



# Realidade Aumentada e Gamificação na Educação: uma aplicação para auxiliar no processo de aprendizagem de alunos com deficiência intelectual

*Augmented Reality and Gamification in Education: an application to assist the learning process of students with intellectual disabilities*

**Rogério Colpani**

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar  
Departamento de Computação de Sorocaba  
rocolpani@gmail.com

**Murillo Rodrigo Petrucci Homem**

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar  
Departamento de Computação  
murillo@dc.ufscar.br

## Resumo

Atualmente, sabe-se que a tecnologia vem se tornando um instrumento cada vez mais importante em nossa cultura e, seu uso, um meio de inclusão e interação com o mundo, principalmente, às pessoas com deficiência. Diversos estudos vem sendo realizados explorando as especificidades da tecnologia de Realidade Aumentada e Gamificação. No entanto, a maioria estão voltados para o tratamento de pessoas com deficiência motora. Assim, esse artigo propõe o AR-G Atividades Educacionais, um aplicativo de Realidade Aumentada com Gamificação para auxiliar no processo de aprendizagem de alunos com deficiência intelectual. Os resultados quantitativos e qualitativos apontam que o aplicativo contribui para a melhoria de habilidades que, pelos métodos tradicionais de ensino, utilizados até o momento pelos alunos, ainda não haviam sido melhoradas. É uma ferramenta de fácil aprendizagem e proporciona satisfação por parte dos potenciais usuários durante sua utilização. Quanto a material de aprendizagem, proporciona facilidade de construção de conhecimento individual ou coletiva e apresenta indícios de maior motivação por parte dos alunos durante a realização de suas atividades, além de um comportamento mais ativo dos mesmos.

**Palavras-Chave:** Realidade Aumentada, Gamificação, Deficiência Intelectual.

## Abstract

Currently, it is known that the technology is becoming an important instrument in our culture and, its use, a means of inclusion and interaction with the world, especially to people with disabilities. Several studies have been conducted exploring the specifics of Augmented Reality and gamification technology. However, most are focused on the treatment of people with motor disabilities. Thus, this article proposes the AR-G Educational Activities, an Augmented Reality with gamification application to assist the learning process of students with intellectual disabilities. The results of quantitative and qualitative tests show that the application contributed to the improvement of skills that, the traditional teaching methods used so far by students that had not been seized by them in a conventional way. It is an easy to learn tool and provides satisfaction from potential users during use. As for learning material, it provides individual knowledge construction facility or collective and presents evidence of motivation of the students while conducting their activities, as well as more active behavior of the same.

**Keywords:** Augmented Reality, Gamification, Intellectual Disabilities



## 1 Introdução

A Deficiência Intelectual é definida pela *American Association on Intellectual and Development Disabilities* (AAIDD)<sup>1</sup> como “limitações significativas no funcionamento intelectual e no comportamento adaptativo, como expresso nas habilidades práticas, sociais e conceituais, originando-se antes dos dezoito anos de idade”. É um dos transtornos neuropsiquiátricos mais comuns em crianças e adolescentes, normalmente em pessoas do sexo masculino, atingindo cerca de 2% a 3% da população jovem. Sua etiologia pode ser genética, ambiental, congênita ou adquirida e é identificada em até 70% dos casos [47].

Não é possível traçar um perfil típico das pessoas com deficiência intelectual, nem características específicas de sua personalidade e comportamento, pois esses indivíduos constituem um grupo heterogêneo e suas limitações cognitivas e adaptativas variam de pessoa para pessoa. Sendo assim, cada aluno com deficiência intelectual possui necessidades educativas específicas [31].

Este contexto desafia as escolas no seu objetivo de ensinar e levar o aluno a aprender o conteúdo curricular, pois o aluno com essa deficiência tem uma forma especial de lidar com o saber e apresenta dificuldades em demonstrar sua capacidade cognitiva [22].

Verifica-se que esses alunos encontram inúmeras barreiras nas interações com o meio para assimilar as propriedades físicas do objeto de conhecimento como, por exemplo, cor, forma, quantidade, entre outras. Tal fato acontece porque são indivíduos que apresentam *déficits* no funcionamento, na estruturação e na construção do conhecimento [22].

Em suma, Malaquias [31] e Westood [50] apontam que o aluno com deficiência intelectual pode apresentar várias características que interferem no seu aprendizado, dentre elas: atenção, memorização, compreensão de conceitos, generalização, dificuldade de possuir pensamento abstrato, capacidade perceptiva, raciocínio e motivação.

No entanto, apesar dessas limitações, sabe-se que se o aluno com deficiência intelectual for estimulado adequadamente, sendo auxiliado em suas necessidades educacionais especiais por meio de recursos diferenciados, ele irá se desenvolver na aprendizagem acadêmica [31].

Nos últimos anos, diversos aplicativos de *software* (com recursos de multimídia e/ou de Realidade Virtual – RV) vêm sendo propostos como recursos alternativos aos métodos tradicionais de ensino (quadro, livro, caderno, entre outros), com o intuito de neutralizar as barreiras causadas pela deficiência e promover a inclusão dos mesmos,

independentemente de suas diferenças [26, 31]. Entretanto, embora apresentem resultados promissores, várias instituições filantrópicas, entre elas a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), que oferecem atendimento às pessoas com necessidades educacionais especiais, encontram dificuldades na aquisição e emprego dessas tecnologias em seus métodos educacionais.

Os aplicativos multimídia exigem destreza de seus usuários para manipular dispositivos como *mouse*, teclado e *joystick* [26]. Tal característica pode inviabilizar seu uso por diversas pessoas com deficiência intelectual, pois estas, muitas vezes, podem apresentar problemas físicos, entre eles, controle motor fino, coordenação motora dos membros superiores, entre outros. Já os aplicativos de RV apresentam alto custo de desenvolvimento, devido ao uso de dispositivos não convencionais [26], dificultando seu acesso às instituições. Além disso, a sensibilidade dos indivíduos à exposição imersiva da RV pode desempenhar um papel substancial para negar o seu uso [6].

Por outro lado, a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) permite suprir as limitações supracitadas. O uso de dispositivos convencionais, proporciona maior acessibilidade às instituições de ensino, devido ao baixo custo dos aplicativos [26]. Em adição, fornece entretenimento e técnicas mais seguras e naturais de interação, sem a necessidade de uso ou adaptação a dispositivos, tornando as interações mais agradáveis, atrativas, motivadoras e acessíveis às pessoas com deficiência intelectual [6, 12].

As aplicações educacionais de RA possibilitam os professores a utilização de abordagens construtivistas, onde os alunos são sujeitos ativos e podem direcionar sua própria aprendizagem, de acordo com suas necessidades, e explorar o conteúdo de fenômenos observados [42]. Os ambientes educacionais de RA permitem que os alunos interajam com o mundo real e o mundo virtual, explorando objetos, realizando tarefas, aprendendo conceitos e desenvolvendo habilidades [42].

Além do exposto, nos últimos anos observou-se um crescente interesse pelo uso da *gamificação* na área da educação [8]. Pesquisas mostram que o uso de mecânicas de jogos apontam indícios de contribuição para minimizar o problema de motivação e engajamento dos alunos durante a realização de suas atividades em salas de aula, na tentativa de tornar os conteúdos mais agradáveis, aulas mais dinâmicas e atrativas e possibilitar o trabalho de forma coletiva e colaborativa [8, 13, 14, 29, 43].

Com base no exposto, essa pesquisa propõe o AR-G Atividades Educacionais, um aplicativo de RA com *Gamificação*, com o objetivo de auxiliar o professor a trabalhar habilidades e conceitos - funcionalidade de objetos, discriminação, situações-problemas, classificação, associação,

<sup>1</sup> <http://aidd.org/>

cor e quantidade - de alunos com deficiência intelectual e proporcionar maior participação e interesse desses alunos durante a realização das atividades em sala de aula.

O artigo está organizado da seguinte maneira: a seção II apresenta os principais conceitos de RA e *Gamificação*, além de uma breve descrição de trabalhos correlatos na área de deficiência e ensino. A seção III apresenta a metodologia e as ferramentas usadas para o desenvolvimento do aplicativo, a arquitetura geral do sistema, a descrição de suas funcionalidades e como são explorados os elementos de jogos durante a realização das atividades. A seção IV apresenta o protocolo de avaliação do aplicativo com alunos e professores da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais da cidade de Guaxupé – MG, Brasil (APAE). Na seção V são mostrados os resultados quantitativos e qualitativos desta pesquisa. E, por fim, a seção VI traz a conclusão do presente trabalho e as propostas de pesquisas futuras.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Realidade Aumentada

Segundo Geroimenko [21], a RA é um dispositivo de percepção mediado em tempo real de um ambiente real que está próximo ou perfeitamente integrado com os objetos sensoriais gerados por computador.

As aplicações de RA são divididas em duas categorias: com marcador e sem marcador. As aplicações de RA com marcadores utilizam marcadores fiduciários que por meio de técnicas de reconhecimento de padrões são reconhecidos em tempo real, e usados como pontos de referências para definir as posições, orientações e escalas de objetos virtuais no mundo real [21].

Por outro lado, as aplicações de RA sem marcadores, usam a localização de objetos por meio de marcadores naturais (por exemplo, a face humana) em tempo real, onde colocam os objetos gerados por computador em um ambiente real, com base na posição (latitude, longitude e altitude) dos objetos virtuais no mundo real [21].

Apesar de existirem diferentes domínios de aplicação, os sistemas de RA seguem basicamente o mesmo modelo. O ambiente real é capturado por uma câmera; a estimativa da posição da câmera é realizada; as coordenadas dos objetos gerados pelo computador são alinhadas com as coordenadas da câmera e as imagens virtuais são combinadas com a imagem real [32].

Segundo Azuma [3], os sistemas de RA são constituídos por três aspectos básicos: combinação do real com o virtual, interação em tempo real e imagem tridimensional.

### 2.2 Gamificação

Vianna et al. [48], define *gamificação* como o “uso de mecânicas de jogos em contextos diversos, com o objetivo de incrementar a participação e gerar engajamento e comprometimento por parte de potenciais usuários”. Outra definição é dada por Deterding et al. [13], como o “uso de elementos e técnicas de *design* de jogos em contexto que não são de jogos”.

O principal objetivo da *gamificação* “é criar o envolvimento entre o indivíduo e determinada situação, aumentando o interesse, engajamento e eficiência na realização de uma tarefa específica, buscando mudar o comportamento desse indivíduo” [38].

As mecânicas de jogos são uma variedade de ações, comportamentos e mecanismos de controles usados para “gamificar” uma atividade, afim de criar uma experiência convincente e envolvente ao usuário. Em suma, as mecânicas de jogos incluem pontos, níveis, desafios, bens virtuais, tabelas de classificação, troféus, brindes, medalhas, entre outros [9, 16, 23, 48].

Por outro lado, as dinâmicas de jogos são os resultados dos desejos e motivações proporcionadas pelas mecânicas de jogos, fazendo com que a pessoa participe de forma mais interessada e engajada na realização de uma atividade específica. São exemplos de dinâmicas de jogos as recompensas, *status*, realização, autoexpressão, competição e altruísmo [9, 16, 23, 48].

Nos últimos anos observou-se um crescente interesse pelo aproveitamento no uso de mecânicas e dinâmicas de jogos na área da educação com o objetivo de motivar e engajar os alunos nas realizações de suas atividades [13, 14, 29].

Entretanto, a aplicação desorientada do uso dessas técnicas pode desmotivar os alunos e comprometer os resultados. Assim, nesse trabalho foram utilizadas as diretrizes propostas por Fardo [17] para aplicação da *gamificação* em ambientes de aprendizagem como estratégia norteadora ao processo de ensino. Essas diretrizes são:

- Possibilidade de trabalhar com experimentações: adotar o erro como um fator natural do processo de aprendizagem faz com que o aluno sinta-se mais seguro, proporcionando, assim, a possibilidade de procurar por soluções diferentes, inovadoras, com maior liberdade, por meio de diversas abordagens que possam orientá-lo para a superação dos desafios impostos, sem ter medo das consequências que os erros poderão lhe causar.
- Inclusão de *feedbacks* constantes: permite ao aluno readequar suas estratégias o mais rápido possível para o problema proposto caso sua ação não esteja sendo satisfatória.



- Adaptar as tarefas ao nível de habilidade do aluno: cada aluno difere quanto à competência, conhecimentos e habilidades. Assim, adaptar a complexidade das tarefas a cada aluno garante que o nível de desenvolvimento seja atingido e que o mesmo sinta-se motivado e engajado na realização de determinada atividade.
- Dividir tarefas complexas em tarefas menores: um desafio muito complexo ou muito fácil pode proporcionar um efeito desmotivador ao aluno. Assim, dividir uma atividade complexa em outras menores, com objetivos claros, pode contribuir para o sucesso de sua realização. Nesta etapa faz-se uso de *feedback* para cada conquista do indivíduo, apresentando sempre as relações das etapas menores com o todo.
- Proporcionar diversos caminhos para alcançar o sucesso: tomando como base a etapa anterior, é possível realizá-las de várias formas permitindo com que o aluno interaja com o problema de acordo com o seu nível de desenvolvimento e aprendizado. Desse modo, é possível que cada um escolha o caminho que mais esteja de acordo com suas capacidades e conhecimentos.
- Oferecer recompensas efetivas: proporcionar recompensas extrínsecas de modo que elas elevem a motivação intrínseca dos alunos. Fardo [17] ainda destaca que, se o sistema de recompensas estiver ligado a características sociais, pode se tornar um poderoso motivador da aprendizagem.
- Possibilitar aos alunos diferentes papéis no processo de construção do conhecimento.
- Garantir a diversão: os jogos proporcionam entretenimento capaz de oferecer aprendizagem de forma prazerosa aos indivíduos. Assim, incluir esses aspectos no ambiente de aprendizagem, através do modo como eles são alcançados nos jogos, pode oferecer um poderoso meio para potencializar os processos de ensino e aprendizagem.

Outro fator importante a considerar no momento de gamificar uma atividade é a teoria de Bartle [5], onde os jogadores são caracterizados em quatro perfis (predadores, realizadores, exploradores e socializadores) e que diferentes dinâmicas de jogos são necessárias para cada um deles.

## 2.3 Trabalhos Correlatos

Atualmente, diversas aplicações de *software* e objetos físicos controlados por computador vêm sendo utilizados

para o tratamento e ensino de pessoas portadoras de deficiência [26].

As aplicações de *software* multimídia<sup>1,2</sup> estão distribuídas gratuitamente e comercialmente para atividades de memória, lógica, atenção, percepção, controle motor, alfabetização, entre outras. Dentre essas aplicações, pode-se citar o Lumosity<sup>3</sup>, um aplicativo *web* gratuito de treinamento personalizado de memória e atenção; e o Ariê<sup>4</sup>, uma série de jogos educativos para auxiliar na alfabetização de crianças.

Entretanto, as aplicações multimídia possuem limitações quanto a restrição à visualização do usuário à tela do computador, ao realismo da cena e a interação homem-máquina, sendo esta, centralizada ao uso do *mouse* e teclado [26].

De modo a transcender as limitações dos sistemas multimídia, pesquisas têm sido realizadas explorando as especificidades da tecnologia de RV, como a representação tridimensional de objetos virtuais, o realismo da cena e a interação homem-máquina [4, 7, 10, 11, 18, 27, 30, 46]. Contudo, para o desenvolvimento desses aplicativos, é necessário o uso de dispositivos não convencionais para que os usuários possam interagir com o mundo virtual, o que torna essas ferramentas mais caras e inacessíveis para muitos usuários e entidades.

Nos últimos anos, pesquisas vêm sendo realizadas fazendo uso da tecnologia de RA, na qual resultados promissores se destacam por proporcionar maior acessibilidade às entidades de tratamento e usuários portadores de necessidades especiais, devido ao baixo custo dos aplicativos e de sua fácil distribuição, além da interação usuário-computador ser intuitiva, possibilitar *feedback* multissensorial, motivação e engajamento [26]. Alguns trabalhos foram desenvolvidos, mas a maioria aplicados à deficiência motora [1, 2, 24, 44, 41, 51, 52].

Contudo, no contexto dos poucos trabalhos relacionados às pessoas com problemas cognitivos, Billaudeau, Richard e Gaudin [6] desenvolveram uma aplicação recreativa e educacional usando a tecnologia de RA com o objetivo de investigar o seu desempenho e comportamento em crianças normais e com deficiência cognitiva.

A aplicação consiste em um livro de RA com o intuito de trabalhar diversidades de plantas, tais como: frutas, flores, folhas e sementes. Na inicialização do aplicativo, quatro frutas aparecem na página esquerda do livro, em uma posição aleatória, sendo usadas como referência para a tarefa de emparelhamento. Assim, o usuário deve reconstruir a mesma ordem das frutas na página direita do livro. Uma vez que o emparelhamento estiver correto, este

<sup>1</sup> <http://www.msty-neurotraining.com/Introduction.htm>

<sup>2</sup> <http://www.parrotsoftware.com/parrotstore/Default.aspx>

<sup>3</sup> <http://www.lumosity.com/>

<sup>4</sup> <http://www.brincandocomarie.com.br/>

procedimento se repetirá para as flores, folhas e sementes. Informações visuais, de audição e olfato foram usadas para ajudar as crianças no processo de tomada de decisão.

Já Corrêa et al. [12] desenvolveram um jogo musical intitulado GenVirtual, que visa contribuir para o desenvolvimento educacional de pessoas portadoras de necessidades especiais.

O objetivo do jogo, do ponto de vista cognitivo, é estimular a atenção, concentração e memorização de cores e sons emitidos a partir de objetos virtuais projetados no mundo real. Do ponto de vista físico, o jogo proporciona o aprendizado motor, que ocorre de acordo com o planejamento da ação motora feito previamente pelo terapeuta.

Kirner e Kirner [26] desenvolveram um artefato cognitivo para o treinamento e melhoramento das habilidades cognitivas, com o objetivo de proporcionar um dispositivo de baixo custo, de fácil personalização, interface amigável, multissensorial e baixa exigência de destreza.

O aplicativo consiste em explorar atividades cognitivas de identificação, memorização, comparação e associação de figuras e sons. E sua interação é feita por meio do uso de marcadores.

Nascimento, Carvalho e Costa [37] desenvolveram uma aplicação de RA denominada ReabRA, a qual visa prover elementos para a estimulação da atenção e memória em um programa de tratamento de pessoas com diferentes tipos de lesões cerebrais.

O funcionamento do sistema consiste das seguintes etapas: o paciente deve visualizar uma sala (usando um capacete HMD) que contém cinco marcadores espalhados. Cada marcador está associado a um objeto 3D. Após alguns minutos, o paciente deve entrar na sala sem o capacete e lembrar onde estavam estes objetos, a quantidade de objetos virtuais que havia na sala e quais objetos eram.

O que abrange a área da *Gamificação* aplicada à educação, a plataforma *online* Currículo<sup>1</sup>, criada em 2014, oferece uma série de atividades gamificadas para inspirar práticas inovadoras em sala de aula a fim de promover maior motivação, engajamento e participação dos alunos com o processo educativo, visando, prioritariamente, o desenvolvimento da aprendizagem.

Já o projeto de Eleftheria et al. [15], ainda em fase de desenvolvimento, tem como objetivo usar a RA e a *Gamificação* para criar um livro de RA educacional na área de ciência para alunos em geral.

O livro consiste de textos relacionados à ciência com alguns marcadores fixados. Quando estes são escaneados por um dispositivo de RA, uma simulação 3D é produzida e o aluno interage com o laboratório virtual a fim de realizar os desafios nele contido. Cada experimento possui elementos de jogos (guia virtual, pontuação, níveis, *badges*,

desafios, desbloqueio de conteúdo, customização e refazer) para ajudar, motivar, orientar e envolver os alunos, a fim de prover uma maior compreensão, motivação e engajamento do conteúdo estudado.

### 3 AR-G Atividades Educacionais

#### 3.1 Metodologia de Desenvolvimento

No presente trabalho, a metodologia escolhida para construir o aplicativo AR-G Atividades Educacionais foi o modelo de *software* denominado Desenvolvimento Evolucionário [45].

Tal modelo foi escolhido por ser eficaz na produção de sistemas que atendam às necessidades imediatas dos clientes e por proporcionar um *feedback* rápido, além de ser o melhor método, segundo Sommerville [45], para o desenvolvimento de sistemas de pequeno e médio porte.

Desse modo, para o desenvolvimento do projeto foram adotadas três etapas de maneira iterativa: (1) especificação dos requisitos, (2) prototipação e (3) validação.

#### 3.2 Especificação dos requisitos

Os requisitos para o desenvolvimento do aplicativo foram levantados através de entrevistas com uma professora, formada em pedagogia, que atua diretamente com alunos portadores de deficiência intelectual na APAE de Guaxupé – MG há quinze anos. Conforme o modelo de desenvolvimento utilizado, o levantamento dos requisitos foi realizado *in loco* e em várias etapas, conduzindo assim, todo o processo de desenvolvimento.

Em suma, os requisitos levantados com a professora mostraram que o aplicativo deveria:

- **R-01 (Requisito 01):** explorar características e categorias de objetos relacionados ao dia-a-dia dos alunos.
- **R-02:** proporcionar atividades que permitam explorar habilidades cognitivas a respeito dos conceitos de classificação e discriminação de objetos; trabalhar a alfabetização, além de ajudar nas habilidades de percepção, raciocínio, atenção, motivação e memória.
- **R-03:** permitir que o professor trabalhe com os alunos outros conceitos fundamentais como, por exemplo, cor, forma, quantidade, entre outros.
- **R-04:** oferecer diferentes níveis de dificuldades atendendo à diversidade dos alunos com deficiência intelectual.

<sup>1</sup> <http://curriculomais.educacao.sp.gov.br/>



- **R-05:** oferecer instruções faladas a fim de melhorar a compreensão dos alunos, especialmente aqueles que não sabem ler.
- **R-06:** apresentar *feedback* às ações do aluno, com mensagens que incentive o aluno nos acertos, mas que não o desestimule ao informar sobre erros.
- **R-07:** usar a tecnologia de RA e *Gamificação* para o desenvolvimento do aplicativo fazendo uso de dispositivos convencionais.
- **R-08:** as interações a serem executadas com o computador devem ser tangíveis e fáceis.
- **R-09:** a interface do usuário deve ser fácil de aprender e usar.
- **R-10:** oferecer como atividade aos alunos as tarefas de agrupar animais, frutas e associar palavras com seus respectivos objetos.

Foi elaborado o Diagrama de Caso de Uso [45] com o objetivo de ilustrar os requisitos funcionais do aplicativo. Conforme R-10, as atividades básicas são: agrupar os objetos na classe animal, agrupar os objetos na classe fruta e associar palavras com os respectivos objetos. Posteriormente, foram construídos os Diagramas de Atividade [45] para apresentar o fluxo de controle de cada uma das atividades. Por limitações de espaço, os diagramas não serão apresentados.

### 3.3 Arquitetura do sistema e ferramentas de desenvolvimento

A arquitetura geral do sistema desenvolvido, apresentado na Figura 1, é composto por marcadores construídos com papel cartolina de dimensão 9cm X 9cm; um *notebook* com processador Intel Core i7 2.60 GHz, 8 GB de Memória RAM, placa de vídeo AMD Radeon 2GB, Sistema Operacional Windows 8.1 e uma *webcam* Microsoft LifeCam VX-800.



**Figura 1:** Arquitetura geral do sistema.

Alguns objetos virtuais 3D foram retirados da *internet* (*Blend Swap*<sup>1</sup>) com permissões de uso para fins acadêmicos e outros foram construídos pelos próprios autores

usando a ferramenta Blender<sup>2</sup>. As imagens foram retiradas do Google e editadas no *software* GIMP<sup>3</sup>. O áudio para as apresentações dos objetivos, *feedbacks*, recompensas e pronúncias dos objetos foram criados pelos próprios autores fazendo uso do programa *Free Audio Recorder*<sup>4</sup>.

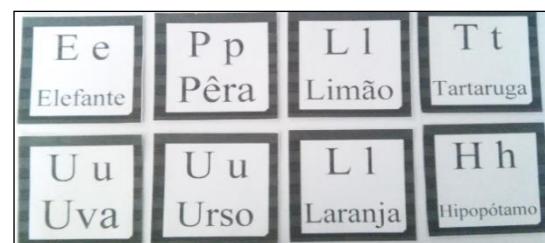
O aplicativo de RA com *Gamificação* foi desenvolvido por meio da ferramenta Unity<sup>5</sup>, com o *plugin* Vuforia<sup>6</sup>, usando a Linguagem de Programação C#.

De modo geral o usuário interage com os marcadores que estão sobrepostos à mesa, no mundo real, colocando-os em frente a *webcam*. A imagem capturada é processada pelo sistema e os resultados são exibidos na tela do *notebook*. Desse modo, o usuário poderá visualizar os resultados e com base nos *feedbacks* executar novas ações.

### 3.4 Descrição do aplicativo

O AR-G Atividades Educacionais é um aplicativo de RA Gamificado desenvolvido com os equipamentos e ferramentas citados na seção 3.3, de modo a atender ao requisito R-07. O aplicativo por meio das atividades: agrupar animais, frutas e associar palavras com seus respectivos objetos (R-10), permite que o aluno possa explorar e aprender características de objetos relacionados ao seu dia-a-dia (R-01) e trabalhar diversas habilidades (R-02) e conceitos (R-03).

O aplicativo é composto por dois níveis de dificuldades para atender à diversidade dos alunos com deficiência intelectual (R-04). No primeiro nível, o aluno tem como objetivo realizar duas tarefas, sendo, a primeira, agrupar os objetos que pertencem a classe animal e, a segunda, a classe fruta. Para isso, o aluno dispõe de vários marcadores sobrepostos à mesa tendo como padrão o nome de frutas e animais, como mostrado na Figura 2.



**Figura 2:** Exemplo de alguns marcadores utilizados na atividade de agrupamento.

O aluno deve escolher um marcador e, quando este for colocado frente à câmera, o objeto virtual 3D é sobreposto ao marcador e seu nome pronunciado por meio de áudio pré-gravado. Em seguida, o sistema fornece um *feedback* de acerto ou de erro conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

<sup>1</sup> <http://www.blendswap.com/>

<sup>2</sup> <http://www.blender.org/>

<sup>3</sup> <http://www.gimp.org/>

<sup>4</sup> <http://www.baixaki.com.br/download/free-audio-recorder.htm>

<sup>5</sup> <http://unity3d.com/>

<sup>6</sup> <https://developer.vuforia.com/>



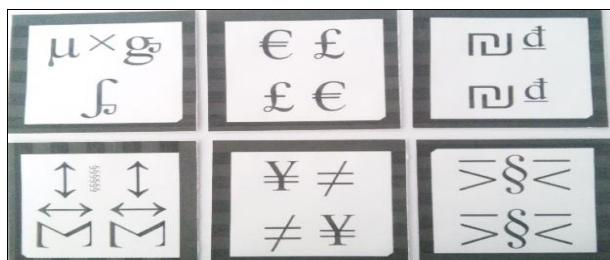
**Figura 3:** Feedback de acerto - atividade de agrupar os objetos do tipo animal.



**Figura 4:** Feedback de erro - atividade de agrupar os objetos do tipo animal.

Para cada acerto a barra de progresso é incrementada e uma imagem do respectivo objeto é inserida no seu grupo, conforme apresentado na Figura 3. As atividades estarão concluídas quando a barra de progresso chegar a 100% e todos os objetos estiverem inseridos em seus respectivos grupos.

No segundo nível, o aluno tem como meta associar as palavras com os respectivos objetos. Para isso, ele dispõe de vários marcadores sobrepostos à mesa, como apresentado na Figura 5.



**Figura 5:** Exemplo de alguns marcadores usados na atividade de associação.

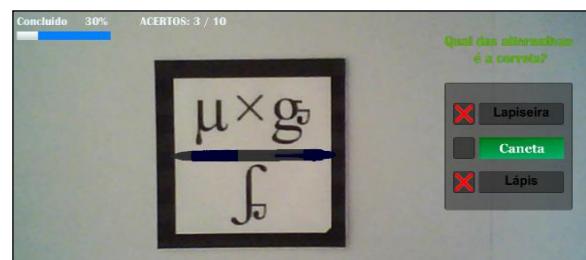
O aluno, ao escolher um marcador e posicioná-lo frente à câmera, terá o objeto virtual 3D sobreposto ao marcador e seu nome pronunciado por meio de áudio pré-gravado. Em seguida, um grupo de palavras serão exibidas na tela de forma aleatória e o aluno deverá selecionar a palavra correta, referente aquele objeto, por meio do clique do botão esquerdo do mouse ou da tela touchscreen do notebook.

Se a primeira escolha for a correta, então o *feedback* de acerto é fornecido e o sistema de pontuação de acerto é incrementado em um. Caso contrário, um *feedback* de erro é apresentado e o aluno poderá continuar realizando novas tentativas até encontrar a resposta correta. As Figuras 6 e 7 ilustram os sistemas de *feedback* de acerto e erro respectivamente.

A atividade de associação estará concluída quando a barra de progresso chegar a 100%.



**Figura 6:** Feedback de acerto para a atividade de associação.



**Figura 7:** Feedback de erro para a atividade de Associação.

No início de cada atividade uma tela é apresentada, conforme mostrado na Figura 8, contendo um texto explicativo e um sistema de áudio, de modo a deixar claro o objetivo da tarefa.

Ao término de cada atividade com sucesso, uma tela conforme ilustrado na Figura 9 é exibida com mensagens, áudio e animações ao aluno de modo a parabenizá-lo pela sua conquista, e sistemas de recompensas são entregues, como troféus e medalhas.

Atendendo aos requisitos R-05, R-06, R-08 e R-09, o aplicativo é um ambiente lúdico e interativo que contém objetos e atividades relacionadas ao dia-a-dia dos alunos. Oferece instruções faladas, a fim de melhorar a compreensão e prover a participação de todos, principalmente os que não sabem ler; oferece sistemas de *feedback* positivo às ações; proporciona uma interação homem-máquina intuitiva exigindo baixa destreza e uma interface fácil de aprender e usar.



Figura 8: Texto explicativo - atividade de agrupar os objetos do tipo animal.



Figura 9: Tela de recompensa por concluir o primeiro nível com sucesso.

### 3.5 Como explorar a *gamificação* por meio do aplicativo

O aplicativo é composto por elementos de jogos com o objetivo de motivar, orientar e engajar os alunos na realização das atividades.

Baseado nas diretrizes de Fardo [17], apresentado na seção 2.2, para aplicação da *gamificação* no processo de ensino, os elementos de jogos escolhidos para este projeto foram: participação voluntária, metas claras, sistema de *feedback*, desafios, níveis, sistema de pontuação, troféus e medalhas.

A proposta da participação voluntária trata-se de que o aluno aceite de forma consciente e voluntária a realização das tarefas, estabelecendo, assim, a liberdade para entrar ou sair da atividade por vontade própria e uma base comum para que outros alunos realizem a atividade. Desse modo, baseado em McGonigal [36] a atividade é vivenciada de forma segura e prazerosa.

As metas são os resultados que os alunos vão trabalhar para conseguir. Elas focam a habilidade cognitiva da atenção e orienta continuamente sua participação no decorrer da atividade [36]. Estes senso de objetivo são apresentados por meio de textos escritos e áudio.

De modo a dizer ao aluno o quão próximo ele está de atingir a meta ou para readequar suas estratégias o mais rápido possível para o problema proposto caso sua ação não esteja sendo satisfatória, o aplicativo possui vários sistemas de *feedback*, entre eles, a barra de progressão é

usada para orientar o aluno do quanto perto ele está de concluir o objetivo, sendo esta, incrementada a cada acerto. Além disso, a própria quantidade de marcadores sobrepostos à mesa e a quantidade de quadros vazios (relacionados à atividade de agrupamento) também são mecanismos para sua orientação.

Na atividade de agrupamento, para as ações corretas o aluno recebe um *feedback* por áudio, imagem e mensagens do tipo “Acertou!!! Parabéns Amiguinho!”, já para as ações erradas, além do áudio e da imagem a mensagem é do tipo “Errou!!! Tente de novo Amiguinho!”. Na atividade de associação, os acertos são apresentados por áudio e por uma imagem do tipo “V”, já para os erros, há áudio e uma imagem do tipo “X”.

Outro fator importante é que quando selecionada determinada opção ela se torna inativa e, uma vez que o aluno acerte a palavra correspondente ao objeto, depois de alguns segundos, o grupo de palavras não é mais exibido. Porém, é permitido que o professor continue a trabalhar diversos conceitos na atividade com os alunos.

Com base nos sistemas de *feedback* apresentados, o aplicativo possibilita o trabalho com experimentações, conforme discutido na seção 2.2, onde os erros são adotados como fator natural do processo de aprendizagem e por meio de um *feedback* positivo faz com que o aluno sintase mais seguro e o proporcione maior liberdade para buscar soluções inovadoras para superar os desafios impostos. Em outras palavras, conforme relatado por McGonigal [36], o “fracasso divertido” não desaponta os alunos, mas sim, deixa-os felizes de uma forma bastante particular: empolgados, interessados e, acima de tudo, otimistas. Além disso, o sistema de *feedback* é um fator importante para manter a atividade dinâmica e viva.

As atividades estão dispostas no aplicativo em dois níveis (agrupamento e associação, respectivamente – R11). Porém, no primeiro nível a atividade é dividida em duas tarefas menores - primeiro em agrupar os objetos do tipo animal e, em seguida, os objetos do tipo fruta. Assim, é possível atender as diferentes habilidades, conhecimentos e competências dos alunos, além de motivá-los e engajá-los na sua realização, conforme apresentado na seção 2.2. Além disso, é possível proporcionar ao aluno a realização das atividades de várias formas permitindo com que ele interaja com o problema de acordo com o seu nível de desenvolvimento e aprendizado, fazendo com que escolha o caminho que mais esteja de acordo com suas capacidades, habilidades e conhecimentos.

Como recompensas para os desafios, são incluídos no aplicativo um sistema de pontuação, níveis de proficiência, troféus e medalhas, a fim de ajudar o aluno a acompanhar seu progresso, motivá-lo e recompensá-lo pelo seu esforço.

A recompensa, segundo Vianna et al. [48], é a principal razão pela qual os indivíduos se motivam para continuar em uma atividade. O aplicativo possibilita o aluno a receber recompensas extrínsecas por meio do sistema de pontuação, níveis, troféus e medalhas, além de elogios por parte dos professores e colegas de sala a cada objetivo alcançado com sucesso, proporcionando, assim, o sentimento de *status* e realização.

Além disso, é possível despertar as recompensas intrínsecas por meio da conectividade social, onde McGonigal [36] diz que “os seres humanos são criaturas extremamente sociais e até mesmo o mais introvertido extraí um bom percentual de felicidade ao passar algum tempo com as pessoas criando experiências e vínculos”. Para isso, o professor pode realizar a atividade de forma coletiva e colaborativa, conduzindo o aluno a fazer parte de algo maior (como por exemplo, ser “orientador” de outros alunos), tirando-o da zona passiva de aprendizado e levando-o ao comportamento ativo, despertando sua curiosidade, admiração e fazendo com que ele contribua com algo que tenha um significado duradouro.

Todos os elementos de jogos descritos acima foram implementados com o intuito de se associar a um tipo de jogador relacionado ao trabalho de Bartle [5], conforme abordado na seção 2.2. Os desafios com dificuldades diferentes, às recompensas e níveis são características que atraem os perfis realizadores. A possibilidade de o professor trabalhar e se aprofundar nas propriedades físicas do objeto de conhecimento (cor, quantidade e outras) estimulam os perfis dos exploradores. Já a possibilidade da atividade ser realizada de forma coletiva e colaborativa, proporcionando, assim, a interação social, estimula os perfis socializadores. Uma vez que o perfil predador é motivado por derrotar os adversários e por possuir um comportamento agressivo, optou-se por não incluir nenhum elemento de jogo atrativo para este perfil, porque este não é o comportamento desejado dentro de um ambiente de aprendizado.

## 4 Protocolo de Avaliação do Aplicativo

A fim de cumprir a última etapa do ciclo de desenvolvimento do modelo genérico, esta seção tem como objetivo apresentar os procedimentos, materiais e métodos usados na pesquisa quantitativa e qualitativa para avaliar o aplicativo com alunos com deficiência intelectual e especialistas da área da educação especial.

### 4.1 Pesquisa Quantitativa

Esta pesquisa teve como objetivo investigar, através de uma abordagem quantitativa, o aplicativo como ferramenta de auxílio no processo de aprendizagem de alunos

com deficiência intelectual antes e após o seu uso. Desse modo, a presente pesquisa pretendeu apoiar as afirmações:

- “A pontuação média de cada habilidade trabalhada com os alunos antes da utilização do aplicativo será menor que a alcançada após a utilização do mesmo”.
- “A pontuação média dos alunos antes da utilização do aplicativo será menor que a alcançada após a utilização do mesmo”.

Com base nas afirmações 1 e 2 foram formuladas as hipóteses a seguir:

Para afirmação 1 temos:

- $H_0$ : a pontuação média de cada habilidade trabalhada com os alunos antes da utilização do aplicativo será maior ou igual à alcançada após a utilização do mesmo.
- $H_a$ : a pontuação média de cada habilidade trabalhada com os alunos antes da utilização do aplicativo será menor que a alcançada após a utilização do mesmo.

Para afirmação 2 temos:

- $H_0$ : a pontuação média dos alunos antes da utilização do aplicativo será maior ou igual à alcançada após a utilização do mesmo.
- $H_a$ : a pontuação média dos alunos antes da utilização do aplicativo será menor que a alcançada após a utilização do mesmo.

A hipótese  $H_0$  representa uma expressão contrária àquilo que se deseja verificar. O que se espera, portanto, como resultado do trabalho experimental, é rejeitar a hipótese nula  $H_0$ .

As etapas seguidas para a realização deste estudo foi baseado nas diretrizes de Larson e Farber [28]: (1) identificar as amostras e a população de interesse, (2) desenvolvimento de um plano para a coleta dos dados, (3) coleta dos dados, (4) uso de estatística descritiva para organizar, resumir e representar os dados e (5) interpretar os dados e tomar decisões sobre a população usando estatística inferencial.

Na presente pesquisa, a população à qual se refere o público que se deseja estudar são alunos com deficiência intelectual. O tipo de amostragem utilizada neste trabalho caracteriza-se como não probabilística, sendo especificamente denominado de amostragem por conveniência [28]. Assim, para realizar a avaliação do aplicativo com os alunos com tal deficiência foi selecionada a escola de educação especial da APAE de Guaxupé – MG.



A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário com alunos com deficiência intelectual. A justificativa de seu uso como ferramenta de avaliação é baseado em Marconi e Lakatos [33]. Os autores apontam um atrativo na sua utilização: os dados produzidos pela investigação, independente dos sistemas, usuários e tarefas consideradas, é passível de descrição estatística. Com isso, tal técnica torna-se uma ferramenta de aplicação rápida, reduzindo o tempo e os custos envolvidos com a administração e computação dos resultados.

A elaboração do questionário foi realizada em conjunto com a professora da APAE de Guaxupé – MG que conduziu as atividades com os alunos por meio do aplicativo.

O questionário possui vinte questões divididas em quatro seções. A primeira seção, contém quatro questões destinadas a dados gerais do aluno. Na segunda seção, há sete questões a respeito do seu perfil.

Na terceira seção, há sete questões relacionadas as habilidades que foram trabalhadas com os alunos durante a realização de suas atividades por meio do aplicativo. Essas habilidades são: funcionalidade dos objetos, discriminação, situação-problema, classificação, associação, cor e quantidade.

Por fim, a quarta seção contém duas perguntas relacionadas a motivação, cujas métricas foram retiradas do trabalho de Seixas et al. [43]: (1) Qual o nível de participação do aluno na realização da atividade? e (2) Qual o nível de interesse do aluno na realização da atividade?.

Este questionário foi respondido pela professora da APAE de Guaxupé – MG que trabalhou diretamente com esses alunos, já que os mesmos não possuem condições para seu preenchimento.

Nas seções três e quatro do questionário, a professora atribuiu uma pontuação com base em uma escala Likert [28] de cinco pontos.

As etapas seguidas para avaliação do aplicativo e coleta dos dados com os alunos da APAE de Guaxupé - MG foram:

- I. Apresentação da proposta de pesquisa, esclarecimentos quanto a sua importância e o convite à instituição para colaborar com este trabalho.
- II. Aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido a todos os alunos e responsáveis participantes da pesquisa.
- III. Apresentação e treinamento do aplicativo com a professora que irá trabalhar diretamente com os alunos.
- IV. Aplicação do questionário com a professora a respeito de cada aluno colaborador com o projeto, com

o objetivo de traçar seu perfil e quantificar seus conhecimentos prévios a respeito do conteúdo trabalhado durante o uso do aplicativo.

- V. Utilização da ferramenta com os alunos com encontros semanais, com duração de uma hora cada aula, entre os períodos de 26 de Fevereiro de 2015 à 23 de Abril de 2015.
- VI. Reaplicação do questionário com a professora (não sendo permitido a consulta ao primeiro questionário respondido), visando quantificar o conhecimento do aluno a respeito do conteúdo trabalhado após o período de uso do aplicativo.
- VII. Comparação e análise dos resultados dos questionários obtidos antes e após a utilização do aplicativo.

Desse modo, antes e após o uso do aplicativo na APAE de Guaxupé – MG, a professora respondeu ao questionário referente as habilidades apresentadas por cada aluno. Em seguida, a média da pontuação das habilidades de cada aluno e a média da pontuação de todos os alunos foram calculados antes e após o uso da ferramenta.

A comparação da diferença entre as médias obtidas antes e após o uso do aplicativo foi formalizada com base no teste t [28], sendo os dados considerados como amostras dependentes, pois cada aluno produz um par de valores de dados (antes e após o uso do aplicativo), permitindo sua comparação média, entre habilidades e alunos. O nível de significância foi considerado de 5% [28].

## 4.2 Pesquisa Qualitativa

Esta pesquisa teve como objetivo:

- Avaliar a interação entre o usuário e a aplicação, permitindo conhecer as opiniões de especialistas da área, coletando informações sobre a facilidade na aprendizagem e satisfação do uso da aplicação.
- Avaliar a ferramenta como projeto de um material de aprendizagem, permitindo conhecer as opiniões de especialistas da área, coletando informações sobre a facilidade de aprendizagem individual e a construção coletiva de conhecimento.

O tipo de amostragem utilizado nesta pesquisa caracteriza-se como não-probabilística, sendo, especificamente, denominado de amostragem intencional. Nesta categoria, “o pesquisador está interessado na opinião de determinados elementos da população” [33].

Assim, no presente trabalho, os elementos escolhidos para a realização desta avaliação foram duas professoras que trabalham diretamente com alunos com deficiência intelectual na APAE de Guaxupé – MG, com o objetivo de saber, através da utilização do método prospectivo, suas

opiniões quanto a usabilidade técnica e pedagógica do aplicativo [39].

Desse modo, através das opiniões de especialistas que atuam diretamente na área, a avaliação poderá contribuir para a visualização de possíveis problemas e auxiliar na melhoria dos processos da interação usuário-computador e nos aspectos pedagógicos, resultando, assim, em uma ferramenta educativa de qualidade para ser trabalhada com alunos com deficiência intelectual em geral.

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário composto por trinta e sete questões, divididos em três seções. A primeira seção, contém quatro questões destinadas a informações gerais das avaliadoras. A segunda seção, referente a avaliação da usabilidade técnica, contém dezesseis questões e foi construída com base nos trabalhos de Reis e Kirner [42], Martins, Correa e Guimarães [34] e Martins, Kirner e Kirner [35]. Os critérios foram divididos em quatro dimensões de acordo com Martins, Kirner e Kirner [35], sendo elas (1) Interação com o sistema, (2) Interface da aplicação, (3) Representação e (4) Funcionalidade Geral.

Na terceira seção, foi inserida, baseado no trabalho de Nokelainen [39], dezessete questões divididas em dez critérios de usabilidade pedagógica, sendo eles: (1) Controle do aluno, (2) Atividade do aluno, (3) Aprendizagem colaborativa/coletiva, (4) Orientação a objetivos, (5) Aplicabilidade, (6) Valor agregado, (7) Motivação, (8) Avaliação do conhecimento prévio, (9) Flexibilidade e (10) Feedback.

Para cada critério das seções dois e três, as avaliadoras atribuíram uma pontuação com base em uma escala Likert de cinco pontos.

Para complementar os resultados, durante o período de teste tanto por parte dos alunos quanto pelas especialistas da área, os pesquisadores adotaram a técnica observacional Wainer [49]. O pesquisador interagiu com os sujeitos de modo semiformal, através de entrevistas, com o objetivo de descrever de forma objetiva e direta os eventos e argumentos de interesse.

As etapas seguidas para avaliação do aplicativo por meio das avaliadoras da APAE de Guaxupé - MG foram:

- I. Apresentação da proposta de pesquisa, esclarecimentos quanto a sua importância e o convite para colaborar com este trabalho.
- II. Aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
- III. Apresentação do aplicativo às avaliadoras.
- IV. Utilização do aplicativo pelas avaliadoras em uma seção de uma hora cada.
- V. Aplicação do questionário às avaliadoras.

VI. Descrição dos resultados dos questionários.

## 5 Resultados e Discussões

### 5.1 Resultado da Pesquisa Quantitativa

Nesta pesquisa participaram dez alunos ( $A_1, A_2, \dots, A_{10}$ ) com deficiência intelectual em geral. Esses alunos foram selecionados pelo corpo docente da APAE de Guaxupé.

Os alunos frequentam o 4º ano da Educação de Jovens e Adultos (EJA), sendo três do sexo feminino e sete do sexo masculino, com faixa etária média de idade de 30 anos, aproximadamente.

Com base nas características levantadas, apenas um aluno foi classificado com deficiência intelectual do tipo grave; 80% apresentam um comportamento calmo e 60% conseguem estabelecer um diálogo.

Já em relação a deficiência física, não há nenhum aluno com características que possam ter seu trabalho prejudicado pelo uso do mouse ou manipulação dos marcadores.

Do total de alunos que participaram dos testes, 50% possuem independência na realização de suas atividades diárias, porém, nenhum deles consegue se concentrar totalmente durante sua realização.

Por fim, 80% desses alunos interagem com os colegas de classe e 60% apresentam dificuldades ao usar o computador, necessitando, muitas vezes, do auxílio da professora.

O gráfico da Figura 10 descreve a pontuação média das sete habilidades presentes no questionário, com o objetivo de quantificar o conhecimento das amostras antes e após o uso do AR-G Atividades Educacionais. As habilidades no qual o teste de diferença de médias foi significativo ao nível de 5% estão acompanhadas de um asterisco (\*) em sua denominação.

A fim de complementar as informações disponíveis na Figura 10, é apresentado na Tabela 1, o resultado da aplicação do teste t por habilidade.

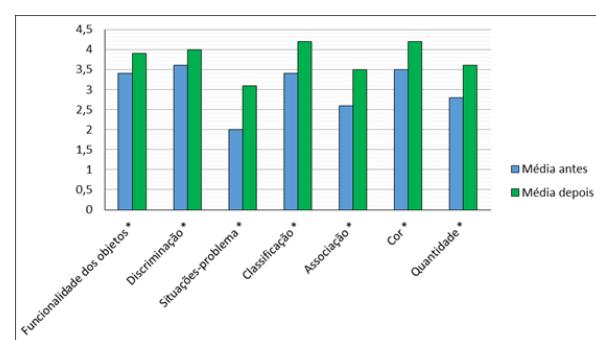


Figura 10: Média das habilidades para o grupo de alunos analisados.



Habilidades	Média		$t$	$\alpha = 0,05$ g.l = 9
	Antes	Depois		
Funcionalidade dos objetos	3,4	3,9	-3,000	
Discriminação	3,6	4,0	-2,449	
Situações-problema	2,0	3,1	-6,128	
Classificação	3,4	4,2	-3,207	$t_0 = -1,833$
Associação	2,6	3,5	-3,857	
Cor	3,5	4,2	-2,333	
Quantidade	2,8	3,6	-2,753	

Tabela 1: Resultado do teste t por habilidade.

Analizando os resultados da Figura 10 e da Tabela 1, é possível verificar que a média após a utilização do aplicativo, para todas as habilidades trabalhadas, foram maiores do que as médias antes de sua utilização.

Após a aplicação do teste t para cada habilidade, o valor da estatística  $t$  para todas as habilidades encontraram-se na região de rejeição para o nível de significância de 5%, onde  $t_0 = -1,833$ . Entretanto, há de se destacar que para as habilidades – funcionalidade dos objetos, situações-problema, classificação e associação – apresentou-se uma diferença estatisticamente significativa ao nível de 1% ( $\alpha = 0,01$ ), onde  $t_0 = -2,821$ .

Assim, com base nos resultados obtidos, verifica-se que há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula  $H_0$  referente a afirmação 1, apresentada na seção 4.1. Em outras palavras, ao se aplicar o teste t, foi constatado estatisticamente que há evidências suficientes para apoiar a afirmação: “a pontuação média de cada habilidade trabalhada com os alunos antes da utilização do aplicativo será menor que a alcançada após a utilização do mesmo”.

Com o objetivo de complementar a análise realizada acima, os pesquisadores aplicaram o teste t para a pontuação média geral das habilidades antes e após a utilização da ferramenta, com o intuito de verificar se a pontuação média geral das habilidades antes da utilização do aplicativo será menor que a alcançada após a utilização do mesmo.

Como resultado da análise complementar, pode-se afirmar estatisticamente que há evidências suficiente para apoiar essa afirmação para o nível de significância de 1% ( $\alpha = 0,01$ ), para  $t_0 = -3,143$ , onde o resultado da estatística t foi igual a -8,291.

O gráfico da Figura 11 descreve a pontuação média dos dez alunos que participaram da presente pesquisa, com o objetivo de quantificar o conhecimento geral das amostras antes e após o uso do AR-G Atividades Educacionais. Os alunos no qual o teste de diferença de médias foi significativo ao nível de 5% estão acompanhadas de um asterisco (\*) em sua denominação. A última coluna do gráfico refere-se a média geral das notas.

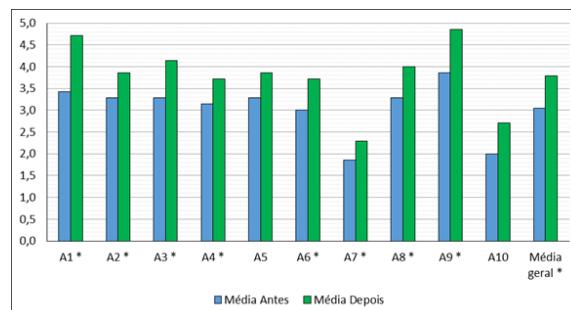


Figura 11: Média, por aluno, das habilidades antes e após o uso do aplicativo.

A fim de complementar as informações disponíveis na Figura 11, é apresentado na Tabela 2 o resultado da aplicação do teste t por aluno e da média geral dos alunos.

Aluno	Momento	Média	Estatística t
A1	Antes	3,43	-6,971
	Depois	4,71	
A2	Antes	3,29	-2,828
	Depois	3,86	
A3	Antes	3,29	-3,286
	Depois	4,14	
A4	Antes	3,14	-2,828
	Depois	3,71	
A5	Antes	3,29	-1,922
	Depois	3,86	
A6	Antes	3,00	-2,500
	Depois	3,71	
A7	Antes	1,86	-2,121
	Depois	2,29	
A8	Antes	3,29	-1,987
	Depois	4,00	
A9	Antes	3,86	-4,583
	Depois	4,86	
A10	Antes	2,00	-1,508
	Depois	2,71	
Média Geral		3,04	-9,390
Depois		3,79	

Tabela 2: Resultado do teste t para por aluno.

Analizando os resultados da Figura 11 e da Tabela 2, é possível verificar que a pontuação média de cada aluno e a pontuação média geral de todos os alunos após a utilização do aplicativo foi maior do que a pontuação média antes de sua utilização.

Após a aplicação do teste t para cada aluno, o valor da estatística t para oito dos dez indivíduos que compõem a amostra encontraram-se na região de rejeição para o nível de significância de 5%, para g.l = 6 e  $t_0 = -1,943$ . Há de se destacar que os alunos A5 e A10 não possuem uma diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%, porém, é possível observar que houve um aumento em suas médias e a diferença é estatisticamente significativa ao nível de significância de 10% ( $\alpha = 0,01$ ), onde  $t_0 = -1,440$ .

Já para os alunos A1, A3 e A9 a uma diferença estatisticamente significativa ao nível de 1% ( $\alpha = 0,01$ ), para  $g.l = 6$  e  $t_0 = -3,143$ . Por fim, a pontuação média geral também difere significativamente ao nível de 1% ( $\alpha = 0,01$ ), onde  $g.l = 9$  e  $t_0 = -2,821$ .

Assim, após a aplicação do teste t, pode-se confirmar que há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula  $H_0$  referente a afirmação 2, apresentada na seção 4.1. Em outras palavras, ao se aplicar o teste t, foi constatado estatisticamente que há evidências suficientes para apoiar a afirmação: “a pontuação média dos alunos antes da utilização do aplicativo será menor que a alcançada após a utilização do mesmo”, no nível de significância de 5%.

Com base nas análises quantitativas, pode-se inferir que a utilização do AR-G Atividades Educacionais como ferramenta de auxílio no processo de aprendizagem de alunos com deficiência intelectual em geral apresenta indícios de contribuição para a melhoria de habilidades que, pelos métodos tradicionais de ensino (por exemplo, lousa e papel), utilizados até o momento pelos alunos, ainda não haviam sido melhoradas.

## 5.2 Resultado da Pesquisa Qualitativa

O aplicativo foi avaliado por duas professoras (P1 e P2) formadas em pedagogia e que trabalham diretamente com alunos com deficiência intelectual na APAE de Guaxupé – MG há 15 e 12 anos, respectivamente. A idade média dessas avaliadoras é de 42 anos (P1 = 45 anos e P2 = 39 anos). O aplicativo foi avaliado por essas profissionais em uma seção de uma hora cada.

É importante ressaltar que a professora P1 foi a responsável por conduzir as atividades realizadas pelos alunos ao longo de dois meses com a ferramenta.

Durante a avaliação do aplicativo pelas professoras, os pesquisadores, através da técnica observacional, puderam verificar a motivação e o comprometimento dessas profissionais para a realização das atividades.

A Tabela 3 apresenta a pontuação média das notas, referente a avaliação da usabilidade técnica, atribuídas pelas professoras após a avaliação do aplicativo.

Com base nos resultados obtidos na Tabela 3 é possível verificar uma pontuação alta para todas as dimensões.

DIMENSÃO	P1	P2
Interação com o sistema	3,75	4,00
Interface da aplicação	3,83	4,50
Representação	4,80	4,60
Funcionalidade Geral	4,00	5,00

Tabela 3: Pontuação média da usabilidade técnica.

Em relação a dimensão interação com o sistema, as avaliadoras apontaram que nas primeiras interações poderiam haver dificuldades por parte dos alunos e professores, para manusear os marcadores e aprender a usar o aplicativo corretamente, sendo necessário treinamento, pois o novo de modo geral pode não ser compreendido imediatamente. Entretanto, destacaram como fator positivo o uso de marcadores e da possibilidade da utilização da tela touchscreen do notebook para realização das atividades.

As avaliadoras argumentaram que o uso desses recursos proporcionariam uma interação mais natural com o sistema, pois muitas vezes esses alunos também apresentam problemas de coordenação motora e, consequentemente, não conseguem manusear o mouse e o teclado, dificultando, assim, a realização das atividades através do computador, levando-os à desmotivação.

Esses relatos podem ser comprovados durante a realização das atividades dos alunos com o aplicativo. Para citar um exemplo, o aluno A7 possuía muitas dificuldades ao usar o computador (principalmente em manusear o mouse) e seu nível de participação e interesse durante as aulas de informática eram muito baixas. Entretanto, ao utilizar pela primeira vez o aplicativo, o aluno ficou encantado por ver seus movimentos serem rastreados pela webcam. Em seguida, a professora (P1) explicou seu funcionamento e mostrou como os marcadores deveriam ser posicionados em frente a câmera. A princípio, o aluno apresentou dificuldades em manusear corretamente esses marcadores, porém, a partir da segunda aula, essa dificuldade já havia sido superada.

Já para a atividade de associação, o aluno A7 no primeiro momento, voltou a se desmotivar por se deparar com a necessidade de usar o mouse para selecionar a palavra correta. Porém, no momento em que a professora mostrou que a atividade poderia ser realizada pressionando a tela do notebook, o aluno olhou para a professora, abriu um sorriso e rapidamente passou a tentar a realizar a atividade. Por fim, o aluno ao ver sua superação traçou como meta realizar essa tarefa por meio do uso do mouse.

No último dia de aula, a professora P1 expressou sua alegria em ver a evolução desse aluno em relação a participação e interesse para realização das atividades, além de um maior domínio na manipulação do uso do mouse.

Para o quesito tempo de resposta da aplicação, ambas as avaliadoras argumentaram que as informações, objetos virtuais 3D e demais conteúdos sonoros e visuais eram obtidos em tempo adequado.

Na dimensão interface da aplicação ambas as professoras mostraram-se satisfeitas quanto a atratividade do aplicativo e mencionaram que os feedbacks de acerto e erro estavam adequados e intuitivos para o público alvo.



Para o quesito visibilidade do *status* da aplicação, as professoras relataram que, de modo geral, está satisfatório, entretanto, a avaliadora P2 sugeriu que se colocasse alguma indicação para a atividade de associação, assim como realizado para as tarefas de agrupamento – Grupo Animais e Grupo Frutas.

Com base na análise observacional, o pesquisador pode verificar que os alunos conseguiam distinguir cada atividade devido a apresentação inicial referente aos objetivos das mesmas, porém, verificou que os alunos necessitavam do auxílio da professora (P1) para usar os grupos corretos de marcadores para suas respectivas atividades. Além disso, foi possível observar que após passarem um curto período de tempo (uma semana) sem utilizar a ferramenta, eles conseguiam realizar as atividades sem a necessidade de aprender como interagir com o sistema novamente.

Por fim, as avaliadoras mencionaram que as mensagens (textuais ou sonoras) apresentadas na aplicação, representam uma linguagem fácil de serem entendidas. Entretanto, ambas sugeriram para os pesquisadores alterar não somente as mensagens textuais apresentadas em cada objetivo, como também as letras contidas nos marcadores (para a atividade de agrupamento) para letras maiúsculas, pois os alunos que não eram alfabetizados encontrariam dificuldades para ler, uma vez que esses, primeiramente, aprendem a identificar letras maiúsculas.

Porém, com base na análise observacional isso não comprometeu o desenvolvimento das atividades por parte dos alunos devido ao auxílio da professora e pelas explicações textuais também serem reproduzidas por áudio.

Para a dimensão representação, as avaliadoras expressaram estar satisfeitas com a aparência e disposição dos elementos, à qualidade visual e a representação fiel dos objetos virtuais 3D, ao seu posicionamento adequado sobre o marcador e com a combinação dos diferentes tipos de mídia utilizados na aplicação, no qual produziu um ambiente que atendeu os objetivos propostos.

Entretanto, durante a utilização do aplicativo, os marcadores confundiam alguns objetos virtuais 3D. O fato ocorrido pode ser explicado pela heterogeneidade da iluminação do ambiente e pelos padrões semelhantes internos dos marcadores.

Para complementar, a professora P1 mencionou que por meio da demonstração concreta dos elementos estudados, através do uso da tecnologia de RA, possibilita a interação direta do aluno com os objetos de conhecimento fazendo com que ele participe de forma ativa do processo de aprendizagem e amplie seu pensamento abstrato.

Isso colabora com Novello [40], onde o autor destaca que o uso do material concreto propicia aulas mais dinâmicas e amplia o pensamento abstrato por um processo de

retificações sucessivas que possibilita a construção de diferentes níveis de elaboração do conceito. E com a teoria Piagetiana [20] na qual o aprendizado se origina da interação entre o indivíduo e o objeto de conhecimento.

A Tabela 4 apresenta a pontuação média das notas referente a avaliação da usabilidade pedagógica, atribuídas pelas professoras após a avaliação do aplicativo.

Com base nos resultados obtidos na Tabela 4 é possível verificar uma pontuação alta para todas as dimensões.

DIMENSÃO	P1	P2
Controle do Aluno	4,00	5,00
Atividade do Aluno	4,00	5,00
Aprendizagem Colaborativa/Coletiva	4,00	5,00
Orientação de Objetivos	4,00	5,00
Aplicabilidade	4,00	5,00
Valor Agregado	4,50	4,50
Motivação	5,00	5,00
Avaliação do Conhecimento Prévio	5,00	5,00
Flexibilidade	4,00	4,00
Feedback	5,00	5,00

Tabela 4: Pontuação média da usabilidade pedagógica.

Para a dimensão controle do aluno, as avaliadoras apontaram que, de modo geral, as atividades estão bem divididas. Além disso, os objetivos a serem alcançados pelos alunos para cada atividade estão claros e sucintos. Para complementar, a avaliadora P2 citou que um plano de trabalho poderia ser construído para trabalhar diversas habilidades com os alunos, conforme suas necessidades em cada atividade sem que haja uma sobrecarga de informação, possibilitando, assim, um melhor aprendizado.

Na dimensão atividade do aluno, a avaliadora P2 argumentou que as tarefas principais (agrupar animais, frutas e associar palavras com seus respectivos objetivos) oferecidas no aplicativo devem ser aprendidas em uma forma pré-definida. Entretanto, ambas as avaliadoras mencionaram que o professor pode conduzir as atividades de diversas formas, trabalhando de acordo com a necessidade de cada aluno.

De modo geral, foi possível observar diversos procedimentos utilizados pela professora P1 ao longo do trabalho com os alunos junto ao aplicativo. Para citar alguns exemplos, na atividade de agrupamento a professora, a princípio, entregou aos alunos (que possuíam um maior nível de dificuldade) seus respectivos marcadores (animal ou frutas) e, junto à eles, trabalhou algumas habilidades pré-definidas inicialmente, por exemplo, cor. Ao longo do tempo a professora passou a misturar os marcadores, deixando a cargo do aluno selecionar qual marcador pertencia a sua classe correspondente e, gradativamente, aumentava a quantidade de habilidades trabalhadas a longo dessa atividade.

Ainda nessa atividade foi possível verificar a professora:

- Solicitar ao aluno a mostrar, dentre os objetos estudados na atividade, aqueles que tinham determinada característica, por exemplo, a cor amarela.
- Apresentar ao aluno alguns objetos e perguntar qual não pertencia a determinada classe e, após sua resposta, perguntar o motivo.
- Solicitar ao aluno para identificar e agrupar, dentre todos os objetos estudados na atividade, aqueles que começavam com determinada letra, por exemplo, “L de laranja, limão, leopardo e leão”. E, a partir dos objetos identificados separá-los como pertencentes a classe animal ou fruta.
- Perguntar aos alunos quantos objetos pertenciam ao grupo animal e ao grupo frutas. Além da quantidade total de objetos.

Para a atividade de associação, em geral, a professora P1, a princípio, trabalhou com a comparação da primeira letra da palavra. Por exemplo, o objeto 3D caneta era exibido na tela do *notebook*, a professora perguntava para o aluno qual era a primeira letra da palavra e com base na comparação com as alternativas apresentadas no *menu* de opção, o aluno selecionava a palavra que ele achava correta. No decorrer das aulas, outros procedimentos passaram a ser usados, por exemplo:

- Trabalhar a consciência de rimas e aliterações – “permite a identificação de palavras que compartilham um mesmo grupo de sons, no início ou no final das palavras” [19]. Por exemplo: após a exibição e pronúncia do objeto 3D barril, a professora pedia aos alunos para identificarem entre as palavras apresentadas no *menu* de opções aquelas que começavam com “ba”.
- Trabalhar a consciência de sílabas - proporciona ao aluno o reconhecimento das sílabas das palavras [19]. Por exemplo: após a exibição e pronúncia do objeto 3D caneta a professora pedia aos alunos para realizarem a segmentação silábica (ca – ne – ta).
- Trabalhar a consciência de fonemas - permite a identificação de que as palavras são compostas pelas menores unidades de som que podem mudar o significado de uma palavra [19]. Por exemplo: apresentado o objeto 3D caneta com seu som pronunciado e, após a identificação de sua respectiva grafia correta. A professora perguntava aos alunos quais são os sons da palavra “caneta”.

Na dimensão aprendizagem cooperativa/colaborativa as professoras argumentaram que por intermédio do aplicativo, o professor poderia conduzir as atividades de forma

coletiva, conduzindo o aluno a sair da zona passiva de aprendizado levando-o ao comportamento ativo, despertando sua curiosidade, admiração, inteligência para resolver situações problemas e a se socializar com os demais colegas de sala.

A professora P1 separou as duas últimas aulas para trabalhar as atividades do aplicativo com os alunos em duplas. Durante essas aulas foi possível observar um alto nível de colaboração entre as duplas formadas pela professora. Para citar um exemplo, o aluno A10 havia dificuldade na atividade de associação para posicionar adequadamente o marcador em frente à *webcam* e selecionar a palavra correta. Assim, a estratégia adotada pela dupla foi que seu companheiro posicionava o marcador corretamente, enquanto que o aluno A10 selecionava a palavra correta.

Além disso, foi possível observar um maior diálogo entre os alunos e um maior número de perguntas para a professora como, por exemplo: “Professora, qual o sabor da fruta *kiwi*?”.

Outro fator interessante a ressaltar é a motivação que o parceiro proporcionava quando seu colega de dupla sentia dificuldades na realização das atividades. Frases do tipo: “Vamos, você consegue!”; “Não desista!” e “Vamos lá, você é capaz!” era muito comum ouvir entre eles. Para complementar, frases de admiração e gratidão também eram muito comuns de se ouvir como, por exemplo, “Você é fera eim!” e “Muito obrigado!”. Além disso, houve momentos em que até abraços eram dados como demonstração de alegria por terem alcançado os objetivos propostos.

Com base no exposto é possível verificar que a atividade trabalhada com o aplicativo de forma coletiva colabora para as recompensas intrínsecas do aluno, tirando-o da zona passiva de aprendizado e levando-o ao comportamento ativo, admiração, autoestima e fazendo-o com que pertença e contribua com algo que tenha um significado duradouro. Isso corrobora com o que foi apresentado na seção 3.5.

Na dimensão orientação a objetivos, as professoras mostraram-se satisfeitas, apontando que antes da inicialização de cada atividade é realizada uma apresentação mostrando seu objetivo de forma clara e objetiva para o perfil de alunos que irão trabalhar com a aplicação.

Em seguida, complementaram mencionando que após alcançar a meta desejada, há uma animação com o intuito de recompensar o aluno por meio de troféu e/ou medalha e expor a habilidade principal que deveria ser adquirida. A professora P2 acrescentou que a entrega de recompensas contribui de forma direta na motivação e autoestima desses alunos, deixando-os mais felizes, interessados e participativos na realização das atividades.

Isso pode ser comprovado através das notas atribuídas pela professora (P1) antes e após o uso do aplicado por



cada aluno com o intuito de observar a participação e o interesse durante a realização das atividades, conforme mostrado na Tabela 5.

Aluno	Momento	Participação	Interesse
A1	Antes	3	3
	Depois	5	5
A2	Antes	3	3
	Depois	4	5
A3	Antes	3	3
	Depois	5	5
A4	Antes	3	3
	Depois	4	4
A5	Antes	3	3
	Depois	5	4
A6	Antes	4	4
	Depois	5	5
A7	Antes	2	2
	Depois	5	5
A8	Antes	3	3
	Depois	5	5
A9	Antes	4	4
	Depois	5	5
A10	Antes	2	2
	Depois	3	4

**Tabela 5:** Nota de participação e interesse dos alunos antes e após a utilização do aplicativo.

Com base na Tabela 5 é possível verificar um aumento nas notas de todos os alunos em relação a participação e interesse na realização das atividades após o uso da ferramenta.

Para complementar, na dimensão motivação as avaliadoras mencionaram que foi uma experiência agradável em utilizar a aplicação e, se fosse possível, utilizariam novamente.

No último dia de aula, o pesquisador perguntou a todos os alunos se eles haviam gostado de usar o aplicativo e, como resposta, todos responderam que sim. Em seguida, alguns perguntaram se o mesmo seria disponibilizado nas máquinas do laboratório de informática para que eles pudessem continuar usando.

Para a dimensão aplicabilidade, ambas as professoras mencionaram que as habilidades trabalhadas no aplicativo estão relacionadas ao cotidiano do aluno. Além disso, relataram que para essas habilidades, este material é atrativo e, devido à conotação lúdica, as atividades são realizadas de forma mais prazerosa se comparado aos recursos metodológicos empregados em sala de aula, onde normalmente se faz uso do lápis e papel.

Por fim, na dimensão *feedback*, a professora P1 destacou a importância do erro não prejudicar o aluno. Em seguida, mencionou que a forma como as atividades foram desenvolvidas possibilita o aluno trabalhar com experimentações e adotar os erros como um fator natural do processo de aprendizagem.

Com base na análise observacional, o pesquisador verificou que durante a realização das atividades com o aplicativo, os alunos na maior parte das vezes, realizavam as tarefas através da tentativa e erro. Além disso, foi possível verificar que as animações para os *feedbacks* de acerto e erro referentes as atividades de agrupamento chamavam a atenção dos alunos, levando alguns a sorrirem.

Desse modo, baseado nos comentários da avaliadora P2 é possível verificar que seus argumentos colabora com o que foi citado por Fardo [17] e discutido na seção 2.2. E complementando com a observação do pesquisador, os fatos vão de encontro ao relato de McGonigal [36], apresentado na seção 3.5, o “fracasso divertido” não desaponta os alunos, mas sim, deixa-os felizes de uma forma bastante particular.

Assim, baseado nas opiniões das avaliadoras e nas observações dos pesquisadores, é possível inferir que o aplicativo AR-G Atividades Educacionais é uma ferramenta de fácil aprendizagem para o perfil de aluno em discussão, além de proporcionar satisfação por parte dos potenciais usuários durante sua utilização. É um material que proporciona facilidade de aprendizagem individual e a construção coletiva do conhecimento. Além disso, apresenta indícios no aumento da participação e interesse desses alunos na realização das atividades e um comportamento mais ativo dos mesmos.

## 6 Considerações Finais

O presente trabalho mostrou que a tecnologia de RA e a *Gamificação* apresentaram indícios de contribuição para facilitar a aprendizagem. Entretanto, ainda são pouco exploradas pelos educadores e instituições, principalmente, no processo de ensino-aprendizagem de alunos com deficiência intelectual. Além disso, não foram encontradas na literatura pesquisas sobre a aplicação da RA com *Gamificação* a esse perfil de alunos.

Com o intuito de preencher essa lacuna encontrada na literatura, esse trabalho apresentou um protótipo de um aplicativo intitulado AR-G Atividades Educacionais com o objetivo de auxiliar o professor a trabalhar habilidades de classificação, discriminação, cor, entre outras, com alunos com deficiência intelectual.

O aplicativo foi avaliado por duas professoras da APAE de Guaxupé – MG e utilizado na mesma instituição por alunos com deficiência intelectual.

Com base nos resultados apresentados pode-se inferir que o AR-G Atividades Educacionais contribuiu para o desenvolvimento de habilidades de alunos com deficiência intelectual que ainda não haviam sido melhoradas pelos métodos tradicionais de ensino (por exemplo, lousa e papel) utilizados até o momento pelos alunos. Além disso,

verificou-se que as duas hipóteses elaboradas nessa pesquisa puderam ser confirmadas.

É possível inferir que o aplicativo alcançou os objetivos propostos e está adequado para ser trabalhado com o perfil de usuário em questão. É uma ferramenta de fácil aprendizagem e proporciona satisfação por parte dos potenciais usuários durante sua utilização. Quanto a material de aprendizagem, proporciona facilidade de construção de conhecimento individual ou coletiva, apresenta indícios de maior motivação dos alunos durante a realização de suas atividades, além de um comportamento mais ativo dos alunados.

Com base no desafio proposto pela Sociedade Brasileira de Computação, o de promover acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento, a utilização da tecnologia de RA e a *Gamificação* mostraram indícios no alcance dessa meta, pois as barreiras que esses alunos encontram devido a deficiência intelectual para a construção do conhecimento pode ter seu efeito minimizado quando tais tecnologias são utilizadas.

Se após um período de dois meses de uso do aplicativo na escola de educação especial os resultados foram positivos, acredita-se que com um período maior de utilização do aplicativo os resultados poderão ser ainda mais satisfatórios. Assim, como trabalhos futuros propõe-se:

- Realização de trabalhos adicionais com um período maior de tempo de uso do *framework*, por exemplo, um semestre, ou um ano.
- Explorar outras habilidades durante a utilização do *framework*, por exemplo, direção, sentido, tamanho dos objetos, entre outros.
- Inserir novas atividades e elementos de jogos.
- Aplicar testes neuropsicológicos antes e depois do uso do *framework* com o intuito de avaliar a evolução de funções psicológicas superiores como, por exemplo, memória, atenção, raciocínio lógico, entre outros.

É de extrema importância ressaltar que a mediação do professor na utilização do aplicativo é fundamental. O professor deve interagir com o aluno durante sua utilização, dialogando, ouvindo suas dúvidas e comentários, propor diversas alternativas para a solução do problema e procurar ouvir do próprio aluno a sua explicação sobre o raciocínio utilizado para a solução das atividades [31].

Espera-se que os resultados desse trabalho possam contribuir, de algum forma, com as discussões atuais e futuras em torno dessas áreas, além de servir como um fator de motivação para que novos projetos sejam desenvolvidos.

## Agradecimentos

Aos profissionais e alunos da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais da cidade de Guaxupé – MG, Brasil.

## Referências

- [1] A. Alamri, J. Cha, A. E. Saddik. AR-REHAB: An Augmented Reality Framework for Poststroke-Patient Rehabilitation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59(10): 2554-2563, 2010.
- [2] A. Alamri, J. Cha, M. Eid, A. E. Saddik. Evaluating the Post-Stroke Patients Progress Using an Augmented Reality Rehabilitation System. In *International Workshop on Medical Measurements and Applications*, Cetrato. páginas 89-94, 2009.
- [3] R. T. Azuma. A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Enviroment*, 355-385, 1997.
- [4] V. G. Balista. PhysioJoy - Sistema de Realidade Virtual para Avaliação e Reabilitação de Déficit Motor. In *Workshop on Virtual, Augmented Reality and Games*. São Paulo. páginas 16-20, 2013.
- [5] R. Bartle. "Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit MUDs". *The Journal of Virtual Environments*, 1(1), 1996.
- [6] V. Billaudieu, P. Richard, G. Gaudin. Augmented Reality for Rehabilitation of Cognitive Disabled Children: A Preliminary Study. In *Virtual Rehabilitation*, Venice. páginas 102-108, 2007.
- [7] C. J. Bohil, B. Alicea, F. A. Biocca. Virtual reality in neuroscience research and therapy. *Nature Reviews Neuroscience*, 12: 752-762, 2011.
- [8] S. S. Borges, H. M. Reis, V. H. S. Durelli, e S. Isotani. A Systematic Mapping on Gamification Applied to Education. In *Proceeding of the 29<sup>th</sup> Annual ACM Symposium on Applied Computing*. páginas 216-222, 2014.
- [9] Bunchball. An Introduction to the use of games dynamics to influence behavior, 2010. Disponível em:<http://www.bunchball.com/sites/default/files/downloads/gamification101.pdf>, Mai. 2015.
- [10] M. S. Cameirão, S. B. Badia, E. D. Oller, P. FMJ Vershure. Neurorehabilitation using the virtual reality based Rehabilitation Gaming System:



- methodology, design, psychometrics, usability and validation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 7: 1-14, 2010.
- [11] S. Cho, J. Ku, Y. K. Cho, I. Y. Kim, Y. J. Kang, D. P. Jang, S. I. Kim. Development of virtual reality proprioceptive rehabilitation system for stroke patients. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 1(13): 258-265, 2014.
- [12] A. G. D. Corrêa, G. A. Assis, M. Nascimento e R. D. Lopes. GENVIRTUAL: Um jogo musical para reabilitação de indivíduos com necessidades especiais. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 16(1), 2008.
- [13] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, L. Nacke. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". In *15<sup>th</sup> International Academic Mindtrec Conference: Envisioning Future Media Environments*. New York. páginas 9-15, 2011.
- [14] A. Domínguez. Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63: 380-392, 2013.
- [15] C. A. Eleftheria, P. Charikleia, C. G. Iason, T. Athanasios, T. Dimitrios. An Innovative Augmented Reality Educational Platform Using Gamification to Enhance Lifelong Learning and Cultural Education. In *Fourth International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*. Piraeus. páginas 1-5, 2013.
- [16] L. M. Fadel, V. R. Ulbricht, C. R. Batista, T. Vanzin. Gamificação na educação. Pimenta Cultural, São Paulo, 2014.
- [17] M. L. Fardo. A Gamificação como estratégia pedagógica: estudo de elementos dos games aplicados em processos de ensino e aprendizagem. Dissertação de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul, 2013.
- [18] U. Feintuch, M. Tuchner, A. Lorber-Haddad, Z. Meiner, S. Shiri. VirHab – A virtual reality system for treatment of chronic pain and disability. In *Virtual Rehabilitation International Conference*. páginas 83-86, 2009.
- [19] G. C. M. Freitas. Oficina de Alfabetização – Alfabetização: Afinal ... O que é que está acontecendo? Disponível em: [http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens\\_fund\\_gabriela\\_mat.pdf](http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_fund_gabriela_mat.pdf), Mai. 2015.
- [20] S. M. S. Garcia. A construção do conhecimento segundo Jean Piaget. *Ensino em Revista*, 6(1): 17-28, 1998.
- [21] V. Geroimenko. Augmented Reality Technology and Art: The Analysis and Visualization of Evolving Conceptual Models. In *16<sup>th</sup> International Conference on Information Visualisation*. páginas 445-453, 2012.
- [22] A. L. L. Gomes, A. C. Fernandes, C. A. M. Batista, D. A. Salustiano, M. T. E. Mantoan, e R.V. Figueiredo. Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Mental. SEESP/SEED/MEC. Brasília, 2007.
- [23] P. Hägglund. Taking gamification to the next level - A detailed overview of the past, the present and a possible future of gamification. Disponível em:[http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:546713/FULLTEXT\\_01.pdf](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:546713/FULLTEXT_01.pdf). Mai. 2015.
- [24] H. M. Hondori, M. Khademi, L. Dodakian, S. C. Cramer, C. V. Lopes. A Spatial Augmented Reality Rehab System for Post-Stroke Hand Rehabilitation. *Medicine Meets Virtual Reality*, 20: 279-285, 2013.
- [25] R. A. Jerônimo, S. M. P. F. Lima. Tecnologias computacionais e ambientes virtuais no processo terapêutico de reabilitação. *O mundo da Saúde de São Paulo*, 30(1): 96-106, 2006.
- [26] C. Kirner, T. G. Kirner. Development of an Interactive Artifact for Cognitive Rehabilitation based on Augmented Reality. In *International Conference on Virtual Rehabilitation*. Paginas 1-7, 2011.
- [27] B.S Lange, P. Requejo, S. M. Flynn, A. A. Rizzo, F.J. Valero-Cuevas, L. Baker, C. Winstein. The Potential of Virtual Reality and Gaming to Assist Successful Aging with Disability. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 21(2): 339–356, 2010.
- [28] R. Larson, B. Farber. Estatística Aplicada. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2010.
- [29] J. J. Lee., J. Hammer. Gamification in Education: What, How, Why Bother?. 2011.
- [30] M. F. Levin, O. Snir, D. G. Liebermann, H. Weingarden, P. L. Weiss. Virtual Reality Versus Conventional Treatment of Reaching Ability in Chronic Stroke: Clinical Feasibility Study. *Neurology and Therapy*, 1(3):1-15, 2012.
- [31] F. F. O. Malaquias. Realidade Virtual como Tecnologia Assistiva para alunos com deficiência intelectual. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
- [32] A. N. Marana, J. R. F. Brega. Técnicas e Ferramentas de Processamento de Imagens Digitais e Aplicações em Realidade Virtual e Misturada. Canal

- 6, Bauru, 2008.
- [33] M. A. Marconi, E. M. Lakatos. Fundamentos de Metodologia de Pesquisa. Atlas, São Paulo, 2010.
- [34] V. F. Martins, A. G. Correa, M. P. Guimarães. Usability Test for Augmented Reality Applications. In *XXXIX Latin American Computing Conference*, 2013.
- [35] V. M. Martins, T. Kirner, C. Kirner. Estado da Arte de Avaliação de Usabilidade de Aplicações de Realidade Aumentada no Brasil. In *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*. páginas 93-98, 2013.
- [36] J. McGonigal. A Realidade em Jogo: por que os games nos tornam melhores e como eles podem mudar o mundo. BestSeller, Rio de Janeiro, 2012.
- [37] D. B. Nascimento, G. F. J. Carvalho e R. M. E. M. Costa. ReabRA: Reabilitação Cognitiva através de uma aplicação de Realidade Aumentada. In *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 2008.
- [38] G. Navarro. Gamificação: a transformação do conceito do termo jogo no contexto pós-modernidade, Disponível em: <http://revistas.usp.br/extraprensa>. Mai. 2015.
- [39] P. Nokelainen. An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. *Educational Technology & Society*, 9(2):178–197, 2006.
- [40] T. P. Novello, D. S. Silveira, V. S. Luz, G. B. Copello, D. P. Laurino. Material Concreto: Uma estratégia pedagógica para trabalhar conceitos matemáticos. In. *IX Congresso Nacional de Educação*, 2009
- [41] H. Regenbrecht, S. Hoermann, G. McGregor, B. Dixon, E. Franz, Claudia Ott, L. Hale, T. Schubert, J. Hoermann. Augmented Reality Visual manipulations for motor rehabilitation. *Computers & Graphics*, 36:819–834, 2012.
- [42] F. M. V. Reis; T. G. Kirner. Percepção de Estudantes quanto à Usabilidade de um Livro com Realidade Aumentada para a Aprendizagem de Geometria. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 10(1): 1–11, 2012.
- [43] L. R. Seixas, A. S. Gomes, I. J. M. Filho, R. L. Rodrigues. Gamificação como Estratégia no Engajamento de Estudantes do Ensino Fundamental. In *XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 559-568, 2014.
- [44] Y. Shen, P. W. Gu, S. K. Ong, A. Y. C. Nee . A novel approach in rehabilitation of hand-eye coordination and finger dexterity. In *Virtual Reality*, 16(2): 161-171, 2012.
- [45] I. Somerville. Engenharia de Software. Pearson Addison Wesley, São Paulo, 2007.
- [46] A. Turolla, M. Dam, L. Ventura, P. Tonin, M. Agostini, C. Zucconi, P. Kiper, A. Cagnin, L. Prion . Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 10(85): 1-9, 2013.
- [47] M. M. Vasconcelos. Retardo Mental. *Jornal de Pediatria*. 80: 71-82, 2004.
- [48] Y. Vianna, M. Vianna, B. Medina, e S. Tanaka. Gamification, Inc: Como reinventar empresas a partir de jogos. MJV Press, Rio de Janeiro, 2013.
- [49] J. Wainer. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/viali/mestrado/mqp/material/textos/Pesquisa.pdf>. Mai. 2015.
- [50] P. Westwood. Commonsense Methods for Children with Special Educational Needs. Routledge, 2011.
- [51] D. C. Xavier, T. B. Crocetta, A. Andrade, M. S. Hounsell. Uso da Realidade Aumentada na Análise do Controle Motor. In *I Simpósio de Computação Aplicada*. páginas 1-14, 2009.
- [52] D. Zhang, Y. Shen, S. K. Ong, A. Y. C. Nee. An Affordable Augmented Reality based Rehabilitation System for Hand Motions. In *International Conference on Cyberworlds*. páginas 346 – 353, 2010.