

Avaliação do Uso de Realidade Aumentada no Ensino de Arquitetura e Organização de Computadores

Luciano Moraes da Luz Brum, Leonardo Bidese de Pinho, Sandro da Silva Camargo
Engenharia de Computação – Campus Bagé - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Bagé, Brasil

lucianobrum@unipampa.edu.br, leonardopinho@unipampa.edu.br, sandro.camargo@unipampa.edu.br

Resumo — A tecnologia de Realidade Aumentada (RA) tem se tornado um importante recurso de ensino e aprendizagem nos ambientes educacionais modernos. Em situações onde os fenômenos sob estudo não podem ser diretamente visualizados com tecnologias convencionais, tais como portas lógicas, a RA tem grande potencial de utilização. Neste contexto, o presente trabalho avalia o uso de um objeto de aprendizagem (OA) desenvolvido com RA, concebido como recurso de aprendizagem ativo, que apresenta os elementos básicos de um microprocessador em uma disciplina de arquitetura de computadores do curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal do Pampa – campus Bagé. A aplicação do Modelo de Aceitação de Tecnologias (TAM) demonstrou uma avaliação positiva dos alunos em dois semestres da disciplina e também revela que há algumas limitações em relação ao OA desenvolvido.

Palavras-chave – Arquitetura de Computadores; Objetos de Aprendizagem; Realidade Aumentada.

I. INTRODUÇÃO

Nos currículos tradicionais de cursos de Ciência e Engenharia de Computação tem-se, nos primeiros semestres, disciplinas de Arquitetura e Organização de Computadores (AOC). No curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal do Pampa, as disciplinas de AOC estão alocadas nos três primeiros semestres e têm fundamental importância por compor uma significativa parte do conhecimento do curso e serem pré-requisitos essenciais para o ingresso do aluno em disciplinas mais avançadas na área de hardware, como sistemas digitais e sistemas embarcados.

O processo de ensino-aprendizagem em componentes curriculares de AOC requer um grande esforço, tanto de professores, como de alunos, pois os conceitos e assuntos dessas disciplinas são completamente novos para a maioria dos estudantes ingressantes em cursos de computação. De acordo com [1], ensinar aos alunos o funcionamento dos dispositivos de hardware e possíveis aplicações é muitas vezes um processo não-trivial. Os autores ainda afirmam que buscar novas metodologias de ensino é um processo contínuo para educadores nessa área. Temos ainda como possíveis agravantes dessas dificuldades as seguintes constatações [1]:

- O fato da programação em alto nível não revelar detalhes sobre o funcionamento do computador, durante

a execução de programas, faz com que os alunos não queiram saber como este funciona, e sim, que eles podem apenas executar suas soluções de software.

- A reorientação de cursos de computação para a programação em software provoca o sentimento de que componentes curriculares relacionados a hardware sejam apenas um fardo que os alunos precisam superar para obter aprovação.
- Uma das objeções apontadas por alunos de uma disciplina de Microprocessadores e Microcontroladores é que não há nenhuma aplicação no “mundo real”. Sem a interação direta com o hardware, a aprendizagem torna-se abstrata, o que leva ao seu descontentamento e ao questionamento: por que estamos aprendendo isso e como e onde devemos usá-lo?

A figura 1 abaixo apresenta a realidade da disciplina de Introdução à Arquitetura de Computadores (IAC) na Unipampa campus Bagé e, evidencia em parte, a necessidade deste esforço conjunto de professores e alunos, conforme também apontam os autores em [1]. Esta é a primeira disciplina de AOC que os alunos têm contato.

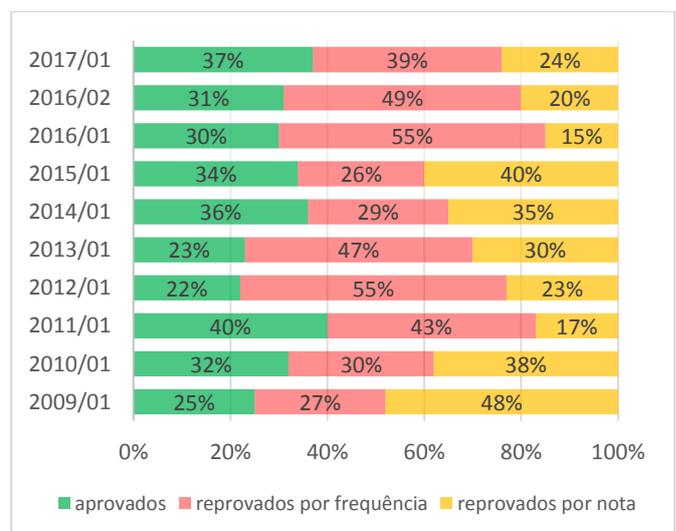


Fig. 1. Percentuais de aprovação e reprovação em IAC.

De 2011/01 a 2016/01, o mesmo professor ministrou a disciplina de IAC, sem grandes alterações na ementa ou no método pedagógico. Portanto, as variações existentes nos percentuais de reprovação nestes períodos podem estar refletindo fatores extrínsecos que fogem do escopo deste trabalho.

A figura 2 apresenta um mapa mental onde são descritos os assuntos abordados na disciplina de IAC. Os assuntos destacados em amarelo na figura 2 são os que os estudantes possuem maior dificuldade no processo de aprendizagem e geralmente compõem o conteúdo da segunda e terceira avaliações. A figura 3 apresenta um gráfico de caixa das notas dos alunos nas três avaliações da disciplina de IAC na última ocorrência e evidencia essa dificuldade.

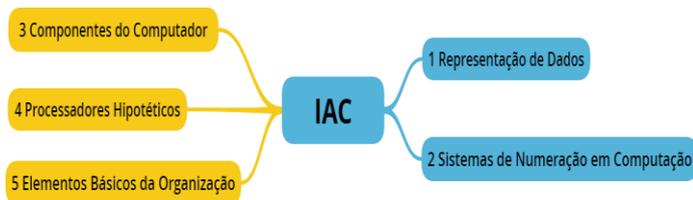


Fig. 2. Mapa mental do conteúdo de IAC.

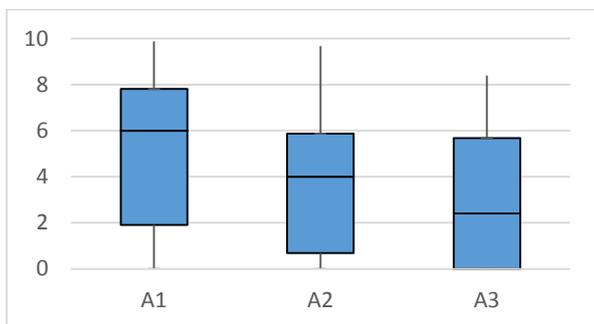


Fig. 3. Gráfico de caixa das notas nas avaliações em 2017/1.

Os percentuais de aprovação e as notas dos alunos apresentadas na figura 3 evidenciam o esforço necessário de professores e pesquisadores para aumentar os percentuais de aprovação dos alunos, principalmente nas disciplinas introdutórias, que possuem elevado nível de reprovação, em concordância com o que foi afirmado em estudo anterior [2].

Em [3], é destacado que é importante que o professor mantenha um constante aperfeiçoamento das suas metodologias de ensino e utilize em suas aulas recursos tecnológicos criados com propósito educativo, sendo alguns desses chamados de objetos de aprendizagem (OAs). A abordagem unicamente teórica em disciplinas relacionadas a hardware possibilita aos estudantes obter somente uma noção geral e superficial dos conceitos existentes nessa área, conforme salientado em [4].

Com o intuito de simplificar e motivar o aprendizado do aluno, foram e estão sendo desenvolvidos diversos materiais didáticos e simuladores para o uso em disciplinas iniciais de AOC. Muitas técnicas de ensino nessas disciplinas, mesmo que

não sigam uma abordagem construtivista, utilizam simuladores, conforme afirmado em [5]. Os autores em [6] e [7] compartilham da ideia de que devem ser utilizados simuladores como ferramentas de suporte para o processo de ensino aprendizagem, para que o mesmo não se torne totalmente teórico.

O uso de simuladores visuais, em geral, aliviam a aprendizagem do aluno e aumentam o seu interesse em hardware [8]. No caso dos componentes internos do computador, os alunos não podem visualizar suas interações no nível de portas lógicas. Essa realidade demonstra o potencial da utilização de materiais didáticos que permitam a visualização da interação entre estes componentes. Em [9], através de uma *survey*, os autores avaliaram que 91,8% dos alunos aprovam o uso de simuladores visuais no contexto de uma componente curricular de AOC. Portanto, proporcionar uma noção visual do funcionamento de uma organização de computador pode tornar o aprendizado menos abstrato e mais interessante e motivador para o aluno, auxiliando no seu entendimento, seus estudos na área e, sobretudo, incentivando a aprendizagem ativa.

A aprendizagem ativa é um método de ensino-aprendizagem que faz com que o aluno não apenas receba informações, como também use essas informações de alguma forma, tornando-se mais ativo [10]. Estudos comprovam um melhor resultado de estudantes sob este método em comparação com métodos convencionais. Como exemplo, há um relato em [11] de que, com um procedimento de pausas de 3 minutos a cada 45 minutos de aula para comparação de anotações feitas entre si, em duplas, os estudantes tiveram um rendimento superior se comparado a outros estudantes da turma que utilizaram o método convencional de ensino.

Existem diversas formas de implementar métodos de ensino-aprendizagem ativos em sala de aula. Uma dessas formas é através do uso de novas tecnologias na educação. Uma das novas tecnologias que tem sido utilizada na educação e no ensino é a Realidade Aumentada (RA) [12].

A RA é uma tecnologia baseada em uma interface com sobreposição de objetos virtuais, gerados previamente pelo computador, ao espaço físico do usuário, percebido por meio de dispositivos tecnológicos [13]. Para a captura do ambiente físico do usuário, geralmente são utilizadas webcams, que são acessíveis para o usuário. Para a produção de um ambiente de RA utiliza-se marcadores (cartões de papel nos quais códigos específicos são impressos). Um objeto virtual produzido no computador é associado ao respectivo marcador por meio de bibliotecas e softwares específicos para aplicações de RA. O resultado final é visualizado na tela do computador, sendo essa uma experiência de RA [14].

Nos últimos anos, surgiram diversos ambientes de desenvolvimento de aplicações de RA (*ARToolkit*, *FLARAS*, *Flartoolkit*, *Vuforia*, *Metaio*). Os autores em [15] afirmam que para a geração de conteúdo nesses ambientes educacionais, é necessário um elevado conhecimento técnico e pode requerer muito tempo para gerar resultados. Este é um desafio que surge

para educadores que desejam gerar conteúdo em um ambiente de RA de maneira fácil e eficaz [15].

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial da utilização de um recurso educacional aberto que usa a tecnologia de RA no ensino de conceitos de AOC. A avaliação do OA será feita através de um instrumento de avaliação para os alunos, baseado em um modelo de aceitação de tecnologias [16], para mensurar o nível de aceitação do OA desenvolvido.

Os altos percentuais de reprovação na disciplina de Introdução à Arquitetura de Computadores (IAC), o desinteresse dos alunos nos conceitos teóricos sobre AOC e a integração de novas tecnologias aplicadas no processo de ensino aprendizagem de conceitos em IAC serviram de motivação para o desenvolvimento deste trabalho.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados trabalhos relacionados. Na Seção 3 é demonstrado o modelo 3D da organização do Neander utilizando uma ferramenta de aplicações de RA. Na Seção 4 consta o instrumento de avaliação baseado no modelo de aceitação de tecnologias e a validação da ferramenta. Na seção 5 são feitas as considerações finais e as possibilidades de trabalhos futuros.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Em [15] é abordada a aplicação PC-AR, que foi concebida por um estudante que tinha dificuldades na visualização dos componentes de um computador. Este trabalho foi feito utilizando a ferramenta FLARAS [17]. A aplicação visa apresentar os principais componentes de um computador (processadores, memórias, dispositivos de entrada e saída). O autor também cita alguns requisitos da aplicação como: facilidade de uso, facilidade no aprendizado, ser intuitiva e visualmente agradável. A aplicação foi concebida em um formato de jogo, unindo a gamificação ao ensino dos conceitos sobre os componentes de um computador. Para validar a aplicação, o autor realizou dois testes com 12 alunos que utilizaram a ferramenta. Nestes testes, são avaliados os conhecimentos teóricos dos alunos sobre os conceitos dos componentes do computador. Foi realizado um teste antes dos alunos utilizarem a ferramenta, e o mesmo teste após os alunos utilizarem a ferramenta. Como resultado, é demonstrado que apenas um aluno manteve sua nota em ambos os testes e as notas médias foram de 5,2 com desvio padrão de 2,58 no pré-teste e de 8 com desvio padrão de 1,04 no pós-teste, revelando que os alunos obtiveram melhores notas no pós-teste. Todos os alunos aprovaram o uso da tecnologia de RA neste tipo de aprendizado.

Em [18], o software de aplicações de RA ARToolkit [19] foi utilizado para promover a visualização do modelo de arquitetura Von Neumann em um modelo tridimensional, que foi desenvolvido utilizando a linguagem VRML97. Os autores afirmam que não é requerido treinamento para manipulação do objeto, visto que utiliza dispositivos básicos do dia a dia, como webcam, e marcadores que podem ser facilmente movidos com a mão, desde que estejam no alcance do webcam. Neste trabalho não foi apresentada nenhuma avaliação ou validação da

ferramenta desenvolvida, impossibilitando avaliar os diversos aspectos de usabilidade e facilidade de uso da mesma.

Em [20], um software de RA para dispositivos móveis foi desenvolvido, com compatibilidade com os sistemas operacionais *Android*, *iOS* e *BlackBerry*. Este software foi desenvolvido para o ensino de disciplinas da ciência da computação. Os estudantes apenas precisam instalar uma versão compatível com o sistema operacional do seu dispositivo, efetuar *log in* no sistema e escolher um dos cursos ativos disponíveis na interface. Assim, são demonstradas diversas sessões baseadas em RA para o usuário escolher. A listagem de cursos e sessões são criadas com o auxílio de outro software utilizado pelos professores e desenvolvedores da aplicação. Uma sessão pode incluir a visualização de figuras 3D, execução de vídeos, figuras ou outros materiais, através da interação apropriada com o mundo real. Nesta aplicação, também é possível interagir com documentos e arquivos simples, sem o uso de RA. Foi aplicado um questionário para 100 estudantes de uma turma de programação orientada à objetos avaliarem a facilidade de uso, utilidade percebida e outros aspectos da proposta. Com os resultados positivos, os autores concluem que o sistema proposto melhorou as realizações acadêmicas dos alunos e tornou mais simples e mais agradável aprender temas abstratos e técnicos relacionados ao campo da Ciência da Computação.

III. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O primeiro passo foi a escolha da ferramenta de RA que seria a mais adequada para os propósitos de ensino em AOC. Foram investigadas duas ferramentas de desenvolvimento de aplicações em RA: ARToolKit e FLARAS. Foram avaliadas diversas características e limitações dessas ferramentas que foram determinantes na escolha definitiva. Algumas restrições em relação ao ARToolKit, conforme mostrado em [21], foram decisivas na escolha da utilização da ferramenta de aplicações de RA FLARAS.

O FLARAS (*Flash Augmented Reality Authoring System*) é uma ferramenta de autoria visual de aplicações interativas de RA. A ferramenta foi desenvolvida por Raryel C. Souza e Hipólito D. F. Moreira, sob a orientação de Claudio Kirner [17].

As aplicações são executadas no navegador através do Adobe Flash Player, tanto online como localmente. Como recurso tecnológico mínimo, é suficiente uma webcam, para efetuar o rastreamento óptico do ambiente real. O FLARAS funciona nos sistemas Windows, Linux e MAC OS, e requer o Adobe Flash Player Plug-in devidamente instalado [17]. A ferramenta FLARAS tem dois marcadores pré-cadastrados que podem ser usados. É possível associar vários objetos em um destes marcadores, possibilitando diversas aplicações. É possível criar uma ou várias listas de cenas e sua exibição pode ser alterada a qualquer momento no software. O FLARAS permite a adição de áudios nas cenas apenas clicando em um botão e, ainda, pode ser opcional seu uso. O FLARAS permite não só cadastro de objetos 3D (Collada, .kmz, .3ds), mas também texturas (.jpg, .png, ou .gif) e vídeos (.flv). O FLARAS também permite que, com a opção “persistência do marcador”, o usuário não precise permanecer segurando o marcador em

frente a webcam. Basta mostrá-lo uma vez para a webcam e não será mais necessária a utilização do marcador, exceto para mover de forma específica o modelo na tela.

O segundo passo envolveu a definição da ferramenta de modelagem de objetos tridimensionais. O software de modelagem de objetos tridimensionais Blender foi o escolhido para o desenvolvimento do modelo 3D, pois ele dá suporte a arquivos do tipo Collada e vários outros, é gratuito, disponível na Internet e possui diversas funcionalidades necessárias para a elaboração do modelo da organização do Neander.

O terceiro passo consistiu na escolha da arquitetura e organização de um processador de referência. Existem diversas arquiteturas e organizações de computadores que são estudadas nos cursos de computação, porém, para o ensino voltado para alunos iniciantes na área de AOC, tem-se o computador hipotético Neander. O Neander foi utilizado por possuir uma arquitetura simples, ser voltado para o ensino e por ser o primeiro computador hipotético que os alunos têm contato no curso de Engenharia de Computação da Unipampa. Os alunos aprendem a programação em linguagem *assembly* com a arquitetura deste computador hipotético, mas não estudam profundamente como ocorrem as interações entre os elementos da organização nesta primeira disciplina de AOC. Este é o propósito do OA desenvolvido: preencher a lacuna existente no ensino de AOC, de forma introdutória, a partir da arquitetura, abstraindo a organização. Isto é, permitir que alunos com dificuldade de exercitar abstração consigam visualizar a interação entre os componentes básicos do computador. Para saber mais sobre o processador hipotético Neander, recomenda-se a leitura de [21] e [22].

A ideia de implementação foi construir mais de um nível de abstração no modelo tridimensional, permitindo a visualização do funcionamento e as interações entre os elementos básicos da organização do Neander, no nível de blocos, registradores e portas lógicas.

Com o FLARAS, a alternância entre os níveis de abstração da organização foi possível através do clique do mouse em um dos elementos da organização na cena ou através dos menus do FLARAS. A alternância entre os diferentes momentos de busca e execução das instruções também se dá através do clique na placa com os barramentos.

Como recurso adicional, foi desenvolvido um manual de utilização da ferramenta FLARAS em conjunto com os modelos 3D do Neander para o aluno obter o aprendizado necessário sobre a organização e arquitetura do Neander. Também foram inseridos áudios nas cenas. Se o aluno não entender claramente alguma das interações entre os elementos da organização, ele poderá ativar o áudio da cena e ouvir um detalhamento daquelas interações. O áudio foi gravado e associado nas cenas como recurso adicional para o aluno.

A figura 4 abaixo mostra o modelo 3D desenvolvido da organização do Neander, que foi inteiramente baseado no livro de [22] e a figura 5 mostra o detalhamento interno, no nível de *flip-flops*, do registrador de instruções do Neander.

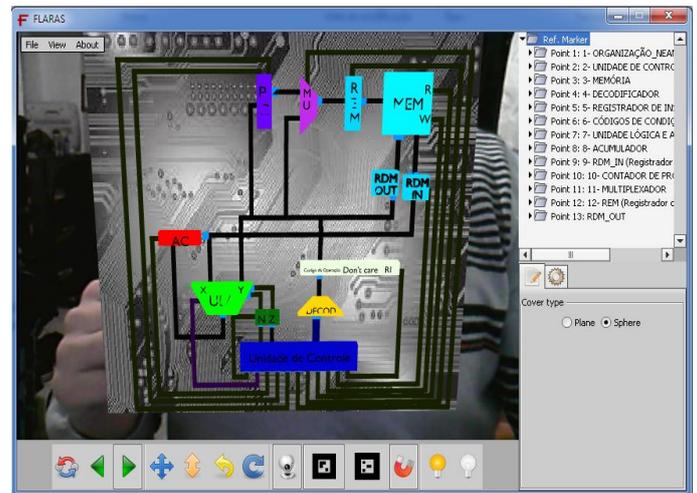


Fig. 4. Organização do Neander em RA.

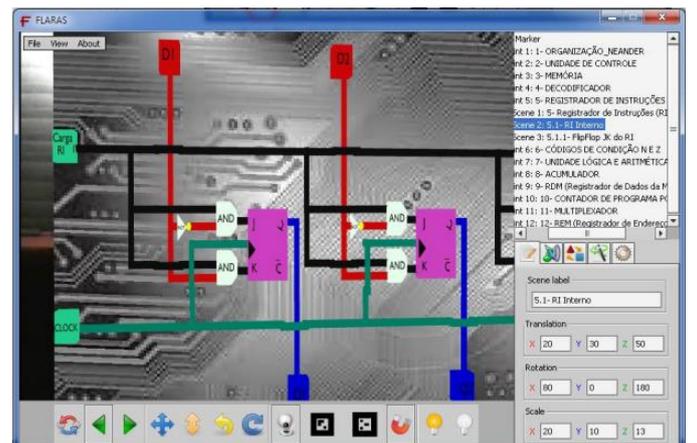


Fig. 5. Figura parcial do Registrador de instruções.

No modelo tridimensional da figura 4, foi feita uma mudança em relação à organização original do Neander. O RDM (Registrador de Dados da Memória) foi separado em 2 registradores:

- RDM IN: contém dados que serão armazenados na memória (ativado pelo sinal de controle carga RDM).
- RDM OUT: contém dados que foram ou serão lidos da memória (ativado pelo sinal de controle *read*).

O objetivo desta mudança é auxiliar os alunos na visualização e entendimento das transições de dados entre os elementos da organização e o RDM, visto que os dados direcionados a ele podem vir tanto da memória como do acumulador. Também foram construídos modelos da organização no nível de *flip-flops* e portas lógicas, onde o aluno pode ver como um *flip-flop*, multiplexador e decodificador são construídos com portas lógicas, permitindo a visualização e navegação na organização em vários níveis de abstração.

Devido à uma limitação do campo de visualização dos objetos renderizados na ferramenta FLARAS e para não prejudicar a experiência de RA, a representação interna dos registradores não foi totalmente modelada. Para dar ao aluno a

noção sobre como um registrador é construído e funciona internamente, foram modelados apenas 3 dos 8 *flip-flops* existentes nos registradores de 8 bits do Neander. Essa limitação é mencionada nos áudios incluídos nas cenas. Outra limitação detectada após o desenvolvimento dos modelos 3D é que a ação de desabilitar o áudio no FLARAS acaba por excluí-lo do modelo. Para inserir o áudio novamente na cena, devemos buscar o arquivo de áudio nos diretórios do computador e inseri-lo novamente na cena em que estava associado. Este problema é mencionado no manual de utilização desenvolvido.

Convém dizer que o OA desenvolvido não visa substituir outros métodos existentes de ensino de organização de computadores, e sim, servir como uma ferramenta complementar de ensino disponível para os alunos que quiserem buscar um conhecimento mais detalhado da organização do Neander ou obter uma noção visual desta. O OA não é uma ferramenta convencional e faz uso de uma tecnologia não totalmente explorada no ensino. A necessidade de poucos materiais para utilizá-la (computador, webcam, *adobe AIR* e FLARAS instalado) acaba tornando-a uma ferramenta acessível para os alunos, podendo ser usada tanto em laboratórios de ensino, como em casa. Com a tecnologia de RA, o objeto exige uma maior interação do usuário com a ferramenta, tornando o usuário mais ativo no processo de aprendizagem.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O OA desenvolvido foi apresentado aos alunos da disciplina de IAC, do curso de Engenharia de Computação da Unipampa – Campus Bagé, para demonstrar a instalação dos softwares necessários, carregamento de arquivos no FLARAS, interação com os marcadores na tela, uso dos menus e a ativação dos áudios das cenas. Logo após, o OA foi disponibilizado para os alunos utilizarem e avaliarem sua facilidade de uso, efetividade, clareza e utilidade percebida. Todos esses conceitos são utilizados no modelo de aceitação de tecnologias [16]. Portanto, foi aplicado um instrumento de avaliação online criado no *Google Docs*, e assim, foi obtido um *feedback* sobre o recurso educacional desenvolvido. Por mais completo que seja este OA, ele não irá trazer retornos positivos se ele não for utilizado. Por esta e outras razões, é importante fazer a avaliação do OA antes de submetê-lo para uso.

Foi utilizada a escala de *Likert*, que é uma escala de resposta muito utilizada em instrumentos de avaliação [23]. Com relação ao número de pontos na escala, considera-se que:

- A escala de *Likert* com quatro pontos não inclui uma categoria central, podendo forçar o aluno a responder a favor ou contra a ferramenta.
- A escala de *Likert* com dez pontos, apesar da fácil compreensão do sistema de numeração, não proporciona efetivos ganhos de confiabilidade e torna mais complexa a avaliação dos resultados devido à quantidade excessiva de casos a serem avaliados. De acordo com [24], a habilidade humana de distinção se aproxima de 7 categorias, reforçando que a de 10 pontos não é adequada.

- A escala de *Likert* com sete pontos também possui muitos casos, do qual não são necessários para a avaliação da aceitação de uma ferramenta para o ensino.
- A escala de *Likert* com cinco pontos possui uma quantidade de casos adequada, permitindo a inclusão da categoria central, e 2 níveis para quem é favorável ou contra o uso da ferramenta, de forma total ou parcial em cada caso.
- A escala de *Likert* de três pontos demanda pouco tempo para resposta, possui alternativas suficientes e inclui a categoria central. Portanto, não tem uma categoria para aqueles que concordam ou discordam parcialmente em utilizar a ferramenta, limitando a confiabilidade obtida.

Baseando-se nas cinco informações acima, concluiu-se que a escala de *Likert* de cinco pontos era a mais adequada a ser utilizada neste instrumento de avaliação, pois permitiria uma maior confiabilidade na resposta em relação a escala de três pontos e permite uma maior velocidade e facilidade na avaliação e interpretação dos resultados em relação a uma escala de 7 pontos. A rotulação dos pontos de escala foi dividido em: “Concordo totalmente”, “concordo parcialmente”, “indiferente”, “discordo parcialmente” e “discordo totalmente”.

Foram elaboradas dez perguntas que avaliam diferentes aspectos do OA desenvolvido e do seu efeito no aprendizado em AOC. Duas turmas de IAC foram convidadas para participar desta pesquisa. Foi acordado verbalmente com os alunos sobre a possibilidade de publicação dos resultados desta pesquisa e, ainda, que nenhuma informação pessoal seria divulgada. Na primeira avaliação, 19 de 49 alunos participaram e na segunda avaliação 10 de 51 alunos participaram. Os alunos que participaram da primeira avaliação são repetentes de IAC de 2015 e os alunos que participaram da segunda avaliação são ingressantes do ano de 2017.

A tabela 1 mostra as perguntas utilizadas e as figuras 6 e 7 mostram o resultado da avaliação, usando como base as perguntas da tabela 1:

Tabela 1: Perguntas do instrumento de avaliação.

1- Os conceitos de AOC ficam mais claros.
2- Estudos ficaram mais interessantes.
3- A ferramenta me deixou com mais tempo livre.
4- Ferramentas 3D melhoram a motivação.
5- O funcionamento do Neander ficou mais claro.
6- O uso de RA com objetos 3D é interessante.
7- Usar a ferramenta é fácil.
8- A ferramenta precisa de um manual de uso.
9- Os áudios das cenas foram essenciais.
10- A ferramenta é muito limitada e pouco flexível.

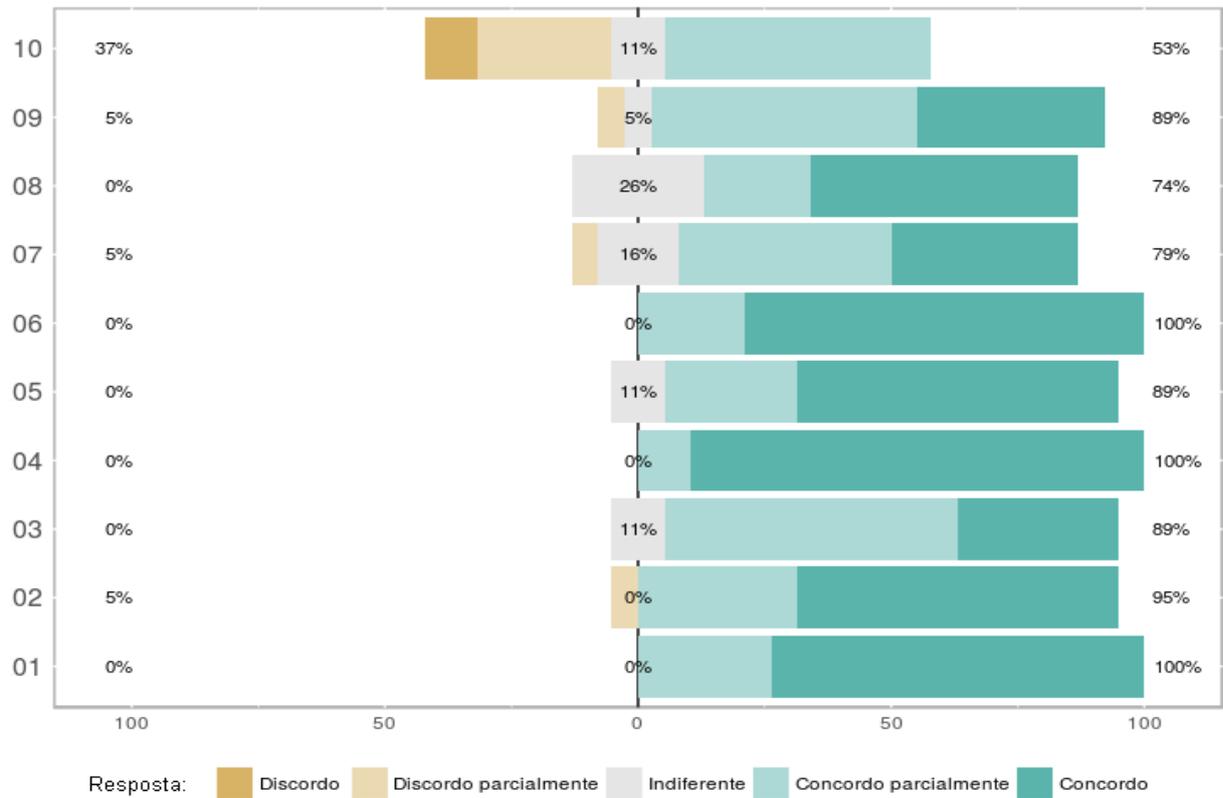


Fig. 6. Instrumento de avaliação aplicado aos alunos em 2015.

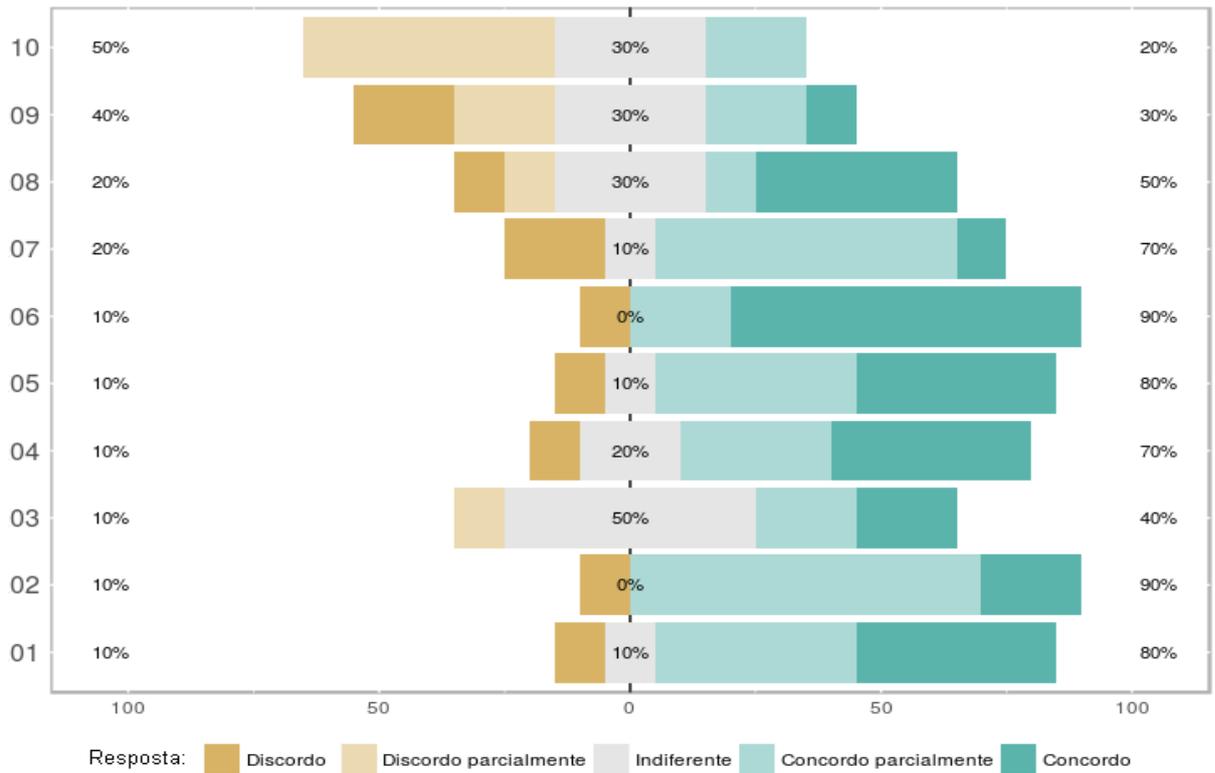


Fig. 7. Instrumento de avaliação aplicado aos alunos em 2017.

Com base nas figuras 6 e 7, é possível afirmar que:

- O aprendizado dos conceitos de AOC relacionados ao Neander foi facilitado.
- Foi possível tornar os estudos destes conceitos mais interessantes.
- O uso do OA melhorou a motivação para o aprendizado.
- O uso de RA com objetos 3D no ensino é interessante.
- Apesar da facilidade, a ferramenta precisa de um manual de uso, que foi desenvolvido justamente para facilitar o uso da mesma.
- Para a maioria dos alunos de 2015, os áudios foram recursos essenciais para o entendimento completo das interações. Se o aluno não estudou previamente sobre os componentes do Neander, ele não irá compreender as interações dos mesmos. Em contrapartida, os alunos ingressantes de 2017 tiveram as opiniões divididas neste aspecto do OA.
- Um pouco mais de metade dos alunos em 2015 e 20% dos alunos em 2017 concordam que a ferramenta é limitada e pouco flexível.

Sobre a ferramenta ser limitada e pouco flexível, diversos fatores podem ter acarretado nesta opinião. Abaixo são elencados alguns deles:

- Limitações e problemas da ferramenta de aplicações de RA FLARAS.
- A ausência dos elementos internos da memória, unidade de controle e elementos internos da ULA.
- A ausência de animações nas cenas do OA desenvolvido.
- Impossibilidade de integração com dispositivos móveis.

De forma geral, o OA desenvolvido foi bem aceito pela maioria dos alunos, assim como a tecnologia de RA aplicada aos objetos tridimensionais e o próprio uso destes para o ensino de conceitos de AOC. Porém, parte dos alunos concordaram que a ferramenta ainda é muito limitada e pouco flexível, evidenciando que o OA e a ferramenta de RA FLARAS podem ser melhoradas, ou ainda, ser utilizado outro software de aplicações de RA para a elaboração de novos OA no ensino de conceitos de AOC.

A figura 8 mostra os locais de preferência de utilização da ferramenta, sendo a opção 'outros' a soma de alternativas que mesclam as opções já existentes.



Fig. 8. Preferência do local de uso da ferramenta.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção de novas tecnologias na educação (se planejada, avaliada, validada e aplicada adequadamente) pode contribuir no processo de ensino aprendizagem, tornando o aluno mais ativo e, conseqüentemente, aumentando seu interesse e motivação no processo de aprendizagem.

Neste trabalho, foi confirmada a utilidade e interesse dos alunos em uma ferramenta não convencional de ensino e como o uso de tais ferramentas pode contribuir no processo de ensino aprendizagem em disciplinas de AOC.

Com o recurso educacional desenvolvido:

- Os alunos têm acesso a uma ferramenta adicional de aprendizagem.
- Foi fornecida uma visualização tridimensional do funcionamento da organização do Neander através da tecnologia de RA.
- Pouco material adicional é necessário para utilização da ferramenta.
- O OA foi avaliado e validado, utilizando um modelo de aceitação de tecnologias.

Como propostas para trabalhos futuros, sugere-se:

- A utilização da tecnologia de RA no ensino de elementos da organização mais complexos, como a memória principal e memórias cache, ou ainda organizações de arquiteturas mais complexas, como a arquitetura MIPS, visando proporcionar uma noção visual do funcionamento de uma arquitetura com a maioria dos elementos de organização presentes em uma arquitetura presente no mundo real.
- Efetuar uma comparação do desempenho dos alunos sem e com acesso ao AO desenvolvido para verificar se a ferramenta proporciona um melhor rendimento dos estudantes em disciplinas iniciais de AOC.
- Desenvolver ou migrar uma versão deste OA para dispositivos móveis e aumentar sua abrangência e potencial de utilização.
- Permitir uma abordagem construtivista com o uso de OAs com RA.

REFERÊNCIAS

- [1] M. STOLIKJ, S. RISTOV e N. ACKOVSKA. "Challenging students software skills to learn hardware based courses". In *Information Technology Interfaces (ITI), Proc. of the 33rd Int. Conf. on*, 2011, pp. 339–344.
- [2] A. B. WOSZCZYNSKI, H. M. HADDAD, A. F. ZGAMBO. "Towards a model of student success in programming courses". In *Proceedings of the 43rd annual Southeast regional conference - Volume 1, ACM-SE 43*, pages 301–302, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [3] M. S. HENRIQUE e A. D. D. S. REBOUÇAS. "Objetos de Aprendizagem para auxiliar o ensino de conceitos do Paradigma de Programação Orientada a Objetos". *Revista RENOTE - Novas Tecnologias na Educação da UFRGS, Rio Grande do Sul*, v.13, n.2, dez. 2015.
- [4] M. A. DIAS. "Microcomputador re-configurável em FPGA para ensino de Arquitetura de Computadores na Ciência da Computação". *Revista RENOTE - Novas Tecnologias na Educação da UFRGS, Rio Grande do Sul*, v.11, n.3, dez. 2013.
- [5] A. V. BRITO. "Simulação Baseada em Atores para o Ensino de Arquitetura de Computadores". *Workshop sobre Educação em Arquitetura de Computadores (WEAC) – Simpósio Brasileiro de Arquitetura de Computadores. SBAC, São Paulo*, 2009.
- [6] A.L. TORRES (2012). "Simulação baseada em atores como ferramenta de ensino de organização e arquitetura de computadores". Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Informática. Programa de Pós-Graduação em Informática. Dissertação de Mestrado. Março. João Pessoa, PB.112 páginas.
- [7] T. D. N. SOUSA, C. C. SOUZA, E. L. SILVA e R. R. AZEVEDO (2012). "Um Simulador para Apoiar no Processo de Ensino e Aprendizagem de Organização e Arquitetura de Computadores". *Workshop sobre Educação em Computação, Curitiba. Anais do XX Workshop sobre Educação em Computação*.
- [8] S. RISTOV, M. STOLIKJ e N. ACKOVSKA. "Awakening curiosity - hardware education for computer science students". In *MIPRO, 2011 Proc. of the 34th Int. Convention, IEEE Conf. Publications*, 2011, pp. 1275–1280.
- [9] B. ATANASOVSKI, S. RISTOV, M. GUSEV e N. ANCHEV. "Educache simulator for teaching computer architecture and organization". In *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE, Berlin, Germany*, 2013, pp. 1015-1022.
- [10] C.C. BONWELL e J. A. EISON. "Active Learning: Creating Excitement in the Classroom". *ASHEERIC Higher Education Report No. 1, GWU, Washington, DC.*, 1991.
- [11] K. RUHL; C. HUGHES e P. SCHLOSS. "Using the Pause Procedure to Enhance Lecture Recall. *Teacher Education and Special Education*". Vol. 10, p. 14–18, 1987.
- [12] E. R. ZORZAL, A. CARDOSO, C. KIRNER e E. LAMOUNIER. "Realidade Aumentada Aplicada em Jogos Educacionais". In: *V Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais, Minas Gerais*, 2006.
- [13] C. KIRNER; T. GONÇALVES KIRNER. "Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada". *XIII SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, Uberlândia*, v.13, 2011.
- [14] L. D. OLIVEIRA e R. C. MANZANO. "Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR". *Revista RENOTE - Novas Tecnologias na Educação da UFRGS, Rio Grande do Sul*, v.14, n.1, jul. 2016.
- [15] V. F. MARTINS, V. RUIZ, D. V. CUNHA e M. P. GUIMARÃES (2014). "PC-AR: Apoio ao Ensino de Organização de Computadores utilizando Realidade Aumentada". In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (Vol. 25, No. 1, p. 862)*.
- [16] V. VENKATESH e H. BALA. "Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions". *Decision Sciences*, 39(2): p. 273–315, 2008.
- [17] R. C. SOUZA, H. D. F. MOREIRA e C. KIRNER (2014). "FLARAS 2.0–Flash Augmented Reality Authoring System". Disponível em: <<http://ckirner.com/flaras/>>. Acesso em: 27 de outubro de 2016.
- [18] E. PATRÍCIO, A. R. S. DE CARVALHO e C. M. O. RODRIGUES. "Realidade Aumentada aplicada no ensino de Arquitetura de Computadores". Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/5181/1003>>. Acesso em: 15 de outubro de 2016.
- [19] ARTOOLKIT. 2005. "ARTToolkit". Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>>. Acesso em 03 de agosto de 2016.
- [20] U. KOSE, D. KOC e S.A. YUCESOV. "An Augmented Reality Based Mobile Software to Support Learning Experiences in Computer Science Courses". *Procedia Computer Science*, vol. 25, pp. 370-374, 2013.
- [21] L. M. L. BRUM, L. B. PINHO e S. S. CAMARGO. "Metodologia de Aplicação da Realidade Aumentada no Ensino de Arquitetura de Computadores". *Workshop sobre Educação em Arquitetura de Computadores (WEAC). IN: International Journal of Computer Architecture Education*, vol. 4, no. 1, pp. 17-20, 2015.
- [22] R. F. WEBER. "Fundamentos de Arquitetura de Computadores". 2. ed. Porto Alegre. Sagra-Luzzatto, 2001.
- [23] M. DALMORO e K. M. VIEIRA. "Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?" *Revista Gestão Organizacional*, v. 6, n. 3, 2013.
- [24] G.A. MILLER. "The magical number seven, plus or minus two some limits on our capacity for processing information". *Psychological Review*. v. 101, n. 2, p. 343–352, 1956.