

THIAGO ZAMBORLINI FRAGA

Um Ambiente de Autoria para Aplicações com Realidade Aumentada

THIAGO ZAMBORLINI FRAGA

Um Ambiente de Autoria para Aplicações com Realidade Aumentada

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Dr. Crediné Silva de Menezes

THIAGO ZAMBORLINI FRAGA

Um Ambiente de Autoria para Aplicações com Realidade Aumentada

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Informática.

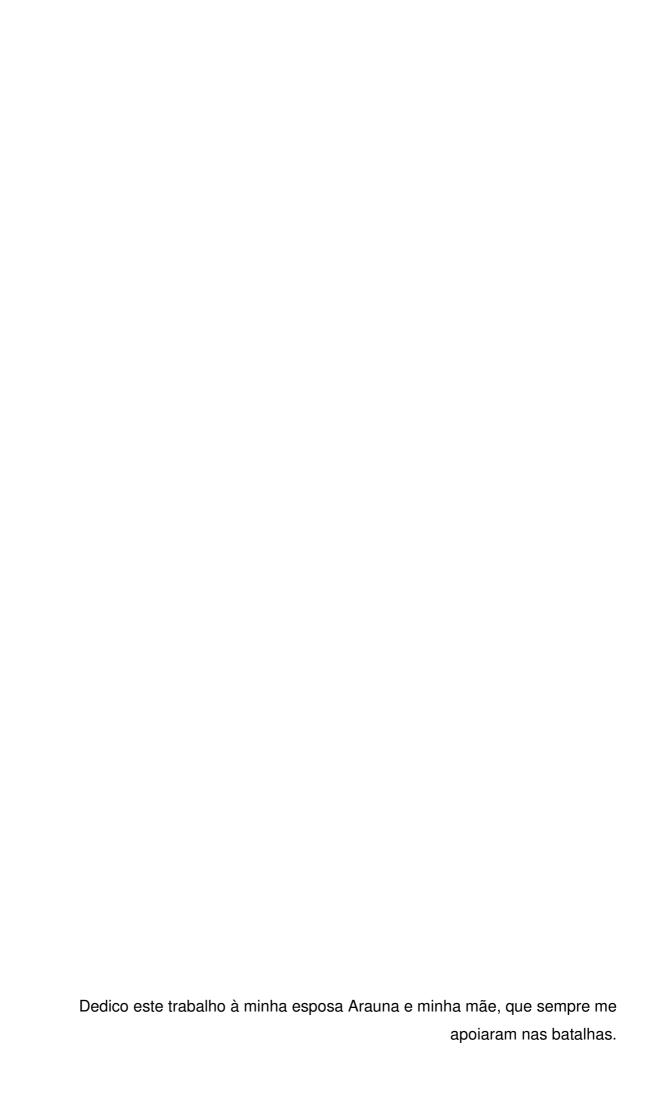
Aprovada em 26 de dezembro 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Crediné Silva de Menezes Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) (Orientador)

Prof. Dr. Davidson Cury
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
(Membro Interno)

Prof. Alberto Nogueira de Castro Junior Universidade Federal do Amazonas (UFAM) (Membro Externo)





RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema de Ambiente de Aplicações Autorais de Realidade Aumentada, denominada de A3RA, com base em tecnologias e conceitos atuais, para utilização em dispositivos móveis, trazendo uma nova abordagem de sistemas mobile multi-plataforma com acesso ao servidor de aplicação, de forma que haja um mínimo de esforço com a utilização da tecnologia, por parte de professores e alunos em espaço de ensino e aprendizagem. O A3RA é composto por um ambiente web onde o professor, a partir de um conteúdo de seu planejamento, inserindo objetos multimídia, configurando eventos quando tais objetos forem acionados, organiza a aula, inserindo seu roteiros e seus objetos em um sistema tecnologicamente estruturado, e um ambiente cliente onde os alunos vivenciam com recurso da Realidade Aumentada (RA), o que foi projetado pelo professor. Entendese que a tecnologia deve estar incorporada ao processo pedagógico por ser uma poderosa aliada do processo educacional, gerando inúmeras transformações e permitindo uma maior aproximação com a realidade dos alunos que crescem usufruindo ambientes ricos em recursos multimídia, com expectativas e visão de mundo diferente das gerações anteriores. A realização desse trabalho parte da vontade de buscar soluções que possam contribuir para diminuição das dificuldades passadas na vida estudantil do autor, buscando na tecnologia, apoio para propor alternativas tecnológicas, como suporte ao aprendizado de estudantes de forma que possam estar mais envolvidos em sua própria aprendizagem e, que os conteúdos se tornem mais interessantes para os mesmos. A RA fornece aos estudantes experiências que permitem mesclar o mundo real com o virtual, o que os leva a participar da exploração do mundo real usando objetos virtuais, como textos, vídeos, e imagens que são elementos complementares para os alunos conduzirem investigações do mundo real. Sistemas RA são usados para apresentar lições, que de outra forma não seria possível, para que os aprendizes possam virtualmente manipular uma variedade de objetos de aprendizado e manipular as informações de forma inovadora e interativa. Os dispositivos móveis e seus sensores possibilitaram oportunidades que potencializa a aprendizagem. O caminho percorrido partiu de estudos bibliográficos e análise de trabalhos correlatos no sentido de entender o que já existe no mercado e as experiências de sucesso com o uso da RA no ensino e aprendizagem, bem como, a análise e avaliação de ferramentas para o

desenvolvimento do sistema. Com o protótipo do sistema realizou-se testes interno para validação da estabilidade ou o desempenho das tecnologias utilizadas até chegar ao mínimo de erros, para aplicação. Chegou-se ao sistema final do A3RA, com poucas limitações, o que não invalida a sua aplicação, que tem a intenção de contribuir com o aprendizado dos alunos e auxiliar o professor com ferramentas inovadoras.

Palavras-chave: realidade aumentada, locativa, geo-localizada, realidade virtual.

ABSTRACT

This work presents an Augmented Reality Authoring Environment system, named A3RA, based on current technologies and concepts, for mobile devices use, bringing a new approach to multi-platform mobile systems with access to application server, so there is a minimum of effort with the technology use by teachers and students on teaching and learning area. The A3RA is composed of a web environment where the teacher, from his planning content, inserting multimedia objects, configuring events when these objects will activate, organizes the class, inserting his scripts and his objects into a technologically structured system, and a client environment where the students experience the use of Augmented Reality (AR), which was designed by the teacher. Then, this technology must be incorporated into the pedagogical process because it is a powerful educational process ally, generating numerous of transformations and allowing a greater approximation with the students reality who grow up using environments rich in multimedia resources, with different expectations of previous generations. The work realization starts from the desire to seek solutions that may contribute to the reduction of past difficulties in the author student life, seeking in technology, support to propose technological alternatives, as support for student learning so that they may be more involved in their own learning, and that the contents become more interesting for them. AR provides for the students experiences that allow them to merge the real world with the virtual world, which leads them to participate in real-world exploration using virtual objects such as texts, videos, and images that are complementary elements for conduct the real-world investigations for the students. AR systems are used to present lessons that would otherwise not be possible, so that learners could virtually manipulate a variety of learning objects and manipulate information in an innovative and interactive way. Mobile devices and their sensors provide opportunities that enhance learning. The work was based on bibliographical studies and related works analysis on the understanding way what already exists in the market and the successful experiences with the AR use in teaching and learning, as well as the analysis and tools evaluation for the system development. With the system prototype, internal tests were performed to validate the stability or performance of the technologies used, with minimum of errors for application. The final system of the A3RA has been reached,

with few limitations, which doesn't invalidate the application, which has the intention to contribute for the student learning and assist the teacher with innovative tools.

Key-words: augmented reality, locative, geo-localized, virtual reality.

SIGLAS

2D Espaço Bidimensional 3D Espaço Tridimensional

API ApplicationProgramming Interface
AVA Ambiente Virtual de Aprendizagem

A3RA Ambiente de Autoria para Aplicações com Realidade

Aumentada

GPS Global Positioning System
JSON JavaScript Object Notation
LBS LocationBased Services

MPEG Moving Picture Experts Group
MapMaker É um ícone padrão de exibição nos

mapas da web como uma gota invertida que serve como ícone de

localização

PKG Package

RA Realidade Aumentada

REST Representational State Transfer SDK Software development kit SGDB Sistema de Gerenciamento de

Banco de Dados

TI Tecnologias da Informação UFES Universidade Federal do Espírito

Santo

UC Use Case

URI Uniform Resource Identifier XML Extensible Markup Language

POI Point ofinteresting

| SUMÁRIO DE FIGURAS | |
|--|----|
| Figura 1: Imagem criada a partir do exemplo de Mixed Reality Continuum | 27 |
| Figura 2: Imagem Local recognition do padrão V do MPEG-MAR | 28 |
| Figura 3: Imagem Contentembedded POI do padrão G do MPEG-MAR | 29 |
| Figura 4: Tela do TimeLab 2100. | 30 |
| Figura 5: Telas do ARIS no IOS | 31 |
| Figura 6: Arquitetura do A3RA | 38 |
| Figura 7: Fluxo de trabalho | 41 |
| Figura 8: Caso de uso Projeto | 46 |
| Figura 9: Caso de uso Usuário | 47 |
| Figura 10: Caso de uso Grupos. | 48 |
| Figura 11: caso de uso Multimídia. | 50 |
| Figura 12: Caso de uso Ações | 52 |
| Figura 13: Caso de uso Eventos. | 53 |
| Figura 14: Caso de uso Índices. | 53 |
| Figura 15: Caso de uso Feedback. | 54 |
| Figura 16: Caso de uso Cliente acesso ao sistema | 55 |
| Figura 17: Caso de uso Cliente Cena. | 56 |
| Figura 18: Caso de uso Cliente – transição de telas. | 57 |
| Figura 19: Diagrama de classe do ambiente autoral. | 59 |
| Figura 20: Diagrama de classe do ambiente cliente | 60 |
| Figura 21: Modelo Entidade e Relacionamento | 61 |
| Figura 22: Tela de login no ambiente autoral. | 65 |
| Figura 23: Tela de cadastro de usuário | 66 |
| Figura 24: Tela de consulta de usuário. | 67 |
| Figura 25: Tela de cadastro e consulta de arquivos multimídia | 68 |
| Figura 26: Tela de controle de marcadores | 69 |
| Figura 27: Tela de cadastro e consulta de POI. | 70 |
| Figura 28: Tela de cadastro e consulta de objeto | 71 |
| Figura 29: Tela de cadastro e consulta de projeto. | 72 |
| Figura 30: Tela de gerenciamento de eventos. | 73 |
| Figura 31: Tela de consulta de feedbacks | 74 |
| Figura 32: Tela de consulta de ações. | 74 |
| Figura 33: Tela de consulta de índices. | 75 |
| Figura 34: Tela de ferramentas utilizadas. | 75 |
| Figura 35: Tela de login no cliente. | 76 |
| Figura 36: Tela de escolha do tipo de projeto. | 77 |

| Figura 37: Tela de escolha do projeto | 77 |
|--|----|
| Figura 38: Tela de preload | 78 |
| Figura 39: Tela da cena de realidade aumentada. | 78 |
| Figura 40: Tela do cliente apresentando um ponto de interesse (POI) | 83 |
| Figura 41: Tela do cliente apresentando uma imagem 3D em uma geo-posição | 84 |
| Figura 42: Tela do cliente exibindo uma imagem 3D por detecção de imagem | 85 |
| Figura 43: Tela do cliente apresentando informações de uma geo-localização | 86 |
| | |

SUMÁRIO DE TABELAS

| Tabela | 1: Critérios | de avaliação. | | 45 |
|--------|--------------|---------------|--|----|
|--------|--------------|---------------|--|----|

SUMÁRIO

| 1 | INT | RODUÇÃO | 14 |
|---|------|---|----|
| | 1.1. | Motivação | 16 |
| | 1.2. | Objetivo | 17 |
| | 1.3. | Metodologia | 18 |
| | 1.4. | Organização do Trabalho | 20 |
| 2 | RE\ | VISÃO DA LITERATURA | 21 |
| | 2.1. | Contribuições da Computação Ubíqua | 21 |
| | 2.2. | Affordance | 22 |
| | 2.3. | Realidade Aumentada | 26 |
| | 2.4. | Trabalhos Correlatos | 29 |
| 3 | PRO | OPOSTA PARA O A3RA | 34 |
| | 3.1. | O A3RA | 34 |
| | 3.2. | Ambientes do Sistema | 36 |
| | 3.2. | 1. Ambiente Autoral | 37 |
| | 3.2. | 2. Ambiente Cliente | 38 |
| | 3.3. | Arquitetura | 38 |
| 4 | PLA | ANEJAMENTO DO AMBIENTE DE REALIDADE AUMENTADA | 40 |
| | 4.1. | Pesquisa e Escolha da Tecnologia | 40 |
| | 4.2. | Requisitos | 44 |
| | 4.2. | 1. Requisitos Funcionais | 44 |
| | 4.2. | 1.1. Módulo do sistema autoral | 45 |
| | 4.2. | 1.2. Módulo do sistema cliente | 54 |
| | 4.2. | 2. Requisitos Não Funcionais | 57 |
| | 4.4. | Modelagem | 58 |
| | 4.4. | Diagrama de Dados | 58 |
| | 4.4. | 1.1. Diagrama de classe | 58 |
| | 4.4. | 1.2. Modelo Entidade e Relacionamento | 60 |
| | 4.4. | Implementação | 61 |
| | 4.4. | 2. O Projeto do Editor Autoral | 61 |
| | 4.4. | 3. O Projeto da Aplicação Cliente | 62 |

| | 4.4.3.1. | Realidade Aumentada Locativa no cliente A3RA | 63 |
|---|-----------|---|----|
| 5 | O EDITO | OR PROPOSTO | 65 |
| | 5.1. A3F | RA | 65 |
| | 5.1.1. | Ambiente Autoral | 65 |
| | 5.1.2. | O Cliente | 75 |
| | 5.1.3. | Limitações da implementação do editor e cliente | 78 |
| 6 | EXEMP | LO DE USO PARA O A3RA | 81 |
| (| 6.1. Cor | ncepção | 81 |
| | 6.1.1. | Passo 1 | 82 |
| | 6.1.2. | Passo 2 | 83 |
| | 6.1.3. | Passo 3 | 84 |
| | 6.1.4. | Passo 4 | 85 |
| (| 6.2. Ava | ıliando o protótipo | 86 |
| 7 | CONCL | USÕES E CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO | 88 |
| | 7.1. Tral | balhos Futuros | 89 |
| 8 | REFERÉ | ÊNCIAS | 90 |

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos temos visto um crescimento gradativo na quantidade de jovens, tanto crianças como adolescentes, que utilizam tecnologias móveis portáteis explorando as plataformas de jogos, como também o uso da internet, os leitores portáteis, players de música e vários outros recursos quando disponíveis em seus smartphones, que podem entregar conteúdo multimídia alta qualidade (IBGE, 2015).

A UNESCO (2014), afirma que os dispositivos móveis já mudaram o nosso modo de viver, com os mais de 5,9 bilhões de assinaturas de telefone celular em todo o mundo. No Brasil, em dezembro de 2016, somavam 244,0 milhões de celulares (ANATEL, 2017).

A ampliação do uso dos dispositivos móveis, bem como, que a tecnologia destes dispositivos móveis continuará a avançar no sentido de apresentar equipamentos cada vez mais potentes, incluindo sensores mais precisos e com melhor qualidade. Esses recursos permitem novos tipos de aplicativos de negócios. Por outro lado, a concepção e implementação de tais aplicações móveis tornam-se um desafio, em particular, integrando sensores e utilizando os dados gravados por eles constitue uma tarefa não-trivial quando se precisa requisitos como robustez e escalabilidade.

Nesse contexto, os ambientes virtuais em dispositivos móveis tornam-se possível por trazer grande potencial de modificar e melhorar a experiência com a tecnologia, pois através deste recurso é possível ampliar os sentidos e as capacidades do usuário tanto na intensidade como no tempo e no espaço.

Para viabilizar a manipulação de objetos de uma maneira mais natural, usa-se a realidade virtual ou aumentada que permite implementar interfaces tridimensionais, propiciando visualização e manipulação parecidas com as ações no mundo real, exigindo, no entanto, dispositivos especiais como luvas e capacetes, dentre outros. Isto se deve aofato do usuário ter que entrar no contexto da aplicação executada dentro do computador, exigindo que ele conheça ou seja treinado no uso desses dispositivos especiais [Kirner et. al., 2005].

Nessa direção, a realidade aumentada (RA) é à tecnologia que permite mesclar em tempo real a informação digital processada por um computador com informação proveniente do mundo real por meio de interfaces computacionais adequadas. A RA é a tecnologia da informação que combina o processamento de imagem digital, computação gráfica, inteligência artificial, tecnologia multimídia e outras áreas. RA contribui para melhorar a nossa compreensão e interação com o mundo físico [Amin, et al,2015].

A RA tem provado ser útil em uma variedade de campos de aplicação, apresentando texto ou exibindo de imagens 2D ou 3D. Há vários exemplos na literatura sobre as diversas aplicações da RA.

Na educação por exemplo, cenários foram desenvolvidos para incluem viagens de campo virtuais e convencionais para museus de ciências, atividades curriculares pré e pós-visita e atividades, possibilitando, dessa forma a aprendizagem das ciências na escola, ligando a experiência do virtual de aprendizagem e visitas a museus convencionais, com o uso de RA para aumentar a visualização dos alunos, experiências e modelos [Wu, et al,2012].

Em necessidades de geolocalização e compartilhamento de informações, Riera (2015) apresenta uma ferramenta baseado em um Sistema de Posicionamento Geográfico que registra informação virtual sobre o espaço real para auxiliar alunos de arquitetura e design a gerar propostas arquitetônicas e melhorar suas habilidades espaciais.

No contexto da educação, a RA pode fornecer aos usuários experiências imersivas mediada por tecnologia na qual mundos real e virtual são mesclados.

Tais tecnologias de RA usadas para fins educacionais ajudam os estudantes a participarem de uma autêntica exploração do mundo real usando objetos virtuais, como textos, vídeos, e imagens que são elementos complementares para os alunos conduzirem investigações do mundo real.

Segundo documentos de trabalho da UNESCO sobre a aprendizagem móvel,

"[...] com a ajuda de dispositivos móveis, a tendência atual em direção a uma aprendizagem autêntica e personalizada se manterá nos próximos 15

anos. Tecnologias móveis poderão ajudar os alunos a explorar o mundo em sua volta e desenvolver suas próprias soluções para problemas complexos [...]" (UNESCO, 2014, p. 29).

Os avanços da computação móvel abrem novas oportunidades para a RA, além disso, os dispositivos móveis tornam os sistemas de RA cada vez mais acessíveis. Ao sobrepor elementos virtuais em dispositivos móveis, os usuários poderiam manipular e interagir com o real. As tecnologias de RA permitem a aprendizagem ubíqua por simulações de computador, laboratórios remotos, modelos físicos e 3D ou objetos virtuais [Wu et. al.,2012]. Segundo Klopfer et. al. (2010), a experiência da RA envolvem os alunos através da fusão de um mundo real, no contexto, com a simulação digital.

A RA vai além do que é alcançado pelos ambientes virtuais, porque com a RA podese aumentar a paisagem física com o uso de tecnologias digitais possibilitando aos estudantes visualizarem o mundo em torno deles, envolvendo-os em novas formas de ver questões realistas em um contexto de conexão que já é comum aos mesmos.

Este trabalho propõe uma solução para uso da tecnologia de RA na educação que auxiliem a aprendizagem dos alunos e o trabalho dos educadores.

1.1. Motivação

Durante minha vida estudantil me deparei com algumas situações que dificultaram minha aprendizagem, relaciondas a conhecimentos abstratos, onde o professor muitas vezes tinha dificuldade de ensinar de forma com que todos da turma entendessem, ou simplesmente não se importava com o resultado da compreensão dos alunos. Se naquela época pudesse ver os atómos dos elementos na aula de química, poder ver os elétrons e o nucleo, acredito que teria menos dificuldade de aprender e com certeza teria motivação, e possivelmente buscaria mais o conhecimento paralelo que o assunto pudesse induzir. Teria sido muito bom trazer aspecto do conteudo que me era apresentado a minha realidade.

Dessa forma, a motivação para a realização dessa pesquisa parte da vontade de buscar soluções que possam contribuir para diminuição das dificuldades passadas em minha vida estudantil, bem como, vivenciar a evolução tecnológica tanto dos computadores como dos dispositivos móveis no sentido de buscar na tecnologia,

apoio para propor alternativas tecnológicas, que desse suporte ao aprendizado de estudantes de forma que possam estar mais envolvidos em sua própria aprendizagem de forma criativa e contextualizada. Em fim, que contribua com a significação dos conteúdos, tornando-os mais interessantes para os alunos.

Neste cenário, com o crescente uso de dispositivos móveis e seus sensores, como contribuir para o envolvimento do estudante em sua aprendizagem? De que forma poderia promover o aprendizado utilizando os dispositivos móveis? Quais os recursos tecnológicos poderiam utilizar? Quais ferramentas? O que, e qual tecnologia construir para dar suporte ao aprendizado móvel?

Segundo a UNESCO, a ubiquidade das tecnologias móveis, irá reduzir a distância entre a aprendizagem formal que ocorre no ambiente escolar e a informal que ocorre em diversos lugares ao longo do dia de um aluno, o que sugere, que "cada vez mais, a aprendizagem móvel servirá de apoio para assegurar a continuidade da experiência de aprendizagem ao passar de um ambiente a outro" (UNESCO, 2014, p. 44).

Para responder a estas questões realizamos estudos para o desenvolvimento de editor de criação de projetos de realidade aumentada pelo autor, levando o usuário comum, seja ele estudante ou professor, ao status de autor, considerando que o editor autoral proporciona a criação de projetos de realidade aumentada e um cliente em tecnologia móvel para usufruir de tais projetos.

1.2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma proposta com base em tecnologias e conceitos atuais, no caso a Realidade Aumentada em dispositivos móveis, trazendo uma nova abordagem de sistemas mobile multi-plataforma com acesso ao servidor de aplicação, de forma que haja um mínimo de esforço com a utilização da tecnologia, abstraindo a complexidade para o usuário, para suportar a aprendizagem dos alunos e o trabalho do professor. Chamamos esse sistema de Ambiente de Aplicações Autorais de Realidade Aumentada, cuja sigla é A3RA.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar as limitações e casos de sucesso que estão registradas na literatura e no mercado sobre ambientes correlatos existentes, evidenciando as dificuldades que estes demonstraram para a realização de diferentes ambientes em diferentes arquiteturas;
- Definir um modelo conceitual e o levantamento de requisitos para a construção do editor de criação de projetos de realidade aumentada e o cliente;
- Implementar o editor de criação de projetos de realidade aumentada e o cliente que executa a aplicação de RA;
- Modelar e descrever um exemplo, utilizando a A3RA, como contribuição ao uso de tecnologias de realidade aumentada para ser utilizado por alunos e professores no processos de ensino e aprendizagem.
- Testar o ambiente autoral e o cliente do A3RA com vistas a identificar os sucessos e possíveis fragilidades do sistema.

1.3. Metodologia

Para a realização deste trabalho, inicialmente realizamos um levantamento e estudos bibliográficos onde reunimos livros, periódicos e artigos relacionados ao tema, em busca de apoio e respaldo teórico, para toda a organização deste trabalho.

Nessa etapa buscamos conhecimentos que envolvem a tecnologia da realidade aumentada, ambientes virtuais, presencialidade e representação, computação ubíqua, bem como o estudo de trabalhos correlatos no sentido de entender o que já existe no mercado e as experiências de sucesso com o uso da realidade aumentada no ensino.

Todo o estudo realizado remeteu à busca de ferramentas para o desenvolvimento do sistema em questão - o A3RA. Neste estudo usamos uma metodologia em separado, onde verificamos o que foi encontrado na literatura e no mercado e analisamos uma a uma, sobre critérios de avaliação específica, como a ferramenta se adequa aos padrões de mercado, a facilidade para implantação de funcionalidades de interação do usuário, tipo de licença, a plataforma, conectividade, escalabilidade e suporte a documentação. O que resultou em ferramentas para

certas funcionalidades e, a decisão de desenvolver o restantes das funções que não havia produtos prontos para atender a necessidade.

Durante a investigação, realizamos um levantamento de requisitos para o desenvolvimento do editor autoral e o cliente com realidade ampliada. A partir desses estudos buscamos implementar uma ferramenta para que usuários não programadores sejam autores de aplicações em realidade aumentada, onde possam criar novas alternativas e procurar por respostas que estejam mais coerentes com a realidade desejada/esperada e, assim, possibilitar a produção e a geração de aprendizagens mais efetivas e significativas.

Assim surgiu o protótipo. Com este em mãos realizamos, internamente, os testes com marcadores por imagem e geo-localização, gerenciados por eventos préprogramados. Este método permite a verificação das funcionalidades e identificar possíveis fragilidades, garantindo que apresentemos um sistema o mais próximo possível da realidade do usuário.

Optar por um teste interno foi importante para saber se a ideia realmente funciona e de identificar defeitos e oportunidades de melhoria antes de levar para aplicação das escolas.

O teste do protótipo deve evidenciar a validação a estabilidade ou o desempenho das tecnologias utilizadas até chegar ao mínimo de erros, com possibilidades de aplicação. Para isso foi necessário seguir alguns passos: preparar o ambiente, verificar a funcionalidade parte por parte até chegar ao protótipo final; verificação dos requisitos que foram especificados; a aparência final; Um roteiro que funcione para validação do protótipo.

O teste proposto sugestiona uma aula de história, em um assunto que remete o aluno a tempos passados, trabalhando conceitos que o aluno não veria ou teria a capacidade de interagir, pois não existem mais. Com esta experiência foi possível perceber quais procedimentos que o professor precisa realizar para que o sistema funcione e como o professor poderá usar esse sistema A3RA em suas aulas.

1.4. Organização do Trabalho

Esta dissertação está organizada em oito capítulos. O conteúdo de cada um deles é descrito resumidamente abaixo:

- 1 Introdução Apresenta uma breve introdução sobre o tema da dissertação e contextualiza o trabalho; apresenta a motivação, os objetivos da pesquisa e a metodologia utilizada.
- 2 Revisão da Literatura Apresentaa fundamentação teórica sobre a computação ubíqua; os conceitos relativos à affordance, presencialidade e representação; as abordagens conceituais e arquitetura de realidade aumentada; Uso da realidade aumentada na aprendizagem.
- 3 Proposta para o A3RA Apresenta a concepção do sistema, como é dividido e sua finalidade.
- 4 Planejamento do Ambiente de Realidade Aumentada Apresenta as tecnologias estudadas para a construção dos ambientes e a engenharia de software necesária para o projeto.
- 5 O Editor Proposto Apresenta o ambiente autoral e o ambiente cliente, com suas telas e usos.
- 6 Exemplo de Uso Para o A3RA Apresenta o teste de campo do sistema, a concepção e roreito do teste bem como os resultados obtidos.
- 7 Conclusões e Contribuições da Dissertação Apresenta as considerações finais, que incluem as contribuições, análise dos resultados obtidos, limitações da solução e trabalhos futuros.
- 8 Referências Incluem todas as referências e arcabouço, que estão ligados diretamente ou indiretamente com o assunto, para o tema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo aborda as contribuições da computação ubíquana educação, o que é affordance e sua aplicção e conceituaremos realidade aumentada. Ao final discutiremos ferramentas que existem no mercado e na literatura que são similares a proposta.

O capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 2.1 apresenta o conceito de computação ubíqua e a sua aplicação na educação; a seção 2.2, apresenta o que é affordance e uma classificação de suas vantagens e uso; na seção 2.3, é feita uma apresentação do que é realidade aumentada e uma síntese do que será utilizado do padrão da MPEG nesse trabalho; na seção 2.4, é feito uma análise das ferramentas já existentes que utilizam das teorias apresentadas e o que podemos contribuir.

2.1. Contribuições da Computação Ubíqua

Na medida em que os avanços tecnológicos vêm crescendo de maneira exponencial e a mobilidade torna-se uma realidade, novos conceitos e tecnologias são incorporados ao nosso dia a dia, facilitando a comunicação e a troca de informações. Nesse escopo, surge a Computação Ubíqua, permitindo informação e suporte computacional ao usuário em qualquer espaço e tempo, de maneira invisível [Sonntag et. al., 2007].

Na Computação Ubíqua, a computação e seus diversos sistemas podem interagir com o ser humano a todo o momento, não importando onde ele esteja, constituindo um ambiente altamente distribuído, heterogêneo, dinâmico, móvel e interativo.

Essa linha de pesquisa propõe a determinação da localização física de um dispositivo móvel (por exemplo, uma sala em um prédio ou um endereço específico em uma rua). A informação pode ser obtida através de posicionamento de satélites (GPS, A-GPS) e/ou através de antenas wireless (por exemplo, GSM e Wifi). A precisão atual da localização permite a implementação de aplicações comerciais. Além disso, a rápida proliferação de antenas wireless torna previsível uma crescente precisão da localização, estimulando a criação de serviços especializados (LBS, LocationBased Services). A eficácia da localização baseada em satélites é bastante reduzida em ambientes urbanos (com prédios) e locais fechados (indoor). O uso da

localização seria consideravelmente ampliado se pudesse ser contínuo em qualquer momento e em qualquer lugar. Neste cenário, a computação móvel e ubíqua será estimulada, pois realmente estará disponível em qualquer tempo e lugar [Barbosa et. al., 2007].

A possibilidade de aplicar as tecnologias da Computação Ubíqua para apoiar a aprendizagem abriu a área de pesquisa denominada Educação Ubíqua (Ubiquitous Learning). Na educação ubíqua o aprendiz tem a possibilidade de mover-se constantemente nesse cenário, acessando informações e recursos necessários para construção da sua aprendizagem. O suporte ubíquo permite a construção de propostas de aprendizagem relacionadas com questões do contexto que envolve o aprendiz [Sonntag et. al., 2007].

2.2. Affordance

Segundo Norman (2013), affordances são as propriedades percebidas e reais de um objeto, principalmente as propriedades fundamentais que determinam de que maneira um objeto pode ser usado. A affordance fornece fortes indicações para a operação dos objetos, por exemplo: cadeiras são para sentar, maçanetas são para girar, portas são para abrir, entre outros. Quando se tira proveito da affordance, o usuário sabe o que fazer apenas ao olhar, não sendo necessárias imagens ilustrativas.

O termo affordance vem do estudo da interação. Segundo o autor, o design de interação tem o foco sobre como as pessoas interagem com a tecnologia. O objetivo é melhorar a compreensão destas sobre o que pode ser feito, o que está acontecendo e o que acabou de ocorrer. O design da interação baseia-se em princípios de psicologia, design, arte e emoção para garantir uma experiência positiva e divertida.

O design centrado no ser humano é uma filosofia de design. Significa começar com uma boa compreensão das pessoas e as necessidades que o projeto pretende atender. Esse entendimento ocorre principalmente através da observação, pois as pessoas em si desconhecem muitas vezes as suas verdadeiras necessidades, mesmo desconhecendo as dificuldades que estão encontrando. Obter a especificação do que precisa ser definido é uma das partes mais difíceis do design.

Nessa análise realizada por Norman (2013) a experiência do usuário tem papel fundamental, pois determina como pessoas lembram de suas interações. A experiência geral foi positiva, ou foi frustrante e confusa? Quando nossa tecnologia doméstica se comporta de maneira ininterrupta, podemos nos confundir, frustrar e até mesmo irritar - todas as fortes emoções negativas. Quando há compreensão, pode levar a um sentimento de controle, de domínio e de satisfação ou mesmo de orgulho - todas as fortes emoções positivas. Cognição e emoção estão estreitamente entrelaçadas, o que significa que os designers devem projetar com ambos em mente.

Quando interagimos com um produto, precisamos descobrir como faze-lo funcionar. Isso significa descobrir o que faz, como funciona e quais são as operações possíveis: a descoberta. De acordo com Norman,

"[...] Resultados de descoberta da aplicação apropriada de cinco conceitos psicológicos fundamentais: affordances, significancia, restrições, mapeamentos e feedback. Mas há um sexto princípio, talvez o mais importante de tudo: o modelo conceitual do sistema. [...]" (The Design of EverydayThings, 2014, p. 10).

Segundo a análise de Norman, todos os dias encontramos milhares de objetos, muitos deles novos para nós. Muitos dos novos objetos são semelhantes aos que já conhecemos, mas muitos são únicos, mas nós conseguimos entendê-los muito bem. Como fazemos isso? Por que, quando encontramos muitos objetos naturais incomuns, sabemos como interagir com eles? Por que isso é verdade com muitos dos objetos artificiais e humanos que encontramos? A resposta reside em alguns princípios básicos. Alguns destes princípios mais importantes decorrem da affordance.

"[...] O termo affordance refere-se à relação entre um objeto físico e uma pessoa (ou, nesse caso, qualquer agente que interage, seja animal ou humano, ou mesmo máquinas e robôs). Uma affordance é uma relação entre as propriedades de um objeto e as capacidades do agente que determinam exatamente como o objeto poderia ser usado. [...]" (The Design of EverydayThings, 2014, p. 11).

Uma cadeira oferece apoio ("é para") e, portanto, oferece um acento. A maioria das cadeiras também podem ser transportadas por uma única pessoa (elas se permitem

levantar), mas algumas só podem ser levantadas por uma pessoa forte ou por uma equipe de pessoas. Se pessoas jovens ou relativamente fracas não conseguem levantar uma cadeira, então, para essas pessoas, a cadeira não tem affordance, não tem afford de ser levantada.

A presença de uma affordance então é determinada pelas qualidades do objeto e as habilidades do agente que está interagindo. Esta definição de affordance apresenta grande dificuldade a muitas pessoas. Estamos acostumados a pensar que as propriedades estão associadas aos objetos. Mas a affordance não é uma propriedade. Uma affordance é um relacionamento. Se uma affordance existe, depende das propriedades do objeto e do agente.

O vidro oferece transparência. Ao mesmo tempo, sua estrutura física bloqueia a passagem da maioria dos objetos físicos. Como resultado, o vidro permite ver e suportar, mas não a passagem de ar ou a maioria dos objetos físicos. O bloqueio da passagem pode ser considerado um anti-affordance, um impedimento da interação. Para serem eficazes, as affordances e anti-affordance devem ser detectáveis, perceptíveis. Se não for possível perceber uma affordance ou um anti-affordance, é necessário algum meio de sinalizar sua presença, essa propriedade é chamada de um significancia.

As affordances existem mesmo que não sejam visíveis. Para os designers, a sua visibilidade é crítica: affordances visíveis fornecem pistas fortes para as operações das coisas. Uma placa plana montada em uma porta oferece empurrão. Os botões permitem girar, empurrar e puxar. Slots são para inserir coisas. As bolas são para jogar ou chutar. As affordances ajudam as pessoas a descobrir quais ações são possíveis sem a necessidade de rótulos ou instruções.

Wu et. al. (2012) identifica características das affordances em sistemas de RA, em cinco aspectos com base em pesquisas que exploram a RA para fins educacionais. Segundo pesquisa dessa autora, a RA poderia permitir o desenvolvimento de conteúdo de aprendizagem em perspectiva 3D; a aprendizagem ubíqua, colaborativa e situada; os sentidos da presença, imediação, e imersão dos alunos; a capacidade de visualizar o invisível e trabalha a aprendizagem formal e informal.

Em relação ao conteúdo de aprendizagem em perspectiva tridimensional (3D), a RA pode melhorar experiências de aprendizagem usando objetos virtuais/sintéticos para os alunos interagirem, aumentando a percepção visual do sistema destino ou do ambiente. Os alunos podem inspecionar um objeto 3D a partir de uma variedade de diferentes perspectivas para melhorar a sua compreensão.

Um segundo aspecto de acordo com Wu (2012) diz respeito as affordances no contexto dos computadores portáteis em RA. Tais aspectos são devido a tecnologia prover mobilidade, conexão sem fio e tecnologia de localização, permitindo a aprendizagem ubíqua, de forma colaborativa e reforçada por simulações, jogos, modelos e objetos virtuais em ambientes reais, fornecendo ao aprendiz as affordances para a portabilidade, interatividade social, a sensibilidade de contexto, conectividade e individualidade. Além disso, a interatividade social pode ser melhorada quando os alunos colaboram através de dispositivos móveis em rede, bem como interações face-a-face.

Em terceiro lugar oferece aos aprendizes affordances de presença, imediação, e imersão. A RA pode proporcionar um espaço que dá aos alunos a sensação de estar em um lugar em comum com outras pessoas o que aumenta a sensação de presença e reconhecimento da comunidade destes alunos. Além disso, um sistema de RA pode incluir feedback em tempo real e fornecer pistas verbais e não verbais que promovem o sentido de resposta imediata dos alunos. Finalmente, uma mídia de imersão fornece aos alunos um sentimento de onipresença, que é a impressão subjetiva de que se está participando de uma experiência realista abrangente.

O quarto aspecto sobrepõe objetos ou informações virtuais em objetos físicos ou ambientes, permitindo a visualização de conceitos ou eventos difíceis de ver. Sistemas em RA podem apoiar os alunos a visualizar conceitos científicos abstratos ou fenômenos observáveis, como o fluxo de ar ou campos magnéticos, usando objetos virtuais incluindo moléculas, vetores e símbolos. Objetos reais aumentados criam novas formas de ver o mesmo objeto e têm potencial para melhorar a compreensão de conceitos ou fenômenos abstratos.

O ultimo e quinto aspecto da affordances identificada é que a RA tem o potencial para fazer a ponte entre a aprendizagem em contextos formais e informais. Wu

(2012), apresenta o exemplo do projeto CONNECT AR para ensinar ciência em um ambiente de parque temático virtual. O ambiente tinha dois modos: o modo de museu e modo de escola. Cenários desenvolvidos no ambiente incluem viagens de campo virtuais e passeios convencionais para museus de ciências, atividades curriculares pré e pós-visita, e atividades sobre tais experiências. Uma avaliação inicial do projeto CONNECT AR indicou que o ambiente influenciou positivamente a motivação intrínseca dos estudantes para a aprendizagem de ciência e compreensão conceitual do conceito de fricção.

2.3. Realidade Aumentada

A realidade aumentada refere-se à combinação de coordenadas de componente de mídia/informação que representam objetos/mundo real, de forma virtual, sintética e gerada por computador. Os componentes podem ser representados por modalidade visual, auditiva, tátil, olfativa [MPEG-MAR 2016]. Além de permitir essa sobreposição de objetos virtuais no mundo real, a RA também permite o manuseio desses objetos com as próprias mãos, possibilitando que o usuário tenha uma interação atrativa e motivadora com o ambiente [Kirner et. al., 2004]. Já o termo realidade virtual é definido como "Ambiente tridimensional, gerado por computador, interativo, em que uma pessoa está imerso" [Amin e Govilkar 2015].

Há uma diferença clara entre o conceito de realidade virtual e a RA que pode ser explicada pelo modelo de referencia MPEG-MAR (2016), em que dado o sistema MAR (Mixedand Augmented Reality) ou um conteúdo multimídia que combine componentes reais e virtuais, um continuum MAR pode ser definido de acordo com a proporção relativa do real e virtual, abrangendo a realidade física em uma extremidade, e a realidade virtual na outra extremidade, conforme figura 1.



Figura 1: Imagem criada a partir do exemplo de Mixed Reality Continuum.

Em qualquer ponto nesse continuum, uma única instância que utiliza uma mistura de realidade e virtualidade é chamado de Sistema de Realidade Mista (Mixed Reality). Além disso, por razões históricas, Realidade Mista é muitas vezes usado como sinônimo de RA, que na verdade é um tipo particular de Realidade Mista.

A RA encontra-se mais perto do espectro do mundo real, com a percepção predominante do mundo real aumentado por geração computacional. Já a virtualidade aumentada é a definição de sistemas que são principalmente sintéticos com algumas imagens do mundo real, tais como mapeamento de vídeo textura em objetos virtuais. Dessa forma a realidade virtual imerge o usuário completamente em um ambiente virtual em que não se pode ver o mundo real ao seu redor.

As ferramentas a serem analisadas nesse estudo precisavam estar dentro de padrões de mercado visando desde sua escalabilidade bem como o uso de um conhecimento já difundido. Então o sistema que se deseja construir com os resultados deste trabalho deve estar dentro do modelo de referencia de RA da MPEG. Na documentação de tal modelo, dentre diversos padrões, analisaremos somente os padrões V e G a seguir apresentados:

1. Padrão V – Refere-se ao uso de sistema de RA com marcadores 2D. Prevê o uso de reconhecimento local de rastreamento (detecção do marcador) e por matriz de transformação o computador associa a posição a um objeto gráfico (Vídeo, imagens 2D ou 3D) a este marcador. A figura 3 [MPEG-MAR 2016] representa a arquitetura proposta pelo padrão:

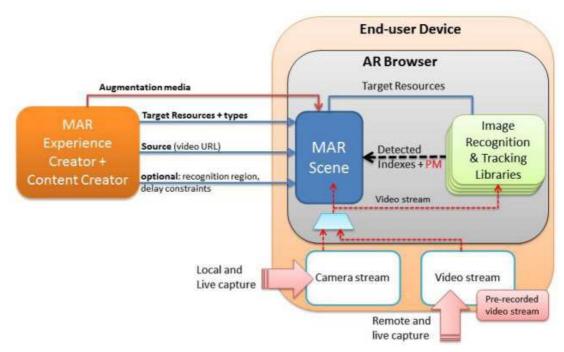


Figura 2: Imagem Local recognition do padrão V do MPEG-MAR.

2. Padrão G - Usa sistema de posicionamento global (GPS) e associa objetos virtuais na cena. O usuário final se orienta em um sistema de realidade aumenta usando apenas a localização na cena onde os pontos de interesse (POI) précadastrados estão presentes em região específica. Os POIs são filtrados no que diz respeito às preferências do usuário da seguinte forma: ou o navegador tem acesso a um recurso local (arquivo) contendo as preferências geolocalizadas do usuário relacionados com o POI pré-definido ou o navegador expõe uma interface que permite que o usuário escolha de sua preferência. O conteúdo de RA também descreve como os POIs são apresentados, no mapa ou em uma exibição de vídeo, criando instâncias e usando os metadados fornecidos pelo POI. A figura 4 [MPEG-MAR 2016] representa a arquitetura proposta pelo modelo:

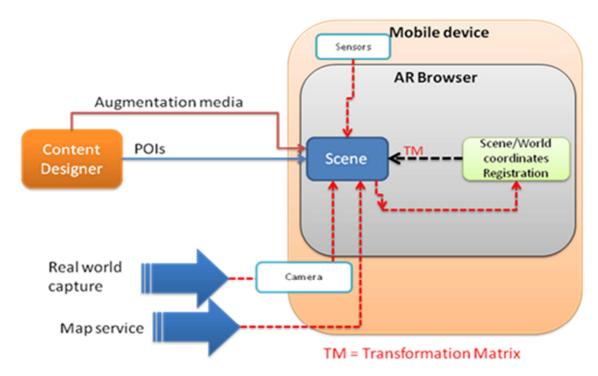


Figura 3: Imagem Contentembedded POI do padrão G do MPEG-MAR.

Além disso, para destacar as características da RA, temos a imersão, a ubiquidade (fornecendo a possibilidade do usuário usar em vários lugares e multiplicidade (usuário único para vários objetos). A dimensão da imersão é igual ao continuum realidade-virtualidade descrito pela MPEG-MAR (2016). A dimensão de ubiquidade refere-se às questões de como e onde o sistema pode ser usado, enquanto a multiplicidade envolve o grau de utilização por usuários simultaneamente. A RA então, pode ser entendida como um ponto entre cada uma das dimensões [Wu et. al., 2012].

2.4. Trabalhos Correlatos

Esta seção apresenta alguns trabalhos correlatos, dentre outros, não como modelos para o desenvolvimento, mas para corroborar e afirmar o caminho a percorrer no sistema a produzir.

Sistemas com a motivação de fornecer um ambiente de desenvolvimento de projetos de RA para os usuários, sem conhecimento técnico em computação, produzirem seus próprios projetosvem sendo trabalhados por pesquisadores a exemplo de Klopfer (2010). Em um de seus projetos no MIT, o TimeLab 2100, Klopfer (2010),

desenvolveu um jogo que se passa no ano de 2100, onde a mudança climática global está fora de controle e os jogadores tem a tarefa de mudar o passado (que na realidade é seu presente em 2010). Dentro do cenário do referido jogo, os jogadores usam tecnologias futuras para viajar de volta para os dias de hoje, onde eles estão autorizados a fazer pequenos "reparos" para mudar o mundo atual. O TimeLab 2100 possui uma ferramenta autoral onde os alunos posteriormente criam suas missões para depois jogar.

A Proposta do TimeLab 2100 é o que pensamos para esse trabalho em questão de geolocalização, mas ele tem limitações, ele somente faz aplicações de viagem no tempo, de situações que realizamos no presente que influenciarão no futuro que serão visualizados pelo usuário atravez de dispositivos móveis. Essas aplicações sempre são jogos. Os únicos elementos multimídia utiliados no TimeLab são textos e imagens, utilizando somente a geo-posição para uso da realidade aumentada.

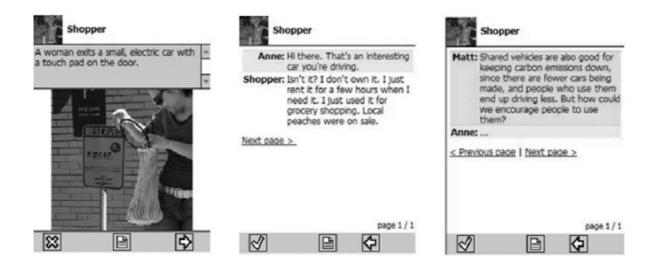


Figura 4: Tela do TimeLab 2100.

A ferramenta geral do TimeLab 2100 é o AR GameBuilder, que não tem atualização desde 2010 [AR GameBuilder, 2010]

O ARIS (Create location-based games and stories) (2016) é um software para criar e jogar jogos/passeios e histórias digitais com dispositivos móveis. O indivíduo interage com o mundo real, por meio dos sensores moveis. O ARIS trabalha no editor para criação com a manipulação de geo-localização do Google Maps, promove diversas possibilidades como a criação/edição de missões que são

chamadas de "quests". No ARIS é possível compartilhar, editar games, adicionar/remover objetos e colaborar para construção de jogos.

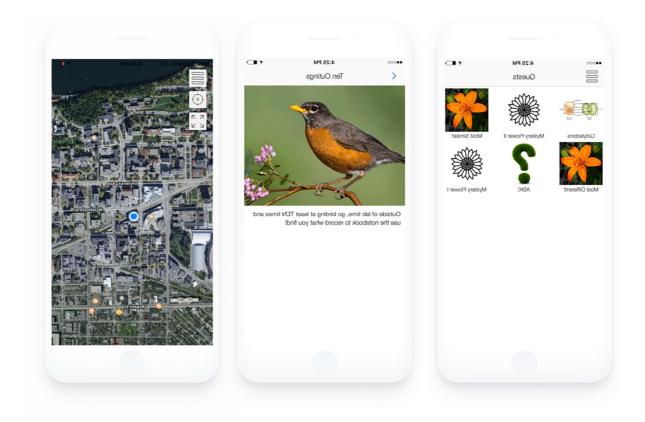


Figura 5: Telas do ARIS no IOS.

Apesar de o ARIS Games ter suas vantagens, ainda existem funcionalidades que deixam a desejar, por exemplo, na organização de contas dos usuários, quando algum recurso do dispositivo móvel é utilizado (a câmera de vídeo ou foto) as produções do individuo não são vinculadas a sua conta, impossibilitando sua utilização em outros jogos [Rafalski, et al., 2013].

Outro ponto é a acessibilidade, já que o ARIS somente funciona em IOS. Como o Timelab de Klopfer, o sistema somente trabalha com textos e imagens. É possível sim trabalhar somente com esses elementos de multimídia, mas buscamos elemntos que façam parte ativa da vida dos estudantes e se faz necessário ter vídeos, elemntos 3D e áudio.

O ARIS trabalha com marcadores em QRcode, o que consideramos pouco intuitivo e gera o trabalho adicnional de se imprimir o marcador e fixa-lo onde se deseja vivenciar a realidade aumentada por imagem. E embora o ARIS deixe claro que ele

é uma ferramenta faz jogos de realidade aumentada ele é complemtamente aderente ao uso em sala de aula. O sistema é atualizado até o momento.

O fAR-PLAY [Gutierrez, et al., 2011] é um framework que permite a criação de jogos utilizando uma área aberta e o suporte a localização. É executada pelos jogadores que usam dispositivos móveis, podem ler códigos de barras e QR Code's que são afixados em vários espaços diferentes. É composto por quatro módulos: uma aplicação móvel onde os jogadores interagem com o jogo e um site que é relatado o estado do jogo; a engine do jogo que promove a lógica do jogo; o mundo virtual para apoiar o jogo; Um ambiente de criação, no qual os locais importantes do jogo podem ser especificados. Uma aplicação do fAR-PLAY foi uma caça ao tesouro virtual chamado de Pico Safari, onde jogadores caçam criaturas virtuais chamadas de Picos. O jogo combina a exploração com seu cenário envolvente, encontrar e recolher itens, e atividade física. Os jogadores andam no mundo real, recolhem imagens de criaturas virtuais, que só pode ser visto através do visor do telefone, e somente podem "apanhar" um Pico quando ele estiver a uma distância de 50m ou menos.

O framework é composto por quatro módulos: uma aplicação móvel onde os jogadores interagem com o jogo e um site que é relatado o estado do jogo, o framework do jogo que promove a lógica para a contrução do jogo, o mundo virtual ferramentas para apoiar o jogo e um ambiente de criação, no qual os locais importantes do jogo podem ser especificados.

O ponto forte do framework é que o mesmo utiliza REST para comunicação entre a ferramenta autoral e a cliente [Gutierrez, et al., 2011]. Percebemos que embora o framework utilize o Layar [Layar, 2017], uma poderosa ferramenta de realidade aumentada, ele se limita a uso de QR Codes, o que limita seu uso conforme ARIS, já que todos os frameworks atuais fazem uso de marcador com qualquer imagem. A possibilidade de usar uma foto do lugar como marcador acrecenta dinamismo na mão do autor e, conforme discutido, o QRcode não é um impeditivo, o autor pode sim imprimir o code e colar onde ele planejou vivenciar a arealidade aumentada, mas é um limitador quando não pode usar uma imagem, que é mais amigável e os alunos podem incluisive produzir tais imagens, enquanto que o QRcode precisa ser gerado por computador.

O Layar não entrou nessa análise por ser uma ferramenta paga e não haver disponibilidade para teste. O layar trabalha com realidade aumentada por geolocalização e por marcadores (qualquer imagem) atualmente.

O ponto negativo é o fato de não haver nada de novo no framework desde a publicação de Gutierrez.

Diante de todo o estudo e análise dos conceitos e aplicações envolvendo envolvendo a realidade aumentada, foi possível entender a computação ubíqua e a sua aplicação na educação; a affordance e sua classificação e suas vantagens; a realidade aumentada e uma análise das ferramentas já existentes que se utilizam das teorias apresentadas.

Os estudos realizados até então na literatura e nas ferramentas de mercado foram a base para a construção de um ambiente. Primeiro foram pesquisadas que tecnologias existem para que seja possível usar a realidade aumentada, depois como o esforço foi focado para usá-la de forma direta, especifica e com qualidiade, por ultimo como disponibilisá-la para usuários sem conhecimento técnico, analisando ferramentas que já encararam este desafio e como elas trataram as dificuldades desse estudo.

Todo o estudo remeteu a construção da proposta.

3 PROPOSTA PARA O A3RA.

Os ambientes virtuais apresentam variadas possibilidades na promoção e divulgação da informação, da interação e da aprendizagem, e a realidade aumentada inserida nesse contexto nos traz a oportunidade de visualizar o que normalmente temos dificuldade de ver, e ainda podemos manipular e interagir.

Considerando o potencial de apoio à aprendizagem que pode ser oferecido pela RA realizamos estudos para o desenvolvimento do A3RA, levando o usuário comum, seja ele aprendiz ou o professor, ao status de autor. Dessa forma, este capítulo apresenta como o sistema foi planejado.

O capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 3.1 apresenta como o sistema está inserido no universo da educação; a seção 3.2, apresenta como foi planejado os ambientes do sistema; 3.3 é discutido a arquitetura do ambiente e suas intercomunicações;.

3.1.0 A3RA

A revolução propiciada pelas TIC está formando uma geração de alunos que crescem usufruindo ambientes ricos em recursos multimídia, com expectativas e visão de mundo diferente das gerações anteriores. Dessa forma, exige-se da escola, novos métodos e meios de aquisição do saber, principalmente, exige-se mecanismos que apresentem oportunidades de buscas pela informação e privilegie a autonomia e a imaginação.

Nesse contexto, o processamento cada vez mais avançado dos dispositivos móveis nos possibilita o uso de uma tecnologia chamada de Realidade Aumentada (RA), que aliado com a computação ubíqua, isso faz com que o usuário adquira autonomia e potencialize sua imaginação, fazendo-o interagir com o objeto de aprendizagem apenas ao olhar, bem como, visualizar o invisível.

O que e como os alunos aprendem em ambientes de aprendizagem com realidade aumentada? Pesquisas indicaram que os sistemas e ambientes de RA podem ajudar os alunos a desenvolverem habilidades e conhecimentos que podem ser aprendidos em outros ambientes de aprendizagem aprimorados pela tecnologia, mas de uma forma mais eficaz. Sistemas de realidade aumentada são usados para apresentar

situações em um formato 3D para que os alunos possam virtualmente manipular uma variedade de objetos de aprendizado e manipular as informações de forma inovadora e interativa [Wu et. al., 2012].

A realidade aumentada fornece aos alunos experiências que permitem mesclar o mundo real com o virtual, o que os leva a participar da exploração do mundo real usando objetos virtuais, como textos, vídeos, e imagens que são elementos complementares para os alunos conduzirem investigações do mundo real. A oportunidade do aluno de manipular e interagir com o real, por meio da tecnologia, vai possibilitar a visualização do mundo em torno dele, envolvendo-o em novas formas de ver questões realistas em um contexto de conexão que já é comum aos mesmos. Os objetos reais aumentados, além de criar novas formas de ver o mesmo objeto, também, ajudam os alunos a melhorar a compreensão de conceitos ou fenômenos abstratos e a partilhar os seus próprios aprendizados [Dunleavy et. al., 2009].

Embora esta tecnologia já esteja disponível e em uso, a sua chegada à escola ainda depende do trabalho de um especialista em TI. Buscando aproximar professores e alunos destas novas linguagens.

O sistema A3RA é composto por um ambiente web onde o professor, a partir de um conteúdo de seu planejamento, insere objetos multimídia, configurando eventos quando tais objetos forem acionados, dessa forma organiza situações de aprendizagem inserindo roteiros e objetos em um sistema tecnologicamente estruturado em um ambiente cliente, e os alunos vivenciam com recurso da realidade aumentada o que foi projetado pelo professor. O A3RA foi pensado de forma que haja um mínimo de esforço com a utilização da tecnologia, abstraindo a complexidade para o usuário.

Quando integramos sala de aula e ambientes virtuais oportunizamos a entrada do mundo para dentro da escola e a escola para o mundo. Esse movimento de integração torna a sala de aula mais dinâmica e interativa o que exige uma nova relação pedagógica e uma nova competência técnica por parte do professor.

Isso significa que o professor precisa capacitar-se em relação às tecnologias, e precisa, também, buscar uma relação pedagógica que dê aos alunos mais

oportunidades de envolver-se em sua própria aprendizagem. O que significa que a posição frontal do professor em sala de aula, como um palestrante, deve dar lugar a uma relação onde o aluno possa participar, descobrir, questionar sobre o conteúdo a ser estudado.

Dessa forma, no sistema da A3RA, cabe ao professor planejar e organizar o caminho que os alunos precisam percorrer durante as investigações, inserindo indicações e questionamentos de apoio, mas, também, dando abertura para que estes possam acrescentar novas informações e, cabe aos alunos, com o uso dos seus celulares acessar e o conteúdo e realizarem as investigações propostas. O que concorre para uma aprendizagem mais efetiva, já que envolve os alunos em seu próprio aprendizado, usando as vantagens da realidade aumentada em contextos reais do planejamento educacional desse professor.

A concepção e desenvolvimento do sistema A3RA, teve como ponto de partida um levantamento do estado da arte onde foram analisados as propostas existentes, veiculadas na literatura científica da área e na análises de ferramentas disponíveis para experimentações. Foram pesquisadas framework que além de atender ao requisito de realidade aumentada pudesse ser o mais aderente possível aos equipamentos móveis atuais, com possibilidade de alta performance gráfica e facilidades de implementação. Uma modelagem inicial deu suporte à construção de um protótipo funcional cuja avaliação viabilizou ajuste na modelagem e a elaboração de uma nova versão do protótipo. As etapas finais compreendem a elaboração de situações de uso e a utilização do ambiente e a exploração em campo de algumas aplicações produzidas com o ambiente. Foram utilizados vários conceitos que são exigidos para o desenvolvimento do sistema.

3.2. Ambientes do Sistema

Conceitualmente o sistema foi pensado em possuir três módulos, sendo um ambiente de editor autoral, um ambiente executante que chamamos de cliente e um servidor de aplicação, que trabalha junto com o editor A3RA web. Não discutiremos nesse trabalho o servidor de aplicação, o tratando apenas como uma camada que provê a comunicação entre o ambiente autoral e o cliente.

3.2.1. Ambiente Autoral

O Sistema autoral tem a gestão de usuários, conteúdo multimídia, projetos de realidade aumentada e eventos. O autor tem o controle de criação de contas, tanto para perfil de administrador de projetos quanto a cadastro dos usuários, os quais poderão acessar seus projetos pelo ambiente cliente. Os projetos podem ser configurados como privados, fechados aos usuários conforme configuração do autor, e como projetos públicos, de forma que qualquer um que logar na aplicação cliente, poderá acessá-los. Para facilitar a configuração dos projetos privados foi criado o conceito de grupos, por exemplo, um professor pode agrupar alunos em salas de aula e depois se referir somente ao nome do grupo.

Para a ferramenta do autor foi planejado uma sequência de passos para que este monte seu projeto. Primeiramente o autor deve criar seu conteúdo multimídia. O A3RA trabalha com marcadores de realidade aumentada, que podem ser pontos de interesse de geoposições (POI) ou imagens a serem detectadas. O cadastro de POI's é realizado com ajuda da API do Google Maps. Na sequência é necessário criar um objeto, que nesse contexto é algo que irá interagir com o usuário. Os objetos utilizam-se desse conteúdo multimídia previamente criado e cada objeto pode conter de 1 a 4 tipos de conteúdos multimídia, sendo eles: marcador por imagem, marcadorgeo-localizado, imagem ou texto.

O próximo passo do autor é criar um projeto. Um projeto é o local do sistema que agrupa os objetos criados e organiza os usuários que terão acesso (ou deixa o projeto com acesso público). Esse projeto que será usado na aplicação cliente.

Por fim é necessário configurar os eventos, que são uma sequência de ações planejadas pelo autor. Por exemplo, qual objeto aparece primeiro ao usuário na aplicação cliente? Um objeto de texto pode ser exibido ao usuário quando ele entrar na aplicação cliente, e, principalmente, existe a possibilidade da criação de uma cadeia de ações, o que permite ao cliente chamar um objeto somente se outro o permitir.

3.2.2. Ambiente Cliente

O Cliente foi concebido para ter um executante de projetos de realidade aumentada de forma genérica. Para o sistema somente existe um grande projeto de realidade aumentada, que se modela conforme for configurado no sistema autoral.

No ambiente cliente basta fazer login com o usuário, encontrar o projeto que criado pelo autor, se é privado ou público, e selecioná-lo. Os projetos serão listados conforme foi configurado o acesso pelo autor do projeto. O cliente tem que ser rápido em sua utilização, então foi pensado somente nesses passos e já será possível entrar no projeto.

Nesse momento o cliente baixa as informações do sistema autoral por serviço web. Uma vez dentro do projeto carregado na aplicação cliente, o usuário pode vivenciar a aplicação. Utilizando o dispositivo móvel o usuário poderá se locomover para encontrar as posições, detectar as imagens com a filmagem da câmera em busca de objetos configurados pelo autor, para, assim poder interagir com os mesmos.

3.3. Arquitetura

O módulo de edição do A3RA é um ambiente web que pode ser acessado por pelo usuário que esteja conectado à Internet.

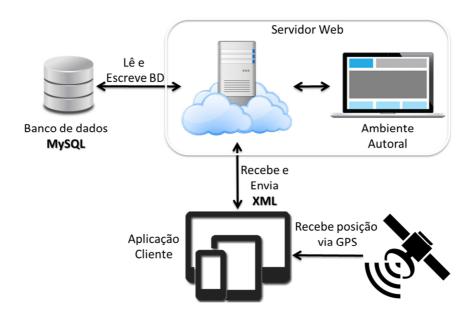


Figura 6: Arquitetura do A3RA.

O módulo da aplicação cliente, que usa o serviço criado no ambiente de autoria, é um ambiente projetado para funcionar em dispositivos móveis. Após o usuário logar

no sistema ele terá que escolher entre projetos livres ou projetos que ele tem acesso privado. É na aplicação cliente que o usuário irá interagir com o que foi criado no projeto, poderá encontrar os objetos de RA, seguir as regras implementadas pelo usuário autor através dos eventos. O cliente utiliza os sensores do dispositivo móvel para poder levar ao usuário a interação com projeto. A câmera é o sensor fundamental, mas para a movimentação do usuário no mundo real influenciar no mundo virtual, configurado no projeto é necessário o uso do GPS (global positioning system). Para os módulos onde o autor queira incluir mais virtualidade o acelerômetro ajudará ao usuário no cliente olhar para diversos ângulos no ambiente.

4 PLANEJAMENTO DO AMBIENTE DE REALIDADE AUMENTADA

No planejamento do sistema dissertaremos sobre o estudo das tecnoligias que utilizaremos para implementação dos ambientes autoral e cliente que compõe o sistema, bem como uma engenharia de software básica, levantamento de requisitos e modelagens de dados, necessário para o projeto do sistema.

O capítulo é organizado da seguinte forma: a Seção 4.1 apresenta a pesquisa realizada para escolha das tecnologias que serão utilizadas pelos ambientes; na seção 4.2 listamos os requisitos que básicos que entendemos ser necessários para o sistema; na seção; na seção 4.3 apresentamos a modelagem do sistema baseado nos levantamentos de requisito de sistema e das tecnologias impregadas; Por fim a 4.4 falamos sobre a implementação do sistema e como ele vai inteoperar.

4.1. Pesquisa e Escolha da Tecnologia

Para definir a tecnologia a ser utilizada no desenvolvimento do ambiente A3RA, realizamos um estudo e análise sobre as ferramentas existentes na produção acadêmica e no mercado, bem como, sobre trabalhos correlatos e, ainda buscamos fundamentos na bibliografia relacionada.

Na literatura Amin e Govilkar [2015] comparam 6 ferramentas analisando o que cada uma se propõe tecnicamente a fazer, sem um sistema específico para desenvolvimento. Sua análise é bem completa, abrange desde a classificação técnica das ferramentas de realidade pode ser compilada. Em seus resultados os autores consideram a aderência das ferramentas em seus critérios previamente estabelecidos bem como uma explicação dos benefícios e limitações que cada ferramenta possui.

Posteriormente Jooste [2015] compararam 7 ferramentas, mas neste trabalho os autores já analisaram de forma mais específica, pois possuem um problema para resolver. A análise das ferramentas foi sobre critérios de desenvolvimento de um sistema com RA locativa para uso em regiões acometidas por catástrofes ou vandalismos, onde era necessário o geoposicionamento para saber o que havia no local anteriormente ao sinistro. O trabalho inicial foi um levantamento grande de ferramentas que trabalham com RA (conforme artigo, foram um total de 68) e depois,

através dos critérios de avaliação filtraram aquelas que poderiam auxiliar o desenvolvimento dos seus requisitos.

As análises dos dois trabalhos, dentro de suas necessidades específicas, comparam no final, quase que na totalidade as mesmas ferramentas, analisando licenças, suporte, geração de marcadores, rastreamento e capacidade.

Em nosso estudo a escolha da ferramenta para o desenvolvimento tem o requisito especifico de ser aderente ao modelo MPEG-MAR [2016], no padrão G e V, e fornecer facilidade da interação com o usuário no nível de um jogo para atender aos requisitos levantados nos casos de estudo. A análise foi realizada em duas fases, a primeira onde vamos levantar as ferramentas existentes no mercado e na literatura e a segunda fase na qual vamos avaliá-las conforme critérios estabelecidos. A imagem na Figura 4 descreve o fluxo de trabalho:

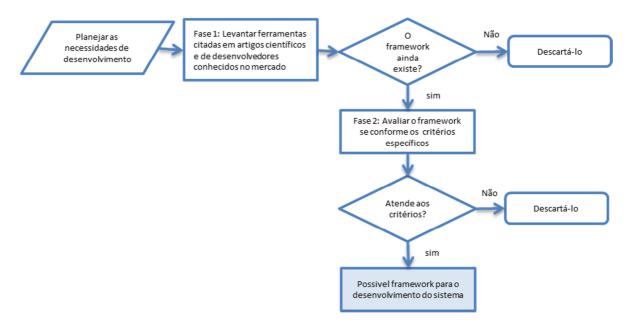


Figura 7: Fluxo de trabalho

Na segunda fase da análise foram levantados critérios para auxiliar a avaliação das ferramentas. Nesse contexto foram elencados os seguintes critérios para a avaliação das ferramentas, para que as mesmas atendam à necessidade do desenvolvimento, na tabela 1 a seguir tais critérios estão em ordem de importância:

| Adequação aos padrões | É necessário que as ferramentas atendam ao padrão G |
|-----------------------|---|
| | (detecção de marcadores) e o padrão V (geolocalização) do |
| | modelo de referencia MPEG-MAR. |

| Facilidade para implantação de funcionalidades de interação do usuário. | Devido a necessidade de interação do usuário são mais atraentes ferramentas de RA que funcionem em engines de desenvolvimento de jogos como Unity3D, UDK, Cry por exemplo. Há nesse contexto facilidade de desenvolvimento, ganho em qualidade final e aumento produtividade Erro! Fonte de referência não encontrada |
|---|---|
| Geração de marcadores | A ferramenta gera novos marcadores ou é necessário ferramentas externas para tal? Esse critério é muito importante pois implica em dificultar de uso da tecnologia para o usuário final. Não faz sentido se o usuário tiver que acessar um outro sistema para criar marcadores. |
| Licença | Como a ferramenta está disponível para uso. Tal disponibilidade afeta o desenvolvimento do sistema já que haverá ou não custos adicionais no estudo. |
| Plataforma | Quais plataformas a SDK suporta, como Windows Phone, Android e IOS? Ferramentas que suportam multi-plataforma são desejáveis. |
| Conectividade | O sistema deverá funcionar online e off-line caso se deseja trabalhar em locais sem rede de dados. |
| Display compatível | O quanto a exibição final do aplicativo é configurável para determinas aplicações. Também se refere a mudanças de tela ou de padrões sem afetar o desempenho ou parada de serviço. |
| Escalabilidade | O quanto o sistema pode crescer com a ferramentas em questão sem impactar em seu desempenho, ter fornecimento de upgrades ou não ser descontinuado. |
| Suporte a documentação | Acesso a documentação de qualidade é fundamental para o desenvolvimento e manutenção do sistema |

Tabela 1: Critérios de avaliação

A escolha das ferramentas foi baseada principalmente pelo critério de facilidade para implantação de funcionalidades de interação do usuário, pois este é o foco dos próximos trabalhos. O não atendimento do primeiro critério, a adequação aos padrões, é completamente excludente. Há a possibilidade de assumir parte dessa interação com o usuário sem uso de engines de desenvolvimento de jogos, mas entende-se ser trabalhoso para o desenvolvimento (visto que tais interações estariam prontas para uso nessas engines) e também existe o problema de não conseguir resultado final com a qualidade que uma engine consegue apresentar. Soma-se também ao fato de que as engines atuais tem possibilidade de compilar o mesmo projeto para diversas plataformas, mesmo a ferramenta de RA não sendo

multi-plataforma, pelo simples fato de ser compatível com uma engine com essas características ele se torna multi-plataforma. O que não aconteceria se fosse escolhido uma ferramenta que tem plugins para plataformas distintas, nesse caso teríamos que fazer um projeto para cada plataforma (o que é claramente oneroso em tempo e custo). Outra consideração relevante é que as engines que trabalham com dispositivos móveis, já tem ferramentas internas para uso direto com seus sensores, então devido a isso, torna-se muito importante a questão das engines, pois se alguma ferramenta das que estamos estudando não possuírem alguma funcionalidade, é possível então implementar de forma mais rápida e confiável o que faltar (pois já está encapsulada pelo fabricante da engine).

Analisando os resultados na literatura de Jooste (2015), Amin e Govilkar (2015), e pesquisando no mercado ferramentas que são multiplataforma, que possuem plugins para engines de jogos, que fornecem recursos para trabalhar RA com marcadores e sem marcadores, foram elencadas 4 ferramentas que seriam aderentes à maioria dos critérios levantados. A partir daí foi realizado uma análise mais detalhada de cada uma das ferramentas.

A Wikitude [2016] por exemplo foi a primeira ferramenta disponível para criação de aplicativos de RA baseada em localização. Fornece uma estrutura multifuncional que inclui diversos recursos com base em localização realidade aumentada, renderização do modelo 3D e reconhecimento de imagem e rastreamento [Jooste, 2015]. O ARToolkit [2016] é uma ferramenta de licença GNU GPL v3 de código aberto desenvolvido para a Apple iOS e recentemente também para Android. O ARmedia [2016] permite desenvolver aplicações para rastreamento de objetos, imagens e locais em tempo real para construir aplicações de realidade aumentada. O Kudan [2016] é uma ferramenta de reconhecimento bastante robusta adaptado para diversos métodos de realidade aumentada, com marcadores, com e sem marcadores além de SLAM.

Com o avanço do estudo, os testes mostraram que as ferramentas possuem sim os dois quesitos, a RA com detecção de marcadores (padrão V) e a RA locativa (padrão G), mas não funcionam juntas se usado o plugin da engine de jogos. Todas as ferramentas que tem plugins para engines possuem somente o padrão V implementado e o padrão G, normalmente implementado para o SDK do Android ou

IOS em separado, e não há facilidade de implementação se parte do desenvolvido for emengines de jogos e parte em outra SDK inclusive são ambientes de desenvolvimento diferentes. Um fator importante é que nenhuma ferramenta pesquisada que tem plugin de engines para jogos,trabalha no padrão G de realidade aumentada. Devido a essa carência,o padrão G deve ser implementado dentro da própria engine de jogos, acessando os sensores do dispositivo móvel diretamente.

Foi então escolhido o plugin Vuforia para realidade aumentada padrão V. Os motivos são: por possuir licença gratuita; ser estável; ter integração completa com o Unity3D; e ter ferramenta de criação de marcadores acessível ao desenvolvedor.

4.2. Requisitos

O projeto de um Ambiente de Autoria para Aplicações com Realidade Aumentada, denominado A3RA, é por concepção um ambiente para criação e execução de projetos de RA, locativa e/ou com marcadores. O projeto A3RA está dividido em dois ambientes.

O primeiro é um ambiente para a criação do projeto de RA em que o autor planeja o projeto, inserindo objetos, configurando eventos quando tais objetos forem acionados, aqui chamado de ambiente autoral. Nesse ambiente, com a possibilidade de ligar os objetos uns aos outros e atribuir ações ao acionamento de tais objetos, ou ao próprio relacionamento entre os objetos, é possível criar um jogo ou simplesmente gamificar o projeto.

O segundo é um ambiente de execução em que os usuários vivenciam os projetos construídos no ambiente autoral através de um dispositivo móvel, que chamamos de cliente. O cliente foi planejado para ser aderente ao modelo de referencia MPEG-MAR (2016) com RA locativa (padrão G) e RA com detecção de marcadores (padrão V).

4.2.1. Requisitos Funcionais

O objetivo é o desenvolvimento de um sistema onde o usuário poderá criar sua aplicação de realidade aumentada.

As funcionalidades planejadas para o sistema como um todo estão separas entre o módulo do sistema autoral e o módulo do sistema do cliente.

O sistema deve ser desenvolvido para web e estar em um servidor que forneça recusos em modo de serviços web para o cliente usar. O fato dos recursos do sistema autoral estarem em serviços web a serem consumidos é muito importante, pois remete a escalabilidade e compatibilidade com outros sistemas, desta forma caso seja necessário nem só o cliente pode se comunicar com o sistema autoral, mas também qualquer outro sistema que necessite dos dados disponibilizados. O desenvolvimento da arquitetura de serviços web deverá ser em REST. De acordo com Silveira et. al.(2016) é possível alterar essa forma de exposição do sistema ao disponibilizar mais endereços, em geral uma URI para cada entidade (recurso), mas com um número limitado de operações. Cada operação passa a trabalhar com um recurso específico através de sua representação, aumentando a capilaridade do sistema. Sendo assim, REST pode ser alcançado através de, por exemplo, HTTP e representações com suporte a hipermídia, mas poderia ser utilizada outra pilha de tecnologias com as mesmas características. A vantagem da adoção do HTTP juntamente com XML ou JSON está na onipresença dessas tecnologias. A interface de comunicação (uniform interface) do REST também requer a utilização demensagensautodescritivas, isto é, qualquer intermediário é capaz de entender a intenção de uma mensagem e tomar uma ação de acordo. A interação entre um cliente e o servidor através de REST inicia-se através de um ponto de entrada (entry-point), uma URI que permite acessar o resto do sistema.

Os usuários serão administradores e comuns. Cada usuário pode assumir os dois papeis. A separação tem como objetivo que o usuário criador do projeto tenha mais controle de sua criação e o usuário comum não tenha acesso de modifica-los.

4.2.1.1. Módulo do sistema autoral

- O sistema deve criar projetos de realidade aumentada. Os dados do projeto deverão estar disponibilizado para consulta e escrita. Esses projetos poderão ser configurados conforme as características abaixo:
 - Nome: Nome do projeto que será criado. Essa informação será usada em todo o sistema para identificação, inclusive no sistema cliente.

- Descrição: O projeto deve ser uma área para o autor escrever informações sobre o projeto. Essas informações serão exibidas no cliente para que o projeto seja identificado.
- Acesso: Para ser de acesso público ou privado. Sendo público o projeto pode ser acessado por qualquer usuário com o sistema cliente.
 Sendo privado somente os usuários ou grupos de usuários cadastrados no projeto poderão acessa-lo. Os usuários deverão ser cadastrados previamente para depois serem selecionados para o projeto.
- Objetos: Os objetos são uma parte muito importante do sistema e o projeto pode cadastrar tantos quanto for necessário. Os objetos deverão ser cadastrados previamente para depois serem selecionados para o projeto.
- Eventos: Cadeia de ações ligadas a objetos. Os eventos deverão ser cadastrados previamente para depois serem selecionados para o projeto.

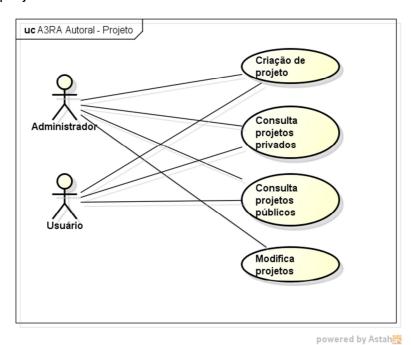


Figura 8: Caso de uso Projeto

 Para o projeto, o sistema autoral precisa possibilitar criação e controle de usuário com níveis de acesso de leitura e gravação no projeto. O autor deve delimitar o nível de acesso dentro do sistema. Os usuários deverão ser dispobilizados em serviço REST. Cada usuário deverá ter os seguintes dados:

- Nome: Nome do usuário em questão. Essa informação será usada em todo o sistema para identificação do usuário.
- Login: o login não necessariamente é igual ao nome e será usado para o acesso ao sistema. Será usando para acessar tanto o sistema autoral quanto o sistema cliente. É interessante que não seja muito longo e não tenha caracteres especiais.
- o Senha: Senha de acesso ao sistema autoral e o sistema cliente.
- Email: O email para comunicação com o usuário para itens relevantes e referentes ao sistema.
- Grupo: Grupo de usuários que este usuário será incluído. O grupo é obrigatório para cada usuário.
- Observações: Um campo de comentários para auxiliar o gestor do projeto ou do sistema em relação ao usuário em questão. Um campo livre para escrita.

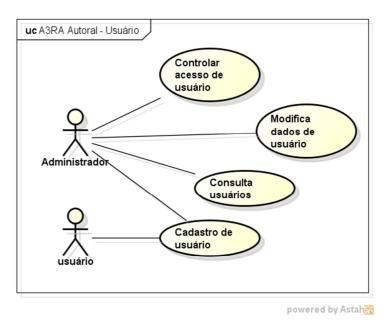


Figura 9: Caso de uso Usuário

- O sistema deve cadastrar e controlar grupos de usuários. O controle de nível de acesso deve ser realiado pelo grupo, sendo o nível de acesso expresso de forma numérica e o administrador sendo o nível mais baixo, de valor 0.
- O sistema autoral e o sistema cliente devem possuir uma sistemática de acesso por login e senha de usuário.

- Deverá também em todas funcionalidades que o usuário tem acesso haver orientações de como proceder para o uso do sistema.
- Os níveis de acesso serão usados para liberar funcionalidades no sistema autoral e no sistema cliente. A sistemática de níveis de acesso podem ser utilizados no futuro para delegação de funçoes internas, como um professor com acesso de administrador no projeto delegar um acesso de administrador para um certo aluno enquanto os outros são de somente leitura. Para inicio do sistema, será criado automaticamente grupos conforme abaixo:

Administrador: nível 0;Sem Grupo: nível 100.

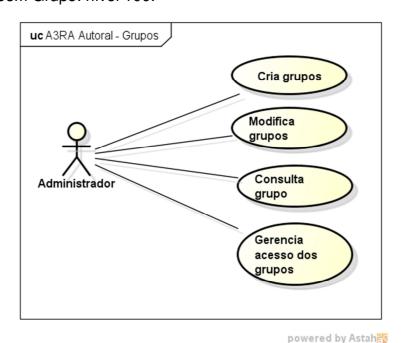


Figura 10: Caso de uso Grupos.

- Para uso nos projetos o sistema deve poder cadastrar e controlar objetos multimídias. Os objetos tem quatro características, a de arquivo multimídia, a de pontos de interesse, a de marcadores e textuais. Tais objetos podem ter mais de uma característica. Os itens de cada objeto no sistema são:
 - Nome: Nome do objeto em questão. Essa informação será usada em todo o sistema para identificação. O nome deve ser simples ede fácil entendimento já que no projeto a descrição não é apresentada.
 - Descrição: A descrição é um texto que será exibido pelo objeto quando acionado pelo usuário quando estiver vivenciando o projeto.

- Tipo: O tipo são as características possíveis de um objeto. Ele pode possuir um arquivo multimídia, pontos de interesse, marcadores ou textos. Se nenhum tipo for selecionado para o objeto o sistema entenderá que é um objeto de texto e usará somente a descrição como conteúdo multimídia. Os tipos deverão ser cadastrados previamente para depois serem selecionados para o objeto.
- Para a configuração dos objetos é necessário o cadastro e controle de conteúdo multimídia pelo sistema. São três tipos que serão controlados conforme abaixo:
 - Arquivos: os arquivos são recursos que serão acionados quando o objeto pai for acionado por um evento. Serão somente utilizados os recursos de mídia de imagem, som, vídeo e modelos 3D. O sistema deverá cadastrar e controlar no banco de dados as informações do arquivo multimídia e salvar no servidor o arquivo carregado pelo usuário. Os itens do arquivo multimídia são:
 - Nome: Por padrão não deve haver um campo para escolha de nome na interface com o usuário e ter somente o carregamento do arquivo. O nome a ser salvo será o próprio nome do arquivo.
 - Endereço: Por padrão será a pasta /multimídia dentro do sistema.
 - Extensao: A extensão também deverá ser coletada de forma automática no momento da gravação do arquivo na pasta /multimídia. Será pela extensão que o sistema saberá se o arquivo é uma imagem, som, vídeo ou modelo 3D.
 - Data: O sistema deve coletar a data e hora de quando o arquivo foi gravado.
 - Marcadores: Os marcadores são imagens que ao serem detectadas por processamento de imagem acionam uma ação específica. Os marcadores devem atender ao padrão V da MPEG-MAR. Os marcadores devem ter seus dados gravados no banco e sua imagem ser cadastrada e controlada na nuvem da QUALCOMM para uso do Vuvoria, o drive de realidade aumentada padrão V utilizado no sistema.

- O Pontos de interesse (POI): Os pontos de interesse são posições de geo-localização com qualificadores, como descrição ou link para outros objetos. O sistema deve cadastrar e controlar posição de geo-localização coletado de uma mapa, especificamente para este projeto um mapa da google e coletar a geo-localização ao clique do usuário. Os dados que cada POI deve ter são:
 - Nome: Nome do ponto de interesse em questão. Essa informação será usada em todo o sistema para identificação.
 - Descrição: O que é esse ponto. Um campo de texto livre para ajudar o usuário a se organizar.
 - Latitude: Informação coletada do mapa quando o usuário escolquer a localização.
 - Longitude: Informação coletada do mapa quando o usuário escolher a localização.
 - Tipo: o tipo de POI a ser exibido como mapmarker (a seta em forma de gota invertida usada no googlemaps) ou como informativo. Se for mapmarker o POI será exibido somente com o ícone e o seu nome na aplicação cliente, já o tipo informativo exibirá seu nome e um balão de história em quadrinhos com a informação necessária, que sua descrição acima. Existe um ultimo tipo que é o feedback, que será explicado mais abaixo e não será de configuração direta do usuário;

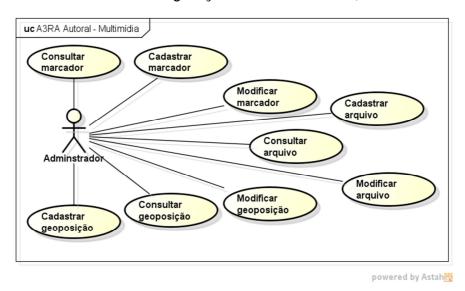


Figura 11: caso de uso Multimídia.

- As ações que ocorrerão quando um objeto for acionado devem ser précadastradas no sistema. O sistema deve ser capaz de controlar ações que criem dinâmicas no projeto. As ações serão estudadas desenvolvedores e cadastradas somente pelos desenvolvedores. As ações devem ser acionadaspor tempo, colisão ou acionamento direto pelo usuário. A ação deve ser configurada na tela de eventos, ligando uma ação a um objeto, e seu acionamento controlado pelo sistema cliente. O cadastro de ações não deve ser de acesso ao usuário, já que pela característica descrita abaxo, são comportamentos que não acontecerão simplesmente por vontade do usuário, pois cada comportamento reflete diretamente desenvolvimento na aplicação cliente. Tais ações devem fazer parte do código nesse primeiro momento. Os dados daação são:
 - Nome: Nome da ação em questão. Essa informação será usada na gerencia de eventos para identificação.
 - Acionamento: Pode ser de três formas:
 - Habilitação de objeto: Quando o usuário colidir na geo-posição ou por processamento de imagem um marcador for detectado, um objeto será apresentado a cena;
 - Modificação de índices: São planejados para modificação de pontuação, vidas ou mesmo fazer com que o usuário perca itens já encontrados. A seleção deste tipo de ação habilitará informações a serem preenchidas para complemento das características da ação, como por exemplo se será aumentado pontos, deverá ser preenchido a quantidade ou se for para perder itens já coletados que seja escolhido qual seera perdido.
 - Os índices devem ser previamente cadastrados para que possam ser usados pela ação;
 - Habilitação por tempo: Nesse caso ao ser criado ou aparecer na cena o objeto começará a contar tempo. A ação deve ter o valor desse tempo que o objeto irá contar. Ao término dessa contagem o sistema cliente realizará uma determinada ação, que é outro evento.
 - Habilitação de outros eventos: Ações podem estar desabilitados e somente com o acionamento desta ação em questão um ou

mais eventos podem se tornar visíveis. Um exemplo deste tipo de ação é o de fim de aplicação, ou ligação entre outras sequencias de ações (eventos descritos mais abaixo);

 Feedback: Essa ação é especifica para chamar a função de feedback para o usuário poder contribuir com o projeto.

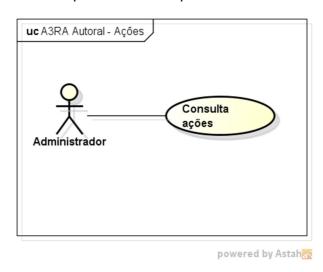


Figura 12: Caso de uso Ações.

- O sistema deve ter o acesso para o usuário vincular as ações descritas acima em objetos, que chamaremos de tela de Gerenciamento de Eventos, onde deve haver uma área de escolha de objetos cadastrados e de eventos cadastrados, e nessa tela o usuário carrega o projeto cadastrado e através deste se lista os objetos, só então o usuário faz as ligações necessáriasentraos objetos usando uma ação. Primeiramente para fins de prototipação os eventos serão linhas de acontecimentos, ligando ações em objetos que ligam ações e assim por diante. Cada projeto pode ter 1 evento ou N eventos. Se não houver eventos cadastrados todos os objetos cadastrados no projeto serão exibidos automaticamente e já estarão acionados. A consulta é feita na mesma tela do cadastro. Os dados dos eventos são:
 - Nome: Nome do evento em questão. Essa informação será usada na tela de gerencia de eventos e na tela de projetos para identificação;
 - Ação: Ação que um objeto realiza no outro. Essa realização chamamos de gatilho, que aciona essa ação;

 Gatilho: O gatilho é controlado pelo sistema, simplesmente o primeiro objeto atua sobre o segundo objeto e o segundo objeto sofre ação do primeiro objeto.

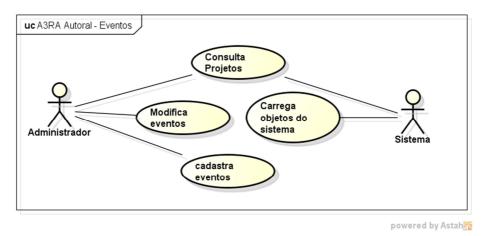
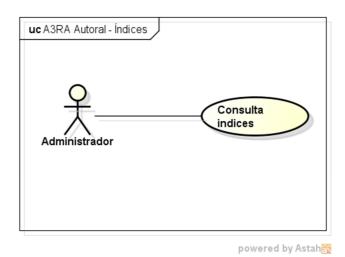


Figura 13: Caso de uso Eventos.

- Para uso de gamificação ou mesmo como forma de controle dentro do projeto
 o sistema deve ser capaz de cadastrar e controlar índices. Os índices devem
 ter sua descrição detalhada e somente serão cadastrados e controlados pelo
 sistema autoral mas utilizados pelo sistema cliente. Os dados do índice são:
 - Nome: Nome do índice em questão. Essa informação será usada no cadastro do evento para identificação.
 - Valor: Aqui será para escolher se o índice será numeral ou em texto, o tratamento será realizado pelo evento.
 - Descrição: uma explicação resumida da função do indice, seu motivo de existência;



í u

Figura 14: Caso de uso Índices.

- Ao usar o projeto o usuário poderá contribuir com informações por feedback.
 O sistema deve ser capaz de cadastrar e controlar informações enviadas pelo sistema cliente. Cada feedback deve estar vinculado a um projeto. O autor do projeto poderá consultar as mensagens de feedback no sistema autoral. Os dados do feedback serão:
 - Nome: Nome do feedback em questão. Essa informação será usada para identificação.
 - tipo: o tipo de feedback é para saber se é um feedback do sistema ou se é do usuário.
 - Geo-localização: Sempre que um usuário cadastrar um feedback o sistema cliente coleta automaticamente a posição de GPS, não necessitando atuação do usuário.
 - Descrição: Campo com texto livre para o usuário enviar sua informação para o gestor projeto.

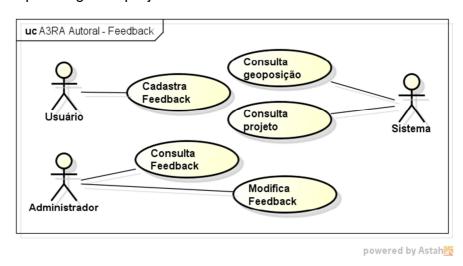


Figura 15: Caso de uso Feedback.

4.2.1.2. Módulo do sistema cliente

- O sistema deve implementar funcionalidades da Classe G do padrão de referencia MPEG-MAR e a Classe V de rastreio de imagens e sobreposição de elementos, 2D ou 3D, em sua posição. O drive escolhido para este projeto é o Vuforia da empresa QUALCOMM para a Classe V;
- A ferramenta de desenvolvimento escolhido para fazer o sistema cliente é a Unity3D.

- O sistema cliente deve logar no sistema web usando login e senha através de serviço web. O login é obrigatório, não importando se o usuário irá acessar projetos públicos ou privados. O motivo de tal restrição é por controle e segurança.
- Após o login o usuário poderá escolher entre os projetos públicos ou privados. A interface deve ser a mesma para os dois tipos de projeto, tendo de um lado os nomes dos projetos e ao se escolher um, a descrição do projeto será exibida do outro lado. Ao se escolher o projeto o sistema cliente deve carregar os dados do projeto por serviço web e salvar em memória.

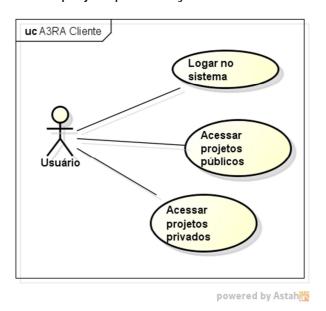


Figura 16: Caso de uso Cliente acesso ao sistema.

- Selecionado o projeto o sistema cliente entrará na cena que monta o projeto.
 A cena no Unity3D deve ser genérica e com os dados carregados do projeto os objetos devem ser criados dinamicamente. A câmera ligada e dados do gps já sendo coletados.
 - Os objetos cadastrados no projeto devem ser carregados para o sistema cliente. Informações textuais já devem vir junto com os dados do projeto, mas conteúdos multimídias devem ser baixados nesse momento, configurados dentro do unity e instanciados como objetos conforme configurado no projeto.
 - Nesse contexto os pontos de interesse devem ter sua localização convertida para posição no mundo virtual da cena e instanciados

conforme foram configurados no sistema autoral. A medida que o usuário anda com o dispositivo móvel e se desloca no mundo real a mesma medida deve ser realizada no mundo real para que os deslocamentos sejam sincronizados causando ao usuário sensação de imerção.

- Os POI's devem ser configurados conforme seu tipo dentro do unity.
- Objetos que serão acionados por colisão devem ser configurados no Unity para tal, quando se colidir com o mesmo por proximidade, ações configuradas préviamente no projeto devem ser execurtadas.

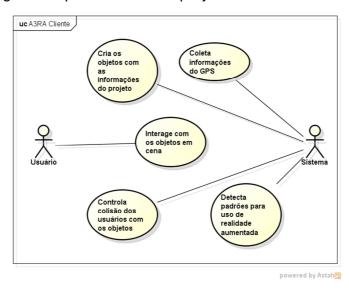


Figura 17: Caso de uso Cliente Cena.

- O sistema cliente deve ser capaz de sair da cena já criada, voltar para o menu de opções de projeto, escolher outro projeto e recarregar novamente a cena.
- O sistema cliente deve ter uma cena especializada em pré-loading para carregamento das cenas do sistema.

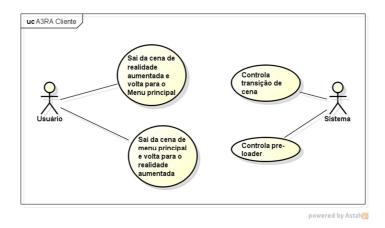


Figura 18: Caso de uso Cliente – transição de telas.

 O desenvolvimento deve ser pensando para a disponibilização do aplicativo em repositório web, seja ele em site específico ou em uma store especializada. O aplicativo móvel deve ser disponibilizado em formato .apk.

4.2.2. Requisitos Não Funcionais

- O módulo do cliente deve ser desenvolvido em plataforma móvel para usufruir dos benefícios da computação ubíqua e que contenha no mínimo os sensores, GPS, câmera, acelerometro ou bússula. O sistema deverá ser implementado em Android inicialmente mas deve ser capaz de ser implementado para outras plataformas no futuro.
- É importante que a interface do ambiente seja agradável, objetiva e de fácil para utilização aos usuários, seja ela no módulo do sistema autoral ou no módulo do sistema cliente:
- O sistema web deve estar sempre disponível para acesso pois nele reside o os serviços web disponíveis e o módulo do sistema autoral;
- O sistema cliente implementado em sistema Android deve ser o máximo compatível com o maior numero possível de versões desse sistema operacional. Um dos motivos da escolha do Unity3D é para o atendimento desde requisito não funcional, mas isso não exclui a necessidade de uma barteria de testes.
- O módulo do sistema cliente, bem como o módulo do sistema autoral devem ser desenvolvidos visando boas práticas de manutenabilidade.

- Os sistemas devem ter boa performance, visando o menor tempo possível de indisponibilidade e acesso.
- Os sistemas devem ser desenvolvidos pensando em seu crescimento futuro.
- Os sistemas devem ser confiáveis.

4.4. Modelagem

Com o planejamento do A3RA, foram identificadas as classes, os atributos, as operações e as associações necessárias para compor o ambiente.

4.4.1. Diagrama de Dados

4.4.1.1. Diagrama de classe

Utilizamos do padrão Unified Modeling Language (UML) para representar as classes que seriam produzidas no desenvolvimento do sistema. O Ambiente autoral tem como paradigma de programação a orientação de objetos, pois usamos o PHP como linguagem, enquanto que o Ambiente Cliente, desenvolvido em Unity3D, é orientado a eventos, fazendo com que os métodos e algumas replicações de classes fossem necessárias para expressar o modelo.

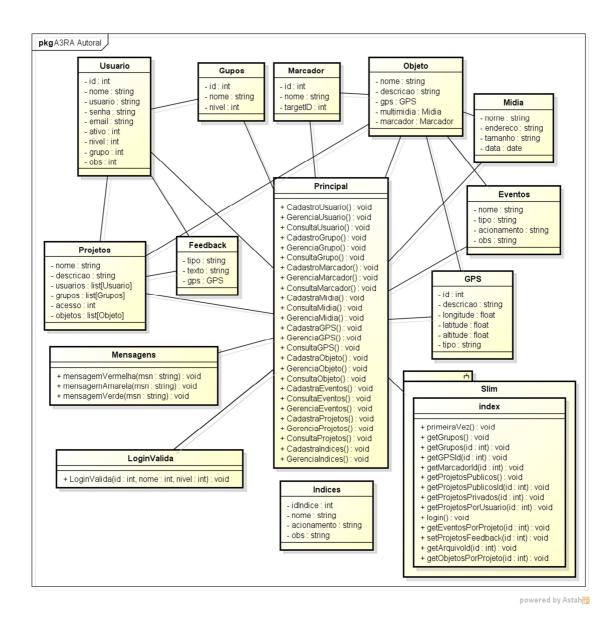


Figura 19: Diagrama de classe do ambiente autoral.

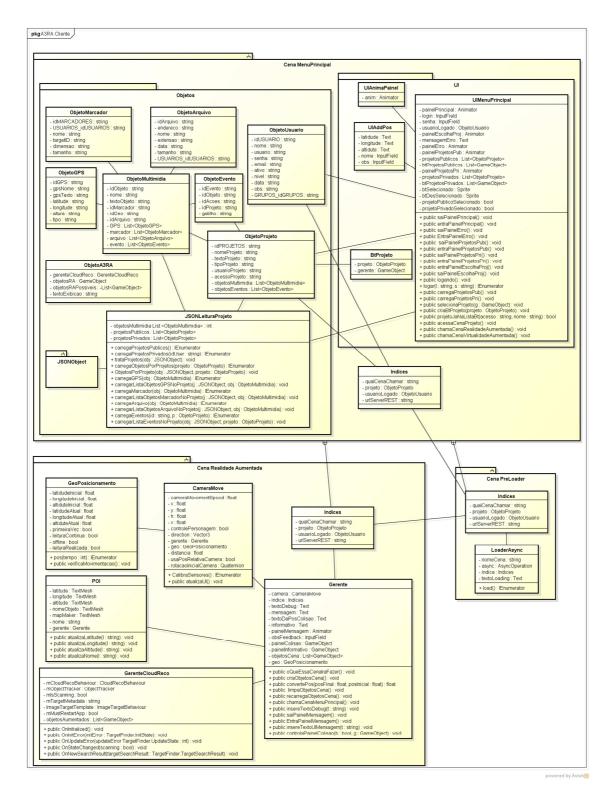


Figura 20: Diagrama de classe do ambiente cliente.

4.4.1.2. Modelo Entidade e Relacionamento

A partir das informações analisadas para o desenvolvimento do sistema, as necessidades levantadas pelo driagrama de classes, foram planejadas as entidades no modelo de dados relacional abaixo para o sistema.

Foi utilizado o banco de dados MySQL como o banco de dados do sistema como para a produção do modelo conforme figura 18.

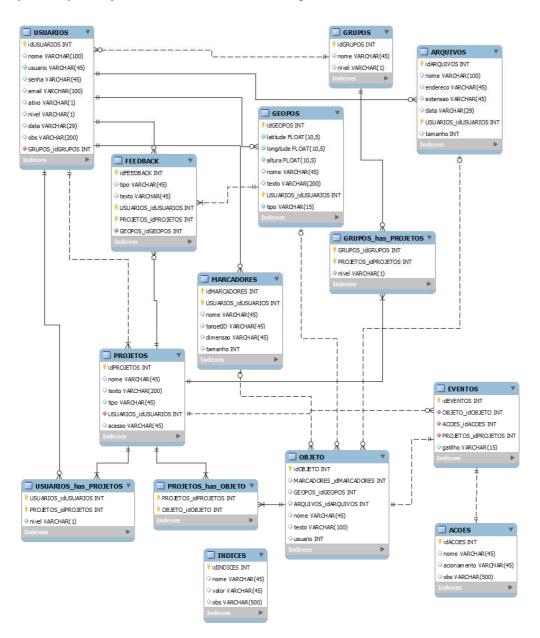


Figura 21: Modelo Entidade e Relacionamento.

4.4. Implementação

4.4.2. O Projeto do Editor Autoral

O ambiente autoral foi desenvolvido em PHP para ficar o máximo alinhado aos códigos fornecidos pelo fabricante da tecnologia de realidade aumentada utilizada, a Vuforia. O ambiente autoral está no servidor e trabalha em RESTFul, se comunicando com o cliente por serviço web.

O sistema autoral do A3RA está preparado para funcionar no browsers Google Chrome e Firefox. Esse requisito foi pensado para o programa ser o mais acessível possível e ter a codificação mais simplificada.

4.4.3. O Projeto da Aplicação Cliente

A aplicação cliente do A3RA foi desenvolvido em Unity 3D, uma engine de jogos com diversos recursos de multimídia que são utilizados na aplicação e que se for escalonada, abre maiores possibilidades como ferramenta devido a compilação para várias plataformas móveis. Embora o foco desse estudo seja em plataforma Android, com essa escolha, podemos portar para IOS ou Windows Phone, quando necessário.

O Unity então, trabalha com conceitos de desenvolvimento de jogos em seus projetos, e o A3RA não é diferente disto.

No Unity o projeto possui cenas, e o planejamento destas depende do desenvolvedor. A cena é um ambiente onde se cria e salva o que o Unity chama de GameObjects, e a coleção destes com scripts que faz o jogo. Normalmente cria-se uma cena para o menu da aplicação, e cenas para cada uma das fases de um jogo, no A3RA foi planejado usar sim uma cena para o menu e somente uma cena para a aplicação core, chamada de cena principal, sendo que esta é configurada dinamicamente conforme o projeto criado no editor autoral.

Desta forma a cena do Menu se comunica com servidor e coleta as informações do usuário e do projeto. Essas informações são carregadas em formato JSON e tratadas no cliente como listas de objetos. Na cena principal são criados GameObjects dinamicamente para cada objeto que foi criado pelo usuário no editor autoral e em seguida cada um deles é configurado conforme foi planejado os eventos. Existem objetos que não são criados dinamicamente, estes são fixos na cena, que são o objeto "Inicio Programa", usado quando o programa cliente se inicia e "Fim de Programa", usado para finalizar o programa, como um final de jogo.

Os objetos de informação simplesmente abrem janelas com textos, os marcadores geo-localizados podem abrir janelas de informação ou tem uma imagem carregada de um mapmaker que já está na cena, que somente é habilitada ou não. Já os

marcadores de imagem, podem também abrir janelas de informações, mas são objetos que carregam a imagem em tempo real dos servidores da Vuforia, essa imagem usada como marcador não se encontra dentro da cena.

Devido as características dos eventos, quando cada objeto é criado dinamicamente na cena, todos são desabilitados, em seguida são configurados conforme estão os eventos no projeto, então são habilitados conforme programados. Normalmente o objeto Inicio Programa é habilitado sempre.

A aplicação prevê a navegação entre cenas, sendo possível sair da cena principal e voltar a cena do menu, e vice-versa.

4.4.3.1. Realidade Aumentada Locativa no cliente A3RA

Conforme conclusão da pesquisa e escolha da tecnologia a ser utilizada no protótipo, foi decidido usar o plugin Vuforia, que tem a responsabilidade da realidade aumentada Padrão V, mas o Padrão G seria desenvolvido.

Para que a realidade aumentada geo-localizada funcione é necessário que se possua um enredeço, uma localização e neste local, se aumenta a realidade com algum elemento multimídia para interação com o usuário. A então necessidade é correlacionar localização real com a localização na cena principal do cliente, e na cena principal posicionar o objeto da RA geo-localizada.

A aplicação cliente fica com a câmera de vídeo o tempo todo ligado, a procura de marcadores de imagem (padrão V). O uso do dispositivo móvel desta forma funciona como olho do usuário em tempo real, fornecendo ao usuário a sensação de imersão e presença, já que ele está manipulando a câmera, vendo pelo dispositivo móvel o que ele vê normalmente, sem o aparelho.

Essa câmera, está na cena principal e o script CameraMove (figura 20) a movimenta na cena. Este script conerrelaciona a posição dentro da cena principal com a geolocalização, sendo que na cena principal as unidadades estão configuradas tridimensionalmente nos eixos X, Y e Z e no mundo real as informações são coletadas pelo GPS em latitude, longitude e altura. As informações do GPS são coletadas pelo script GeoPosicionamento (figura 20).

Desta forma ao andar no mundo real, o usuário também anda no mundo virtual. Para que essa relação fique flúida, a correlação entre real e virtual, foi necessário também configurar a rotação para que a câmera acompanhe a rotação que o usuário faz ao manusear a câmera, para isto há métodos específicos dentro do script CameraMove para manipulação dos sensores giroscópio e ascelerometro. Percebemos que em alguns aparelhos não há o sensor de ascelerometro, neste caso o script usa o giroscópio para rotação vertical e a bússula do dispositivo móvel para a rotação horizontal.

5 O EDITOR PROPOSTO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o funcionamento do ambiente autoral, com a configuração e criação dos elementos necessários para o projeto de realidade aumentada e logo após a sua utilização no ambiente autoral.

A medida que for apresentado cada parte do sistema será discutido formas de uso da ferramenta.

O capítulo é organizado da seguinte forma: a Seção 5.1 apresenta as telas e funcionamento do sistema A3RA.

5.1. A3RA

5.1.1. Ambiente Autoral

Iniciamos o processo no ambiente autoral, onde precisamos logar para identificar o usuário e configurar seus acessos. Nessa parte há a opção de criação de usuário caso os alunos não tenham ainda conta. Por padrão uma conta criada por aqui tem nível de acesso 3, somente visualizando no sistema o que ele próprio criou. A tela de login e a criação de usuários estão representadas pelas figuras abaixo.



Figura 22: Tela de login no ambiente autoral.

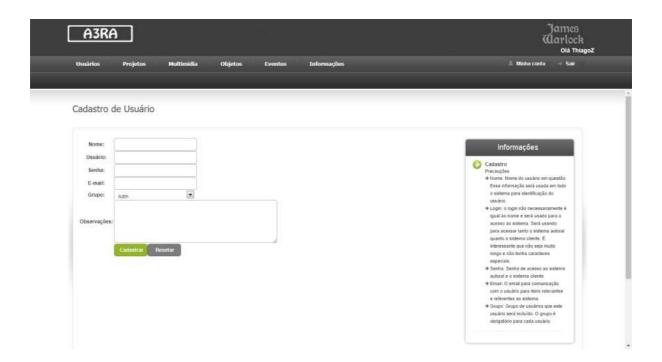


Figura 23: Tela de cadastro de usuário.

Uma vez realizado o login e estar dentro do sistema, o usuário administrador, possivelmente o professor, poderá acessar o controle de todos os usuários cadastrados conforme figura abaixo. A gestão é importante para o controle dos alunos que irão usar os projetos criados pelo professor. Tambem dentro do sistema é possível cadastrar outros usuários, não somente na tela de login, para caso do professor querer realizar o controle. O Sistema em sua primeira carga cria o usuário sistema, este já cadastra alguns itens iniciais no sistema e pode ser utilizado pelo administrador da aplicação.

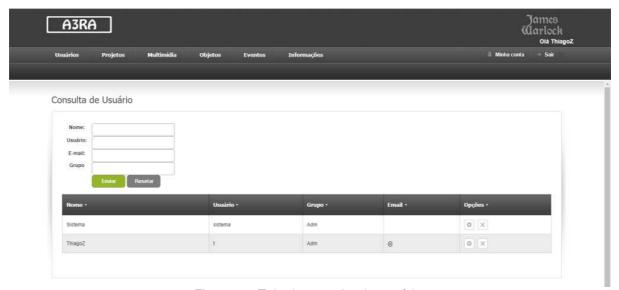


Figura 24: Tela de consulta de usuário.

Agora dentro do sistema é possível iniciar o real processo de criação do projeto de realidade aumentada. A sequencia planejada para tal tarefa é criar os elementos necessários para a realidade aumentada, previamente planejados pelo professor, organiza-los no projeto configurando os eventos que acionarão tais elementos.

Assim, cabe ao professor planejar e organizar o caminho que os alunos precisam percorrer durante as investigações, inserindo indicações e questionamentos de apoio, mas, também, dando abertura para que estes possam acrescentar novas informações. Posteriormente apresentaremos a aplicação cliente, onde caberá aos alunos, com o uso dos seus celulares acessarem o conteúdo e realizarem as investigações propostas.

Considerando uma área onde os alunos deveriam explorar para encontrar as informações, poderíamos ter charadas e, com a resolução de um questionamento se desbloqueasse outras questões. Por exemplo, um professor que deseja ensinar ciências, poderia planejar o projeto de realidade aumentada no pátio da escola como um jogo de investigação, ou coloquialmente "chicotinho queimado". Pensaria em passar a informação de que é necessário procurar a área mais verde do pátio lá encontrarem respostas para o que estão procurando. Ao chegar nessa área, pátio da escola, poderá ser informado aos alunos sobre os tipos de plantas tem ali e que outros animais se utilizam daquela área, como insetos e pássaros. As próximas ligações podem ser descobrir informações sobre os pássaros ou mesmo sobre os insetos que ali frequentam.

No exemplo citado, ao encontrar a área verde pode ser que, além da informação apresentada, venha uma pergunta sobre "quantos tipos de planta você consegue ver?". O aluno responderia essa e outras questões as quais o professor poderá ia usar em sua avaliação.

Após planejar os passos necessários para a aula, onde e o que os alunos acessarão, é necessário então começar o cadastro desses elementos que serão usados. O ambiente autoral possui três tipos de elementos multimídia a serem utilizados, são eles: Arquivos, geo-posicionamentos (POI) e marcadores de imagem.

A parte do ambiente autoral responsável pelos arquivos é um sistema de upload de bem simples conforme figura abaixo. Os arquivos de multimídia, vídeos e elementos 3D que serão carregados pelo sistema cliente se forem configurados no projeto. Os arquivos são salvos no servidor e se tornam base para que o ambiente cliente realize download no mento da vivencia dos alunos. Na mesma figura abaixo tem a tela de consulta e modificação dos arquivos. As principais informações são apresentadas na tela como nome e local de armazenamento no servidor.

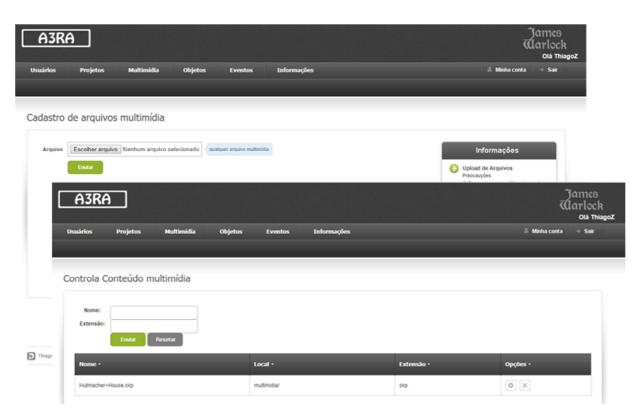


Figura 25: Tela de cadastro e consulta de arquivos multimídia.

O que o sistema autoral chama de marcador são as imagens que servem de marcadores. Por definição os POI's são marcadores também, de geo-posição, mas optamos por chamar os marcadores de imagem de somente marcadores. O cadastro de marcador tem a mesma tela do cadastro de arquivo, um sistema de upload, mas além de guardar a imagem no servidor é realizado um uploado para os servidores da Vuforia, que retornam com uma chave única que posibilita o cliente acessar diretamente a imagem no servidor da Vuforia, tudo isso está funcionando sem a visualização do usuário. Outra diferença é a consulta, que se diferencia da consulta de arquivos pois, com certeza o marcador é uma imagem, por isso o sistema exibe a imagem na grid para facilitar o controle, conforme figura abaixo.

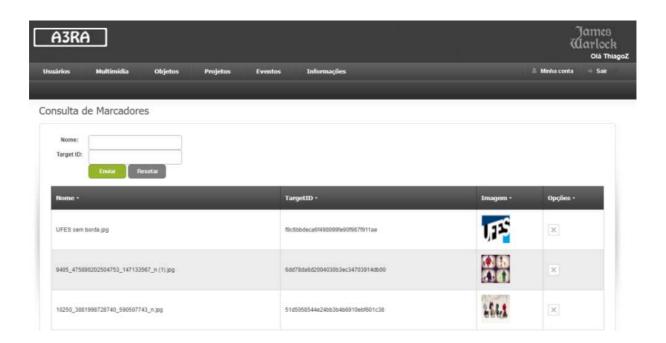


Figura 26: Tela de controle de marcadores.

O ultimo tipo de elemento multimídia que o sistema A3RA trabalha é o ponto de interesse (POI), um marcador de geo-posição, que é uma composição de uma imagem (um mapmaker) e uma posição geolocalizada e um texto de identificação (nome do POI). O POI pode ser um mapmaker para mostrar uma localização na tela com informações daquela posição ou pode ser somente informativo, exibindo seu texto quando sua posição for acionada. A tela de cadastro de geo-posicionamentoabre um Google Maps para o usuário clicar na posição que lhe interessa, nesse momento o sistema coleta a posição do GPS e basta preencher o restante dos dados solicitados, conforme figura abaixo. O gerenciamento dos pontos

segue a mesma lógica das telas de consulta/modificação anteriores, apresentando os pontos cadastrados.

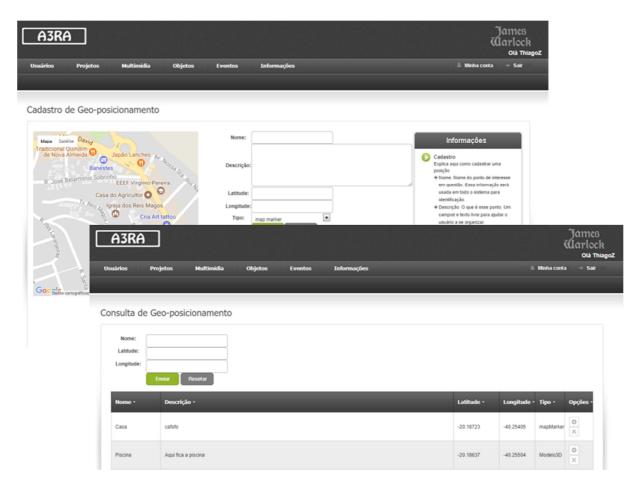


Figura 27: Tela de cadastro e consulta de POI.

Finalizando o cadastro dos elementos multimídia necessários, precisamos uní-los em um único elemento que será acessado pelos alunos no ambiente cliente, que são os objetos. Um objeto deve ter um nome amigável e pode conter um ou três dos elementos multimídia citados anteriormente. O objeto somente pode ter no máximo um de cada elemento. Nesse exemplo de cadastro na figura abaixo, está planejado criar um objeto com uma geo-posição, e um marcador de imagem, os dois previamente cadastrados, e não terá um arquivo multimídia vinculado. Esse tipo de combinação é possível no sistema, mas deve se ter em mente que a imagem somente será acionada quando encontrada pelos alunos se os mesmos estiverem na mesma geo-posição.

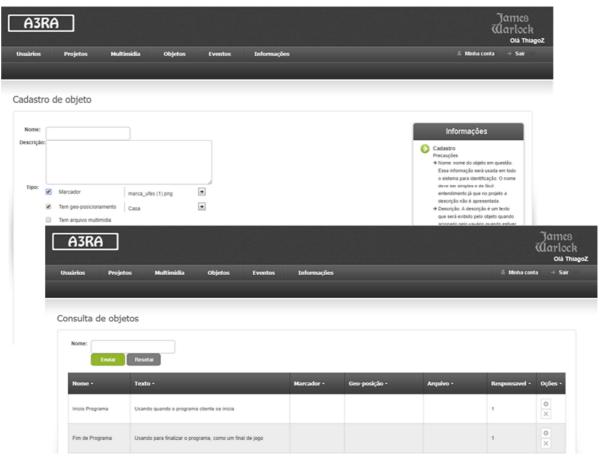


Figura 28: Tela de cadastro e consulta de objeto.

Com os objetos e usuários cadastrados podemos passar para a criação do projeto. O projeto é a parte do sistema que une os objetos criados com os usuários que erão acesso a eles. É importante lembrar que nem todos os objetos criados serão acessados pelo usuário no ambiente cliente, eles somente serão exibidos se forem configurados no projeto. O Ambiente cliente monta a cena baseado no que o projeto ordendar.

Os projetos tem dois níveis de acesso, podendo ser público, ou seja, qualquer usuário logado no sistema tem acesso ao projeto, e pode ser privado, em que o usuário criador do projeto, em nosso caso o professor, adiciona os usuários que podem acessar o projeto. Lembrando também que para facilitar o controle pode ser adicionados grupos de usuários, caso o professor queira organizer os alunos por turma. Nessa tela se adiciona todos os objetos irá compor o projeto. Na consulta dos projetos, há uma aglutinação de informações que o compõem, de usuários e objetos conforme figura abaixo.

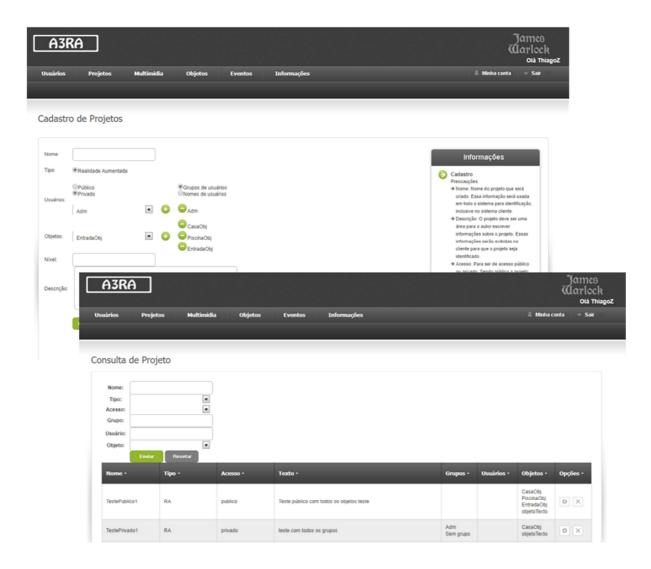


Figura 29: Tela de cadastro e consulta de projeto.

Por fim é necessário gerenciar as ações que acontecerão quando o projeto for carregado. Os eventos são o planejamento de ações que o ambiente cliente vai executar quando o aluno interagir com o objeto. São tipos de acionamento, como quando o aluno chegar a geo-posição do objeto ou quando o objeto for encontrado este habilita outro objeto para estar disponível para que os alunos possam encontralo. É o controle de ações do ambiente cliente para como, quando e onde os objetos serão acionados.

Na tela de cadastro de eventos deve-se selecionar o projeto criado. O evento será um objeto acionador da ação, uma ação que liga dois objetos, e um objeto fim que chamamos de gatilho.

Existem objeto pré-cadastrado pelo sistema autoral, como o objeto "Início do programa" e o objeto "Fim de programa". Os objetos sem elementos multimídia que servem de marcos no planejamento dos eventos. Na tela de eventos serão exibidos então os objetos cadastrados pelo sistema autoral e os objetos cadastrado pelo gestões do projeto. Somente será exibido no ambiente cliente os objetos que foram acionados de alguma forma, embora eles serão carregados por fazer parte do projeto, estarão invisíveis. Este é outro conceito por trás dos eventos, se não foi planejado interação com o objeto, o mesmo não será exibido para o usuário.

No exemplo da tela de gerenciamento de eventos da figura abaixo, o objeto Piscina será acionado no inicio do programa.

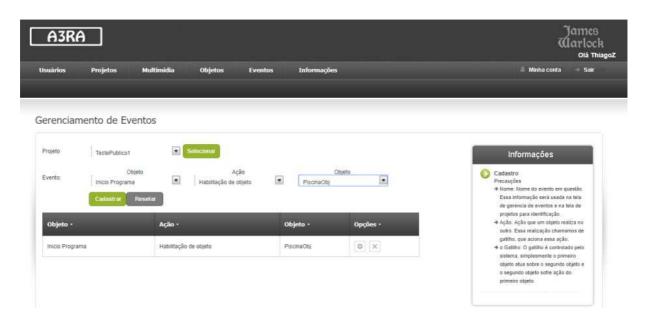


Figura 30: Tela de gerenciamento de eventos.

É no ambiente cliente que o usuário vai responder a questionamentos do professor ou simplesmente vai enviar informações. Chamamos essa parte do sistema autoral de Feedback e pode ser acessado no menu projeto. Os feedbacks são informações textuais que os alunos eventualente enviarão para o professor em outro momento, acessar o sistema autoral para coletar as informações que lhe são necessárias conforme seu planejamento. Além das informações que o aluno escreveu o feedback tem o nome do aluno e onde ele enviou a mensagem. O ambiente cliente não limita quando o aluno pode enviar feedbacks, o usuário pode registrar um feedback a qualquer momento enquanto o projeto está sendo executado. A figura 28 apresenta a tela de consulta dos feedbacks, nela o professor não tem a opção de

modificar o que o aluno escreveu, pois o objetivo desse sistema é somente apresentar o feedback, e não realizar um controle avaliativo.

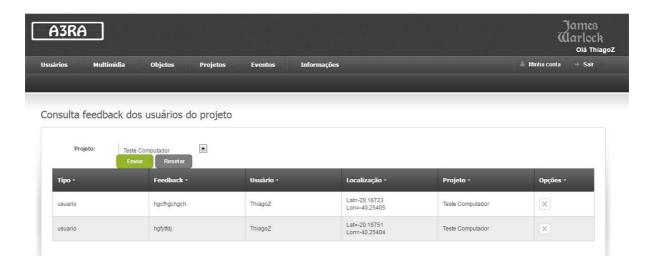


Figura 31: Tela de consulta de feedbacks.

Conforme apresentado anteriormente, o sistema realiza na primeira carga várias ações, e uma delas é o cadastro das ações e índices. O cadastro destes itens não está aberto ao usuário comum, sendo somente modificado pelo administrador do sistema. Segue as telas de consulta das ações e indices, conforme figuras abaixo.

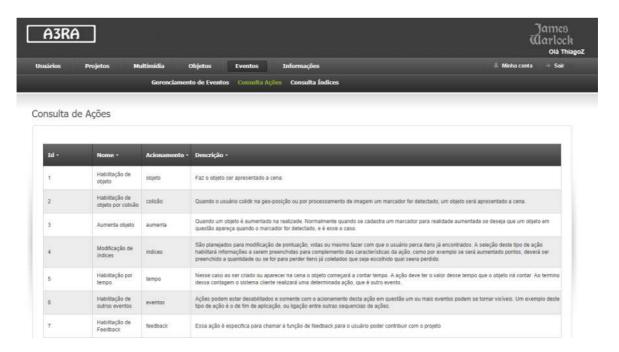


Figura 32: Tela de consulta de ações.



Figura 33: Tela de consulta de índices.

Na tela de informações temos todos os dados das ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do sistema confome figura a seguir.

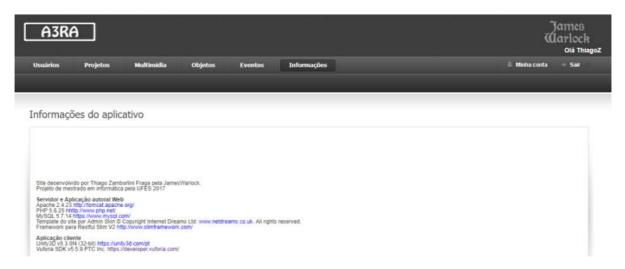


Figura 34: Tela de ferramentas utilizadas.

5.1.2. O Cliente

De posse do dispositivo móvel com acesso a dados e com o A3RA instalado, o primeiro passo ao acessar o programa. Ao acessar a aplicação do ambiente cliente será apresentando a logo do sistema e em seguida a tela para se realizar o login. Conforme comentado anteriormente o sistema cliente acessa os dados externamente, consumindo serviços do servidor e apresentando soluções. Essa comunicação do ambiente cliente com o servidor é RESTFul, ao contrario do ambiente autoral que hora faz acesso direto ao banco e hora coleta informações por serviço REST. Outra questão importante sobre o ambiente cliente é que ele é um conjunto de tudo o que o ambiente autoral propõe fazer, e no caso, o ambiente cliente monta/cria somente os objetos que o projeto solicita, mas possui todos os

tipos de objetos dentro dele. Devido a isso o ambiente cliente possui então objetos genéricos, que são configurados conforme os dados que estão no projeto (objetos, eventos...). Esses objetos genéricos então contem marcadores por imagem que exibem texto, marcadores por imagem que exibem elementos multimídia, marcadores de geo-posicionamento por mapmaker, marcadores de geo-posicionamento que exibem texto, marcadores de geo-posicionamento que exibem elementos multimídia, objetos puramente de texto para exibição de informações, objetos de inicialização de cena, objetos de finalização de cena, objetos multimídia e eventos de acionamento de outros objetos, sendo que quando estes objetos genéricos são criados estão com todas as funções citadas acima desabilitadas, e quando o projeto é carregado, a função específica é configurada e depois habilitada.

A tela de login do ambiente é conforme figura abaixo.



Figura 35: Tela de login no cliente.

Após o usuário logar, o ambiente cliente carregará os dados de todos os projetos que o usuário logado tem permisão, no caso todos os projetos públicos e os projetos privados que o usuário está configurado. Estes terão seu acesso separado em duas telas que são acessadas pelos botões da figura abaixo.



Figura 36: Tela de escolha do tipo de projeto.

Nesse momento o ambiente cliente carrega a lista de projetos que este usuário tem acesso, em forma de botões. As informações exibidas para o usuário são apenas o nome do projeto e sua descrição do projeto conforme figura a seguir.



Figura 37: Tela de escolha do projeto.

Ao escolher o projeto, o ambiente cliente precisa criar todos os objetos em cena conforme configurado no ambiente autoral, que foi carregado do servidor. O tempo necessário para tal processo depende do hardware do dispositivo móvel, para este caso foi desenvolvido um sistema de preloader, que basicamente só exibe a cena de realidade aumenta quando 95% dos objetos já estivem sido criados. Enquanto espera o usuário visualiza a tela de preloader da figura a seguir.



Figura 38: Tela de preload.

Com a cena de RA carregada já é possível interagir com o ambente. O protótipo atualmente possui botões que, em outra análise, devem sair pois servem de feedback no desenvolvimento do sistema como o debug, teste e criação de POI's.



Figura 39: Tela da cena de realidade aumentada.

5.1.3. Limitações da implementação do editor e cliente

Durante o desenvolvimento e testes progressivos com o protótipo, detectamos alguns problemas, que envolvem a tecnologia que temos disponível hoje de realidade aumentada para dispositivos móveis e as características da infra-estrutura que estamos todos expostos de rede.

O primeiro item é que a forma como é trabalhada a realidade aumentada, que é basicamente uma superposição de realidades, aumentando um item de multimídia detectando apenas marcadores, geoposição ou imagem, não completamente o ambiente real. Quando um marcador geo-localizado é detectado a tecnologia ignora obstáculos e aumenta o objeto préviamente configurado no local. Esse tipo de distorção já foi detetada por outros pesquisadores como Lindemannetal (2014) por exemplo. Em termos práticos o sistema não enxerga uma parede por exemplo, e exibirá na câmera um POI cuja posição está do lado de fora da edificação, e se há a necessidade de que um marcador de imagem tenha a função de exibir um elemento multimídia ele deve ser bem visível para a câmera. Esse é o primeiro problema é facilmente percebido se trabalhado em ambientes fechados como sala de aula.

O segundo problema é a má qualidade do sensor de GPS nos dispositivos móveis que são padrão de mercado. Os fabricantes não apresentam o erro de precisão de seus produtos e nos fóruns de desenvolvimento do Google Android se fala em erro de 10 a 12 metros. Durante testes realizados durante o desenvolvimento encontramos erros empíricos de 12 a 100 metros. Este último número foi durante um dia chuvoso. Há também problemas de informações quando o tempo está ruim, gerando erros como fazer objetos estáticos, como a localização de um prédio, se locomover, pois o valor da geo-localização está variando. Devido a mais esse problema o uso de pequenos espaços se torna inviável se precisar do uso de GPS, e pequenos espaços indoor, como salas de aula, que teriam um uso muito bom da ferramenta, se torna inviável.

Reforçando a informação de que o sistema não foi desenvolvido para uso indoor, temos o problema do sinal de GPS em ambientes internos. Em testes durante o desenvolvimento detectamos problemas desde falhas de detecção dos satélites até detecção de geoposições como se o usuário estivesse em movimento, incrementando valores de latitude e longitude. Normalmente os celulares não tem bom sinal de GPS e em ambientes internos o problema fica crítico.

O sistema necessita de rede de dados para funcionar, seja por questão de acesso ao servidor para validação de login e coleta de dados de projetos ou pelo uso do

GPS. Essa dependência requer essa infra-estrutura instalada e pronta para uso, senão o sistema não funciona.

6 EXEMPLO DE USO PARA O A3RA

Para realizar o exemplo de uso do sistema, concebemos um roteiro que remete a um planejamento que o professor poderia realizar para o estudo de um determinado tema em uma área de conhecimento, indo além do que comumente utilizaria como recurso metodológico para o desenvolvido de suas aulas. Apresentamos o planejamento e a execução de uma aplicação criada no ambiente autoral de nosso protótipo.

Tomando como exemplo um tema de história, no caso, sobre o sítio histórico da Igreja dos Reis Magos em Serra, Espírito Santo, se desenvolvido em uma sala de aula convencional, geralmente, o professor expressaria seu conhecimento enquanto os alunos seriam expectadores. Utilizaria o quadro, talvez algumas figuras e até recurso multimídia, como apoio pedagógico.

O que propusemos com a aplicação da RA, é que o aluno saia da posição de expectador passivo e passe a vivenciar e interagir com o ambiente, por meio de observações e análise do espaço relacionado ao conteúdo, o que concorre para uma aula ativa e dinâmica, onde o papel do professor passa de repassador de informações para orientador e os alunos, com o apoio do professor, construiriam o seu próprio aprendizado.

O Sistema proposto, apresenta o assunto a ser explorado como se o aluno tivesse uma "lente" que o faz ver o passado, apresentando itens que não existem mais, ou sofreram grandes modificações, como a primeira capela feita de palha. Visualizando a construção os alunos poderão interagir com o passado, com informações relevantes para seu aprendizado, vivenciando situações que seria impossível em uma sala de aula convencional e oportunizando a motivação e colaboração entre os alunos com base em suas descobertas, contribuindo para a motivação e a aprendizagem dos mesmos. O capítulo é organizado da seguinte forma: a Seção 6.1 apresenta o local escolhido para o teste e sua proposta a; na seção 4.2 listamos os requisitos e a avalição do teste.

6.1. Concepção

O planejamento do roteiro para o exemplo de uso é uma proposição que visa apoiar o professor para uma sala de aula mais dinâmica e interativa, em que os alunos

possam se envolver em seu próprio aprendizado, usando as vantagens da realidade aumentada em contextos reais do planejamento educacional desse professor.

Escolhemos a um sítio histórico local, simulando uma curta aula de história ambientada no espaço da Igreja dos Reis Magos em Serra, Espírito santo. A base do roteiro é a história do local e suas lendas, apresentadas pelos guias turísticos que ficam na igreja.

A escolha do local se deve pela sua riqueza de informações e por ter grande área aberta para trabalho de campo, maximizando o potencial do A3RA.

A igreja foi tombada pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) no ano de 1943, localiza-se no bairro de Nova Almeida, numa região onde existia um núcleo de catequese indígena entre os séculos XVI e XVIII. A igreja fica a 40 metros acima do nível do mar, de onde é possível ter uma visão privilegiada da orla de Nova Almeida. Além de igreja, podemos considerar o local uma espécie de museu e sítio arqueológico.

Foi criado então um projeto no editor autoral de passeio na Igreja dos Reis Magos, com o planejamento em 4 passos:

6.1.1. Passo 1

Estando com os alunos no sitio arqueológico, todos devem logar no aplicativo cliente, o sistema mostrará a localização da igreja com uma imagem mapmaker no local da cruz, na praça dos coqueiros, que fica em frente da igreja.



Figura 40: Tela do cliente apresentando um ponto de interesse (POI).

Na primeira situação, foi apresentado de forma muito simples, somente realidade aumentada com geoposição, exibido o mapmaker com um texto informativo da localização da igreja. Uma informação será exibida aos alunos para irem até a base da cruz e virar para ver a igreja, ao fazer isso eles passarão para o passo 2.

6.1.2. Passo 2

Quando virarem para a igreja será exibido uma mensagem na caixa de texto e um objeto multimídia 3D ao mesmo tempo. A informação será a explicação de que "a igreja foi fundada por padres jesuítas por volta de 1580 e era chamada inicialmente de Aldeia dos Reis Magos. A primeira capela foi inaugurada no dia 06 de janeiro de 1557 pelo padre Brás Lourenço. Era pequena e feita de palha, não sendo resistente nem atendendo à demanda. Se aproximem da igreja". Ao fechar a caixa de texto, que atrapalha a visualização do objeto 3D, será possível ver a igreja de pau a pique na geoposição da igreja real.



Figura 41: Tela do cliente apresentando uma imagem 3D em uma geo-posição.

Na situação 2 foi usado realidade aumentada com geoposição e no local e foi exibida uma imagem 3D dispobilizada gratuitamente na 3D Warehouse do Google Sketchup [3D Warehouse 2017].

Ao atenderem a solicitação do texto de chegar perto da igreja o modelo 3D será desabilitado para que seja possível o passo 3. Uma nova informação será exibida para os alunos.

6.1.3. Passo 3

A informação exibida no final do passo 2 é para que os alunos procurem por pistas em volta da igreja. Nesse momento os alunos estão livres para investigar e trocar informações.

Nesta fase ocorrem descobertas de informações pelos alunos, informações que não existem no mundo real, e a interação entre os alunos para que todos coletem a mesma informação e busquem mais da aula. Esse momento é muito importante no envolvimento e participação do aluno em seu próprio aprendizado e, é um momento, também onde o professor pode explorar ainda mais o conteúdo e dar continuidade às investigações.

O cliente detecta uma janela, que foi cadastrada no sistema autoral como uma imagem. Quando o sistema autoral detectar a janela, por filmar partes da igreja do lado de fora, é possível que apareça um pássaro em 3D e um informativo de uma das lendas. A lenda exibida é "Em certa época, houve um presidiário feiticeiro - Um índio acusado de bruxaria que, para fugir da prisão, adquiria a forma de vários animais, como pássaros e serpentes".



Figura 42: Tela do cliente exibindo uma imagem 3D por detecção de imagem.

No momento que a janela da mensagem for fechada o sistema exibirá outra questionando sobre o que foi visto. Aqui é usado o feedback dos alunos para que o professor possa trabalhar com as informações posteriormente.

6.1.4. Passo 4

Quando o evento da lenda do presidiário feiticeiro for acionada será liberado o passo 4. Por fim, quando o aluno chegar no mirante, em que é possível ter a vista do local, será exibida uma informação de que esta é a vista que as pessoas viam na época e que continuam vendo atualmente, conforme figura 43, e a aula estará terminada.



Figura 43: Tela do cliente apresentando informações de uma geo-localização.

6.2. Avaliando o protótipo

Para o teste foi utilizado um aparelho Android na versão 5.0 (api 21), quad-core 1.2GHz e 1Gb RAM. A aplicação rodou bem durante todo o teste. O sistema cliente necessita obrigatoriamente de estar em rede, que no caso foi utilizado a rede 3G. Durante o teste quando houve lentidão da rede o aparelho cliente também teve lentidão, principalmente quando detectou a imagem da janela, pois faz uma verificação direto do serviço web da Vuforia.

Observamos a existência de uma limitação que existe no uso do A3RA, referente ao ambiente cliente rodar em celulares comuns, que possuem sensores de baixa qualidade (GPS, Câmera, acelerômetro...), a aplicação cliente gera pequenas inconsistências. O GPS tem pouca precisão também. Por causa dessa limitação, o sistema A3RA, deve ser utilizado em grandes áreas para vivenciar os projetos. Fato, este, já considerado no planejamento do protótipo. Essa limitação não impede que o sistema rode e as informações e imagens sejam exploradas conforme o planejamento.

Ressaltamos também que, para tirar alunos da passividade e comodismo diante do que lhe é ensinado, remete ao professor também, sair da passividade e reprodução

de conteúdos, da forma que vem sendo desenvolvido sistematicamente, e buscar novas formas de ensinar e aprender, sem isso a aplicação terá pouca valia.

Em relação à aplicação do sistema A3RA na educação, embora não experienciado, diretamente na prática escolar, acredita-se no sucesso de sua aplicação, tendo em vista que tornará sala de aula mais dinâmica e interativa e envolverá a participação, cooperação, bidirecionalidade e multiplicidade de conexões entre informações e os usuários (alunos). Dessa forma o aluno não está mais reduzido a olhar, ouvir e copiar. Ele terá possibilidade de criar, modificar, construir, podendo torna-se um co-autor. Essa interatividade, também, envolve o compartilhamento de informações e favorece a integração de equipes.

Garantir a participação do aluno é ir além de apenas responder "sim" ou "não" ou escolher uma opção dada, é dar ao aluno a oportunidade de se envolver e contribuir com novos dados e informações sobre o assunto em questão. Quando o aluno participa, ele interage e constrói conhecimento. Todo esse envolvimento de tirar o aluno da condição de espectador passivo para a condição de sujeito operativo contribui para ampliar o interesse do aluno e garantir a construção de conhecimentos de forma mais efetiva e duradoura.

É possível então afirmar, que o A3RA tem como contribuir com o cenário educacional, ao transformar uma sala de aula convencional em uma aula de campo, onde o aluno vivencia o espaço do conteúdo trabalhado, fora dos muros da sala de aula.

7 CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

O uso das tecnologias de informação na escola são poderosas aliadas do processo educacional por contribuir em mudanças de métodos pedagógicos e recursos de ensino e aprendizagem, gerando inúmeras transformações permitindo uma maior aproximação com a realidade dos alunos que, utilizam equipamentos como celulares e tablets diariamente.

Dessa forma a proposta do sistema de Ambiente de Aplicações Autorais de Realidade Aumentada - A3RA, vem para contribuir com o atendimento desta realidade, por apresentar um ambiente de realidade aumentada a ser utilizada em dispositivos móveis, trazendo uma nova abordagem de sistemas mobile multiplataforma com acesso ao servidor de aplicação, incorporada ao trabalho do professor.

Ao incorporar a tecnologia ao trabalho pedagógico do professor, oportunizamos a entrada do mundo para dentro da escola e abrimos a escola para o mundo, ao mesmo tempo que contribuímos com mudanças de comportamentos na organização pedagógica do professor, porque a realidade aumentada vai exigir um maior envolvimento dos alunos em sua aprendizagem, cabendo ao professor o planejamento e a condução desse aprendizado.

A utilização de tecnologia da realidade aumentada vai oportunizar ao professor o encontro com novas formas de ensinar e aprender para tirar os alunos da passividade e comodismo diante do que lhe é ensinado, ao permitir que o aluno visualize uma ideia, antes apenas mentalizada a partir, somente, da fala do professor em sala de aula.

O A3RA como solução tem como contribuir para este cenário de educação ao oportunizar que alunos dividam suas descobertas com os outros alunos, pela possibilidade de interagir com o objeto de aprendizagem em tempo real, bem como, visualizar e interagir com elementos que não existem mais ou que não seria possível acessar senão por este tipo de solução. Tudo isso concorre para a imersão dos alunos em sua aprendizagem, tornando o aprendizado mais criativo e contextualizado.

Não podemos deixar de ressaltar, que para contribuir para o envolvimento do estudante em sua aprendizagem utilizando uma solução como o A3RA, o professor precisa adequar seu planejamento pedagógico, visto que a mesma forma aplicada em uma sala de aula convencional não funciona com esse tipo de solução, que exibe grandes ambientes abertos, um planejamento do que será investigado pelos alunos e por fim uma forma de avaliar os resultados.

Ressaltamos ainda, que embora esta tecnologia já esteja disponível e em uso, a sua introdução na escola, pode exigir o apoio de um especialista em TI, na aproximação de professores e alunos nestas novas linguagens.

7.1. Trabalhos Futuros

Ainda existem caminhos a percorrer, no sentido de aprimorar o sistema proposto até que se apresente pronto para o cliente e sua aplicação.

Como proposição precisamos aprimorar o upload de modelos 3D no sistema, configurando melhor como ele será exibido na aplicação cliente, bem como, criar um ambiente de acompanhamento para que o professor gere todos os relatórios necessários, como também, melhor a flexibilidade dos cadastros no sistema e seu controle dados.

Ainda, referente ao sistema, será necessário que seja melhorado o cadastro de geoposição no sistema autoral a ponto de facilitar a modificação de pontos já criados, movendo-os no mapa, clicando e arrastando com o mouse e por fim, planejar quais serão as próximas plataformas móveis que serão contempladas no sistema.

Considerando à aplicabilidade nas escolas e as dificuldades que possam surgir para tal, temos como proposição buscar contato com professores, desenvolver oficinas gratuitas para disseminar o uso deste ambiente e divulgar a cultura das aplicações desta natureza, com vistas à validação do sistema.

8 REFERÊNCIAS

AMIN, Dhiraj; GOVILKAR, Sharvari. **Comparative study of augmented reality SDK'S**", International Journal on Computational Sciences & Applications (IJCSA) volume 5, No.1, 2015.

ANAGNOSTOU, Kostas; VLAMOS, Panagiotis. Square AR – Using Augmented Reality for urbanplanning, Games and Virtual Worlds for Serious Applications. VS-GAMES, 2011.

ANATEL, **TELEFONIA MÓVEL** - **ACESSOS**, http://www.anatel.gov.br/dados/component/content/article?id=283>. Acessado em: fev 2017.

MIT Libraries, **AR GameBuilder**, https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/61244> Acessado em: maio 2016.

ARMedia.http://dev.inglobetechnologies.com/>. Acesso em: Abril 2016.

ARPA.http://www.arpa-solutions.net/>. Acesso em: Abril 2016.

ARToolkit.http://www.artoolkit.org/. Acesso em: Abril 2016.

BARBOSA, Jorge; HAHN, Rodrigo; RABELLO, Solon; PINTO, Sérgio Crespo C. S.; BARBOSA, Débora Nice Ferrari. Computação Móvel e Ubíqua no Contexto de uma Graduação de Referência, Revista Brasileira de Informática na Educação Volume 15 - Número 3, 2007.

Geo-location-based games and stories, **ARIS**, < https://fielddaylab.org/make/aris/>, Acesso em: janeiro 2016.

Google Play Store, https://play.google.com/store?hl=pt_BR. Acesso em: Abril 2016.

GUTIERREZ, L.; NIKOLAIDIS, I.;STROULIA, E.; GOUGLAS, S.; ROCKWELL, G.; BOECHLER, P.; CARBONARO, M.; KING, S.fAR-PLAY: A framework todevelopAugmented/Alternate Reality Games.IEEE Workshop onPervasiveCollaborationand Social Networking, 2011.

IBGE, InstitutoBrasileiro de Geografia e Estatistica, http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/acessoainternet2015/default_xls.shtm, Acessoem: maio 2017.

JOOSTE, Danie; RAUTENBACH, Victoria; COETZEE, Serena. **Resultsof an evaluationofaugmented reality mobile development frameworks for addresses in augmented reality**.FOSS4G, At Seoul, Korea, 2015.

Layar, , acesso em maio 2017.

LINDEMANN, JanioLuis. MALHEIROS, Marcelo de Gomensoro. **Desenvolvimento** de RPG Usando Realidade Aumentada. Computing Track - Short Papers.SBC - Proceedings of the SBGames 2014 | ISSN: 2179-2259, 2014.

KLOPFER, Eric; SHELDON, Josh. Augmenting your own reality: Student authoring of science-based augmented reality games. WileyPeriodicals, INC. New Directions ForYouthDevelopment, No. 128, 2010.

KIRNER, Claudio; ZORZAL, Ezequiel Roberto. Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos com Realidade Aumentada, XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE – UFJF, 2005.

Kudan.https://www.kudan.eu/>. Acesso em:Abril 2016.

MPEG-MAR, ISO/IEC 18039. **MixedandAugmented Reality ReferenceModel** [2016] http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-mar>.Acessoem: abril 2016.

Metaio.Metaio.Metaio

NORMAN, Donald A.**The Design ofEverydayThings**.páginas 11–13. Publicação Basic Books, 2013.

PERANI, Letícia. **Jogando para comunicar, comunicando para jogar: por um lugar dos games nas Ciências da Comunicação e na Cibercultura1**. VIII Simpósio Nacional da ABCiberCOMUNICAÇÃO E CULTURA NA ERA DE TECNOLOGIAS MIDIÁTICAS ONIPRESENTES E ONISCIENTES ESPM-SP, 2014.

RAFALSKI, Jadson do Prado. Um Editor Colaborativo Para Descrição de Aventuras Locativas Com Realidade Ampliada. Dissertação de mestrado, Programa de Mestrado em Informática do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

RAFALSKI, Jadson do Prado; SANTOS, Otávio Lube dos; MENEZES, Crediné Silva de, **Um Editor Colaborativo para Descrição de Aventuras Pedagógicas Locativas com Realidade Ampliada**. Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE, 2013.

RIERA, Albert Sa´nchez; REDONDO, Ernest; FONSECA, David. **Geo-located teaching using handheld augmented reality – good practices to improve the motivation and qualifications of architecture students**. Universal Access in theInformationSociety, Volume 14, Issue3, pages 363-374, 2015.

https://rolesrazoaveis.wordpress.com/2014/07/29/igreja-dos-reis-magos-6-seculos-de-historia/

Roles Razoáveis. **IGREJA DOS REIS MAGOS:** 6 SÉCULOS DE HISTÓRIA [2014] .Acessoem: abril 2017.

SANTOS, Otávio Lube dos; RAFALSKI, Jadson do Prado; MENEZES, Crediné Silva de. **Uma Game Engine para Aventuras Pedagógicas Locativas em Realidade Aumentada**, II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), 2013.

SCHICKLER, Marc; PRYSS, Rüdiger; SCHOBEL, Johannes; REICHERT, Manfred. An Engine enabling Location-based Mobile Augmented Reality Applications. 10th International Conference WEBIST, 2014.

SILVEIRA, Paulo; SILVEIRA, Guilherme; LOPES, Sérgio; MOREIRA, Guilherme; STEPPAT, Nico; KUNG, Fábio. Introdução à Arquitetura e Design de Software – Uma visão sobre a plataforma java. Editora Campus, São Paulo 2016.

SONNTAG, Nelson Buis; BARBOSA, Débora; HAHN, Rodrigo; BARBOSA, Jorge; PINTO, Sérgio Crespo C. S. **Gerenciando Objetos de Aprendizagem em Educação Ubíqua**, Revista Digital da CVA - Ricesu, Volume 4, Número 16, 2007.

Unity3D. . Acesso em: Abril 2016.

WANG, Ching-Sheng; CHIANG, Ding-Jung; HO, Yi-Yun.**3D augmented reality** mobile navigation system supporting indoor positioningfunction.ComputationalIntelligenceandCybernetics (CyberneticsCom), IEEE InternationalConference, 2012.

Wikitude.< http://www.wikitude.com/>. Acessoem: Abril 2016.

WU, Hsin-Kai; LEE, Silvia Wen-Yu; CHANG, Hsin-Yi; LIANG, Jyh-Chong. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education, Computers & Education 2012.