiros, o desempenho médio e a colocação do Brasil em relação aos demais países nas avaliações de matemática de cada edição do PISA. Os dados apontam que, embora a média brasileira em matemática venha crescendo, o Brasil ainda está muito distante da média geral dos países participantes.

Tabela 1 – Desempenho brasileiro em matemática em relação aos demais países nas edições do PISA.

	2000	2003	2006	2009	2012
Nº Participantes	4.893	4.452	9.295	20.127	18.589
Média Brasil	334	356	370	386	391
Média geral	500	500	494	495	494
Colocação	40º de 41	40º de 40	54º de 57	57º de 65	58º de 65

Fonte: INEP, 2014.

Na área do conhecimento em destaque de cada edição do PISA são feitas análises mais detalhadas. Um resultado destas análises é a classificação dos estudantes em níveis de 1 a 6 de acordo com a sua pontuação. Classificações abaixo do nível 2 indicam baixo desempenho e classificações dentro dos níveis 5 e 6 representam os melhores desempenhos.

Em 2012, cuja ênfase era em matemática, 67,1% dos estudantes brasileiros ficaram abaixo do nível 2, o que significa que, no máximo, conseguem extrair informações relevantes de uma única fonte, usar algoritmos básicos, fórmulas, procedimentos ou convenções para resolver problemas envolvendo números inteiros. Ainda que este número tenha sido menor do que o obtido em 2003 (quando o índice foi de 75,2%), é ainda muito distante da média geral dos países participantes (que em 2012 foi de 23,1% e em 2003 foi de 21,4%) (OECD, 2012).

Apenas 1,1% dos estudantes brasileiros atingiram os níveis 5 e 6 em 2012, contra 12,6% de estudantes na média geral dos países participantes. Situação que não teve mudanças significativas em relação à edição de 2003 (quando o índice foi de 1,2%). Os níveis 5 e 6 indicam que os estudantes possuem capacidade para desenvolver resoluções com modelos em situações complexas e trabalhar estrategicamente usando habilidades de pensamento e raciocínio amplas e bem desenvolvidas (OECD, 2012).

Dados históricos de outros indicadores, como os produzidos pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) em 2001, 2003 e 2005 na avaliação de matemática dos alunos da 4ª série de escolas urbanas (sem as federais), apresentam resultados similares à classificação por níveis do PISA descrita anteriormente, com maior concentração de alunos nos níveis mais baixos da escala. Como se pode observar pela Figura 1, a grande maioria (95,96%) se encontra no nível 6 ou abaixo. Visto que o nível máximo é o nível 13, fica evidente que a qualidade do ensino de matemática brasileiro já estava longe do ideal.

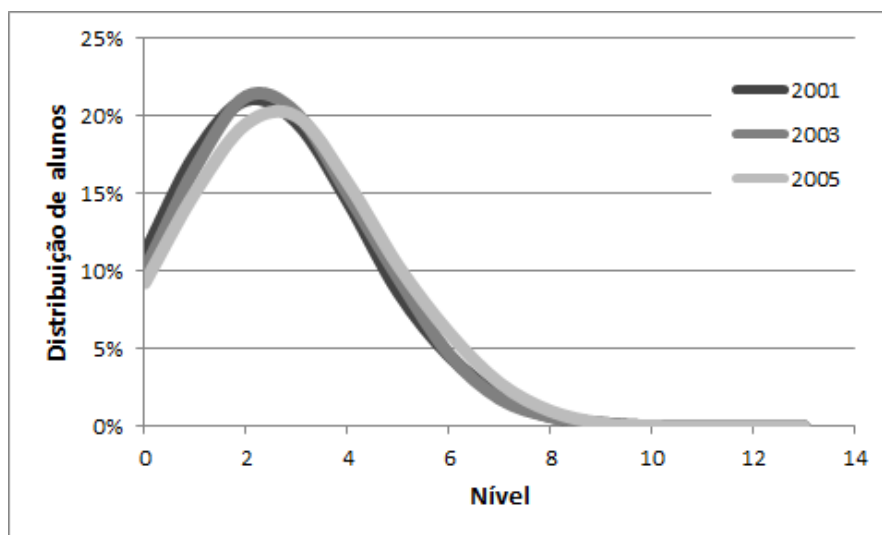


Figura 1 – Distribuição de alunos por níveis conforme a proficiência em Matemática

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em INEP.

Ainda em relação à edição de 2012 do PISA, os resultados das avaliações foram analisados em relação aos três processos e às quatro áreas de conteúdos matemáticos abordados. Identificou-se que o processo de “Interpretar, aplicar e avaliar resultados matemáticos” foi o que teve a maior pontuação entre os brasileiros. No processo de “Empregar conceitos, fatos, procedimentos e raciocínios matemáticos” os resultados ficaram próximos da média. Por fim os resultados mais baixos foram atingidos no processo de “Formular situações com base na matemática” (OECD, 2012).

Do ponto de vista das áreas de conteúdo avaliadas, os brasileiros tiveram melhor desempenho em “Indeterminação e dados”, pior em “Mudanças e relações” e “Espaço e forma”, enquanto que, em “Quantidades”, o desempenho ficou próximo da média geral (OECD, 2012).

Outro ponto analisado pelo PISA se refere à alta taxa de desistência da escola pelos estudantes brasileiros, que deixam a escola porque o currículo não é engajante o suficiente, ou porque querem ou precisam trabalhar, ou ainda por não conseguirem passar de ano. Segundo o levantamento do PISA, o índice de estudantes na faixa dos 15 anos que já repetiram de ano ao menos uma vez chega a 36% no Brasil, sendo um dos índices mais elevados entre os países participantes do PISA (OECD, 2012).

2.2 Objetos de aprendizagem aplicados ao ensino de matemática

Silva (2000) afirma que, com o crescente processo de transformação da área de informática, é necessário atualizar os conhecimentos para o desenvolvimento de novas

técnicas de aprendizagem. Segundo Valente (2002), a informática na educação não é simplesmente uma ferramenta de transmissão de informação ao aluno, é muito mais diversificada, interessante e desafiadora. Atuando como facilitadora da aprendizagem, enriquecendo e complementando o ensino e, por consequência, contribuindo com a construção do conhecimento.

Conforme Machado (1987), um aspecto positivo do uso do computador para o ensino de matemática é o seu potencial em apresentar cenários que ofereçam uma visão prática das abstrações e formalidades enfatizadas no ensino. Para isto, é importante que as escolas se conscientizem de que a informática deve fazer parte das disciplinas através de uma abordagem interdisciplinar (LOPES *et al.*, 1998).

Deste modo, a tecnologia vem dando acesso a diferentes informações, favorecendo as interações e criando oportunidades de aprendizagem significativas. Por estes motivos, as instituições de ensino estão buscando, cada vez mais, apoio em produtos digitais voltados ao ensino, também chamados de “objetos de aprendizagem”.

Para Wiley (2000) um objeto de aprendizagem é um elemento digital que pode ser combinado e recombinação com outros elementos (dentro do mesmo contexto), constituindo-se em um módulo completo de conteúdo autoexplicativo. Os módulos também podem se relacionar com outros módulos para formar um curso mais abrangente. O autor defende que os objetos de aprendizagem devem ter as seguintes características: ser autoexplicativos, modulares, agregáveis, digitais, interoperáveis e reutilizáveis.

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) define objetos de aprendizagem como um recurso mediado pela tecnologia que pode ser usado, reusado ou referenciado no processo de ensino. Exemplos de objetos de aprendizagem incluem conteúdo multimídia, conteúdo instrucional, aplicativos, *softwares* instrucionais, pessoas, organizações ou eventos referenciados durante a aprendizagem suportada pela tecnologia (IEEE, 2011).

Objetos de aprendizado são, geralmente, catalogados e compartilhados por meio de repositórios através da internet. Um exemplo é o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE), criado pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), que armazena objetos de aprendizado de todas as áreas e níveis de ensino (MEC, 2014).

Especificamente para a matemática, o BIOE possui mais de 4500 objetos de aprendizado cadastrados atualmente, dos quais, cerca de 350 são voltados para as séries

iniciais do ensino fundamental e 860 para as séries finais. Andreolla (2011) descreve e classifica (diante das principais áreas curriculares da matemática) os objetos de aprendizagem direcionados às séries finais do ensino fundamental cadastrados no BIOE até o início de sua pesquisa.

Exemplos de objetos de aprendizagem descritos por Andreolla (2011) são o “Arestas” e o “Alturas inacessíveis”. O “Arestas” é uma animação que ensina conceitos de geometria plana e espacial comparando suas características e apresentando conceitos de arestas e vértices. Enquanto que o “Alturas inacessíveis” consiste em dois desafios matemáticos, onde o aluno deve utilizar conceitos de medidas, grandezas e proporções para descobrir a altura real de estátuas apresentadas na tela.

Apesar da característica de reusabilidade dos objetos de aprendizagem ser muito enfatizada, a motivação e o engajamento proporcionados pelos mesmos são, também, de extrema importância. Embora exista uma quantidade considerável de objetos de aprendizagem voltados ao ensino de matemática disponíveis em repositórios como o BIOE, muitos destes objetos possuem um número muito baixo de *downloads* e uma avaliação de satisfação baixa ou mediana.

De nada adianta que se tenha materiais reutilizáveis, com conteúdos bem elaborados se eles não forem capazes de prender a atenção dos alunos. Segundo Canto Filho (2012), quando não há interesse intrínseco ao conteúdo, deve-se buscar fatores motivacionais extrínsecos que possam ser explorados. Dentro da área da informática, uma possível abordagem é a criação de mecanismos de interação que proporcionem esta motivação.

3 NATURAL USER INTERFACE

Apesar de não falarem a mesma língua, homens e computadores necessitam comunicar-se constantemente. O homem comunica comandos, solicitações, questionamentos, intenções e objetivos. O computador, por outro lado, deve processar estas informações e dar um retorno dos resultados obtidos, informar o estado do sistema, solicitar informações adicionais, e assim por diante. Para que se tenha um entendimento entre as partes, é necessário o intermédio de um tradutor (BOWMAN *et al.*, 2004).

Esta tradução é realizada pela interface de usuário (UI – *User Interface*) do sistema em conjunto com os dispositivos de entrada e saída do computador. O fluxo deste processo, representado pela Figura 2, inicia quando o usuário estabelece um objetivo e o transforma em uma ação no sistema através dos dispositivos de entrada (como teclado e *mouse*). Estas ações são traduzidas em sinais que o computador consegue decifrar e gerar instruções de processamento. Os resultados obtidos neste processamento são enviados para o dispositivo de saída (como monitor ou caixas de som), sendo traduzidos para uma representação que o usuário possa perceber (como a luz ou o som). Por fim, o usuário interpreta as informações percebidas, gerando novos objetivos e iniciado um novo ciclo (BOWMAN *et al.*, 2004), (HIX; HARTSON, 1993).

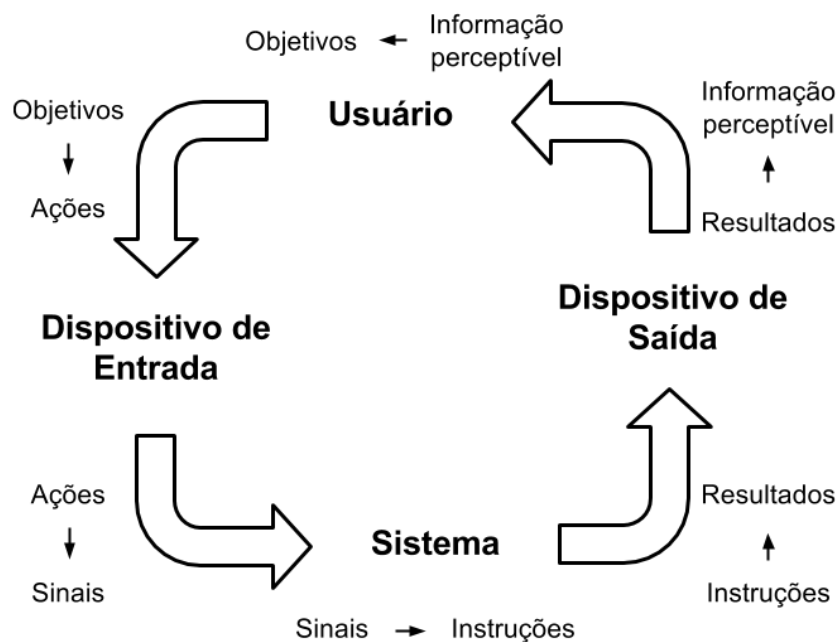


Figura 2 – Tradução da comunicação entre homem e computador

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em BOWMAN *et al.*, 2004.

Existe uma área na computação que estuda dispositivos e técnicas de interação entre homens e computadores, chamada de Interface Homem-Computador (IHC). Nestes estudos são feitas análises de como os usuários interagem com os sistemas, quais os conhecimentos necessários que o usuário deve ter para operá-los, a forma com que estes conhecimentos são aplicados, como cada técnica de interação pode afetar a comunicação entre homem e computador, quais as melhores técnicas de interação para um determinado tipo de tarefa, entre outras. O objetivo da IHC é permitir a construção de sistemas com maior usabilidade, provendo métodos que identifiquem as necessidades do usuário e forneça a ele as funções e informações necessárias, sem que haja um esforço excessivo de sua parte (BOOTH, 1989). Esta definição vai ao encontro com o que, para Karray *et al.* (2008), é um sistema eficiente. Conforme os autores, a eficiência é atingida através do equilíbrio entre funcionalidade (ações e serviços que o sistema disponibiliza) e usabilidade (grau de facilidade e eficácia com que o usuário realiza suas tarefas e cumpre seus objetivos).

Embora os sistemas de informação sejam idealizados para serem utilizados por homens, muitos deles estão longe de serem amigáveis. Nos últimos anos, o interesse em melhorar a interação entre homens e computadores vem crescendo em todos os aspectos. Discute-se que para atingir real eficiência é necessário criar mecanismos mais naturais ao usuário, se aproximando da forma com que os homens interagem entre si e com objetos do mundo real (SEBE *et al.*, 2004). Neste contexto, o termo *Natural User Interface* (NUI) emergiu como uma área da IHC que estuda formas do homem interagir com o computador através de suas habilidades naturais (como a fala, a visão, a escrita, o tato, os gestos, os movimentos corporais, etc.) (NUIGROUP, 2011). Segundo Norman (2010), interações por meio de NUIs possuem um grande potencial, mas também trazem novos problemas e desafios. Por isto, devem ser bem pensadas e cuidadosamente planejadas.

3.1 Considerações no desenvolvimento de NUI

Para Wigdor e Wixon (2011), o elemento natural de uma NUI não se refere à interface, e sim à forma com que o usuário interage com o sistema e como ele se sente durante o uso. O sistema deve tirar o máximo proveito das capacidades do usuário, sabendo se adaptar ao contexto de suas tarefas e demandas. Isto deve ser sentido no primeiro contato do usuário com o sistema, sem a necessidade de treinamentos árduos e anos de prática. Entretanto, para que o uso do sistema se mantenha natural, as experiências anteriores e o aprendizado adquirido pelo usuário em relação ao sistema devem ser considerados, permitindo que o

mesmo possa evoluir até se tornar um especialista (um usuário que utiliza o sistema da forma que os desenvolvedores planejaram e que sente prazer ao realizar suas tarefas) (WIDGOR e WIXON, 2011).

De acordo com Norman (2010), o desenvolvimento de interações baseadas em NUIs deve seguir as regras básicas do *design* de interações, que consiste em criar modos de expressão bem definidos, com modelos conceituais claros de como eles interagem com o sistema e quais suas consequências, além de mecanismos que permitam desfazer ações indesejadas. Para isto, o autor sugere o uso de dicas para possíveis ações, de guias de como cada ação deve ser executada e de *feedback* constante ao usuário. Ações que possuem variação em sua interpretação (como gestos) podem ser executadas de forma ambígua ou incorreta pelo usuário, o que reforça a necessidade do *feedback*, para que ele possa aprender a maneira correta de executar a ação e entender o que fez de errado. O *feedback* também auxilia o usuário a compreender a interface. Conforme Schön (1992), a maioria dos usuários emprega o padrão olhar-mover-olhar, onde o usuário observa a interface, realiza uma ação para interagir sobre ela e, por fim, observa as mudanças realizadas, influenciando na escolha de sua próxima ação.

Pesquisas anteriores realizadas por Bowman *et al.* (2001), revelaram a dificuldade que muitos usuários possuem em entender espaços tridimensionais. Segundo os autores, isto se deve ao fato de que muitas interpretações do mundo real não podem ser representadas em um ambiente virtual, indicando a necessidade de desenvolvimento de novas metáforas que melhorem a interação e ampliem a compreensão espacial dos usuários. Neste sentido, Macaranas (2012) descreve três diferentes estratégias para o mapeamento de movimentos corporais com ações e comandos aplicados à NUI: mapeamentos metafóricos, mapeamentos isomórficos e mapeamentos convencionais.

Mapeamentos metafóricos ocorrem quando a forma de interação do usuário com o sistema é baseada em suas experiências do dia-a-dia. Para exemplificar, pode-se considerar os sentidos de “para cima” e “para baixo”. Estes sentidos servem de base para a interpretação de muitas metáforas, como a associação de “para cima” com “mais” e de “para baixo” com “menos”. Quando se enche um copo com água, pode-se observar o líquido subindo (“para cima”), aumentando a quantidade (“mais”). Estas metáforas são estruturas cognitivas baseadas nas experiências diárias e que são usadas, inconscientemente, para compreender conceitos mais abstratos. Um conceito abstrato que utiliza a metáfora do exemplo anteriormente citado é o controle de volume de som, que poder ser aumentado ou diminuído

pelo movimento de deslizar uma barra para cima ou para baixo. Esta compreensão é dita “intuitiva”, visto que é processada abaixo do nível de consciência do indivíduo. Uma interação que se baseie neste conceito é chamada “interação intuitiva” (MACARANAS, 2012). Norman (2010) aponta que um fator importante a ser considerado é a avaliação do que é intuitivo para o público-alvo desejado. Segundo o autor, até mesmo gestos simples como os utilizados para dar “oi”, “tchau” e “venha aqui”, podem ser realizados de maneiras distintas em diferentes culturas.

Mapeamentos isomórficos são relações espaciais diretas entre o movimento de interação e o efeito gerado no sistema. Este mapeamento pode ser de forma física-física, quando o movimento está relacionado a uma ação física do sistema. Para exemplificar, pode-se considerar o mapeamento do corpo do usuário com um carro de corrida que, quando o usuário vira seu corpo para a esquerda ou para a direita, o carro acompanha o movimento virando para o lado correspondente. O mapeamento também pode ser de forma física-abstrata, usado em situações de maior complexidade. O mapeamento da amplitude de uma onda sonora com barras de volume exibidas pela interface é um exemplo que faz uso desta forma. À medida que se aumenta o volume, mais barras são preenchidas, quando se diminui o volume, as barras são esvaziadas. Mapeamentos isomórficos podem ser considerados intuitivos caso o usuário compreenda a natureza da estrutura que está sendo controlada (MACARANAS, 2012).

Macaranas (2012) define mapeamentos convencionais como adaptações de práticas anteriores que são, normalmente, encontrados na interface de produtos familiares ao usuário. Tipicamente, mapeamentos convencionais possuem uma curva de aprendizagem e levam um certo tempo até se estabelecerem. Seguindo o exemplo do controle de volume, uma forma de mapeamento convencional seria o movimento de girar no sentido horário para aumentar o volume e no sentido anti-horário para reduzi-lo. Esta associação vem de experiências anteriores com relógios, seletores de estações de rádio e parafusos, alterando valores de tempo, número e tensão. Mapeamentos convencionais podem ser intuitivos por se basearem em experiências com sistemas anteriores, mas a estrutura destes mapeamentos é, às vezes, aleatória (MACARANAS, 2012).

Aplicações baseadas em NUI podem variar quanto à forma de interação, sendo as mais comuns através de gestos e da fala, embora outras formas vem ganhando notoriedade (como expressões faciais, direção do olhar, tato e pensamento). O uso de uma forma ou outra depende do contexto da aplicação, podendo-se ainda combinar mais de uma forma se for

pertinente ao contexto. Uma interface que utiliza mais de uma forma de interação é chamada multimodal (KARRAY, 2008). Após a escolha das formas de interação a serem utilizadas na aplicação, deve-se buscar dispositivos que consigam suportá-las.

3.2 Dispositivos aplicados à NUI

Segundo Wigdor e Wixon (2011), um dispositivo que oferece a sensação de naturalidade, é um dispositivo que se comporta como uma espécie de extensão do usuário, aproveitando completamente a capacidade de transmissão de informação do mesmo. Neste estudo, os dispositivos comumente utilizados em NUIs foram divididos quanto ao meio de aquisição da informação: dispositivos de contato físico, dispositivos auditivos e dispositivos visuais.

3.2.1 Dispositivos de contato físico

Nesta categoria de dispositivo estão as telas multi-toque, popularmente utilizadas em *smartphone* e *tablets*, onde o usuário pode tocar e realizar gestos bidimensionais na tela utilizando os dedos. A posição do toque é localizada através de sensores que detectam mudanças de voltagem ou de sinal elétrico quando o usuário toca na tela (MORLEY; PARKER, 2010).

Outros dispositivos que podem ser citados nesta categoria são os controles de movimento, como o *Nintendo Wii Remote Controller (Wiimote)* (NINTENDO, 2014) e o *Playstation Move Motion Controller* (SONY COMPUTER ENTERTAINMENT, 2014), especialmente utilizados em jogos digitais. Enquanto segura o controle em uma de suas mãos (ou com um controle em cada mão), os movimentos e gestos tridimensionais realizados pelo jogador são capturados por meio de acelerômetros e giroscópios presentes no controle, com o auxílio de um dispositivo visual (um sensor de infravermelhos para o controle da *Nintendo* e uma câmera RGB para o controle da *Sony*) (NINTENDO, 2014), (SONY COMPUTER ENTERTAINMENT, 2014).

Há ainda os dispositivos que são “vestidos” pelo usuário, geralmente aplicados em ambientes de Realidade Virtual (VR – *Virtual Reality*) ou de Realidade Aumentada (AR – *Augmented Reality*), como *data gloves* e *Head-Mounted Displays (HMD)*. *Data glove* é uma luva equipada com sensores que podem rastrear a posição, movimento da mão, curvatura dos dedos, identificar o toque entre dois ou mais dedos e até mesmo gerar informação tátil quando o usuário encosta em um objeto virtual (BOWMAN *et al.*, 2004), (CHOPRA, 2011). Já um

HMD consiste em um capacete ou óculos com duas telas pequenas posicionadas na altura dos olhos. Desta forma, a visão do mundo real do usuário é substituída pela visão do ambiente virtual da aplicação, permitindo que se atinja maior imersão (HUA *et al.*, 2011). HMDs mais modernos, como o *Oculus Rift* (OCULUS VR, 2014), conseguem rastrear a posição da cabeça do usuário para que a visão do ambiente virtual acompanhe seus movimentos e, ainda, oferecer imagens estereoscópicas tridimensionais, aproximando a forma que o usuário visualiza o ambiente virtual da forma que ele visualiza o ambiente real (OCULUS VR, 2014).

Dispositivos de contato físico geralmente possuem grande precisão e fácil implementação, mas, em alguns casos, seu uso pode causar desconforto ou interferir na naturalidade da interação. Para a detecção de gestos, por exemplo, os usuários, muitas vezes, devem pressionar botões ou utilizar equipamentos para representar uma ação no sistema, adicionando certa artificialidade ao processo de interação (NORMAN, 2010), (RAUTARAY e AGRAWAL, 2012).

3.2.2 Dispositivos auditivos

Um dispositivo auditivo consiste basicamente em um microfone, ou na combinação de um conjunto de microfones, que pode ser aplicado para entrada de dados, execução de comandos de voz e até mesmo para auxiliar na localização do usuário através da direção da voz. Segundo Bowman *et al.* (2004), estes dispositivos agregam bastante naturalidade quando são utilizados em conjunto com outros tipos de dispositivos, formando uma interação multimodal.

3.2.3 Dispositivos visuais

Os dispositivos visuais mais comuns são os sensores de cor (como as câmeras convencionais), que permitem a interpretação das imagens de acordo com a cor ou tonalidade de cinza, e sensores de distância, onde as informações são geradas a partir da distância entre o sensor e os elementos (como objetos ou pessoas) dentro de seu campo de visão. Segundo Turk (2004), estes dispositivos podem ser utilizados para o reconhecimento de gestos tridimensionais, movimentos corporais, expressões faciais, fala (através de leitura labial) e direção do olhar.

Rautaray e Agrawal (2012) apontam que os principais desafios relacionados aos métodos visuais de reconhecimento de gestos realizados com a mão, que podem ser

generalizados para outras formas de interação baseadas em visão, são a variabilidade dos movimentos, a independência de usuário e a performance da solução.

Para reconhecer um movimento (seja ele um gesto, expressão facial, direção do olhar ou um movimento labial) deve-se considerar uma grande possibilidade de variações que podem ocorrer no espaço (alteração do ponto de visão da câmera, mudança da posição do usuário) e no tempo (o movimento às vezes é executado de forma mais rápida e às vezes de forma mais devagar) (RAUTARAY e AGRAWAL, 2012). As condições do ambiente também podem gerar variação (iluminação, cor ou reflexividade do fundo).

Cada pessoa possui características corporais diferentes que podem influenciar no reconhecimento dos movimentos (partes do corpo com tamanho e espessuras diferentes, cor da pele, formato do olho, área de alcance da mão, etc.). Esta gama de possibilidades pode exigir muito tempo e capacidade de processamento do computador, o que pode ser um grande problema já que, na maioria das vezes, se deseja utilizar a detecção de movimentos em tempo real (RAUTARAY e AGRAWAL, 2012).

Com o avanço da tecnologia surgiram dispositivos visuais que conseguem abstrair parte destas tarefas como o *Kinect* e o *Leap Motion*, oferecendo grande facilidade de implementação para os desenvolvedores através de seus *Kits* de Desenvolvimento de *Software* (SDK – *Software Development Kit*) e suas Interfaces de Programação de Aplicação (API – *Application Programming Interface*). A seguir, estes dois dispositivos são apresentados mais detalhadamente.

3.2.3.1 Kinect

Lançado em novembro de 2010, o *Kinect* é um sensor de movimento da *Microsoft* que permite aos usuários interagir com jogos e programas utilizando movimentos corporais, gestos e comandos de voz, sem a necessidade do uso de qualquer tipo de controle físico. Através do *Kinect* é possível reconhecer até seis pessoas em seu campo de visão de maneira simultânea, permitindo a detecção do esqueleto do corpo de duas delas, conforme pode ser observado na Figura 3. A detecção do esqueleto identifica e localiza até 20 pontos de articulação do corpo do usuário (como pés, mãos, ombros, joelho, cabeça, quadril, etc.), que, juntos, são usados para rastrear seus movimentos corporais. Além disso, o *Kinect* possui quatro microfones embutidos, que dão a ele a capacidade de compreender comandos de voz e de identificar a direção de fontes emissoras de som (o que também pode ser utilizado para localizar pessoas no ambiente) (MICROSOFT, 2014).

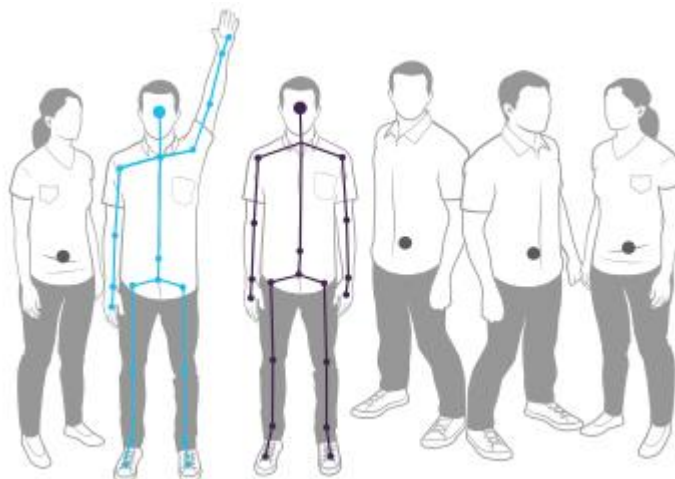


Figura 3 – Capacidade de reconhecimento do *Kinect*

Fonte: MICROSOFT, 2014.

As funcionalidades anteriormente apresentadas são atingidas graças ao emprego de cinco tecnologias: um emissor de infravermelho, um sensor de profundidade infravermelho, um sensor de cor, uma base articulada motorizada e quatro microfones, conforme apresentado na Figura 4. O emissor infravermelho emite feixes de luz que refletem no ambiente, o sensor de profundidade captura estes feixes e cria um mapa de distâncias entre o sensor e os elementos presentes no ambiente a uma distância entre 0,4 m a 4 m. O sensor de cor consiste em uma câmera RGB convencional, que pode ser alinhada com o mapa de distâncias para se ter uma imagem com as informações de cor e distância para cada pixel da imagem (RGB-D). A base articulada motorizada se move para cima, para baixo e para os lados para ajustar o campo de visão do dispositivo, podendo ainda ser utilizada para acompanhar o usuário enquanto o mesmo se move pelo ambiente. Por fim, os quatro microfones possuem cancelamento de eco e supressão de ruídos (MICROSOFT, 2014).

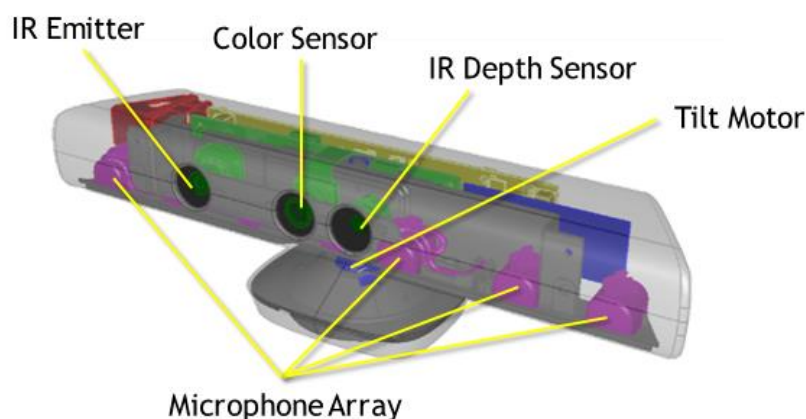


Figura 4 – Tecnologias empregadas no *Kinect*

Fonte: MICROSOFT, 2014.

3.2.3.2 Leap Motion

O *Leap Motion* é um dispositivo lançado em 2013, que permite a detecção e rastreamento de mãos e dedos. Enquanto o *Kinect* possui um campo de visão amplo, que abrange o corpo inteiro do usuário e o cenário à sua volta, o *Leap Motion* possui um campo de visão mais restrito (por se focar apenas nos movimentos das mãos do usuário), que compreende o espaço entre 2,5 cm e 60 cm acima do dispositivo. Através do *Leap Motion* é possível obter informações de posição, forma, orientação e movimento das mãos. Para dedos e objetos apontáveis (como canetas), o dispositivo oferece dados de comprimento, largura, posição, direção e velocidade. A Figura 5 mostra a localização dos eixos cartesianos X, Y e Z em relação ao dispositivo. Os dados dos dedos que ficam ocultos da visão do dispositivo podem ser estimados utilizando informações dos dedos visíveis, dos dados de observações anteriores e de um modelo interno da mão humana usado pelo dispositivo (LEAP MOTION, 2014).

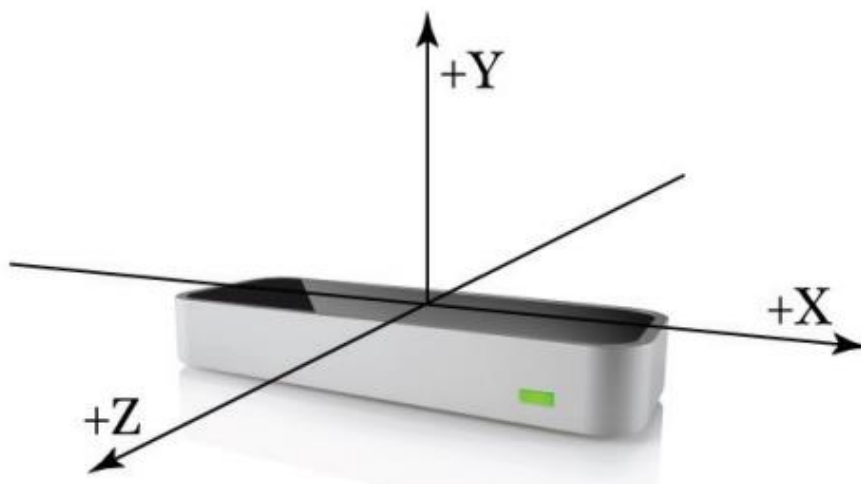


Figura 5 – Localização dos eixos cartesianos em relação ao *Leap Motion*

Fonte: LEAP MOTION, 2013.

Assim como o *Kinect*, o *Leap Motion* realiza o mapeamento de distância dos pontos mais próximos (dentro do seu campo de visão), em relação ao seu ponto central, utilizando feixes de luz infravermelha. O dispositivo conta com três emissores infravermelhos e dois sensores infravermelhos, como mostra a Figura 6. O uso de mais emissores e sensores infravermelhos e de um campo de visão reduzido torna o *Leap Motion* mais preciso, se comparado ao *Kinect*. Embora a precisão anunciada pelo fabricante seja de 0,01 mm, testes com versões preliminares do dispositivo indicaram uma precisão média de 0,7 mm em condições reais. Apesar de representar uma diferença grande entre o anunciado e o obtido efetivamente, a precisão do dispositivo ainda é considerada alta (WEICHERT *et al.*, 2013).

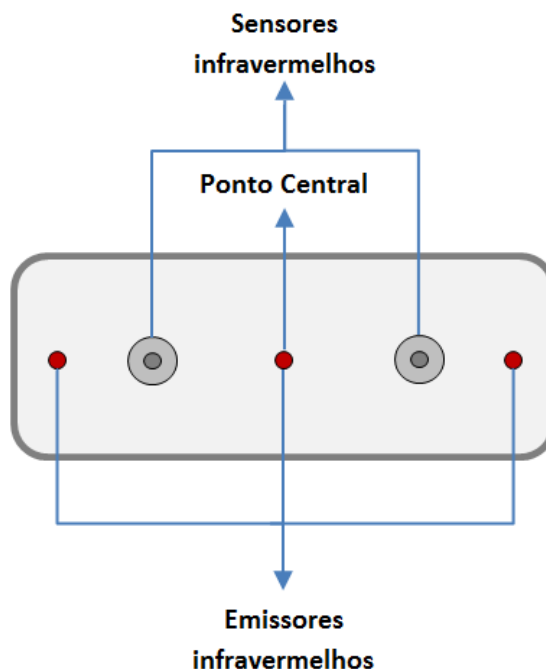


Figura 6 – Tecnologias empregadas no *Leap Motion*

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em WEICHERT *et al.*, 2013.

3.3 Aplicações

Nesta sessão são apresentadas soluções de *software* que utilizam dispositivos de NUI como meio de interação com o objetivo de avaliar como os conceitos apresentados são empregados na prática e de identificar as aplicações mais comuns para o uso NUI.

A popularização do uso de NUIs baseadas em gestos se deu por meio da criação de dispositivos como o *Wii mote* e, posteriormente, o *Kinect*. Com estes dispositivos, surgiram os jogos digitais interativos que promovem a prática de exercícios físicos, chamados de *exergames*. Nos *exergames* os jogadores utilizam movimentos corporais para realizar exercícios de força, equilíbrio e alongamento. Como exemplo, pode ser citado o jogo *Soft Life*, criado por Mendes (2012), dedicado a auxiliar no tratamento fisioterapêutico para reabilitação de mulheres mastectomizadas.

A mastectomia é um procedimento cirúrgico para a retirada de células malignas de câncer de mama. Em consequência da dor e até mesmo da cicatriz cirúrgica, é indicado um tratamento fisioterapêutico após a cirurgia. O *Soft Life* busca estimular, promover e auxiliar neste tratamento, guiando a paciente a executar exercícios fisioterapêuticos para controlar a dor, relaxar a musculatura, aumentar a força e manter a amplitude dos movimentos do membro envolvido, etc. A interação ocorre unicamente por meio de movimentos de mãos e braços, que são detectados através do *Kinect*. No jogo, a paciente deve realizar corretamente

os movimentos indicados pelo exercício para ganhar pontos, levando sua mão até um local indicado na tela. A jogadora tem dez segundos para levar sua mão até o local indicado e, quando este objetivo é atingido, deve mantê-la na posição por cinco segundos para pontuar, conforme mostra a Figura 7. O sistema de pontuação aumenta a motivação para realizar os exercícios e faz com que os usuários se esforcem mais para melhorar seus resultados (MENDES, 2012).



Figura 7 – Funcionamento do sistema de pontuação do *Soft Life*

Fonte: MENDES, 2012.

O uso de NUI é também bastante explorado em ambientes de VR e AR para aumentar a imersão do usuário em relação ao ambiente. Um exemplo é o sistema apresentado por Santos *et al.* (2011), onde o usuário interage com o sistema como se estivesse olhando para um espelho, e utiliza gestos para manipular objetos virtuais. O sistema utiliza a câmera do *Kinect* para capturar a imagem do usuário, que é exibida em um monitor. O usuário pode selecionar e inserir objetos virtuais na imagem através de um menu, que é acessado através de gestos, como mostra a Figura 8. Os gestos ainda são utilizados para mover, rotacionar e redimensionar os objetos inseridos. Para o desenvolvimento, além do *Kinect*, foi utilizado o *framework OpenNI* e o *middleware NITE*, que juntos oferecem algoritmos de alto nível para o uso de NUI. O *OpenNI* faz a identificação e localização das partes do corpo do usuário (como a mão) e o *NITE* possibilita o reconhecimento de gestos pré-definidos (como o gesto de clique, em que o usuário aproxima sua mão em direção ao sensor como se estivesse empurrando o ar) e de gestos definidos e elaborados pelo desenvolvedor (SANTOS *et al.*, 2011).



Figura 8 – Menu de seleção de objetos virtuais por meio de gestos

Fonte: SANTOS et al., 2011.

Quando não é possível ou é impraticável o uso de dispositivos de contato físico, dispositivos visuais e auditivos podem ser a solução. Neste sentido, o *Touchless Autopsy Report* desenvolvido por Rodrigues (2013), é uma aplicação que permite a um médico-legista elaborar relatórios de autópsia por meio de gestos e voz. Desta forma, não é necessário que o médico-legista retire suas luvas para fazer anotações, ou que se registrem as informações no papel para depois transcrever para o formato digital, oferecendo maior comodidade, menor retrabalho, além de reduzir a probabilidade de contaminação do material. Para interagir com o sistema, o usuário utiliza gestos com as mãos, detectados pelo *Leap Motion*, e comandos vocais, capturados por um microfone e reconhecidos através biblioteca *Java Speech*. (RODRIGUES, 2013).

NUIs também são utilizadas em aplicações voltadas ao ensino para tornar o processo de aprendizagem mais engajante e prazeroso, aumentando a atratividade do conteúdo abordado. Pode-se citar como exemplo o jogo *CopyCat* desenvolvido pela Escola Interativa de Computação *Georgia Tech*. O jogo possibilita que crianças surdas entre seis a onze anos aprendam e exercitem sinais da Língua Americana de Sinais (ASL – *American Sign Language*) brincando. A criança interage com o personagem principal do jogo por meio de gestos, formando frases da ASL para alertar o personagem de predadores e indicar a localização de animais escondidos no cenário. O sistema identifica os sinais realizados através de uma câmera. Para facilitar o reconhecimento da posição das mãos e aumentar a precisão do sistema, o jogador deve usar uma luva colorida em cada mão com um acelerômetro *wireless*

anexo na altura do punho, como pode ser visto na Figura 9. Com o jogo, a criança pode aprimorar sua memória de trabalho, expressão e compreensão da linguagem (BRASHEAR *et al.*, 2006), (COPYCAT, 2014).



Figura 9 – Interação com o jogo *CopyCat*

Fonte: COPYCAT *et al.*, 2014.

3.4 Métodos de avaliação

No desenvolvimento de uma aplicação baseada em NUI, uma vez definida a forma de iteração a ser utilizada, deve-se identificar quais métodos de avaliação podem ser empregados a fim de se verificar, dentro de determinados aspectos, o sucesso da solução. A seguir serão apresentados métodos de avaliação encontrados em trabalhos que aplicam NUI no desenvolvimento de jogos sérios.

Roussos *et al.* (1999) descrevem um método genérico de avaliação de sistemas de VR voltados ao ensino, que pode ser adaptado para se avaliar sistemas baseados em NUI. Como pode ser visto no Quadro 1, o método proposto consiste em avaliar o uso do sistema quanto aos aspectos técnicos, de orientação, afetivos, cognitivos, pedagógicos e colaborativos.

Quadro 1 – Método de avaliação de Roussos *et al.* para sistemas de VR voltados ao ensino.

Aspecto	Questões Avaliadas	Medidas
Técnico	Usabilidade	Conforto físico e emocional, tempo para aprender a utilizar a interface e a compreender as instruções recebidas
Orientação	Navegação, orientação espacial, imersão e <i>feedback</i>	Tempo para atingir a imersão e se sentir confortável em relação ao ambiente

Aspecto	Questões Avaliadas	Medidas
Afetivo	Engajamento, preferências (pontos positivos e negativos) e confiança	Nível de engajamento, motivação, tempo para atingir a fadiga e satisfação reportada e percebida
Cognitivo	Mudanças conceituais, novas habilidades	Desempenho dentro e fora do ambiente, técnicas de recordação estimuladas, avaliações orais e escritas, documentação em vídeo
Pedagógico	Conteúdo geral e técnicas de ensino específicas	Colaboração, competição, aceitação do personagem, comparação de técnicas
Colaborativo	Contribuição do ambiente de VR colaborativo para o processo de ensino-aprendizagem	Comparativo entre o ensino dentro e fora do ambiente de VR colaborativo

Fonte: ROUSSOS *et al.*, 1999.

Em seu experimento, Roussos *et al.* (1999) desenvolveram um jogo colaborativo utilizando VR com o propósito de ensinar conceitos de jardinagem e ecologia para alunos de segunda série. A avaliação do experimento foi feita por meio de questionários, observação e entrevistas, sendo dividida em quatro etapas. Na primeira etapa foi aplicado um questionário aos alunos, buscando identificar seus conhecimentos em relação à tecnologia e ao objeto de aprendizagem (jardinagem e ecologia). Em seguida, a turma foi dividida em grupos, onde cada grupo deveria planejar um jardim utilizando papel e adesivos de vegetais. Na etapa seguinte, os grupos participaram de uma sessão do jogo, onde deviam cumprir determinadas tarefas para montar e manter o jardim anteriormente planejado. Por fim, os alunos foram entrevistados a fim de identificar o que gostaram, o que não gostaram e o que aprenderam durante o jogo (ROUSSOS *et al.*, 1999).

Moreira *et al.* (2012) propõe uma forma de análise para avaliar o sistema e a forma de interação através de questionários. As opções de resposta dos questionários se baseiam na escala *Likert* com cinco opções: “Excelente”, “Bom”, “Regular”, “Ruim” e “Péssimo”, correspondendo aos valores da faixa de 5 a 1 respectivamente. As perguntas foram divididas em cinco categorias: interação do usuário, interface, aspectos visuais, aspectos sonoros e aspectos sensoriais, como pode ser visto no Quadro 2. O questionário foi aplicado a todos os usuários após o uso do sistema. A partir dos resultados foi calculada a pontuação média para cada questão, a fim de identificar os pontos fortes e fracos do sistema (MOREIRA *et al.*, 2012).

Quadro 2 – Método de avaliação de Moreira *et al.* para um sistema baseado em NUI.

Categoria	Propósito Avaliação	Questões Avaliadas
Interação do Usuário	Capacidade do usuário em realizar as ações propostas no modelo	1. Interação com o ambiente 2. Tempo de resposta 3. Uso do dispositivo <i>Wii mote</i> 4. Uso do dispositivo <i>Kinect</i>
Interação	Facilidade do usuário em agir sobre o sistema, utilizando os dispositivos de NUI	5. Facilidade de aprender a lidar com o <i>Wii mote</i> 6. Facilidade de aprender a lidar com o <i>Kinect</i> 7. Atratividade da aplicação 8. Disposição das informações no ambiente
Aspectos Visuais	Recursos gráficos e animações percebidas	9. Qualidade das imagens 10. Qualidade das animações 11. Legibilidade das informações
Aspectos Sonoros	Efeitos sonoros percebidos	12. Qualidade dos efeitos sonoros 13. Correspondência entre os efeitos sonoros e as ações na aplicação 14. Realismo dos sons
Aspectos Sensoriais	Sensações percebidas referente às emoções e imersão	15. Imersão na aplicação 16. Envolvimento do usuário 17. Sensação de exploração do mundo virtual

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em MOREIRA *et al.*, 2012.

Na validação do protótipo proposto por Echeverría *et al.* (2013), foram empregadas duas técnicas para avaliação, sendo a primeira o *Technology Acceptance Model* (TAM), para analisar a aceitação do usuário quanto à novas tecnologias, e a segunda o *System Usability Scale* (SUS), para medir a usabilidade do sistema.

O TAM defende que a percepção do usuário em relação à utilidade e à facilidade de uso de uma tecnologia é decisiva para determinar sua intenção de uso. Esta técnica pode ser utilizada tanto para prever o grau de aceitação da tecnologia, quanto para verificá-la e, quando a aceitação é baixa, permite identificar os motivos que levaram a este resultado. O TAM foi inicialmente proposto por Davis (1986), sofrendo diversas modificações ao longo dos anos. A versão final é apresentada por Venkatesh e Davis (1996). A partir desta versão surgiram algumas extensões deste modelo que tentam determinar quais são as variáveis externas que podem influenciar nas percepções, como os trabalhos propostos por Venkatesh (2000), Venkatesh e Davis (2000) e Venkatesh e Bala (2008).

Na versão final do TAM identificou-se que o uso real da tecnologia é determinado pela intenção comportamental do usuário em usá-la ou não. A intenção comportamental, por sua vez, é influenciada pelas percepções do usuário. Quando o usuário percebe que a

tecnologia é de fácil utilização, e que seu uso pode lhe trazer benefícios para o cumprimento de suas tarefas, sua intenção comportamental é influenciada por adotá-la. Estas percepções são geradas a partir de variáveis externas (como performance, usabilidade, relevância, engajamento, qualidade dos resultados, entre outras) e, no caso da percepção de utilidade, a facilidade de uso percebida é também um fator determinante (se um sistema é muito difícil de operar, pode ser considerado inútil). Estas relações de influência podem ser vistas na Figura 10 (VENKATESH e DAVIS, 1996).

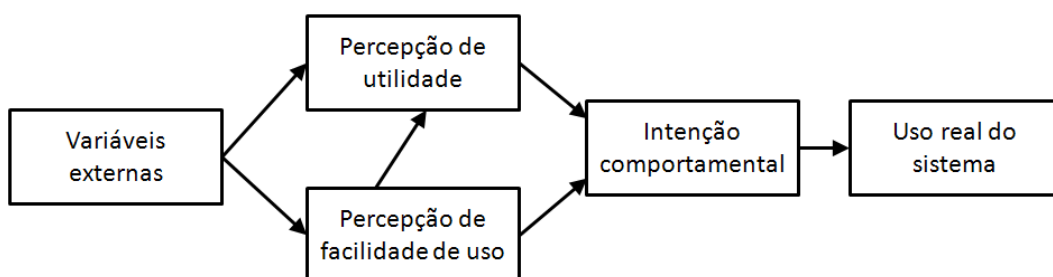


Figura 10 – Relações de influência do uso do sistema abordadas no TAM

Fonte: Venkatesh e Davis, 1996.

Echeverría *et al.* (2013) utilizaram um questionário com respostas na escala *Likert* de sete opções para avaliar os pontos de influência abordados pelo TAM. O Quadro 3 apresenta as questões aplicadas para cada ponto.

Quadro 3 – Questionário baseado no TAM aplicado por Echeverría *et al.* para avaliar a aceitação do protótipo.

Propósito Avaliação	Questões Avaliadas
Percepção de facilidade de uso	1. O protótipo é fácil de usar 2. O protótipo é fácil de aprender 3. O protótipo é claro e fácil de entender 4. O protótipo é de fácil navegação
Percepção de utilidade	5. O protótipo é eficiente 6. O protótipo possui boa performance 7. O protótipo oferece produtividade 8. O protótipo é útil
Atitudes em relação ao uso ¹	9. Eu não gostei 10. Atitude favorável 11. Boa ideia 12. Ideia idiota
Intenção de uso	12. Possuo intenção de utilizar 13. Possuo intenção de reutilizar 14. Possuo intenção de utilizar no trabalho

Fonte: ECHEVERRÍA *et al.*, 2013.

¹ Este ponto se refere a uma versão do TAM anterior à versão final.

Já o SUS consiste em um questionário de dez questões específicas referentes à usabilidade, que é geralmente aplicado aos usuários logo após o uso do sistema. As respostas são dispostas na escala *Likert* de cinco opções e os usuários devem respondê-las de forma rápida, sem divagar muito em cada questão. Visto que as questões de número ímpar se referem aos pontos fortes do sistema e as de número par aos pontos fracos, para calcular a pontuação do sistema dentro do SUS, elas devem ser somadas de forma diferente. As de número ímpar recebem o valor marcado pelo usuário na escala *Likert* menos um. Já as de número par recebem o valor cinco, menos o valor marcado pelo usuário na escala *Likert*. Os pontos são somados e o resultado é multiplicado por 2,5, obtendo uma faixa de pontuação possível entre 0 e 100 (BROOKE, 1996). Segundo Bangor *et al.* (2009), se este valor estiver acima de 50,49 a usabilidade do sistema é considerada aceitável, acima de 71,4 é considerada boa, acima de 85,5 é excelente e a partir de 90,9 é a melhor imaginável.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão analisados trabalhos existentes envolvendo jogos sérios, NUI e matemática, que servirão como base de conhecimento para o desenvolvimento dos protótipos propostos neste estudo. Primeiramente será apresentado um estudo que demonstra o que os jogos podem oferecer para o ensino. A seguir, será relatada a experiência do uso de jogos em atividades curriculares para o ensino de matemática. Por fim, um jogo sério baseado em NUI para o ensino de matemática será apresentado.

4.1 O que se pode aprender com os jogos

Jogadores aprendem novas habilidades, percepções, atitudes ou até comportamentos em jogos que os desafiam a pensar, explorar e a reagir. Neste sentido, Lieberman (2006) buscou identificar o que se pode extrair dos jogos em termos de aprendizagem em diversos aspectos. Um aspecto analisado se refere à motivação para aprender. Jogadores gostam de experienciar objetivos desafiadores, de elementos que despertem sua curiosidade, de deter o controle da situação e da fantasia que os jogos oferecem.

O objetivo estabelecido pelo jogo é o seu principal elemento motivacional, pois aproximar-se dele gera uma sensação gratificante e um senso de eficácia e controle. O desafio de alcançá-lo aumenta a imersão e o envolvimento do jogador, especialmente quando o desafio é difícil (mas não impossível), quando há a possibilidade de perder e quando existe mais de um caminho possível para a vitória (LIEBERMAN, 2006).

No contexto de jogos sérios, o objetivo procura motivar as pessoas a aprender, inclusive aqueles que, em primeiro momento, não possuem interesse no assunto abordado no jogo. O interesse de tentar ganhar, extrínseco ao aprendizado, estimula a pessoa a jogar e, posteriormente, pode fomentar o desenvolvimento de um interesse intrínseco ao assunto em questão (LIEBERMAN, 2006).

A interatividade presente nos jogos também pode ser um elemento motivacional educacionalmente eficaz. Os jogadores, tipicamente, apreciam o ensino interativo e experimental, que dá a eles uma grande sensação de controle, que envolve-os em sucessivas tomadas de decisões, que fornece *feedback* contínuo para que possam acompanhar seu progresso e que lhes oferece ajuda e dicas quando existe alguma dificuldade com o conteúdo. Essa assistência flexível e personalizada permite os jogadores alcançarem melhorias

significativas para o aprendizado, criatividade e raciocínio para resolução de problemas (LIEBERMAN, 2006).

No aspecto de percepção e coordenação, a autora apresenta pesquisas que apontam que jogos podem elevar a coordenação visual-motora, a percepção espacial e as habilidades cognitivas de processamento, que envolvem dividir a atenção e o raciocínio em dois ou mais eventos simultâneos (GREENFIELD *et al.*, 1994), (GUNTER, 1998). Em outra pesquisa apresentada, Rosenberg *et al.* (2004) relatam que jogos de ação estimulam o desenvolvimento de habilidades de destreza manual e de respostas rápidas, que são habilidades importantes para conduzir cirurgias. Os autores constataram que os cirurgiões que jogavam jogos de ação ao menos três horas por semana, executaram suas atividades práticas de cirurgia laparoscópica com uma taxa de erro 37% menor e em uma velocidade 27% maior em relação aos demais.

Em relação ao raciocínio e à capacidade de resolução de problemas, os jogos possibilitam o desenvolvimento do estudo auto direcionado, uma vez que instigam os jogadores a prestar atenção, monitorar e avaliar suas próprias ações, formular estratégias, aplicar novos conhecimentos para situações desconhecidas e a controlar suas emoções (como a redução da ansiedade e o auto encorajamento). Desta forma, conseguem aprender novos meios de vencer, através de estratégias de tentativa e erro, de aprendizagem indutiva ou de reconhecimento de padrões que levam à descoberta de respostas (LIEBERMAN, 2006).

Do ponto de vista do conhecimento, o ensino é especialmente bem suportado quando o aluno consegue prosseguir ao seu próprio passo e nível, receber *feedback* de forma individualizada e construtiva, obter ajuda quando necessário e poder revisar o conteúdo até que se tenha total entendimento. Jogos sérios possuem potencial para englobar estas características. Para vencer, o jogador deve compreender atentamente o conteúdo e dominar completamente as habilidades necessárias, levando ao engajamento cognitivo profundo. Além disso, os jogadores ganham controle sobre o ambiente e podem visualizar as mudanças decorrentes de suas ações, como elas afetam o lado físico ou social representado no jogo, e como estes elementos estão relacionados (LIEBERMAN, 2006).

Pode-se ainda designar um personagem do jogo para atuar como agente pedagógico, servindo como um modelo, tutor ou guia de aprendizado, sendo ele um personagem ativo no jogo, ou apenas um auxiliar (LIEBERMAN, 2006).

O *feedback* individualizado proporcionado pelos jogos permite aos jogadores acompanhar sua performance, dando a eles um senso de autoconhecimento. O orgulho sentido

quando se é bem sucedido em um jogo aumenta a autoestima do jogador, pois a conquista foi resultado de suas decisões, habilidades e esforços. Outra vantagem proporcionada pelo *feedback* individualizado é a privacidade. Pessoas que ainda não possuem confiança sobre suas habilidades e que ficariam constrangidas em executá-las na frente de outras pessoas podem treiná-las e medi-las através dos jogos e expô-las a outras pessoas apenas quando se sentirem prontos. Quando conseguem, além do orgulho sobre sua conquista, a aprovação social gerada pelas pessoas também aumentam sua autoestima (LIEBERMAN, 2006).

Quanto aos aspectos sociais, apesar de muitas vezes o jogo ser visto como uma atividade solitária, deve-se considerar todo o ambiente social envolvido. Além dos jogadores muitas vezes reúnem amigos ou familiares para uma partida, eles também gostam de discutir e compartilhar estratégias e progressos referentes aos jogos. O desejo em mostrar sabedoria e de ganhar aprovação social e admiração motivam os jogadores a aumentarem seus esforços para que continuem no centro das atenções. Outros fatores sociais motivadores são a competição e colaboração gerada em jogos multijogadores. A competição motiva um a superar o outro, enquanto que a colaboração instiga o esforço em prol do grupo (LIEBERMAN, 2006).

Atitudes e valores também podem ser ensinados através dos jogos. Jogadores que aprendem de forma prazerosa e produtiva tendem a desenvolver atitudes positivas em relação ao conteúdo aprendido fora do ambiente do jogo, e também em relação ao processo de aprendizagem com um todo. Esta possibilidade se intensifica se as recompensas oferecidas no jogo forem concedidas quando os jogadores fazem um bom trabalho em termos de aprendizado (LIEBERMAN, 2006).

A autora conclui que jogos podem motivar jogadores a alcançar, incitar confiança e estimular o raciocínio e a capacidade de resolução de problemas e, ainda, suportar o desenvolvimento de novos conhecimentos, habilidades e comportamentos. Assim, cabe aos desenvolvedores de jogos sérios conhecer bem seu público-alvo, saber claramente as lições que desejam ensinar e de que forma o jogo irá suportá-las (LIEBERMAN, 2006).

Por fim, a autora aponta que a maioria dos jogos avaliados em sua pesquisa utilizam dispositivos de interação tradicionais, como teclado, *mouse* e controles de *video game* comuns, e que novos métodos de interação irão trazer novos questionamentos em relação aos seus efeitos no ensino, enquanto que as questões fundamentais do processo de aprendizagem humana continuarão sendo relevantes (LIEBERMAN, 2006).

4.2 *Kinect*ions: Usando a tecnologia dos *video games* para ensinar matemática

Neste trabalho, Angotti e Bayo (2012) descrevem a implementação de um teste piloto em uma escola americana para a reformulação curricular do ensino de matemática das turmas de quinta a décima série. Criou-se um currículo que adiciona atividades envolvendo jogos comerciais desenvolvidos para o *video game* (console) Xbox 360 com o *Kinect*. Inicialmente esses jogos são voltados apenas ao entretenimento, sem propósitos educativos explícitos, posteriormente as tarefas realizadas no jogo são relacionadas ao contexto da matemática pelo professor. O objetivo principal do estudo é identificar fatores que possibilitem a utilização de jogos de *video game* como forma de aumentar a participação dos alunos na sala de aula e, ainda, desafiá-los matematicamente (ANGOTTI e BAYO, 2012).

Em um primeiro momento, os pesquisadores redefiniram e testaram o novo currículo em um ambiente de laboratório. Em seguida, o currículo foi testado por professores de matemática que se voluntariaram a aplicá-lo em suas turmas. Os resultados do experimento foram gerados a partir da opinião dos professores voluntários, da percepção de engajamento da turma e dos problemas observados na implantação (ANGOTTI e BAYO, 2012).

Os professores voluntários identificaram que o uso de *video games* aplicados ao ensino de matemática aumentou a motivação e o envolvimento dos alunos. Entretanto, isto gerou reclamações por parte dos alunos das turmas que não participaram do experimento, criando tensão entre os professores voluntários e os demais. Outra questão apontada pelos professores voluntários foi a dificuldade em retomar o foco da turma após as atividades que envolviam o uso dos jogos (ANGOTTI e BAYO, 2012).

Assim, redefiniu-se o currículo para que as atividades com jogos, ou tivessem maior alternância entre as atividades convencionais, ou ocorrerem em períodos distintos, sendo um período só para atividades com jogos e outro período de atividades convencionais (ANGOTTI e BAYO, 2012).

No experimento foi utilizado seis *video games* funcionando ao mesmo tempo dentro da mesma sala de aula. Visto que os alunos precisavam ficar entre 6 a 8 pés de distância do aparelho, os professores voluntários reportaram dificuldade em circular pela sala de aula para supervisionar a atividade, muitas vezes esbarrando nos alunos que estavam ativamente imersos na tarefa. Outra dificuldade percebida pelo uso de mais de um aparelho dentro do mesmo ambiente, foi a de conseguir identificar o som emitido por cada jogo individualmente, embora isso aparentemente não tenha incomodado os alunos, foi uma questão problemática

para os professores. Por fim, os pesquisadores apontaram que o uso de jogos “de prateleira” para o ensino é limitando, pois são criados com o propósito de entreter, indicando que o desenvolvimento de jogos focados no ensino pode trazer ganhos ainda maiores (ANGOTTI e BAYO, 2012).

4.3 Xdigit: Um jogo de aritmética com o *Kinect* para melhorar a experiência de ensino da matemática

Xdigit é um jogo sério criado por Lee *et al.* (2012), cuja proposta é suportar e melhorar a experiência de ensino de matemática e de aritmética cognitiva e, ainda, aprimorar as habilidades relacionadas à resolução de problemas de alunos do ensino fundamental (LEE *et al.*, 2012).

O jogo se passa no espaço, onde o jogador deve combinar números e operações aritméticas para destruir meteoros que aparecem em seu caminho antes que colidam com sua espaçonave. Cada meteoro é associado a um valor numérico e sua proximidade em relação à espaçonave é representada por um temporizador. Para destruí-lo, o jogador precisa montar a expressão aritmética usando dois números (de 1 a 9) e uma operação (soma, subtração ou multiplicação), de forma que o resultado seja igual ao valor do meteoro. A interface do jogo fornece um dos números da expressão (o da direita do operador ou o da esquerda do operador), o jogador precisa selecionar o outro número e a operação para completar a expressão. Quando o resultado da expressão é igual ao valor meteoro, o mesmo é destruído e o jogador recebe pontos de acordo com o tempo que restou no temporizador. Caso o resultado da expressão seja diferente, ou se o temporizador chegar à zero, o meteoro atinge a nave, fazendo com que o jogador perca uma “vida” (representada por corações). O jogador perde a fase quando todos seus corações acabam e vence quando todos os meteoros são destruídos. A interface do jogo pode ser vista na Figura 11 (LEE *et al.*, 2012).



Figura 11 – Interface do *Xdigit*

Fonte: LEE *et al.*, 2012.

A interação com o jogo ocorre por meio de gestos corporais, os quais são apresentados na Figura 12. Os gestos de navegação servem para selecionar o número definido pelo jogador durante a partida, e são ativados inclinando o corpo para a direita ou para a esquerda. Os demais gestos são utilizados para indicar o operador desejado para a expressão aritmética e foram criados com base na forma de seu operador aritmético correspondente para que fossem fáceis de memorizar. Para confirmar a escolha do operador, o jogador deve manter a posição do gesto por 0,6 segundos. Desta forma, procura-se reduzir erros de interpretação no rastreamento dos gestos, evitar o disparo acidental de múltiplos gestos e, ainda, possibilitar que o usuário possa visualizar o operador selecionado, podendo reagir cancelando a operação se achar necessário (LEE *et al.*, 2012).

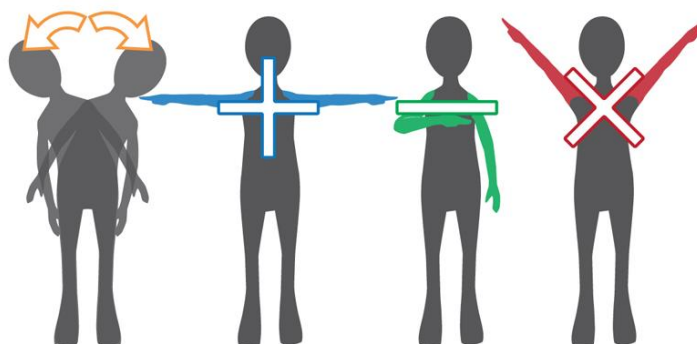


Figura 12 – Gestos do *Xdigit*: navegação, soma, subtração e multiplicação

Fonte: LEE *et al.*, 2012

Para detectar os gestos aplicou-se o conceito de colidores e gatilhos (*triggers*). Para o contexto do jogo, um colisor é um elemento que detecta quando o usuário encosta em uma determinada área da tela, podendo ainda ser programado para esperar por uma parte específica

do corpo do usuário (como a cabeça ou a mão direita por exemplo). Quando a colisão é detectada, dispara-se um gatilho, que é responsável por realizar alguma ação no sistema (como reconhecer um determinado gesto). Pode-se utilizar um conjunto de colisores e gatilhos para o reconhecimento de um único gesto, formando uma trilha de gatilhos (*trigger path*). Para completar um gesto representado por uma trilha de gatilhos, todos os gatilhos devem ser ativados ao mesmo tempo, ou em uma ordem previamente definida (LEE *et al.*, 2012).

No desenvolvimento do *Xdigit* utilizou-se o *Kinect* – para o rastreamento das partes do corpo do jogador – e o *Unity* (UNITY3D, 2014) – para implementação da mecânica do jogo e interface gráfica – combinado com um *plugin* chamado iTween (ITWEEN, 2014) – ferramenta de animação/interpolação (LEE *et al.*, 2012).

5. APRESENTAÇÃO DOS PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS

Neste capítulo serão apresentadas as quatro propostas de interações baseadas em NUI definidas e desenvolvidas neste estudo, bem como os protótipos de jogos sérios que as implementam. Primeiramente, será feita uma descrição das tecnologias utilizadas, seguido pelas estratégias adotadas no desenvolvimento dos protótipos. Por fim, são apresentadas cada uma das interações e seus protótipos e discutidas as principais técnicas aplicadas no desenvolvimento das mesmas.

5.1 Tecnologias aplicadas

As principais tecnologias aplicadas no desenvolvimento deste trabalho são o *Leap Motion*, como dispositivo de interação baseado em NUI, e o *Unity*, como ferramenta de desenvolvimento dos protótipos de jogos sérios.

5.1.1 *Leap Motion*

Conforme apresentado no capítulo 3, especificamente na seção 3.2.3.2, o *Leap Motion* é um dispositivo que permite a detecção e o rastreamento das mãos e dedos do usuário. Dentre as informações e funcionalidade oferecidas pelo *Leap Motion*, utilizou-se, no desenvolvimento deste trabalho, principalmente os dados de posição e orientação dos dedos e mãos, o *grab strength* e o *pinch strength*. Estas funcionalidades são descritas a seguir.

O *Leap Motion* detecta a posição da palma da mão do jogador e a posição dos ossos de cada um dos dedos, como mostra a Figura 13. As posições são dadas no eixo tridimensional, dentro do plano cartesiano do dispositivo. Estas posições podem ser convertidas para posições (bidimensionais) da tela do usuário utilizando métodos fornecidos no conjunto de classes da API do dispositivo.

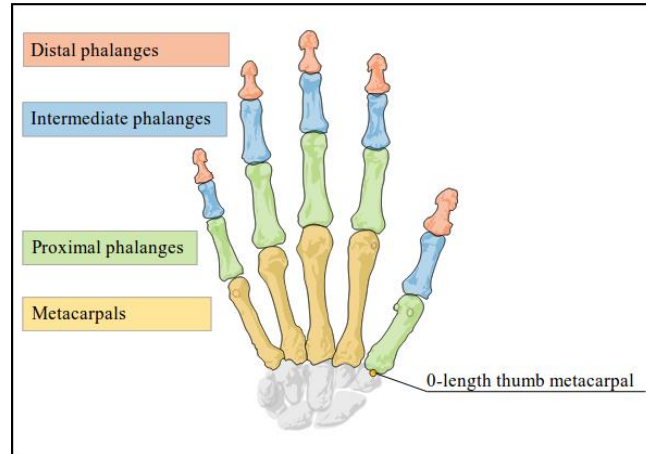


Figura 13– Ossos dos dedos identificados pelo *Leap Motion*.

Fonte: LEAP MOTION, 2014.

O *grab strength* é um valor que varia entre zero e um, representando o percentual de fechamento da mão, sendo zero quando a mão está aberta, tal como na Figura 14 (A) e um quando está completamente fechada, como demonstrado na Figura 14 (B).

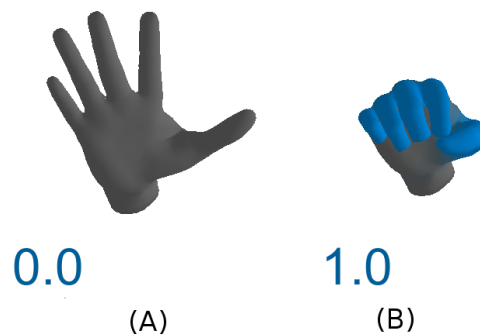


Figura 14 – (A) *Grab strength* de valor zero; (B) *Grab strength* de valor um.

Fonte: LEAP MOTION, 2014.

De forma similar ao *grab strength*, o *pinch strength* também é um valor que varia entre zero e um, mas que representa o percentual de *pinch* (movimento de pegar um objeto usando o polegar e o indicador, simulando uma pinça), sendo zero quando as pontas dos dedos polegar e indicador estão afastados, como mostra a Figura 15 (A), e um quando estão completamente unidas, conforme ilustra a Figura 15 (B).

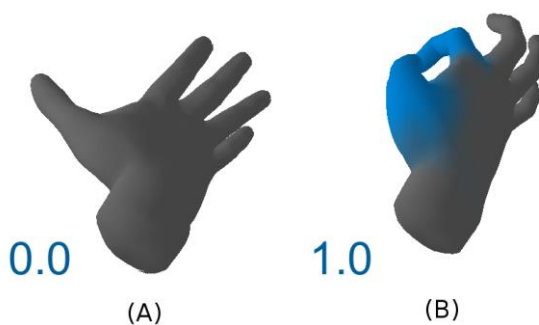


Figura 15 – (A) *Pinch strength* de valor zero; (B) *Pinch strength* de valor um.

Fonte: LEAP MOTION, 2014.

O *Leap Motion* foi escolhido como dispositivo de interação no desenvolvimento deste trabalho pois seu custo é menor em relação ao *Kinect* (logo pressupõem-se que seja mais fácil para as escolas o adquirirem) e por oferecer maior precisão de rastreamento das mãos e dedos do jogador. Além disso, o *Leap Motion* possui compatibilidade com os principais sistemas operacionais (*Windows*, *Linux* e *Mac*) e suporte nativo à diversas linguagens de programação (*JavaScript*, *C#*, *C++*, *Java*, *Python* e *Objective-C*) e à ferramenta *Unity* (LEAP MOTION, 2014). O suporte ao *Unity* foi um grande diferencial, facilitando a integração dos conceitos de NUI (através do *Leap Motion*) com os conceitos de jogos sérios (por meio do *Unity*).

5.1.2 *Unity*

O *Unity* é um ecossistema de desenvolvimento de jogos associado a um mecanismo de renderização e um conjunto de ferramentas que possibilitam a criação de conteúdos interativos em ambiente 2D e 3D (UNITY3D, 2014). Seu *game engine* abstrai diversas funções de processamento gráfico e de simulação de física que, aliado com uma interface amigável e intuitiva, facilitando o desenvolvimento de jogos dos mais diversos gêneros (PASSOS *et al.*, 2009).

Os scripts desenvolvidos para o *Unity* são executados através de uma versão da biblioteca *Mono* (uma implementação de código aberto do *framework .Net* da *Microsoft*) (MONO, 2014), desta forma podem ser escritos em *JavaScript*, *C#* ou *Boo* (um dialeto de *Python*), além de possibilitar a compilação dos jogos para múltiplas plataformas (como PC, consoles e dispositivos móveis) (PASSOS *et al.*, 2009).

Pode-se adicionar *plugins*, componentes (chamados de *Assets*) e bibliotecas de terceiros aos projetos criados no *Unity* para estender suas funcionalidades. Esta característica é favorável para sua integração com o *Leap Motion*.

O *Unity* é utilizado por profissionais independentes, pequenos e grandes estúdios (como o *Cartoon Network*, *Coca-Cola*, *Disney*, *Electronic Arts*, *LEGO*, *Microsoft*, *NASA*, *Nexon*, *Nickelodeon*, *Square*, *Ubisoft* e *Warner Bros*). Atualmente totalizando cerca de 3,3 mil desenvolvedores cadastrados e 600 mil jogadores, atingindo uma fatia de 45% de participação no mercado global de *game engines*. A ferramenta possui duas versões: a versão gratuita, que pode ser usada por tempo indeterminado com algumas limitações, e a versão completa (*Unity PRO*), que custa \$1.500,00 ou \$75,00 mensais. Tanto a versão gratuita quanto a versão paga podem ser instaladas em sistemas operacionais *Windows* e *Mac OS X* (UNITY3D, 2014).

Assim, os protótipos desenvolvidos neste trabalho foram desenvolvidos de forma a explorar os pontos fortes de cada tecnologia. O *Unity* como ferramenta de desenvolvimento de jogos sérios, e o *Leap Motion* como meio de interação baseado em NUI.

5.2 Estratégias aplicadas no desenvolvimento dos protótipos

Após o estudo sobre NUI apresentado no capítulo 3, foram desenvolvidas quatro formas de interação aplicáveis a jogos sérios que possam ser disponibilizados como objetos de aprendizagem para auxiliar processo de ensino de matemática.

A mecânica de cada interação foi pensada para que pudesse oferecer motivação e engajamento e, ainda, seguir as recomendações de desenvolvimento de interações baseadas em NUI (discutidas na seção 3.1), dentro do que o *Leap Motion* oferece de melhor em termos de detecção e reconhecimento de mãos.

Outra estratégia adotada no desenvolvimento dos protótipos foi a customização. Definiu-se que todos os protótipos deveriam ser altamente customizáveis, podendo ser adaptados de forma a abranger diferentes conteúdos e anos escolares, sem a necessidade de se alterar o código-fonte.

Apesar do foco dado ao desenvolvimento dos protótipos criados neste trabalho ter sido mais direcionado à mecânica das interações, aplicou-se alguns elementos de jogos sérios citados por Lieberman (2006) (estudados na seção 4.1 deste trabalho) comuns a todos os protótipos, como: definição de um objetivo, possibilidade de criar níveis com diferentes dificuldades e *feedback* contínuo para acompanhamento do progresso do jogador.

Em todos os protótipos os objetivos são customizáveis, para que possam ser ajustados conforme o grau de conhecimento dos jogadores. O objetivo principal é sempre relacionado ao conteúdo que se pretende ensinar. Além do objetivo principal, os protótipos

contam com um objetivo secundário: finalizar o nível o mais rápido possível para obter uma medalha de tempo (que pode ser de ouro, prata ou bronze, conforme a velocidade do jogador). A descrição do objetivo principal e o tempo necessário para conquistar cada medalha (que também é customizável) são apresentados ao jogador antes do nível ser iniciado.

Sempre que um jogador informa algum tipo de resposta durante o jogo, lhe é gerado um *feedback* indicando se sua resposta está correta ou não. Além disso, os protótipos possuem um sistema de pontuação, que mostra o número de acertos e erros do jogador, para que possa acompanhar seu progresso tanto durante a execução do nível, quanto na tela de exibição do resultado final (que é apresentada ao final do nível).

O uso de *feedback* contínuo também é utilizado para acompanhar o rastreamento das mãos e dedos do jogador. Em todos os protótipos o jogador pode visualizar a posição de suas mãos e dedos detectados pelo dispositivo em tempo real, podendo assim corrigir movimentos indesejáveis.

5.3 Apresentação das interações

Uma vez estabelecidas as estratégias adotadas no desenvolvimento dos protótipos, iniciou-se a codificação das quatro interações propostas neste trabalho: interação “Maior e Menor”, interação “Ordenação”, interação “Medidas” e interação “Classificação”, que serão individualmente apresentadas a seguir.

5.3.1 Interação Maior e Menor

Nesta interação dois valores são apresentados na tela, um no lado esquerdo e outro no lado direito. O jogador deve usar sua mão para imitar a forma dos símbolos matemáticos de maior e menor para comprar os valores, informando se o número da esquerda é maior ou menor que o da direita. Se a opção desejada for o símbolo de maior, o jogador deve abrir seu polegar e indicador da mão direita, com o polegar apontando para esquerda, como mostra a Figura 16 (A). Para o símbolo de menor, a mesma posição deve ser feita usando a mão esquerda, com o polegar apontando para direita, como mostra a Figura 16 (B). Para confirmar a escolha de sua opção, o jogador deve manter a mão na posição por três segundos. O funcionamento desta interação pode ser visto no vídeo “Interação Maior e Menor”².

² Disponível em: <http://youtu.be/7eLjV0Pt0nM>

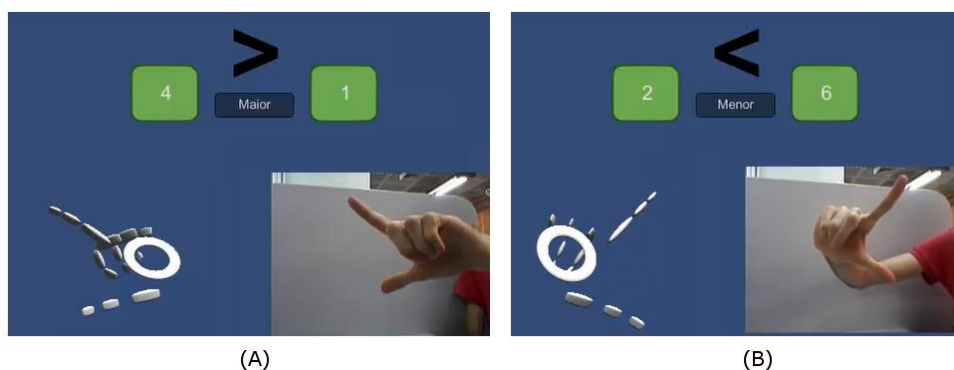


Figura 16 – (A) Posição da mão para a opção maior; (B) Posição da mão para a opção menor.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Após a confirmação da opção, a aplicação indica se a mesma está correta ou incorreta, os valores apresentados são descartados e novos valores são apresentados para serem comparados. Quando não houver mais nenhum valor a ser exibido, o nível termina mostrando o tempo total utilizado para finalizá-lo, a medalha de tempo conquistada (se houver), o número de comparações corretas e o número de comparações incorretas.

Visto que os elementos apresentados nesta interação podem ser customizados (podendo ser numéricos, alfanuméricos ou até imagens), pode-se aplicá-la para o ensino de diferentes conteúdos, como: comparação de números inteiros, números reais, frações, distâncias, pesos, volumes, entre outros.

5.3.2 Interação Ordenação

O objetivo desta interação é colocar em ordem os elementos apresentados na tela. Para isto, o jogador deve pegar, arrastar e soltar os elementos com a sua mão. A ação de pegar é realizada quando o jogador posiciona sua mão aberta sobre o elemento desejado e, em seguida, fecha a mão completamente. Enquanto o jogador permanecer com a fechada o elemento será arrastado pela tela seguindo os movimentos de sua mão. Ao abrir a mão o elemento é solto. Uma demonstração de como estas ações são realizadas pode ser vista na Figura 17 ou no vídeo “Interação Ordenação”³.

³ Disponível em: <http://youtu.be/nH0fZqtLako>

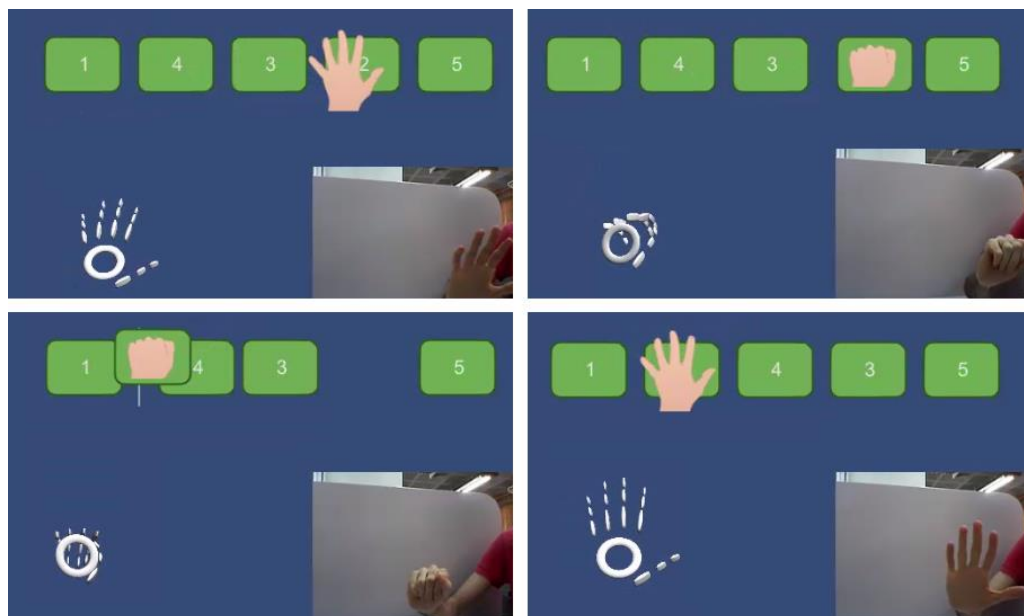


Figura 17 – Movimentos realizados para pegar, arrastar e soltar um elemento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Quando um elemento é solto em uma posição de troca (posicionado entre dois outros elementos ou ao lado do primeiro ou do último elemento) a aplicação reorganiza a posição de todos os elementos, colocando o elemento solto na posição desejada, e incrementa o número de movimentos realizados. Se o elemento for solto fora de uma posição de troca, ele será movido para sua posição anterior (posição que estava antes de ser pego pelo jogador).

Quando todos os elementos estiverem na ordem correta o nível termina mostrando o tempo total utilizado para finalizá-lo, a medalha de tempo conquistada (se houver) e o número de movimentos realizados.

Assim como na interação “Maior e Menor”, os elementos apresentados nesta interação também são customizáveis (podendo ser numéricos, alfanuméricos ou imagens). Além dos exemplos de aplicações voltados para a área da matemática citados na apresentação da interação “Maior e Menor”, a interação “Ordenação” também pode ser utilizada para ensinar a sequência correta das etapas de um processo qualquer, a ordem cronológica de determinados acontecimentos, ou qualquer outro conteúdo que possua a ideia de ordem.

5.3.3 Interação Medidas

Na interação “Medidas” o jogador é desafiado a tirar as medidas de determinados pontos de uma imagem para resolver problemas matemáticos. O jogador pode fazer as medições utilizando uma ou as duas mãos. Se apenas uma mão for utilizada, a aplicação exibe

a distância entre o dedo polegar e o dedo indicador, como mostra a Figura 18 (A). Ao usar as duas mãos, a distância exibida é a distância entre os dois dedos indicadores do jogador, como mostra a Figura 18 (B). O funcionamento desta interação pode ser visualizado no vídeo “Interação Medidas”⁴.

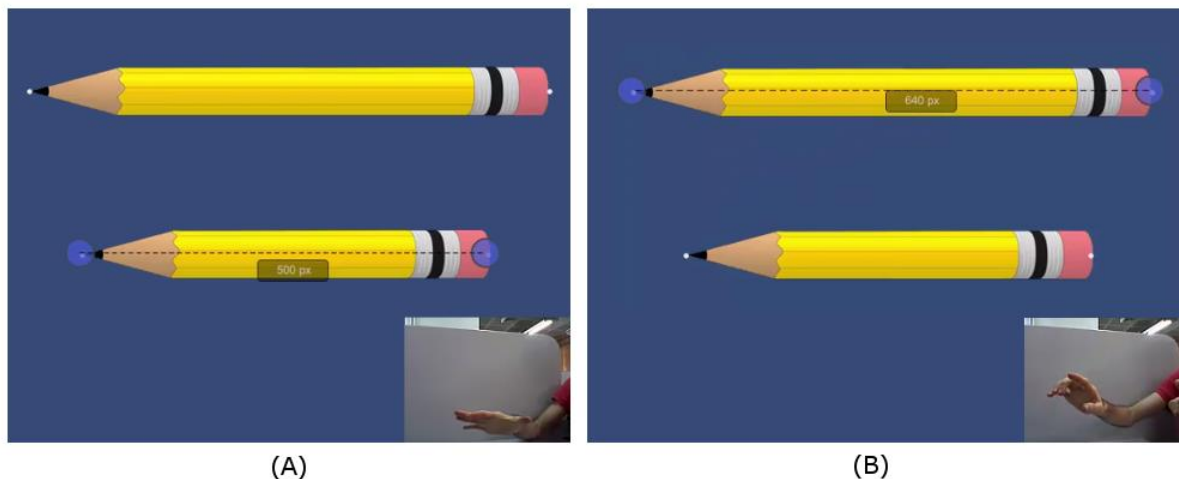


Figura 18 – (A) Medição com uma mão; (B) Medição com as duas mãos.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Se o jogador quiser salvar uma medida, basta que mantenha sua(s) mão(s) parada(s) na posição da medida que pretende salvar durante quatro segundos que a medida ficará visível no canto direito na tela. Assim, poderá consultá-la posteriormente para efetuar os cálculos solicitados no problema.

Quando o jogador identifica que realizou todas as medidas necessárias para responder o problema proposto, ele deve fazer o gesto de clicar (aproximar e afastar rapidamente o dedo da tela) sobre a barra superior onde o problema está descrito. As alternativas de resposta são apresentadas, e o jogador deve selecionar a que julga que é a alternativa correta (usando o gesto de clicar).

No momento em que uma alternativa é selecionada o nível é encerrado, mostrando o tempo total utilizado para finalizá-lo e, caso tenha selecionado a alternativa correta, a medalha de tempo conquistada (se houver). Pode-se configurar uma mensagem a ser exibida ao jogador quando a resposta selecionada é a resposta certa (parabenizando o jogador, por exemplo), e uma mensagem quando a resposta está errada (explicando como chegar na solução correta, por exemplo).

⁴ Disponível em: <http://youtu.be/IX21bZlutbw>

Esta interação pode ser usada para o ensino de operações matemáticas com números inteiros ou reais, conversão de medidas de distância, geometria, cálculos de velocidade média e tempo de percurso, ou qualquer outro problema que envolva a coleta de valores de tamanho ou distância.

5.3.4 Interação Classificação

A interação “Classificação” consiste em lançar elementos em seus alvos correspondentes. Pode-se, por exemplo, definir um alvo de números pares e outro de ímpares, fazendo com que o jogador lance os números que lhe são apresentados no alvo correto. Para lançar um elemento o jogador deve primeiramente pegá-lo, levando sua mão até ele com os dedos abertos e, em seguida, fazer o movimento de *pinch*, aproximando o dedo indicador do polegar até que se encostem. Sem abrir os dedos, o jogador deve puxar o elemento e movimentar sua mão para mirar no alvo desejado. Quanto mais para trás o elemento for puxado, maior será a força aplicada no momento do lançamento. Para lançar o elemento, basta que o jogador abra seus dedos, afastando completamente o dedo indicador do polegar. As etapas de pegar, puxar e lançar podem ser vistas na Figura 19 ou no vídeo “Interação Classificação”⁵.

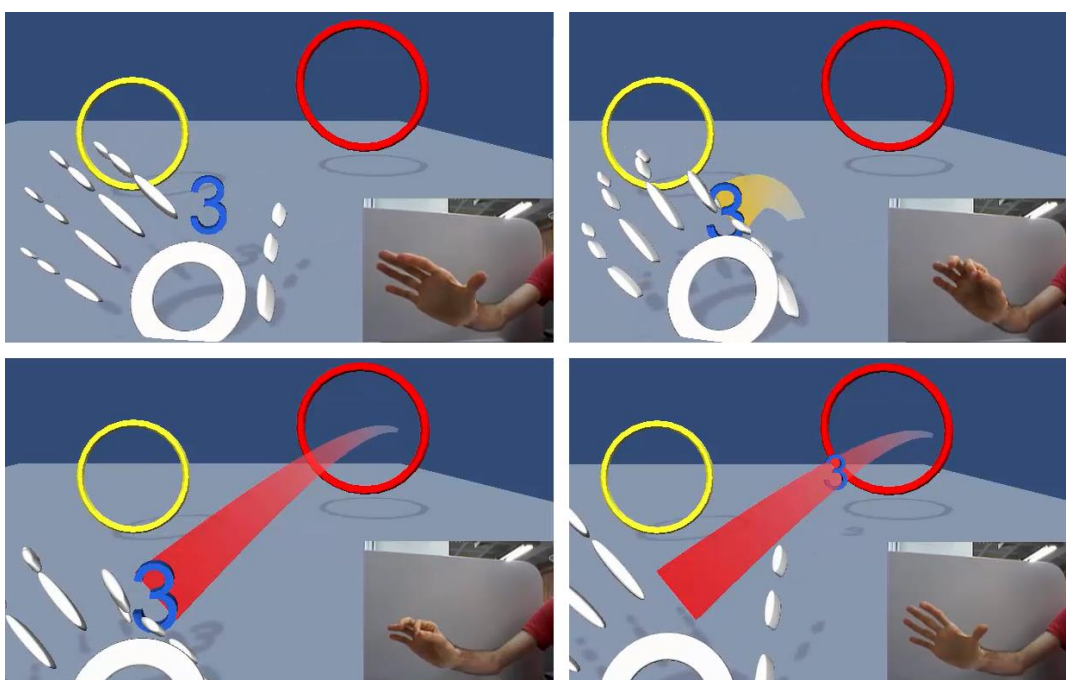


Figura 19 – Ações de pegar, puxar e lançar um elemento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

⁵ Disponível em: <http://youtu.be/wHxvt7FioI4>

Quando o elemento lançado atingir um alvo, o sistema irá contabilizar um acerto para o jogador se o alvo atingido for o alvo esperado, ou um erro se não for o alvo esperado. Caso o elemento não atinja nenhum alvo é contabilizado uma jogada “para fora”. O nível termina quando não houver mais elementos para se lançar, mostrando o tempo total utilizado para finalizá-lo, a medalha de tempo conquistada (se houver), o número de acertos e erros de cada alvo e o número de jogas “para fora”.

Através desta interação pode-se criar jogos que ensinem a classificação de números (como pares e ímpares, primos e não primos e naturais, inteiros e reais), de formas geométricas (como tipos de triângulos e tipos de polígonos) e até conteúdos de outras áreas do conhecimento como: separação de lixo (em reciclável, não reciclável e orgânico, por exemplo), classificação de animais (como vertebrados e invertebrados), classificação de tempos verbais (passado, presente e futuro) ou qualquer outra forma de classificação.

5.4 Técnicas aplicadas no desenvolvimento das interações

Nesta seção são apresentadas as principais técnicas aplicadas no desenvolvimento das interações como um todo, como: customização via arquivos XML, menu dinâmico e adaptadores para comunicação com os dispositivos. Em seguida, serão descritas técnicas específicas utilizadas em cada uma das interações.

Para permitir que os protótipos sejam customizáveis, definiu-se a criação de um arquivo XML para cada nível. Nestes arquivos XML são mantidas informações referentes aos objetivos dos níveis, tempo para conquistar cada medalha de tempo, além das configurações específicas de cada interação. Além disso, os dados contidos no XML possibilitam a customização do conteúdo abordado no jogo, permitindo, inclusive, que sejam utilizados para o ensino de outras matérias além da matemática.

Visto que cada interação possui uma pasta (diretório) individual própria, e que cada nível de uma interação está relacionado a um arquivo XML dentro desta pasta, criou-se um menu dinâmico para a escolha dos níveis. A tela inicial do menu apresenta o nome das quatro interações desenvolvidas, conforme ilustra a Figura 20 (A). Quando uma interação é selecionada, o sistema exibe todos os níveis existentes em sua pasta, como mostra a Figura 20 (B). Para criar um novo nível, basta adicionar um novo arquivo XML na pasta da interação desejada, conforme mostra a Figura 20 (C). O nível criado ficará disponível na próxima vez que o menu for carregado.

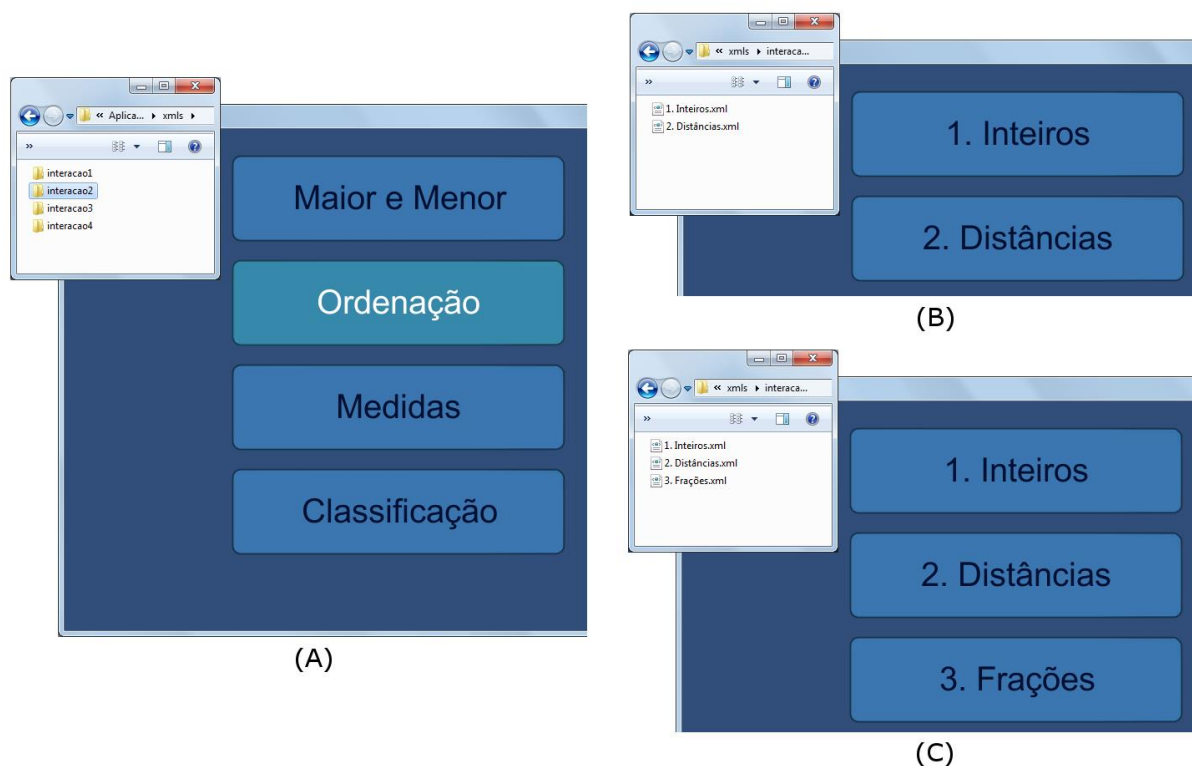


Figura 20 – (A) Tela inicial do menu com as quatro interações; (B) Níveis da interação selecionada; (C) Criação de um novo nível para a interação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Os arquivos XML também permitem configurar qual meio de interação que se deseja utilizar no nível. Embora tenha-se optado por utilizar o *Leap Motion* como meio de interação, aplicou-se o conceito de adaptadores da engenharia de software (GAMMA *et al.*, 1994) para realizar a comunicação com o dispositivo. Assim, foram criadas classes abstratas genéricas que implementam as funcionalidades básicas da interação (que independem do dispositivo utilizado) e classes específicas para a comunicação com o dispositivo. Desta forma pode-se facilmente estender as classes para outros dispositivos de NUI, tal como o *Kinect*. Como forma de testar esta abstração, todos os protótipos desenvolvidos foram criados para funcionar tanto com o *Leap Motion*, quanto com um *mouse* convencional.

A seguir, são apresentadas em detalhe as técnicas específicas aplicadas a cada uma das interações desenvolvidas.

5.4.1 Interação Maior e Menor

Nesta interação aplicou-se o conceito de mapeamento convencional (discutido na seção 3.1), associando a forma de posicionamento das mãos e dedos do jogador com a forma

de símbolos matemáticos. Para realizar esta tarefa utilizou-se a identificação da orientação da ponta dos dedos do jogador e o tipo de mão detectada (direita ou esquerda).

No Apêndice A são apresentados exemplos de arquivos XML contendo a configuração de níveis para esta interação. Através do arquivo XML é possível alterar (na *tag* “Solucao”) a forma de posicionamento das mãos e dedos para cada símbolo matemático, indicando se a mão utilizada para realizar o símbolo deve ser a mão esquerda ou a direita (*tag* “tpMao”), para onde cada dedo deve apontar (esquerda, direita, baixo, cima, frente ou trás, através da *tag* “direcaoPonta”) e se o dedo deve estar aberto ou não (*tag* “aberto”). Todas essas *tags* são opcionais, sendo aceito qualquer valor quando não forem informadas.

Durante a execução do protótipo é verificado, a cada instante, se a mão do jogador está de acordo com todas as *tags* definidas para uma das opções de solução. Para evitar que selecione uma opção por engano, o jogador deve manter a mão na posição por três segundos (este tempo pode ser alterado por meio da *tag* “tempoConfirmarSolucao”) para confirmar a seleção da opção.

A definição dos elementos apresentados na interação também é realizada através do arquivo XML do nível (na *tag* “opcoesPossiveis”). Para inserir uma imagem como valor de um elemento, basta colocar seu nome e extensão (no formato PNG) na *tag* “string” e copiá-la para a pasta de imagens da aplicação. Para possibilitar a comparação entre imagens, números e palavras, a ordem de grandeza dos elementos é dada pela ordem em que os elementos estão descritos dentro da *tag* “opcoesPossiveis”, sendo o valor da primeira *tag* “string” o menor elemento e o valor da última o maior elemento.

5.4.2 Interação Ordenação

A interação “Ordenação” implementa o conceito de mapeamento isomórfico físico-físico, utilizando o rastreamento da posição da mão mais próxima da tela para reproduzir seus movimentos e o *grab strength* para detectar as ações de pegar e soltar um elemento quando o jogador abre ou fecha a mão.

Assim como na interação “Maior e Menor”, a configuração dos valores dos elementos apresentados nesta interação também é feita através do arquivo XML do nível (por meio da *tag* “opcoes”), que, da mesma forma, permite valores numéricos, palavras ou imagens (definidas da mesma maneira). A ordem em que os valores são descritos na *tag*

“opcoes” é a ordem final que o jogador deve realizar para completar o nível. No Apêndice B são apresentados exemplos de arquivos XML para a interação “Ordenação”.

5.4.3 Interação Medidas

No desenvolvimento desta interação aplicou-se o conceito de mapeamento metafórico da ação de medir dois pontos de um objeto utilizando as mãos. Para realizar as medidas é utilizado apenas a posição da ponta dos dedos polegar e indicador, no modo de medição com uma mão, e a posição da ponta dos dois dedos indicadores, na medição com as duas mãos.

A definição da imagem que contém os pontos a ser medidos é feita através do arquivo XML do nível, através da *tag* “imagem” como é feito nas interações apresentadas anteriormente (escrevendo o nome e extensão da imagem e copiando-a dentro da pasta de imagens da aplicação). A pergunta para o problema proposto (*tag* “pergunta”), as alternativas de resposta (*tag* “alternativas”) e a resposta certa (*tag* “resposta”) também são especificadas no arquivo XML do nível, como pode-se observar nos exemplos fornecidos no Apêndice C.

A distância entre um ponto de medida e outro é dada pela quantidade de pixels da imagem existente entre eles, que pode ser multiplicada por um fator de conversão definido no arquivo XML do nível (na *tag* “multiplicadorUnidadeMedida”). Também pode-se especificar a direção em que serão realizadas as medidas (horizontal, vertical ou todas incluindo as diagonais, pela *tag* “tpMedicao”), a quantidade de casas decimais utilizada no arredondamento das medidas (*tag* “casasDecimais”) e a unidade de medida que deve ser utilizada (*tag* “unidadeMedida”).

Para salvar uma medida, empregou-se o mesmo mecanismo da interação “Maior e Menor” para confirmar a seleção de uma opção, mantendo as mãos na posição por um determinado período de tempo. Desta forma evita-se que o jogador salve medidas indesejadas por engano.

Para certificar-se que a medição feita pelo usuário seja exatamente a medição esperada, foram definidas duas técnicas que podem ser utilizadas de forma separada ou em conjunto. A primeira delas foi definir uma espécie de grade invisível, onde os pontos de medida devem estar sempre posicionados no ponto mais próximo de intersecção entre uma linha e uma coluna da grade. A Figura 21 mostra as posições de medida antes (pontos A e B) e depois (pontos C e D) do algoritmo de posicionamento na grade ser executado. A altura das

linhas e a largura das colunas da grade são definidas no arquivo XML do nível (*tags* “alturaPontos” e “larguraPontos”).

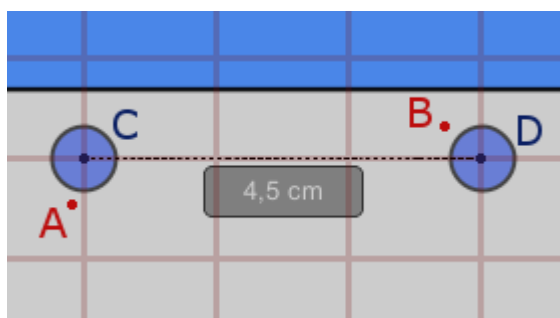


Figura 21 – Funcionamento do algoritmo de posicionamento na grade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Na segunda técnica criou-se o conceito de pontos-chave. Um ponto-chave consiste na posição de um determinado pixel da imagem que “atrai” os pontos de medida que entram em seu raio de atração. A lista de pontos-chave é definida no arquivo XML do nível do jogo (*tag* “pontosChave”), juntamente com o raio de atração dos pontos (*tag* “raioAtracaoPontosChave”). Quando um ponto de medida entra no raio de atração de um ponto-chave, a posição do ponto de medida passa a ser a posição do ponto chave. A estratégia de posicionamento por pontos-chave tem prioridade sobre a estratégia de posicionamento por grade. Na Figura 22 pode-se verificar que o ponto A estava dentro do raio de atração do ponto-chave K1, logo sua posição passou a ser a posição de K1. Já o ponto B não estava dentro do raio de atração de nenhum ponto-chave, portanto foi posicionado dentro da grade (ponto C).

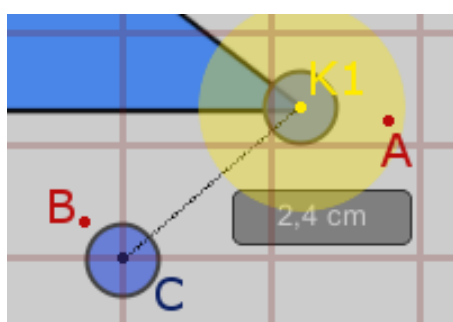


Figura 22 – Funcionamento do algoritmo de posicionamento por pontos-chave.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

5.4.4 Interação Classificação

Esta interação utiliza o conceito de mapeamento convencional, associando os movimentos de pegar, puxar e soltar para lançar um objeto, presentes em experiências

anteriores com arco e flechas e estilingues. Os movimentos são identificados pelo rastreamento da posição da mão mais próxima da tela, já as ações de pegar e soltar são detectadas pelo *pinch strength*, quando o jogador aproxima ou afasta os dedos indicador e polegar.

Os alvos são especificados no arquivo XML do nível (*tag* “alvos”), onde é informado o nome, cor, tamanho, posição e rotação de cada alvo, bem como os elementos que fazem parte de sua classificação. Além disso, pode-se configurar a posição e rotação inicial do elemento a ser lançado (*tags* “posicaoInicial” e “rotacaoInicial”, o multiplicador de força aplicado no momento do lançamento (*tag* “multiplicadorForca”), o tamanho da linha de previsão de trajeto (*tag* “tamanhoElastico”) e se as jogadas “para fora” devem descartar o elemento lançando ou possibilitar outra tentativa de lançamento (*tag* “repetirAoErrarAlvo”). No Apêndice D são apresentados dois exemplos de configuração de arquivo XML para esta interação.

Para a aplicação da física presente no protótipo desta interação, foram utilizadas classes da API do *Unity* específicas para este propósito, aplicando gravidade, força, controlando a velocidade e detectando a colisão do elemento com o chão. Entretanto, a colisão do elemento com os alvos teve que ser realizada através de uma adaptação do *script* descrito em (UNITY3D WIKI, 2012), pois a detecção feita pelas classes do *Unity* nem sempre funcionava devido à alta velocidade que o elemento pode chegar.

Um ponto desafiador na implementação desta interação foi estabilizar a posição do elemento enquanto o jogador abre os dedos para lançá-lo, visto que, enquanto o elemento é puxado, sua posição é dada pelo ponto médio de distância entre a posição da ponta dos dedos indicador e polegar. Quando o jogador abre os dedos para lançar o elemento, esta posição sofre variações que podem alterar significativamente seu trajeto.

Para evitar este problema, antes do jogador abrir os dedos, grava-se a diferença entre a posição do ponto médio anteriormente calculado e a posição da palma da mão. No momento em que os dedos forem abertos, desconsidera-se o ponto médio e utiliza-se a posição da palma da mão somada ao valor gravado no passo anterior. Assim, mesmo que a posição do indicador e do polegar sofram variações durante o processo de lançamento, o uso da posição da palma da mão como base estabiliza a posição. Este processo também evita o efeito de “travada”, caso se optasse por apenas usar o ponto médio gravado antes dos dedos serem abertos, sem relacioná-lo com a posição da palma (visto que o usuário ainda pode mover sua mão para ajustar melhor a mira, ao tempo que está abrindo os dedos para realizar o lançamento).

A Figura 23 (A) representa o instante antes dos dedos serem abertos, com o ponto médio (ponto M_1) entre a posição da ponta do dedo indicador e do polegar, relacionado com a posição da palma da mão (ponto B_1). Na Figura 23 (B), instante em que os dedos são abertos e a posição inicial de lançamento do elemento é calculada, pode-se observar o ponto L (ponto inicial de lançamento calculado), o ponto médio (ponto M_2) entre a nova posição da ponta do dedo indicador e do polegar e a posição da palma (ponto B_2) neste segundo instante, bem como o ponto M_1 do instante anterior para referência.

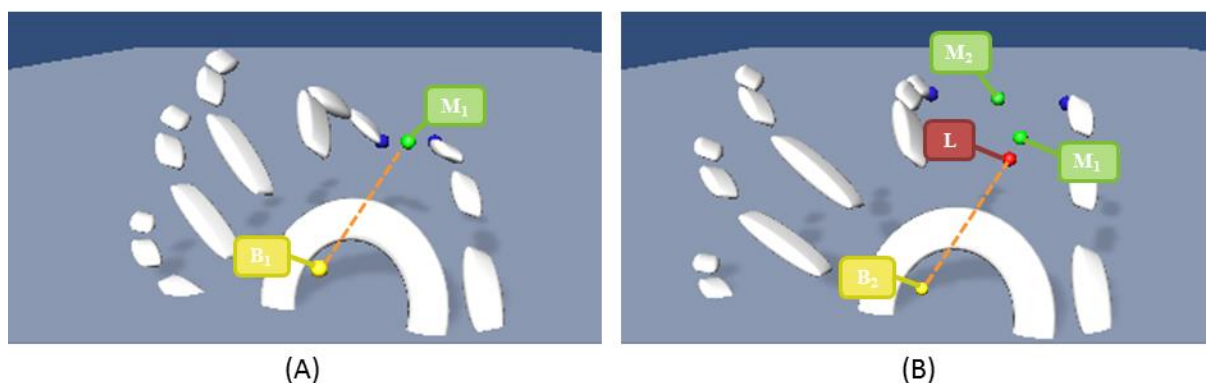


Figura 23 – (A) Pontos antes do lançamento; (B) Pontos ao iniciar o lançamento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Outro problema identificado durante os testes da interação foi a perspectiva da câmera em relação à linha que representa a previsão de trajeto (exibida durante a ação de puxar um elemento). Por ser uma aplicação tridimensional, o trajeto mostrado ao jogador, dependendo do ângulo de visão, dava a impressão que levaria o elemento até o alvo, quando, na realidade, atingia o chão antes de chegar no alvo. Isso ocorre pois a profundidade da linha de trajeto é pouco perceptível em monitores bidimensionais. Para contornar este problema foi adicionada uma segunda câmera, no canto inferior direito da tela, com uma visão lateral do cenário, como mostra a Figura 24.

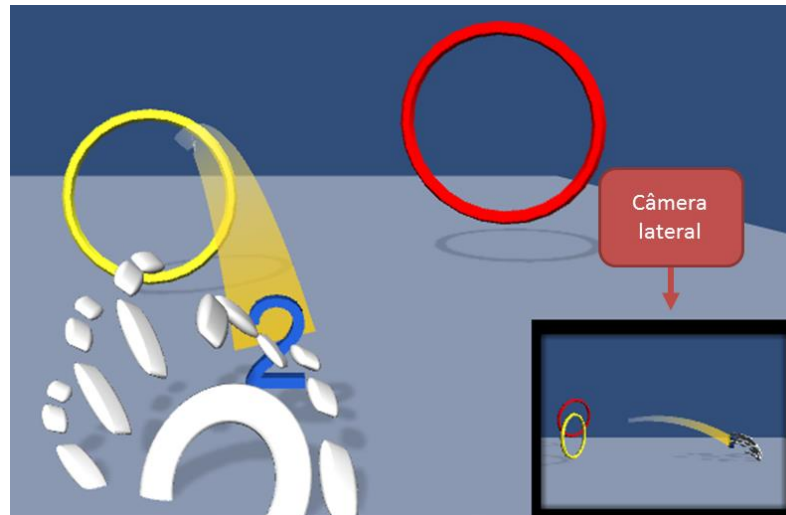


Figura 24 – Câmera lateral para visualizar a profundidade do cenário.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Ao finalizar a etapa de desenvolvimento de todas as interações e de seus protótipos, iniciou-se a fase de avaliação, com o intuito de verificar o grau de usabilidade de cada interação e se os protótipos criados podem servir de base para a produção de jogos sérios disponibilizados na forma de objetos de aprendizagem para o ensino de matemática.

6. AVALIAÇÃO DOS PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS

Este capítulo apresenta o processo de avaliação efetuado neste trabalho para verificar aspectos de **usabilidade**, **utilidade**, **aceitação** e **satisfação** das interações desenvolvidas. Primeiramente será descrita a metodologia utilizada na avaliação, seguido pela apresentação e análise dos resultados obtidos.

6.1 Metodologia

Esta seção detalha como foi estruturado o processo de avaliação das interações propostas. O objetivo principal da avaliação foi identificar se as interações desenvolvidas, associadas a elementos de jogos sérios, podem auxiliar no processo de ensino de matemática, gerando motivação e engajamento no conteúdo abordado. Além disso, a avaliação também se ocupou de verificar se as mecânicas de interações utilizadas possuem uma usabilidade adequada, visto que o *Leap Motion* é um dispositivo recentemente lançado.

Pelo foco da avaliação ser a mecânica das interações e pelos jogos sérios criados neste trabalho se tratarem de protótipos, optou-se por realizar uma avaliação por especialista. O especialista escolhido possui experiência pedagógica como professor há mais de vinte anos, doutorado em Informática na Educação pela UFRGS e mestrado em Ciência da Computação na PUCRS. Além disso, tem experiência na área de uso/desenvolvimento de tecnologias aplicados nos diferentes níveis de ensino.

O processo de avaliação foi construído com base nas metodologias apresentadas na seção 3.4 deste trabalho, em que são aplicados questionários aos usuários após a utilização da aplicação. Utilizou-se o TAM como forma de avaliar a aceitação da tecnologia proposta e o SUS para questões de usabilidade. Além disso, foram adicionadas algumas perguntas descritivas sobre a satisfação do especialista em relação às interações.

Uma das preocupações deste processo de avaliação foi verificar se o tempo de utilização do *Leap Motion* pode influenciar na usabilidade das interações. Então, para verificar se é necessário um tempo de experimentação até que se possa utilizar as interações com naturalidade foram criados dois modelos de questionário, aplicados em momentos distintos. Um aplicado após o primeiro contato com as interações, e outro após um período maior de experimentação.

No primeiro modelo de questionário aplicado (disponível no Apêndice E) as questões foram dispostas dentro das três seções de avaliação: **usabilidade**, **percepção de utilidade** e

satisfação. A **aceitação** é determinada pelas percepções de facilidade de uso (extraídas das questões de usabilidade) e de utilidade, conforme definido pelo TAM. Na seção de **usabilidade** estão contidas as dez questões definidas pelo SUS para mensurar e classificar a usabilidade das interações desenvolvidas. A seção de **percepção de utilidade** consiste em três questões que buscam avaliar o potencial de uso das interações em ambientes escolares para o ensino de matemática. Por fim, a seção de **satisfação** busca identificar a impressão do especialista ao utilizar as interações pela primeira vez. Nas duas primeiras seções as respostas são dadas na escala *Likert* de cinco opções, enquanto que na terceira as respostas são descritivas. Todas as seções são respondidas uma vez para cada interação.

O segundo modelo de questionário aplicado (disponível no Apêndice F) utiliza as mesmas questões das seções de **usabilidade** e **percepção de utilidade** do primeiro modelo de questionário a fim de verificar se há mudança de opinião após um tempo maior de experimentação das interações. Já a seção de **satisfação**, além de questionar a impressão do especialista após um período maior de experimentação, questiona também sua satisfação com as interações para fins pedagógicos e busca identificar pontos fortes e fracos da tecnologia empregada.

Além dos questionários, foi elaborada uma documentação para o especialista, contendo observações gerais, uma breve apresentação de cada interação desenvolvida e o cronograma de avaliação a ser seguido pelo mesmo. Este documento pode ser visto no Apêndice G.

Nas observações gerais da documentação foi descrito como conectar e posicionar o *Leap Motion*, algumas dicas para melhorar o reconhecimento das mãos pelo dispositivo (indicando como posicionar as mãos e o que pode interferir no campo de visão do dispositivo), bem como a apresentação das funcionalidades que não são visíveis no uso dos protótipos e que podem influenciar em algumas questões dos questionários (como a customização dos níveis via arquivos XML, tornando-os flexíveis para abordar diferentes conteúdos e anos escolares).

Na apresentação de cada interação foi descrito, de forma resumida, seu objetivo e como o jogador executa suas ações. Esta parte da documentação foi adicionada pois os protótipos não possuem um nível inicial de tutorial que ensina passo-a-passo o jogador a realizar as ações disponíveis no jogo.

Por fim, no cronograma de avaliação, foram definidas as datas e atividades do autor e do especialista para realização do processo de avaliação. Este cronograma é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Cronograma de avaliação.

Data	Responsável	Atividades
27/09/2014	Autor	<ul style="list-style-type: none"> ● Instalação do <i>software</i> do <i>Leap Motion</i> no computador utilizado para a avaliação; ● Instalação dos protótipos desenvolvidos no computador utilizado para a avaliação; ● Entrega dos questionários de avaliação para o especialista (Apêndices E e F); ● Breve apresentação dos protótipos para o especialista e entrega da documentação para o especialista (Apêndice G).
27/09/2014	Especialista	<ul style="list-style-type: none"> ● Primeiro dia de utilização das interações (10 a 20 min); ● Preenchimento do primeiro questionário (Apêndice E).
28/09/2014 a 02/10/2014	Especialista	<ul style="list-style-type: none"> ● Utilização dos protótipos por 10 a 20 minutos diários.
03/10/2014	Especialista	<ul style="list-style-type: none"> ● Último dia de utilização das interações (10 a 20 min); ● Preenchimento do segundo questionário (Apêndice F).
04/10/2014	Autor	<ul style="list-style-type: none"> ● Coleta dos questionários preenchidos; ● Análise prévia e comparação dos resultados; ● Entrevista com o especialista.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

No dia 04 de outubro de 2014, após a coleta dos questionários, definiu-se a realização de uma análise prévia dos resultados para identificar as questões com respostas negativas ou divergentes entre um questionário e outro. Foi programada uma entrevista com o especialista após esta análise, buscando entender, para as respostas divergentes, o que fez com que sua opinião mudasse e, para as respostas negativas, qual foi o principal fator que influenciou neste resultado.

6.2 Resultados da avaliação – Usabilidade, Utilidade e Aceitação

Conforme a programação estabelecida, os questionários preenchidos pelo especialista foram coletados no dia 04 de novembro de 2014. Os resultados do primeiro e do segundo questionário foram tabulados e analisados separadamente e, em seguida, comparados para avaliar, em cada interação, se é necessário um período de experimentação para que se possa utilizá-las com naturalidade.

A Tabela 2 apresenta os resultados de usabilidade das interações desenvolvidas para o questionário aplicado logo após o primeiro contato com as mesmas (Questionário 1 / Apêndice E) e para o questionário aplicado após o período de experimentação (Questionário 2 / Apêndice F). A pontuação de cada interação foi determinada pelo cálculo estabelecido no SUS e depois classificada conforme Bangor *et al.* (2009).

Tabela 2 – Classificação de usabilidade das interações propostas.

Interação	Questionário 1	Questionário 2
Maior e Menor	Boa (85 pontos)	Melhor imaginável (97,5 pontos)
Ordenação	Excelente (87,5 pontos)	Melhor imaginável (100 pontos)
Medidas	Aceitável (62,5 pontos)	Boa (85 pontos)
Classificação	Melhor imaginável (97,5 pontos)	Horrível (22,5 pontos)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Conforme mostra a Figura 25, com exceção da interação “Classificação”, a usabilidade das interações após o primeiro contato com as mesmas foi satisfatória, aumentando com certa relevância após o período de experimentação.

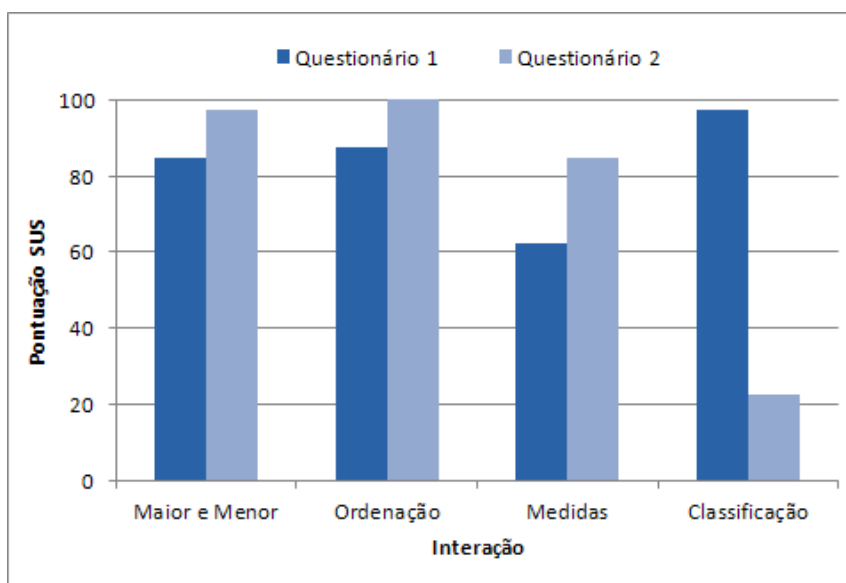


Figura 25 – Pontuação de usabilidade das interações no SUS para os questionários aplicados.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Na interação “Medidas” identificou-se, através da entrevista, que as quatro respostas negativas de usabilidade foram dadas em razão do especialista não saber que as medidas poderiam ser feitas utilizando as duas mãos, dificultado o uso da interação em medições de maior distância. Apesar desta informação estar contida na documentação entregue ao especialista, a implementação de tutorial (no protótipo desenvolvido) apresentando e

ensinando passo-a-passo ao jogador as ações disponíveis na interação poderia evitar este problema.

A interação "Classificação" apresentou o melhor resultado de usabilidade ao primeiro contato. Entretanto, após o período de experimentação, esta situação foi invertida, recebendo o pior resultado entre as interações avaliadas. Através da entrevista identificou-se que o especialista teve dificuldades com a perspectiva tridimensional do protótipo em questão. Apesar de conseguir pegar, mover e lançar os elementos com facilidade, não conseguia visualizar claramente a posição correta para fazê-los atingir o alvo, lançando-os "para fora" na maioria das vezes.

Após a entrevista concluiu-se que, de modo geral, o período de experimentação pode contribuir para que se alcance maior naturalidade no uso das interações, embora não seja essencial (visto que a implementação de algumas melhorias pode elevar ainda mais a usabilidade no primeiro contato). Desta forma, acredita-se que as interações possam ser utilizadas em jogos sérios aplicados ao ensino, sem que os alunos tenham maiores dificuldades já no primeiro contato.

Em relação à percepção de utilidade, o especialista atribuiu, nos dois questionários, nota máxima em todas as questões para as quatro interações avaliadas, concordando plenamente que possuem potencial para dar auxílio ao ensino de matemática, que podem ser usadas para ensinar alunos de diferentes anos escolares e que oferecem motivação e engajamento durante o aprendizado.

Através do TAM é possível determinar a aceitação do especialista para cada interação com base em suas percepções de facilidade de uso e de utilidade. Pode-se dizer que as interações "Maior e Menor" e "Ordenação" foram bem aceitas, sem a necessidade de um período de experimentação (uma vez que possuem bons resultados já no primeiro questionário). Na interação "Medidas" este resultado pode ser obtido após aplicadas algumas melhorias relacionadas à facilidade de uso, ou após um período de experimentação. Por fim, a interação "Classificação" não teve boa aceitação pelo especialista. Isso deve-se a dificuldades relacionadas à perspectiva do ambiente tridimensional do jogo, necessitando de ajustes neste sentido para seja melhor aceita.

6.3 Resultados da avaliação – Satisfação

Nesta seção será apresentada uma análise dos resultados da avaliação de satisfação para ambos os questionários aplicados. No primeiro questionário buscou-se identificar, para cada interação, a impressão inicial e final do especialista no seu primeiro contato com as mesmas.

O avaliador informou que as interações “Maior e Menor”, “Ordenação” e “Classificação” foram simples e motivadoras de se utilizar, enquanto que a interação “Medidas” foi mais difícil, indicando que seria necessário um pouco mais de treino para que se pudesse dominá-la. Conforme discutido na seção 6.2, isto se deve ao fato do especialista desconhecer a possibilidade de utilizar as duas mãos para realizar medições de maior distância.

No segundo questionário o especialista foi questionado quanto a sua impressão ao utilizar as interações após o período de experimentação, se o período de experimentação é necessário para se adequar-se às interações, sua opinião sobre o uso das interações para fins pedagógicos e, por fim, quais os pontos fortes e fracos da tecnologia avaliada.

A interação “Maior e Menor” foi descrita pelo especialista como uma interação simples, fácil e tranquila de se utilizar. Além disso, afirmou que o tempo de experimentação facilita o aprendizado (dando a entender que contribui para aprimorar a experiência, mas que não é algo necessário), e que a interação pode trazer motivação aos alunos para fins pedagógicos. A facilidade de uso e a possibilidade de aplicação para as mais diversas áreas foram apontadas como pontos fortes desta interação. Nenhum ponto fraco foi identificado.

O especialista indicou que a interação “Ordenação” pareceu ser a mais simples e fácil de interagir de todas desde o primeiro momento, descartando a necessidade do período de experimentação para adaptação. Foi considerada como “perfeita” para fins pedagógicos, com aplicação para as mais diversas áreas. Os pontos fortes identificados foram: facilidade de uso, prazer e diversão. Para esta interação também não foram indicados pontos fracos.

Para o especialista, a interação “Medidas” pareceu difícil em um primeiro momento, pois, conforme discutido na seção 6.2, o mesmo não teve conhecimento da ação de medir utilizando as duas mãos, impossibilitando-o de efetuar medições de maiores distâncias usando apenas uma mão. A partir do segundo dia de avaliação, após consultar a documentação e tomar conhecimento desta ação, a interação passou a ser utilizada com tranquilidade. O tempo necessário de experimentação indicado na avaliação foi somente para descobrir a ação de

medir com as duas mãos. O especialista descreve que vê diversas possibilidades para o uso desta interação para fins pedagógicos, não só com medidas, mas também com outras aplicações, citando o relacionamento de colunas como exemplo. A facilidade de uso e a diversão em brincar e validar cada exercício foram os pontos fortes apontados. Como nas interações anteriores, não foram mencionados pontos fracos para esta interação.

Após o período de experimentação o especialista mudou sua impressão sobre a interação “Classificação”, informando que teve muita dificuldade em utilizá-la e que não conseguia acertar os elementos nos alvos. O especialista comenta que, com ajuda de um professor do curso de jogos, descobriu que tinha dificuldade de visualizar perspectivas tridimensionais. Ainda assim, o especialista acredita que a interação seria um ótimo apoio pedagógico, citando a possibilidade de desenvolver diversos aplicativos com este recurso como ponto forte. O ponto fraco apontado foi a perspectiva tridimensional utilizada no protótipo.

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho ocupou-se de **investigar como pode ser empregada a tecnologia de NUI no desenvolvimento de jogos sérios aplicados ao contexto de ensino-aprendizagem da matemática**, sendo este seu objetivo principal. O problema identificado por esta pesquisa justifica-se, já que é notória a necessidade em melhorar a qualidade do ensino de matemática do Brasil, tendo em vista sua baixa classificação em relação a outros países em avaliações comparadas. Além de possuir uma pontuação baixa nestas avaliações, o Brasil apresenta altas taxas de alunos que já repetiram de ano ao menos uma vez e de alunos que deixam a escola, o que indica que além de ampliar a qualidade, o ensino também deve se tornar mais atrativo para os alunos.

Para reverter esta situação, são necessárias mudanças em diversos aspectos do processo de ensino brasileiro. Do ponto de vista da educação suportada por tecnologia, identificou-se que o aprendizado e a motivação proporcionada por jogos sérios, aliado ao engajamento oferecido por dispositivos de NUI, poderiam ser a combinação ideal para contribuir neste processo.

Para o cumprimento do objetivo estabelecido, iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica e exploratória sobre recomendações para o desenvolvimento de interações baseadas em NUI e sobre dispositivos, aplicações e métodos de avaliação para NUI, apresentada no capítulo 3 deste trabalho. Desta forma, atingiu-se o primeiro objetivo específico estabelecido: **estudar dispositivos e recomendações relacionadas à NUI**.

Em seguida, a pesquisa direcionou-se para o uso de jogos sérios para fins pedagógicos, conforme descrito no capítulo 4. Nesta pesquisa, procurou-se identificar elementos de jogos sérios que pudessem contribuir para o ensino, analisar experiências de sua aplicação em atividades curriculares e buscar técnicas utilizadas em trabalhos similares. Aliando os conceitos de NUI e jogos sérios, as quatro interações propostas neste trabalho foram definidas (apresentadas no capítulo 5), cumprindo mais um objetivo específico: **criar interações baseadas em NUI para jogos sérios aplicados ao ensino de matemática**.

A partir da definição das interações foram desenvolvidos os protótipos que as implementam. Uma estratégia importante adotada na construção dos protótipos foi a utilização de arquivos XML para customização dos conteúdos abordados, o que permitiu que o terceiro objetivo específico pudesse ser atingido: **desenvolver protótipos de jogos sérios**

que implementem as interações propostas, e que possuam flexibilidade para abranger diversos conteúdos e anos escolares.

Por se tratar de uma pesquisa experimental, as interações e protótipos desenvolvidos foram submetidos a um processo de avaliação para posterior análise dos resultados, descritos no capítulo 6. Assim finalizou-se o último objetivo específico deste trabalho: **verificar se as interações, associadas a elementos de jogos sérios, podem oferecer motivação e engajamento para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de matemática.**

Ao final deste trabalho verifica-se que as interações propostas apresentaram grande potencial para ensinar diferentes conteúdos de matemática de forma divertida, motivadora e engajante. Desta forma, pode-se evoluir os protótipos desenvolvidos para que possam se tornar jogos sérios disponibilizados na forma de objetos de aprendizagem para utilização em ambientes escolares. A seguir são apresentadas as melhorias e ajustes que se julgam necessários para esta evolução e as contribuições geradas por este trabalho.

7.1 Limitações e trabalhos futuros

No desenvolvimento deste trabalho apontam-se as seguintes limitações e trabalhos futuros:

- Criação de um nível de tutorial em cada interação, que apresente e ensine as ações disponíveis ao jogador passo-a-passo, validando e corrigindo seus movimentos até que aprenda a forma correta de realizá-los;
- Desenvolvimento de uma interface gráfica mais atrativa para os jogos e menus, além da implementação dos efeitos sonoros e uma produção artística mais elaborada;
- Criar uma espécie de ajudante virtual para auxiliar o jogador quando o mesmo apresentar dificuldades no conteúdo ou na execução das ações de interação;
- Verificar se a dificuldade em acertar os alvos, na interação “Classificação” encontrada pelo especialista em razão da perspectiva tridimensional do protótipo é uma dificuldade pessoal, ou se é um problema que pode afetar outros jogadores.

- Solucionar o problema de visualização da perspectiva tridimensional do protótipo da interação “Classificação” caso identifique-se que não é uma dificuldade pessoal do especialista.
- Após a conclusão das melhorias indicadas acima, realizar uma avaliação com alunos de matemática para se verificar, na prática, se os jogos que implementam as interações contribuem para o aprendizado e se as interações propostas aumentam a motivação e o engajamento;
- Disponibilizar os jogos desenvolvidos como objetos de aprendizagem após a implementação das melhorias e avaliação prática;
- Permitir que os arquivos XML dos níveis dos jogos possam ser gerados e modificados através de uma interface gráfica amigável, para que o próprio professor tenha condições de fazê-lo.

7.2 Contribuições deste trabalho

A partir do desenvolvimento deste trabalho as seguintes contribuições foram geradas:

- Desenvolvimento e avaliação de quatro modelos de interação que poderão ser utilizados como base para a construção de jogos sérios e, por consequência, empregados no ensino de matemática ou de outras disciplinas;
- Submissão e aprovação de resumo no formato pôster na Feira de Iniciação Científica da Universidade Feevale, disponível no Apêndice H.
- Submissão de artigo completo para o *Computer on the Beach*, da Universidade do Vale do Itajaí. O mesmo ainda encontra-se em processo de avaliação e pode ser visualizado no Apêndice I.
- Artigo completo a ser submetido para a Revista de Novas Tecnologias na Educação (RENTE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Este artigo encontra-se ainda em processo de elaboração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLLA, Register. **Objetos de Aprendizagem na área de matemática: uma análise no repositório BIOE**. Trabalho de Conclusão de Curso - Especialização em Mídias na Educação. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação. UFRGS, 2011.
- ANGOTTI, Robin; BAYO, Ivette. Making Kinnections: Using video game technology to teach math. **Prato CIRN Community Informatics Conference**. 2012.
- BANGOR, Aaron; KORTUM, Philip; MILLER, James. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of usability studies**, v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009.
- BERGERON, Bryan. **Developing Serious Games (Game Development Series)**. Charles River Media. 2006.
- BOOTH, Paul A. **An introduction to human-computer interaction**. Psychology Press, 1989.
- BOWMAN, Doug A; KRUIJFF, Ernst; LAVIOLA, Joseph J. Jr.; POUPYREV, Ivan. An introduction to 3-D user interface design. **Presence: Teleoperators and virtual environments**, v. 10, n. 1, p. 96-108, 2001.
- BOWMAN, Doug A; KRUIJFF, Ernst; LAVIOLA, Joseph J. Jr.; POUPYREV, Ivan. **3D user interfaces: theory and practice**. Addison-Wesley, 2004.
- BRASHEAR, Helene; HENDERSON, Valerie; PARK, Kwang-Hyun; HAMILTON, Harley; LEE, Seungyon; STARNER, Thad. American sign language recognition in game development for deaf children. In: **Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility**. ACM, 2006. p. 79-86.
- BROOKE, John. SUS-A quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, v. 189, p. 194, 1996.
- CANTO FILHO, Alberto B.; FERREIRA, Luiz Fernando; BERCHT Magda; TAROUCO, Liane Margarida R.; LIMA, José V. Objetos de aprendizagem no apoio à aprendizagem de engenharia: explorando a motivação extrínseca. **RENOTE**, v. 10, n. 3, 2012.
- CHOPRA, Rajiv. **Computer Graphics: A Practical Approach, Concepts, Principles, Case Studies, Experiments for BE/BTech, BCA & MCA Courses**. S Chand, 2011.
- COPYCAT. **Georgia Tech College of Computing Shool of Interactive Computing**. Disponível em: <<http://www.cats.gatech.edu/content/copycat>>. Acesso em: março de 2014.
- DAVIS JR, Fred D. **A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results**. 1986. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology.
- ECHEVERRÍA, Martha A. M.; SANTANA-MANCILLA, Pedro C.; CARRILLO, Fabian Q.; ENCISO, Enrique A. F. Natural User Interfaces to Teach Math on Higher Education. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 106, p. 1883-1889, 2013.
- GAMMA, Erich; HELM, Richard; JOHNSON, Ralph; VLISSIDES, John. **Design patterns: elements of reusable object-oriented software**. Pearson Education, 1994.
- GREENFIELD, Patricia M; DEWINSTANLEY, Patricia; KILPATRICK, Heidi; KAYE, Daniel. Action video games and informal education: Effects on strategies for dividing visual attention. **Journal of Applied Developmental Psychology**, v. 15, n. 1, p. 105-123, 1994.

GUNTER, Barrie. **The effects of video games on children: The myth unmasked**. Sheffield Academic Press, 1998.

HIX, Deborah; HARTSON, H. Rex. **Developing user interfaces: ensuring usability through product & process**. John Wiley & Sons, Inc., 1993.

HUA, Hong; BROWN, Leonard D.; ZHANG, Rui. Head-mounted projection display technology and applications. In: **Handbook of Augmented Reality**. Springer New York, 2011. p. 123-155.

IEEE Standard for Learning Object Metadata - Corrigendum 1: Corrigenda for 1484.12.1 LOM (Learning Object Metadata)," **IEEE Std 1484.12.1-2002/Cor 1-2011 (Corrigendum to IEEE Std 1484.12.1-2002)**, 2011.

INEP. **Programme for International Student Assessment (Pisa)**. Disponível em <<http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos>>. Acesso em: junho 2014.

ITWEEN. **iTween**. Disponível em <<http://itween.pixelpacement.com/>>. Acesso em: maio 2014.

JOHNSON, Keri; PAVLEAS, Jebediah; CHANG, Jack. Kinecting to Mathematics through Embodied Interactions. **Computer**, v. 46, n. 10, p. 101-104, 2013.

KARRAY, Fakhreddine; ALEMZADEH, Milad; SALEH, Jamil A.; ARABL, Mo N. Human-computer interaction: Overview on state of the art. In: **International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems**. 2008.

LEAP MOTION. **Leap Motion Documentation**. Disponível em: <<https://developer.leapmotion.com/documentation/java/index.html>>. Acesso em: maio de 2014.

LEE, Elwin; LIU, Xiyuan; ZHANG, Xun. **Xdigit: An arithmetic kinect game to enhance math learning experiences**. 2012. Disponível em: <http://www.elwinlee.com/portfolio/wp-content/uploads/2012/07/Xdigit_-_An_Arithmetic_Kinect_Game.pdf>. Acesso em: maio de 2014.

LIEBERMAN, Debra A. What can we learn from playing interactive games. **Playing video games: Motives, responses, and consequences**, p. 379-397, 2006.

LOPES, R. C. W.; PINTO, S. A. M.; VELOSO, A. F. A informática como instrumento na prática Psicopedagógica (Institucional e Clínica). **Revista de Psicopedagogia**, v. 17, n. 44, 1998.

MACARANAS, Anna; ANTLE, Alissa; RIECKE, Bernhard E. **Three Strategies for Designing Intuitive Natural User Interfaces**. School of Interactive Arts and Technology - Simon Fraser University. 2012.

MACHADO, Nilson J. **Matemática e Realidade**. Cortez, 1987.

MATTAR, João. **Games em educação: como os nativos digitais aprendem**. São Paulo: Pearson, 2010.

MEC. **Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem**. 2014. Disponível em <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: junho de 2014.

MENDES, Hélio P. J. **Soft Life - Um jogo sério aplicado ao tratamento fisioterapêutico**. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharel em Sistemas de Informação, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2012.

- MICROSOFT. **Kinect**. 2014. Disponível em: <<http://www.xbox.com/pt-BR/Home-2>>. Acesso em: março de 2014.
- MONO. **Mono Project**. Disponível em: <<http://www.mono-project.com/>>. Acesso em: maio de 2014.
- MORAIS, Alana M. **Planejamento e desenvolvimento de um serious game voltado ao ensino de saúde bucal em bebês**. 2011. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
- MOREIRA, Hipólito D. F.; KIRNER, Cláudio; KIRNER, Tereza G. Desenvolvimento de Quiosque para Interação em Aplicações de Realidade Virtual Utilizando Dispositivos de Interação Natural. **IX Workshop de Realidade Virtual e Aumentada - 2012 - Paranavaí**. 2012.
- MORLEY, Deborah; PARKER, Charles. **Understanding Computers: Today and Tomorrow, Comprehensive**. Course Technology, 13th Edition. 2010.
- NINTENDO. **Wii Remote Controller**. Disponível em: <<https://www.nintendo.com/wii>>. Acesso em: março de 2014.
- NORMAN, Donald A. Natural user interfaces are not natural. **interactions**, v. 17, n. 3, p. 6-10, 2010.
- NUIGROUP. **Natural User Interface**. 2011. Disponível em: <http://wiki.nuigroup.com/Natural_User_Interface>. Acesso em: março de 2014.
- OCULUS VR. **Oculus Rift**. 2014. Disponível em: <<http://www.oculusvr.com/rift/>>. Acesso em: maio de 2014.
- OECD. **Programme for International Student Achievement (PISA)**. Disponível em <<http://www.oecd.org/pisa/>>. Acesso em: junho de 2014.
- OECD. **Programme for International Student Achievement (PISA) - Brazil country notes results from PISA 2012**. 2012. Disponível em <<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-brazil.pdf>>. Acesso em: junho de 2014.
- PASSOS, Erick B.; SILVA JR, José R.; RIBEIRO, Fernando E. C.; MOURÃO, Pedro T. Tutorial: Desenvolvimento de jogos com unity 3d. In: **VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment**. Rio de Janeiro. 2009.
- PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. Editora Senac São Paulo, São Paulo, 2012.
- PRODANOV, Cleber C.; FREITAS, Ernani C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo. 2ª edição. 2013.
- RAUTARAY, Siddharth S.; AGRAWAL, Anupam. Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey. **Artificial Intelligence Review**, p. 1-54, 2012.
- RODRIGUES, César Augusto Cardoso. **Touchless autopsy report**. Dissertação - Mestre em Engenharia Biomédica, Universidade nova de Lisboa, Lisboa, 2013.
- ROSENBERG, Bradley H.; LANDSITTEL, Douglas; AVERCH, Timothy D. Can video games be used to predict or improve laparoscopic skills?. **Journal of Endourology**, v. 19, n. 3, p. 372-376, 2005.

ROUSSOS, Maria; JOHNSON, Andrew; MOHER, Thomas; LEIGHT, Jason; VASILAKIS, Christina; BARNES, Craig. Learning and building together in an immersive virtual world. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 8, n. 3, p. 247-263, 1999.

SANTOS, Eduardo Souza; LAMOUNIER, Edgard A.; CARDOSO, Alexandre. Interaction in augmented reality environments using kinect. In: **Virtual Reality (SVR), 2011 XIII Symposium**. IEEE, 2011. p. 112-121.

SCHÖN, Donald A. Designing as reflective conversation with the materials of a design situation. **Knowledge-Based Systems**, v. 5, n. 1, p. 3-14, 1992.

SEBE, Nicu; LEW, Michael S.; HUANG, Thomas S. The state-of-the-art in human-computer interaction. In: **Computer Vision in Human-Computer Interaction**. Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 1-6.

SILVA, C. A. **Informática na educação**. 2000. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós Graduação) - Unidade Universitária de Canoinhas, Universidade Regional de Blumenau, Canoinhas. 2000.

SONY COMPUTER ENTERTAINMENT, **PlayStation Move Motion Controller**. Disponível em <<http://br.playstation.com/ps3/playstation-move/>>. Acesso em: março de 2014.

STAIANO, Amanda E.; CALVERT, Sandra L. Exergames for physical education courses: Physical, social, and cognitive benefits. **Child development perspectives**, v. 5, n. 2, p. 93-98, 2011.

TURK, Matthew. Computer vision in the interface. **Communications of the ACM**, v. 47, n. 1, p. 60-67, 2004.

UNITY3D. **Unity3D**. Disponível em <<http://unity3d.com/>>. Acesso em: maio de 2014.

UNITY3D WIKI. **Unity3D Wiki** - script DontGoThroughThings. 2012. Disponível em: <<http://wiki.unity3d.com/index.php?title=DontGoThroughThings>>. Acesso em: setembro de 2014.

VAGHETTI, César A. O.; BOTELHO, Silvia S. C. Ambientes virtuais de aprendizagem na educação física: uma revisão sobre a utilização de Exergames. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 1, p. 76-88, 2010.

VALENTE, José A. Informática na Educação no Brasil: análise e contextualização histórica. Em: **O computador na sociedade do conhecimento**. Brasília: MEC, p. 11-28, 1999. Disponível em: <<http://biblioteca.feevale.br/Diversos/0000001A.pdf>>. Acesso em: junho de 2014.

VENKATESH, Viswanath. Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. **Information systems research**, v. 11, n. 4, p. 342-365, 2000.

VENKATESH, Viswanath; BALA, Hillol. Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. **Decision sciences**, v. 39, n. 2, p. 273-315, 2008.

VENKATESH, Viswanath; DAVIS, Fred D. A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test. **Decision sciences**, v. 27, n. 3, p. 451-481, 1996.

VENKATESH, Viswanath; DAVIS, Fred D. A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. **Management science**, v. 46, n. 2, p. 186-204, 2000.

WEICHERT, Frank; BACHMANN, Daniel; RUDAK, Bartholomäus; FISSELER, Denis. Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 13, n. 5, p. 6380, 2013.

WIGDOR, Daniel; WIXON, Dennis. **Brave NUI world: designing natural user interfaces for touch and gesture**. Elsevier, 2011.

WILEY, David. **Learning Object Design and Sequencing Theory**. Dissertação de Doutorado - Brigham Young University. 2000. Disponível em: <<http://opencontent.org/docs/dissertation.pdf>>. Acesso em: junho de 2014.

APÊNDICE A – Exemplos de arquivos XML para a interação “Maior e Menor”

Arquivo Inteiros.xml:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao1 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>
  <objetivo>
Indicar se o número da esquerda é maior ou menor que o número da direita.
  </objetivo>
  <larguraOpcoes>70</larguraOpcoes>
  <alturaOpcoes>60</alturaOpcoes>
  <tempoConfirmarSolucao>3</tempoConfirmarSolucao>
  <tempoOuro>50</tempoOuro>
  <tempoPrata>55</tempoPrata>
  <tempoBronze>70</tempoBronze>
  <opcoesPossiveis>
    <string>1</string> <string>2</string> <string>3</string> <string>4</string>
    <string>5</string> <string>6</string> <string>7</string> <string>8</string>
    <string>9</string> <string>10</string>
  </opcoesPossiveis>
  <solucoes>
    <Solucao>
      <nome>Maior</nome>
      <simbolo>&gt;</simbolo>
      <mao>
        <tpMao>Direita</tpMao>
        <dedos>
          <Dedo>
            <tpDedo>Polegar</tpDedo>
            <direcaoPonta>Esquerda</direcaoPonta>
            <aberto>true</aberto>
          </Dedo>
        </dedos>
      </mao>
    </Solucao>
  </solucoes>
</DadosInteracao1>
```

```

    <Dedo>
      <tpDedo>Indicador</tpDedo>
      <aberto>>true</aberto>
    </Dedo>
  </dedos>
</mao>
</Solucao>
<Solucao>
  <nome>Menor</nome>
  <simbolo>&lt;</simbolo>
  <mao>
    <tpMao>Esquerda</tpMao>
    <dedos>
      <Dedo>
        <tpDedo>Polegar</tpDedo>
        <direcaoPonta>Direita</direcaoPonta>
        <aberto>>true</aberto>
      </Dedo>
      <Dedo>
        <tpDedo>Indicador</tpDedo>
        <aberto>>true</aberto>
      </Dedo>
    </dedos>
  </mao>
</Solucao>
</solucoes>
</DadosInteracao1>

```

Arquivo Decimais.xml:

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao1 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>

```

<objetivo>

Indicar se o número da esquerda é maior ou menor que o número da direita.

</objetivo>

<larguraOpcoes>70</larguraOpcoes>

<alturaOpcoes>60</alturaOpcoes>

<tempoConfirmarSolucao>3</tempoConfirmarSolucao>

<tempoOuro>50</tempoOuro>

<tempoPrata>55</tempoPrata>

<tempoBronze>70</tempoBronze>

<opcoesPossiveis>

<string>1</string> <string>1,02</string> <string>1,1</string>

<string>2</string> <string>2,9</string> <string>3,1</string>

</opcoesPossiveis>

<solucoes>

<Solucao>

<nome>Maior</nome>

<simbolo>></simbolo>

<mao>

<tpMao>Direita</tpMao>

<dedos>

<Dedo>

<tpDedo>Polegar</tpDedo>

<direcaoPonta>Esquerda</direcaoPonta>

<aberto>>true</aberto>

</Dedo>

<Dedo>

<tpDedo>Indicador</tpDedo>

<aberto>>true</aberto>

</Dedo>

</dedos>

</mao>

</Solucao>

<Solucao>

<nome>Menor</nome>

```
<simbolo>&lt;</simbolo>
<mao>
  <tpMao>Esquerda</tpMao>
  <dedos>
    <Dedo>
      <tpDedo>Polegar</tpDedo>
      <direcaoPonta>Direita</direcaoPonta>
      <aberto>>true</aberto>
    </Dedo>
    <Dedo>
      <tpDedo>Indicador</tpDedo>
      <aberto>>true</aberto>
    </Dedo>
  </dedos>
</mao>
</Solucao>
</solucoes>
</DadosInteracao1>
```


APÊNDICE B – Exemplos de arquivos XML para a interação “Ordenação”

Arquivo Frações.xml:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao2 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <larguraOpcoes>130</larguraOpcoes>
  <alturaOpcoes>160</alturaOpcoes>
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>
  <objetivo>
Organize os elementos em ordem <b>crescente</b>.
  </objetivo>
  <opcoes>
    <string>um_quarto.png</string>  <string>um_terco.png</string>
    <string>dois_tercos.png</string>  <string>oito_meios.png</string>
    <string>cinco.png</string>
  </opcoes>
  <tempoOuro>20</tempoOuro>
  <tempoPrata>30</tempoPrata>
  <tempoBronze>45</tempoBronze>
</DadosInteracao2>
```

Arquivo Distâncias.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao2          xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <larguraOpcoes>110</larguraOpcoes>
  <alturaOpcoes>60</alturaOpcoes>
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>
  <objetivo>
Organize os elementos em ordem <b>crescente</b> de distância.
  </objetivo>
```

```
<opcoes>
  <string>12 cm</string>  <string>1 m</string>  <string>1600 cm</string>
  <string>18 m</string>  <string>1 km</string>
</opcoes>
<tempoOuro>20</tempoOuro>
<tempoPrata>30</tempoPrata>
<tempoBronze>45</tempoBronze>
</DadosInteracao2>
```

APÊNDICE C – Exemplos de arquivos XML para a interação “Medidas”

Arquivo Subtração.xml:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao3 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>
  <objetivo>
    &lt;size=22&gt;&lt;b&gt;Responda a pergunta corretamente:&lt;/b&gt;&lt;/size&gt;
    1. Meça o tamanho dos dois Lápis que aparecerão na tela.
    2. Calcule a diferença de tamanho entre eles.
    3. Clique na pergunta para exibir as alternativas de resposta.
    4. Clique na alternativa desejada para saber se sua resposta está correta.</objetivo>
    <alturaBarraPergunta>60</alturaBarraPergunta>
    <larguraPontos>30</larguraPontos>
    <alturaPontos>30</alturaPontos>
    <!-- Tipos de Medicao: Horizontal, Vertical, HorizontalVertical, Todos -->
    <tpMedicao>Todos</tpMedicao>
    <unidadeMedida>px</unidadeMedida>
    <!-- <casasDecimais>2</casasDecimais>-->
    <!-- <multiplicadorUnidadeMedida>0.5</multiplicadorUnidadeMedida>-->
    <imagem>lapis.png</imagem>
    <mostrarPontosChave>true</mostrarPontosChave>
    <raioAtracaoPontosChave>35</raioAtracaoPontosChave>
    <pontosChave>
      <Vector2> <x> 41</x> <y> 157</y> </Vector2>
      <Vector2> <x> 681</x> <y> 157</y> </Vector2>
      <Vector2> <x> 106</x> <y> 358</y> </Vector2>
      <Vector2> <x> 606</x> <y> 358</y> </Vector2>
    </pontosChave>
    <pergunta>Qual a diferença de tamanho entre os dois Lápis?</pergunta>
    <alternativas>
      <string>120 px</string> <string>140 px</string> <string>135 px</string>
```

```

    <string>435 px</string>  <string>115 px</string>
  </alternativas>
  <resposta>140 px</resposta>
  <textoResultadoCerto>
    &lt;b&gt;Parabéns!&lt;/b&gt;
    Você marcou a resposta certa.
  </textoResultadoCerto>
  <textoResultadoErrado>
    &lt;b&gt;Solução Correta:&lt;/b&gt; 140 px
    Lápis Maior: 640 px
    Lápis Menor: 500 px
    640 - 500 = &lt;b&gt;140 px&lt;/b&gt;
  </textoResultadoErrado>
  <tempoOuro>14</tempoOuro>
  <tempoPrata>25</tempoPrata>
  <tempoBronze>40</tempoBronze>
</DadosInteracao3>

```

Arquivo Geometria.xml:

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao3 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>
  <objetivo>
    &lt;size=22&gt;&lt;b&gt;Responda a pergunta corretamente:&lt;/b&gt;&lt;/size&gt;
    1. Tire as medidas que achar necessário.
    2. Descubra o perímetro do triângulo.
    3. Clique na pergunta para exibir as alternativas de resposta.
    4. Clique na alternativa desejada para saber se sua resposta está correta.</objetivo>
  <alturaBarraPergunta>60</alturaBarraPergunta>
  <larguraPontos>50</larguraPontos>
  <alturaPontos>50</alturaPontos>
  <!-- Tipos de Medicao: Horizontal, Vertical, HorizontalVertical, Todos -->

```

```

<tpMedicao>Todos</tpMedicao>
<unidadeMedida>cm</unidadeMedida>
<casasDecimais>1</casasDecimais>
<multiplicadorUnidadeMedida>0.015</multiplicadorUnidadeMedida>
<imagem>triangulo.png</imagem>
<mostrarPontosChave>true</mostrarPontosChave>
<raioAtracaoPontosChave>50</raioAtracaoPontosChave>
<pontosChave>
  <Vector2> <x> 515</x> <y> 220</y> </Vector2>
  <Vector2> <x> 140</x> <y> 500</y> </Vector2>
  <Vector2> <x> 875</x> <y> 500</y> </Vector2>
</pontosChave>
<pergunta>Qual o perímetro do triângulo?</pergunta>
<alternativas>
  <string>24,8 cm</string> <string>6,8 cm</string> <string>24 cm</string>
  <string>22,8 cm</string> <string>25 cm</string>
</alternativas>
<resposta>24,8 cm</resposta>
<textoResultadoCerto>
<b>Parabéns!</b>
Você marcou a resposta certa.
</textoResultadoCerto>
<textoResultadoErrado>
<b>Solução Correta:</b> 24,8 cm
6,8 + 11,0 + 7,0 = <b>24,8 cm</b>;
</textoResultadoErrado>
<tempoOuro>35</tempoOuro>
<tempoPrata>55</tempoPrata>
<tempoBronze>70</tempoBronze>
</DadosInteracao3>

```

APÊNDICE D – Exemplos de arquivos XML para a interação “Classificação”

Arquivo Pares e Ímpares.xml:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao4 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>
  <objetivo>Lance os números <b>pares</b> no alvo
  <b><span style="color:yellow">amarelo</span></b> e os
  <b>ímpares</b> no alvo
  <b><span style="color:red">vermelho</span></b>.</objetivo>
  <tempoOuro>50</tempoOuro>
  <tempoPrata>55</tempoPrata>
  <tempoBronze>70</tempoBronze>
  <multiplicadorForca>25</multiplicadorForca>
  <tamanhoElastico>35</tamanhoElastico>
  <repetirAoErarAlvo>true</repetirAoErarAlvo>
  <posicaoInicial> <x>0</x> <y>1</y> <z>0</z> </posicaoInicial>
  <rotacaoInicial> <x>270</x> <y>180</y> <z>0</z> </rotacaoInicial>
  <alvos>
    <DadosAlvo>
      <nome>Pares</nome>
      <cor> <r>255</r> <g>255</g> <b>41</b> </cor>
      <tamanho>1.2</tamanho>
      <posicao> <x>-1.5</x> <y>1.3</y> <z>8</z> </posicao>
      <opcoes>
        <string>0</string> <string>2</string> <string>4</string>
        <string>6</string> <string>8</string>
      </opcoes>
    </DadosAlvo>
    <DadosAlvo>
      <nome>Ímpares</nome>
      <cor> <r>255</r> <g>0</g> <b>0</b> </cor>
```

```

<tamanho>1.6</tamanho>
<posicao>    <x>3.4</x>    <y>2.2</y>    <z>10.5</z>    </posicao>
<rotacao>    <x>-10</x>    <y>20</y>    <z>0</z>    </rotacao>
<opcoes>
  <string>1</string>    <string>3</string>    <string>5</string>
  <string>7</string>    <string>9</string>
</opcoes>
</DadosAlvo>
</alvos>
</DadosInteracao4>

```

Arquivo Números Primos.xml:

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DadosInteracao4 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- Tipos de Interação: LeapMotion, Mouse -->
  <tpInteracao>LeapMotion</tpInteracao>
  <objetivo>Lance os números &lt;b>primos</b> no alvo
&lt;color=green>verde</color> e os &lt;b>não primos</b> no
alvo &lt;color=blue>azul</color>.</objetivo>
  <tempoOuro>50</tempoOuro>
  <tempoPrata>55</tempoPrata>
  <tempoBronze>70</tempoBronze>
  <multiplicadorForca>25</multiplicadorForca>
  <tamanhoElastico>35</tamanhoElastico>
  <repetirAoErrarAlvo>true</repetirAoErrarAlvo>
  <posicaoInicial>    <x>0</x>    <y>1</y>    <z>0</z>    </posicaoInicial>
  <rotacaoInicial>    <x>270</x>    <y>180</y>    <z>0</z>    </rotacaoInicial>

  <alvos>
    <DadosAlvo>
      <nome>Primos</nome>
      <cor> <r>0</r> <g>181</g> <b>0</b> </cor>
      <tamanho>1.2</tamanho>
      <posicao>    <x>-4.2</x>    <y>2.3</y>    <z>13</z>    </posicao>
      <rotacao>    <x>350</x>    <y>155</y>    <z>0</z>    </rotacao>
    </DadosAlvo>
  </alvos>
</DadosInteracao4>

```

```
<opcoes>
  <string>2</string>    <string>3</string>
  <string>5</string>    <string>7</string>
</opcoes>
</DadosAlvo>

<DadosAlvo>
  <nome>Não Primos</nome>
  <cor> <r>0</r> <g>0</g> <b>181</b> </cor>
  <tamanho>1.6</tamanho>
  <posicao>    <x>2.4</x>    <y>3.2</y>    <z>18</z>    </posicao>
  <rotacao>    <x>0</x>    <y>40</y>    <z>0</z>    </rotacao>
  <opcoes>
    <string>4</string>    <string>6</string>
    <string>8</string>    <string>9</string>
  </opcoes>
</DadosAlvo>
</alvos>
</DadosInteracao4>
```


APÊNDICE E – Questionário aplicado após o primeiro contato com as interações

AVALIAÇÃO DAS INTERAÇÕES - PARTE I

Interação: () Maior e Menor () Ordenação () Medidas () Classificação

1. Avaliação de Usabilidade:

1. Eu gostaria de utilizar esta interação frequentemente.

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

2. Achei a interação desnecessariamente complexa (sendo a opção 1 para pouco complexa e a opção 5 para muito complexa).

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

3. Achei a interação fácil de usar.

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

4. Imagino que precisaria de suporte técnico para poder usar esta interação (sendo a opção 1 para baixa necessidade de suporte e a opção 5 para alta necessidade de suporte).

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

5. Achei que as diversas funções desta interação foram bem integradas.

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

6. Achei que houveram muitas inconsistências nesta interação (sendo a opção 1 para poucas inconsistências e a opção 5 para muitas inconsistências).

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

7. Eu imaginaria que maioria das pessoas aprenderia a usar esta interação rapidamente (sendo a opção 1 para a minoria da população e a opção 5 para a maioria da população).

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

8. Eu achei que a interação possui uma performance baixa (sendo a opção 1 para performance alta e a opção 5 para performance baixa).

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

9. Eu me senti muito confiante usando esta interação.

Discordo plenamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

10. Precisei aprender uma série de coisas antes eu que pudesse utilizar esta interação.

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

2. Percepção de Utilidade:

1. A interação tem potencial para dar auxílio ao ensino de matemática.

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

2. A interação pode ser usada para ensinar alunos de diferentes anos escolares.

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

3. A interação oferece motivação e engajamento durante o aprendizado (sendo a opção 1 para pouco motivante e engajante e a opção 5 para altamente motivante e engajante).

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

3. Avaliação da Satisfação:

1. Qual foi a sua primeira impressão ao utilizar a interação?

2. Qual foi sua impressão ao final do teste?

APÊNDICE F – Questionário aplicado após o período de experimentação das interações

AVALIAÇÃO DAS INTERAÇÕES - PARTE II

Interação: () Maior e Menor () Ordenação () Medidas () Classificação

1. Avaliação de Usabilidade:

1. Eu gostaria de utilizar esta interação frequentemente.

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

2. Achei a interação desnecessariamente complexa (sendo a opção 1 para pouco complexa e a opção 5 para muito complexa).

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

3. Achei a interação fácil de usar.

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

4. Imagino que precisaria de suporte técnico para poder usar esta interação (sendo a opção 1 para baixa necessidade de suporte e a opção 5 para alta necessidade de suporte).

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

5. Achei que as diversas funções desta interação foram bem integradas.

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

6. Achei que houveram muitas inconsistências nesta interação (sendo a opção 1 para poucas inconsistências e a opção 5 para muitas inconsistências).

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

7. Eu imaginaria que maioria das pessoas aprenderia a usar esta interação rapidamente (sendo a opção 1 para a minoria da população e a opção 5 para a maioria da população).

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

8. Eu achei que a interação possui uma performance baixa (sendo a opção 1 para performance alta e a opção 5 para performance baixa).

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

9. Eu me senti muito confiante usando esta interação.

Discordo plenamente						Concordo plenamente
	1	2	3	4	5	

10. Precisei aprender uma série de coisas antes eu que pudesse utilizar esta interação.

Discordo plenamente	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>						Concordo plenamente
	1 2 3 4 5						

2. Percepção de Utilidade:

1. A interação tem potencial para dar auxílio ao ensino de matemática.

Discordo plenamente	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>						Concordo plenamente
	1 2 3 4 5						

2. A interação pode ser usada para ensinar alunos de diferentes anos escolares.

Discordo plenamente	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>						Concordo plenamente
	1 2 3 4 5						

3. A interação oferece motivação e engajamento durante o aprendizado (sendo a opção 1 para pouco motivante e engajante e a opção 5 para altamente motivante e engajante).

Discordo plenamente	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>						Concordo plenamente
	1 2 3 4 5						

3. Avaliação da Satisfação:

1. Qual foi a sua primeira impressão ao executar a interação, após a etapa de utilização?

2. Você julga que é necessário um determinado tempo de experimentação para adequar-se a interação?

3. Qual sua opinião em relação ao uso desta interação para fins pedagógicos?

4. Indique os pontos fortes e fracos da tecnologia avaliada.

APÊNDICE G – Documentação para o especialista

OBSERVAÇÕES GERAIS

- Após conectar o cabo USB no dispositivo, posicione-o sobre a mesa com a parte brilhosa para cima e a luz verde voltada a sua frente conforme mostra a figura abaixo.

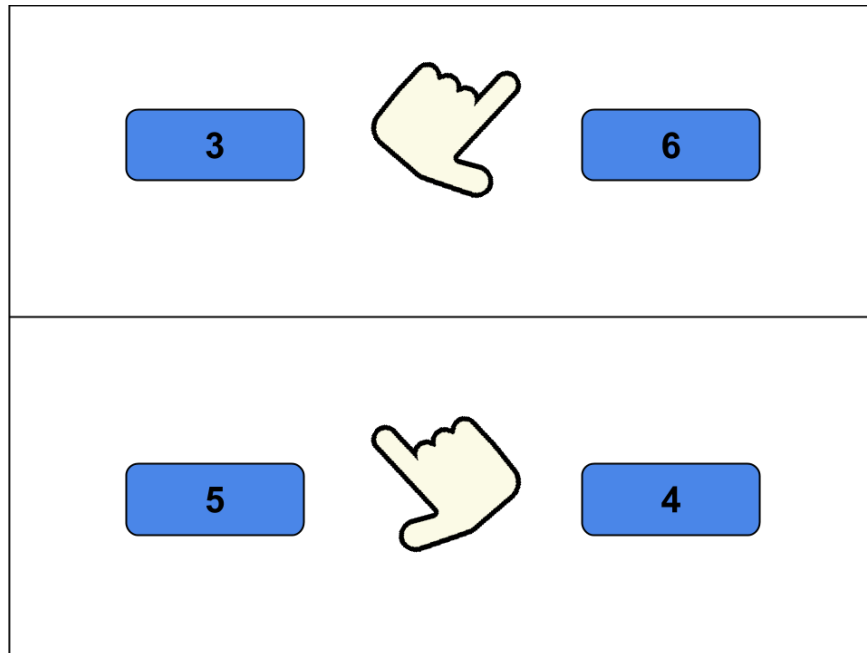


- Deixe seus braços em uma posição confortável e, a menos que a interação exija o contrário, tente deixar suas mãos posicionadas na área azul da figura abaixo, com o sensor levemente à frente de sua mão.

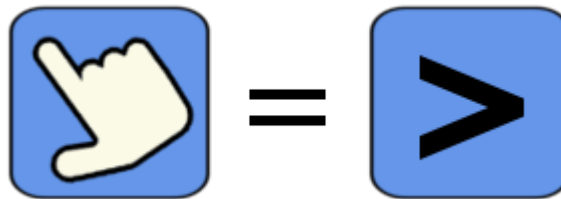


- Para um melhor reconhecimento de sua mão, sempre que for colocá-la dentro do campo de visão do dispositivo, procure fazê-lo com a palma voltada para baixo e com todos os dedos abertos.
- Se não estiver utilizando uma das mãos durante a interação, procure deixá-la bem afastada do dispositivo para que não cause interferência.
- A visão do dispositivo é de baixo para cima, portanto evite colocar uma mão sobre a outra.
- Se estiver usando uma roupa com manga longa, procure arremangá-las até a altura do cotovelo.
- O conteúdo de cada jogo é configurado por arquivos XML, podendo ser criados jogos com conteúdos distintos para diferentes anos escolares.

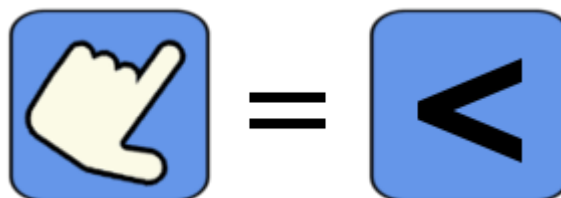
INTERAÇÃO 1 - MAIOR E MENOR



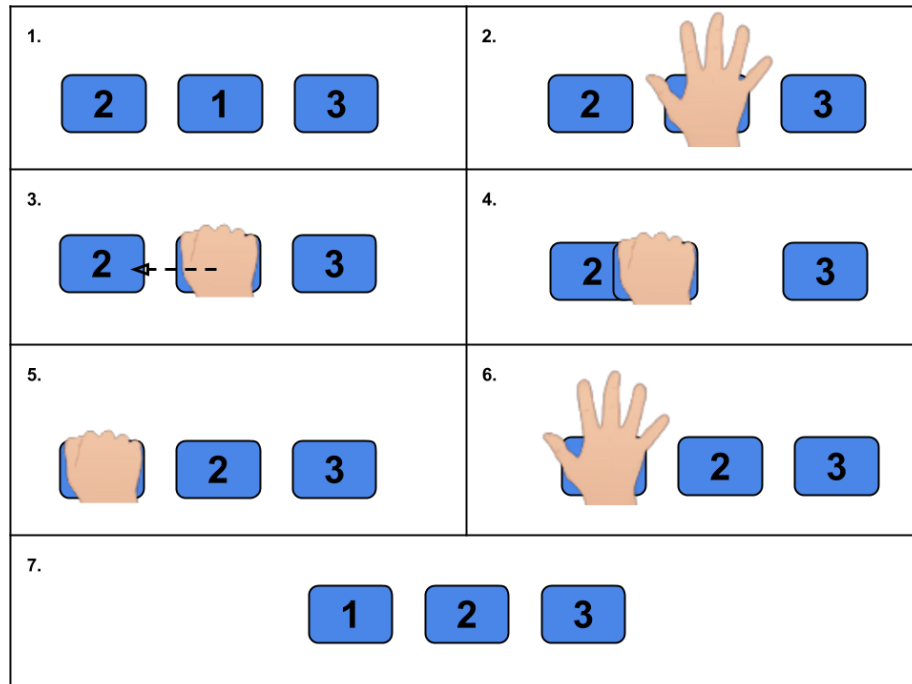
- **Objetivo:** Indicar se o valor da esquerda é maior ou menor que o valor da direita.
- **Ações:**
 - **Maior:** Posicionar a mão conforme a figura abaixo e mantê-la na posição por 3 segundos.



- **Menor:** Posicionar a mão conforme a figura abaixo e mantê-la na posição por 3 segundos.


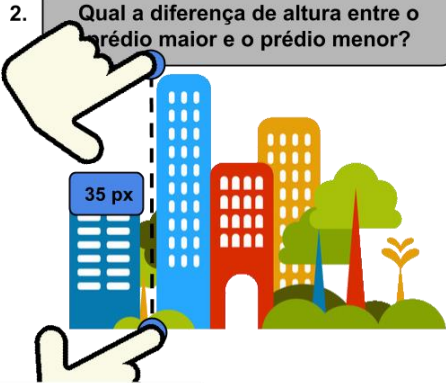
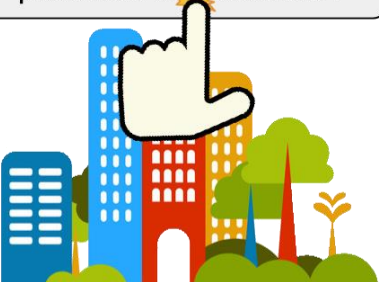



INTERAÇÃO 2 - ORDENAÇÃO



- **Objetivo:** Ordenar os elementos pegando-os com a mão e arrastando para a posição desejada.
- **Ações:**
 - **Pegar:** Posicionar a mão aberta na opção desejada e, em seguida, fechar a mão.
 - **Arrastar:** Com a mão fechada, mover a mão até a posição desejada.
 - **Soltar:** Abrir a mão sobre a posição desejada.

INTERAÇÃO 3 - MEDIDAS

<p>1. Qual a diferença de altura entre o prédio maior e o prédio menor?</p> 	<p>2. Qual a diferença de altura entre o prédio maior e o prédio menor?</p> 
<p>3. Qual a diferença de altura entre o prédio maior e o prédio menor?</p> 	<p>4. Qual a diferença de altura entre o prédio maior e o prédio menor?</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #4a86e8; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; margin: 5px;">20 px</div> <div style="background-color: #4a86e8; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; margin: 5px;">18 px</div> <div style="background-color: #4a86e8; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; margin: 5px;">17 px</div> <div style="background-color: #4a86e8; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; margin: 5px;">14 px</div> </div> 

- **Objetivo:** Medir objetos da imagem e responder a pergunta corretamente.
- **Ações:**
 - **Medir com uma mão:** Aproximar ou afastar a ponta do dedo indicador e do polegar de uma das mãos para visualizar a distância entre eles.

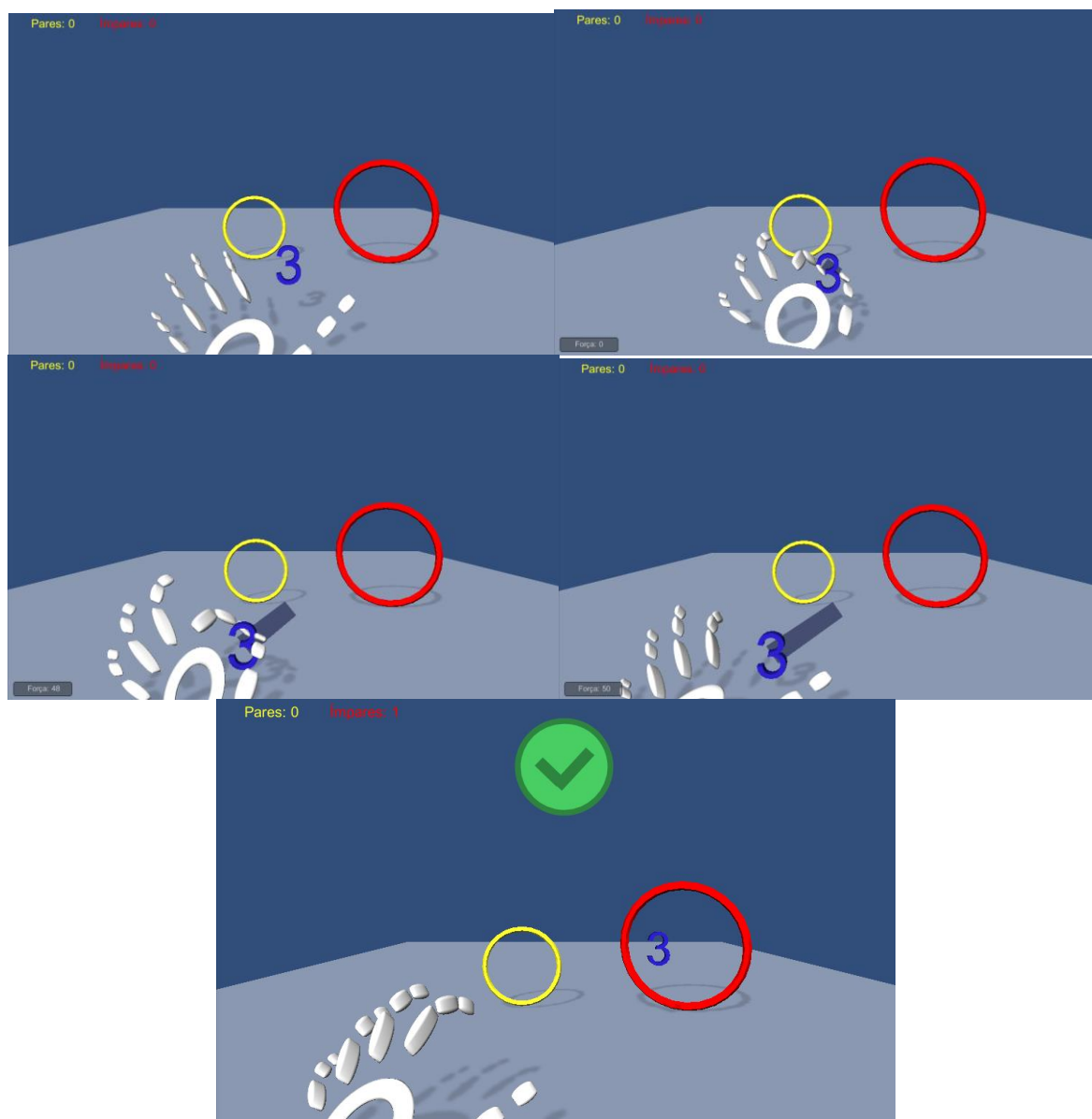


- **Medir com as duas mãos:** Aproximar ou afastar a ponta do dedo indicador de cada mão para visualizar a distância entre eles.



- **Marcar Medida:** Mantenha as mão na posição por 4 segundos para marcar uma medida. A marcação de medidas ajuda a memorizar as medidas efetuadas.
- **Selecionar opção:** Aproximar e afastar rapidamente a ponta do dedo indicador sobre a opção desejada como se estivesse apertando um botão.

INTERAÇÃO 4 - CLASSIFICAÇÃO



- **Objetivo:** Arremessar os números pares no alvo par e os números ímpares no alvo ímpar.
- **Ações:**
 - **Pegar:** Posicionar a mão aberta até o número e, em seguida, aproximar o dedo indicador do polegar até que suas pontas se toquem.
 - **Puxar:** Ainda com a ponta dos dedos encostando uma na outra, afastar o número até a distância desejada. Quanto mais o número for puxado, maior será a força aplicada no lançamento.
 - **Lançar:** Abrir os dedos afastando-os completamente.

CRONOGRAMA DE AVALIAÇÃO

- **27/09/2014**
 - Instalação do software do *Leap Motion* no computador utilizado para a avaliação;
 - Instalação dos protótipos desenvolvidos no computador utilizado para a avaliação;
 - Entrega dos questionários de avaliação para o especialista;
 - Entrega da documentação para o especialista;
 - Breve apresentação dos protótipos para o especialista;
 - Primeiro dia de utilização das interações (10 a 20 min);
 - Preenchimento do primeiro questionário.
- **29/09/2014**
 - Segundo dia de utilização das interações (10 a 20 min).
- **30/09/2014**
 - Terceiro dia de utilização das interações (10 a 20 min).
- **01/10/2014**
 - Quarto dia de utilização das interações (10 a 20 min).
- **02/10/2014**
 - Quinto dia de utilização das interações (10 a 20 min).
- **03/10/2014**
 - Sexto dia de utilização das interações (10 a 20 min).
 - Preenchimento do segundo questionário.
- **04/10/2014**
 - Coleta dos questionários preenchidos;
 - Entrevista com o especialista.

APÊNDICE H – Resumo para a Feira de Iniciação Científica da Feevale

DESENVOLVIMENTO DE INTERAÇÕES BASEADAS EM NATURAL USER INTERFACE PARA JOGOS SÉRIOS VOLTADOS AO ENSINO DE MATEMÁTICA

Este estudo aborda o conceito de Natural User Interface (NUI), originário da Ciência da Computação, aplicado ao ensino de matemática. Pesquisas apontam que o ensino de matemática brasileiro está entre os piores em relação a outros países. Novos métodos de ensino devem ser pensados para que se possa reverter este cenário. Jogos digitais podem ser utilizados no ensino para fornecer diversão, envolvimento e um enorme potencial de aprendizado. Esta classe de jogos é chamada de jogos sérios. O fator motivacional proporcionado pelos jogos sérios, amplificado pelo engajamento oferecido por mecanismos de interação baseados em NUI, pode ser de grande utilidade para aumentar o interesse e auxiliar no processo de aprendizagem. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é investigar como pode ser empregada a tecnologia de NUI no desenvolvimento de jogos sérios aplicados ao contexto de ensino-aprendizagem da matemática. Foram definidos quatro casos distintos de interação que rastreiam as mãos e dedos do jogador, e que podem ser utilizados em diferentes aplicações de jogos sérios. Na Interação 1 o jogador usa o polegar e o indicador para imitar a forma dos símbolos matemáticos de maior e menor, podendo ser utilizada na comparação de elementos. A Interação 2 identifica os movimentos de pegar, arrastar e soltar efetuados pelo jogador, aplicável, por exemplo, na ordenação de elementos numéricos. Na Interação 3 o jogador mede a distância entre dois pontos utilizando seus dedos, coletando informações de tamanho e comprimento para efetuar cálculos geométricos, por exemplo. A Interação 4 é similar ao uso do mouse, onde o jogador aponta para opções na tela e seleciona-as para executar uma ação. Até o momento as duas primeiras interações já foram implementadas em protótipos funcionais, e as demais possuem a implementação dos movimentos, mas os protótipos ainda estão sendo desenvolvidos. Ao final do desenvolvimento será feita uma avaliação dos protótipos a fim de identificar se as interações definidas possuem potencial para aprimorar o ensino de matemática de uma forma divertida.

Desenvolvimento de objetos de Aprendizagem para a matemática utilizando a interface natural Leap Motion

Abstract. This article aims to present the proposal to use the Leap Motion natural interface. Four learning objects were developed in the mathematics area as a concept proof. Learning objects are developed and in testing phase.

Resumo. Este artigo tem como objetivo apresentar a proposta de uso da interface natural Leap Motion. Para tanto foram desenvolvidos quatro objetos de aprendizagem na área de matemática como prova de conceito. Os objetos de aprendizagem estão desenvolvidos e em fase de testes.

1. Introdução

Nos últimos anos, o interesse em melhorar a interação entre homens e computadores vem crescendo em todos os aspectos. Discute-se que para atingir real eficiência é necessário criar mecanismos mais naturais ao usuário, se aproximando da forma com que os homens interagem entre si e com objetos do mundo real (SEBE et al., 2004). Neste contexto, o termo Natural User Interface (NUI) emergiu como uma área da IHC que estuda formas do homem interagir com o computador através de suas habilidades naturais (como a fala, a visão, a escrita, o tato, os gestos, os movimentos corporais, etc.) (NUIGROUP, 2011). Segundo Norman (2010), interações por meio de NUIs possuem um grande potencial, mas também trazem novos problemas e desafios.

Para Wigdor e Wixon (2011), o elemento natural de uma NUI se refere à forma com que o usuário interage com o sistema e como ele se sente nesta interação. Devem ser aproveitadas ao máximo as capacidades do usuário, adaptando-se ao contexto de suas tarefas e demandas. Devem ser evitados longos treinamentos, ou seja, o usuário deve se sentir a vontade desde o primeiro contato. Para que o uso do sistema se mantenha natural, as experiências anteriores e o aprendizado adquirido pelo usuário em relação ao sistema devem ser considerados, permitindo que o mesmo possa evoluir até se tornar um especialista (WIDGOR e WIXON, 2011).

A maioria dos usuários emprega o padrão olhar-mover-olhar, onde o usuário observa a interface, realiza uma ação para interagir sobre ela e, por fim, observa as mudanças realizadas, influenciando na escolha de sua próxima ação (SCHÖN, 1992).

Bowman et al. (2004), revelaram a dificuldade que muitos usuários possuem em entender espaços tridimensionais. Segundo os autores, isto se deve ao fato de que muitas interpretações do mundo real não podem ser representadas em um ambiente virtual, indicando a necessidade de desenvolvimento de novas metáforas que melhorem a interação e ampliem a compreensão espacial dos usuários.

Este artigo apresenta objetos de aprendizagem (WILLEY, 2000), (TAROUCO ET AL., 2014) desenvolvidos para uso no contexto da matemática a ser utilizado através de uma interface natural. Para isso na seção 2 é apresentada a interface a ser utilizada, o objeto de aprendizagem desenvolvido é apresentado na seção 3. Na seção 4 uma validação preliminar, seguida das considerações finais.

2. Tecnologia empregada

A interface natural utilizada neste trabalho é denominada *Leap Motion* (LEAP MOTION, 2014). Este é um dispositivo que permite a detecção e rastreamento de mãos e dedos. O *Leap Motion* realiza o mapeamento de distância dos pontos mais próximos (dentro do seu campo de visão), em relação ao seu ponto central, utilizando feixes de luz infravermelha. A Figura 1 apresenta o equipamento e a localização dos eixos cartesianos.

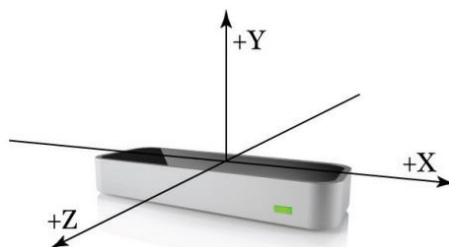


Figura 1 – Localização dos eixos cartesianos em relação ao Leap Motion

O dispositivo conta com três emissores e dois sensores infravermelhos (Figura 2). O uso de mais emissores e sensores infravermelhos e de um campo de visão reduzido, se comparado ao *Kinect*, torna o *Leap Motion* mais preciso. Embora a precisão anunciada pelo fabricante seja de 0,01 mm, testes com versões preliminares do dispositivo indicaram uma precisão média de 0,7 mm em condições reais. Apesar de representar uma diferença grande entre o anunciado e o obtido efetivamente, a precisão do dispositivo ainda é considerada alta (WEICHERT *et al.*, 2013).

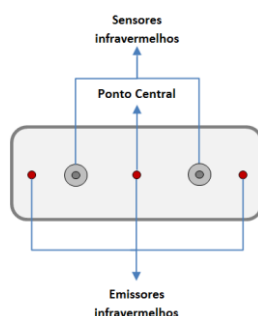


Figura 2 – Tecnologias empregadas no Leap Motion

3. Desenvolvimento de objetos de aprendizagem para prova de uso do Leap Motion

A área de aplicação dos objetos de aprendizagem é a matemática. Esta escolha deu-se a partir da percepção da necessidade de pesquisas para a melhoria do ensino nesta área. Prova disso é a baixa classificação da educação brasileira em relação a outros países em indicadores, tal como o realizado pelo Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA – Programme for International Student Assessment) (OECD, 2014).

Em 2012, 67,1% dos estudantes brasileiros ficaram abaixo do nível 2, o que significa que, no máximo, conseguem extrair informações relevantes de uma única fonte, usar algoritmos básicos, fórmulas, procedimentos ou convenções para resolver problemas envolvendo números inteiros. Apenas 1,1% dos estudantes brasileiros atingiram os níveis 5 e 6 em 2012, contra 12,6% de estudantes na média geral dos países participantes. Os níveis 5 e 6 indicam que os estudantes possuem capacidade para desenvolver resoluções com modelos

em situações complexas e trabalhar estrategicamente usando habilidades de pensamento e raciocínio amplas e bem desenvolvidas (OECD, 2012).

Dados históricos de outros indicadores, como os produzidos pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) em 2001, 2003 e 2005 na avaliação de matemática dos alunos da 4ª série de escolas urbanas, apresentam resultados similares à classificação por níveis do PISA descrita anteriormente, com maior concentração de alunos nos níveis mais baixos da escala.

Após o estudo sobre NUI foram desenvolvidas quatro formas de interação aplicáveis como objetos de aprendizagem para auxiliar processo de ensino de matemática. Uma estratégia adotada no desenvolvimento dos protótipos foi a customização. Definiu-se que todos os protótipos deveriam ser altamente customizáveis, podendo ser adaptados de forma a abranger diferentes conteúdos e anos escolares, sem a necessidade de se alterar o código-fonte.

Em todos os protótipos os objetivos são customizáveis, para que possam ser ajustados conforme o grau de conhecimento dos jogadores. O objetivo principal é sempre relacionado ao conteúdo que se pretende ensinar. Além do objetivo principal, os protótipos contam com um objetivo secundário: finalizar o nível o mais rápido possível para obter uma medalha de tempo (que pode ser de ouro, prata ou bronze, conforme a velocidade do jogador). A descrição do objetivo principal e o tempo necessário para conquistar cada medalha (que também é customizável) são apresentados ao jogador antes do nível ser iniciado.

Sempre que um jogador informa algum tipo de resposta durante o jogo, lhe é gerado um *feedback* indicando se sua resposta está correta ou não. Além disso, os protótipos possuem um sistema de pontuação, que mostra o número de acertos e erros do jogador, para que possa acompanhar seu progresso tanto durante a execução do nível, quanto na tela de exibição do resultado final (que é apresentada ao final do nível).

O uso de feedback contínuo também é utilizado para acompanhar o rastreamento das mãos e dedos do jogador. Em todos os protótipos o jogador pode visualizar a posição de suas mãos e dedos detectados pelo dispositivo em tempo real, podendo assim corrigir movimentos indesejáveis.

3.1 Maior e Menor

Dois valores são apresentados na tela ao usuário, um no lado esquerdo e outro no lado direito. O jogador deve usar sua mão para imitar a forma dos símbolos matemáticos de maior e menor para comprar os valores. Se a opção desejada for o símbolo de maior, o jogador deve abrir seu polegar e indicador da mão direita, com o polegar apontando para esquerda. Para o símbolo de menor, a mesma posição deve ser feita usando a mão esquerda, com o polegar apontando para direita. Para confirmar a escolha de sua opção, o jogador deve manter a mão na posição por três segundos. A Figura 3 apresenta a tela de interação e um jogador utilizando o objeto de aprendizagem.

Após a confirmação da opção (3 segundo fixos), o sistema indica se o usuário realizou a operação de forma correta e novos valores são apresentados para serem comparados. Quando não houver mais valores a serem exibidos, o nível termina exibindo o tempo total utilizado para finalizá-lo, a medalha de tempo conquistada, o número de comparações corretas e o número de comparações incorretas.

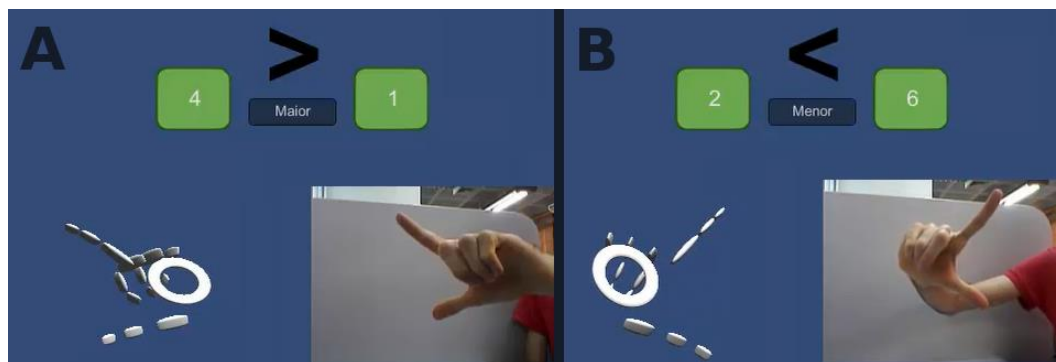


Figura 3 – Posição da mão para a opção maior (A) e da opção menor (B).

3.2 Ordenação de valores

O objetivo deste objeto de aprendizagem é que o usuário coloque em ordem os elementos apresentados na tela. Para isto ele deve pegar, arrastar e soltar os elementos com a sua mão. A ação de pegar é realizada quando o jogador posiciona sua mão aberta sobre o elemento que deseja pegar e, em seguida, fecha a mão completamente. Enquanto o jogador permanecer com a fechada o elemento será arrastado pela tela seguindo os movimentos de sua mão. Ao abrir a mão o elemento é solto. A Figura 4 demonstra como estas ações são realizadas.

Quando um elemento é solto a aplicação verifica se sua posição colide com a posição de algum outro elemento e, caso esta condição seja verdadeira, o elemento solto é posicionado ao lado do elemento colisor, reorganizando a posição dos demais elementos. Se não houver elementos colidores na posição, o elemento solto retorna para sua posição anterior. Quando todos os elementos estiverem na ordem correta, o nível termina, apresentando o tempo total utilizado para finalizá-lo, a medalha de tempo conquistada e o número de movimentos realizados.

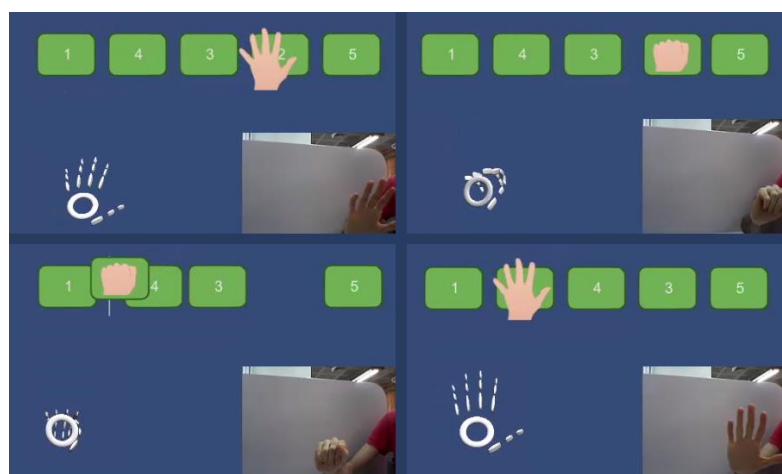


Figura 4 – Movimentos realizados para pegar, arrastar e soltar um elemento.

3.3 Trabalhando com Medidas

Na interação “Medidas” o usuário deve tirar as medidas de determinados pontos de uma imagem para resolver problemas matemáticos. Este pode fazer as medições utilizando uma ou as duas mãos. Se apenas uma mão for utilizada, a aplicação exibe a distância entre o dedo polegar e o dedo indicador. Ao usar as duas mãos, a distância exibida é a distância entre os dois dedos indicadores do jogador. A Figura 5 apresenta o objetivo de aprendizagem desenvolvido.

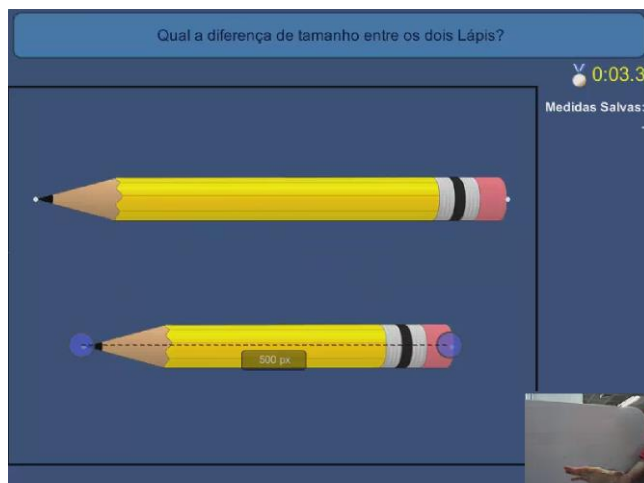


Figura 5 – Medição com uma mão (A) e com as duas mãos (B).

3.4 Interação Classificação

A interação “Classificação” consiste em lançar elementos em seus alvos correspondentes. Pode-se, por exemplo, definir um alvo de números pares e outro de ímpares, fazendo com que o jogador lance os números que lhe são apresentados no alvo correto. Para lançar um elemento o jogador deve primeiramente pegá-lo, levando sua mão até ele com os dedos abertos e, em seguida, fazer o movimento de pinch, aproximando o dedo indicador do polegar até que se encostem. Sem abrir os dedos, o jogador deve puxar o elemento e movimentar sua mão para mirar no alvo desejado. Quanto mais para trás o elemento for puxado, maior será a força aplicada no momento do lançamento. Para lançar o elemento, basta que o jogador abra seus dedos, afastando completamente o dedo indicador do polegar. A Figura 6 apresenta as etapas de pegar, puxar e lançar.

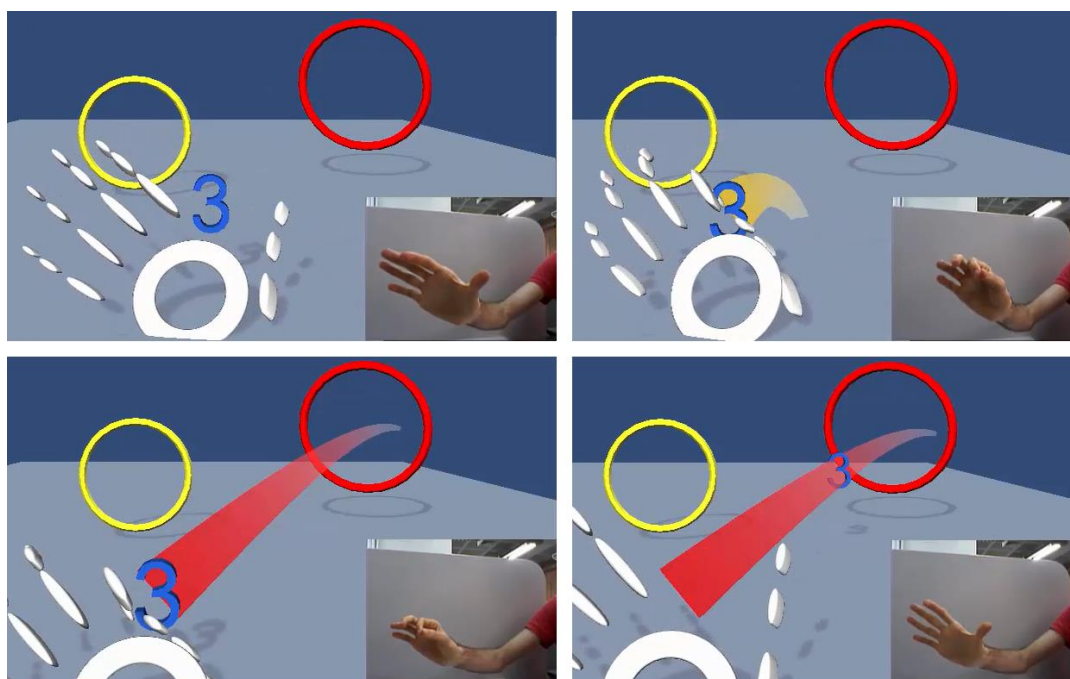


Figura 6 – Ações de pegar, puxar e lançar um elemento.

Quando o elemento lançado atingir um alvo, o sistema irá contabilizar um acerto para o jogador se o alvo atingido for o alvo esperado, ou um erro caso contrário. Caso o elemento não atinja nenhum alvo, é contabilizada uma jogada “para fora”. O nível termina quando não

houver mais elementos para se lançar, mostrando o tempo total utilizado para finalizá-lo, a medalha de tempo conquistada (se houver), o número de acertos e erros de cada alvo e o número de jogas “para fora”.

Através desta interação pode-se criar jogos que ensinem a classificação de números (como pares e ímpares, primos e não primos e naturais, inteiros e reais), de formas geométricas (como tipos de triângulos e tipos de polígonos) e até conteúdos de outras áreas do conhecimento como: separação de lixo (em reciclável, não reciclável e orgânico, por exemplo), classificação de animais (como vertebrados e invertebrados), classificação de tempos verbais (passado, presente e futuro) ou qualquer outra forma de classificação.

4. Considerações finais

Este artigo apresentou a pesquisa realizada no desenvolvimento de quatro objetos de aprendizagem que se utilizam de uma interface natural denominada Leap Motion.

Houve, no desenvolvimento dos objetos todo um cuidado em relação ao sentimento do usuário em relação ao sistema, buscando aproveitar ao máximo a capacidade de interação do mesmo.

Apesar do foco dado ao desenvolvimento dos protótipos criados neste trabalho ter sido mais direcionado à mecânica das interações, aplicou-se alguns elementos de jogos educacionais (aplicados como Objetos de Aprendizagem) comuns a todos os protótipos, como: definição de um objetivo, possibilidade de criar níveis com diferentes dificuldades e *feedback* contínuo para acompanhamento do progresso do aluno.

Os objetos foram utilizados por uma semana, no período de 20 minutos por dia por um especialista em Informática na Educação, com o objetivo de avaliar se o uso constante poderia melhorar a interação e analisar o sentimento do mesmo em relação a uma interface não convencional. Os dados recolhidos no experimento estão sendo analisados.

Como continuação deste trabalho tem-se a previsão de utilizá-lo com alunos do ensino fundamental, buscando analisar a percepção dos mesmos em relação tanto quanto a interface como os objetos de aprendizagem.

Cabe ressaltar que como os arquivos são parametrizáveis através de arquivos XML, os mais variados tipos de conteúdos, de diversas áreas poderão ser facilmente incorporados nos objetos de aprendizagem.

Referencias Bibliográficas

- TAROUCO, L. M. R.; COSTA, V. M.; ÁVILA, B. G.; BEZ, M. R.; SANTOS, E. F. (2014) Objetos de aprendizagem: teoria e prática. Porto Alegre, Evangraf.
- BOWMAN, D. A.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA, J. J. Jr.; POUPYREV, I. (2004) 3D user interfaces: theory and practice. Addison-Wesley.
- LEAP MOTION. (2014) Leap Motion Documentation. Disponível em: <<https://developer.leapmotion.com/documentation/java/index.html>>. Acesso em: maio de 2014.
- MACARANAS, A.; ANTLE, A.; RIECKE, B. E. (2012) Three Strategies for Designing Intuitive Natural User Interfaces. School of Interactive Arts and Technology - Simon Fraser University.
- NORMAN, D. A. (2010) Natural user interfaces are not natural. interactions, v. 17, n. 3, p. 6-10.

- NUIGROUP. Natural User Interface. (2011) Disponível em: <http://wiki.nuigroup.com/Natural_User_Interface>. Acesso em: março de 2014.
- OECD. (2014) Programme for International Student Achievement (PISA). Disponível em <<http://www.oecd.org/pisa/>>. Acesso em: junho de 2014.
- OECD. (2012) Programme for International Student Achievement (PISA) - Brazil country notes results from PISA 2012. 2012. Disponível em <<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-brazil.pdf>>. Acesso em: junho de 2014.
- SCHÖN, D. A. (1992) Designing as reflective conversation with the materials of a design situation. *Knowledge-Based Systems*, v. 5, n. 1, p. 3-14.
- SEBE, N.; LEW, M. S.; HUANG, T. S. (2004) The state-of-the-art in human-computer interaction. In: *Computer Vision in Human-Computer Interaction*. Springer Berlin Heidelberg.
- WEICHERT, F.; BACHMANN, D.; RUDAK, B.; FISSELER, D. (2013) Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. *Sensors (Basel, Switzerland)*, v. 13, n. 5, p. 6380.
- WIGDOR, D.; WIXON, D. (2011) *Brave NUI world: designing natural user interfaces for touch and gesture*. Elsevier.
- WILEY, D. (2000) *Learning Object Design and Sequencing Theory*. Dissertação de Doutorado - Brigham Young University. 2000. Disponível em: <<http://opencontent.org/docs/dissertation.pdf>>. Acesso em: junho de 2014.