

Realidade Aumentada na Educação Médica: AR Bones

Mohammad Fahim Hossain

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação North
South University Dhaka,
Bangladesh
mohammad.fahim@northsouth.edu

Sudipta Barman

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação North
South University Dhaka,
Bangladesh
sudipta.barman@northsouth.edu

Niloy Biswas

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
North South University
Dhaka, Bangladesh
niloy.biswas@northsouth.edu

AKM Bahalul Haque

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
North South University
Dhaka, Bangladesh
bahalul.haque@northsouth.edu

Resumo— Realidade Aumentada é uma técnica que aprimora a realidade com imagens geradas por computador, objetos tridimensionais ou outras informações que não existem fisicamente no mundo real. É uma tecnologia em crescimento que oferece potenciais promissores em termos de aprendizagem e formação. Este artigo enfoca o processo de desenvolvimento de um aplicativo móvel utilizando Realidade Aumentada Móvel. Como há uma grande quantidade de informações a serem compreendidas sobre o esqueleto humano, qualquer um acharia um desafio reter todos os detalhes. Este aplicativo tem como objetivo auxiliar os alunos como complemento nos estudos de anatomia humana. Assim, este projeto é uma abordagem para aprimorar seus atuais processos de aprendizagem com a ajuda da Realidade Aumentada Móvel.

Palavras-chave— *Esqueleto Humano; Ciência médica; Anatomia Estudar; Objeto 3D; Realidade aumentada; Realidade Aumentada Móvel; Unidade;*

I. INTRODUÇÃO

É de conhecimento comum que, como a espécie mais intelectual da Terra, devemos primeiro saber sobre nós mesmos antes de qualquer outra. Nesse sentido, a Anatomia Humana é um dos conhecimentos fundamentais que todo ser humano deve ter. Mas no Bangladesh a maior parte da população é analfabeta e vive abaixo do limiar da pobreza. Tendo um estilo de vida difícil, as pessoas do nosso país dificilmente conseguem pensar nestes conhecimentos fundamentais, uma vez que não são baratos. Mesmo os estudantes pobres que estudam medicina são frequentemente vistos estudando as imagens impressas em 2D em seus livros didáticos só porque não têm dinheiro para comprar um esqueleto completo. Como resultado, eles têm dificuldade em visualizar as estruturas e compreender a realidade. Mais uma vez, um estudo de Ganguly afirma que aulas de anatomia humana seguidas de dissecações práticas muitas vezes não são suficientes para os alunos compreenderem e reterem essas informações [1]. Isso prejudica seu conhecimento prático e as chances gerais de se tornar um especialista em anatomia no futuro. Este problema pode ser resolvido se houver uma maneira de fazê-los visualizar uma figura 3D real de

o tema em estudo, que tenha fácil acesso e preços acessíveis com baixo orçamento. Neste caso, recursos de ensino alternativos, como ferramentas de aprendizagem móvel, são especialmente significativos [2]. Nosso aplicativo baseado em Realidade Aumentada Móvel (MAR) faz exatamente isso [3]. Nosso aplicativo é um exemplo de realidade mista que pode ser acessada através de qualquer dispositivo smartphone [4].

Este aplicativo é um exemplo de Realidade Aumentada sem Marcadores que permite ao usuário observar e visualizar uma estrutura 3D de qualquer parte do esqueleto humano através da tela do smartphone. Embora o objeto possa ser movido em um ângulo de 360 graus e colocado em qualquer lugar, as peças são etiquetadas. A seleção nas etiquetas fornece um pequeno detalhe com sistema de voz integrado que lê as informações fornecidas. Pode ser de fácil acesso como material de aprendizagem de Anatomia para aqueles que não podem pagar um esqueleto real, ou pode ser usado como um complemento para aqueles que podem.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Segundo o autor Soon-Ja-Yeom[5], objetos tridimensionais podem ser melhor apreciados usando uma interface háptica. Neste artigo denominado "Realidade Aumentada para Aprendizagem de Anatomia", o autor queria investigar se AR com sensação ao toque é uma ferramenta útil para aprender anatomia[5]. Fizeram vários inquéritos aos alunos para responder a algumas questões relativas a este aspecto. O feedback foi em sua maioria positivo, apoiando a pesquisa. O projeto de pesquisa investiga se a realidade aumentada com sensação ao toque é uma ferramenta útil para aprender anatomia, ao mesmo tempo que fornece acesso equitativo a experiências mais envolventes [5]. Embora também concordemos com a pesquisa deles, nem todo mundo que estuda anatomia óssea possui uma luva de dados hápticos ou outros dispositivos necessários para isso, mas a maioria possui um smartphone atualmente. Em nosso aplicativo, simulamos a funcionalidade háptica por meio do toque nas telas do celular.

Além disso, nosso aplicativo é de uso gratuito, tornando-o acessível a todos que possuem um smartphone ou tablet.

Em "Utilizando Realidade Aumentada Móvel para Aprendizagem Anatomia Humana", o autor Jamali apresentou "HuMAR

Aplicação, descrevendo a teoria, o conceito e o desenvolvimento do protótipo da mesma. O protótipo roda em um tablet Android com função de interface multimodal que pode facilitar uma melhor interação em termos de compreensão do assunto por meio de objetos 3D. A câmera do tablet detecta e reconhece um marcador atribuído. Um aplicativo instalado no tablet exibirá e sobreporá o respectivo objeto CG 3D na tela após o reconhecimento. Este aplicativo é semelhante ao nosso, mas não oferece sistema de som e ângulo de visão bem desenvolvido.

O 'Aplicativo HuMAR' é um aplicativo de Realidade Aumentada baseado em marcadores, enquanto nosso aplicativo' é um aplicativo de Realidade Aumentada sem marcadores [6].

A pesquisa [7] apresenta o primeiro sistema AR para aprender anatomia óssea. É um sistema de educação e entretenimento AR que combina educação e entretenimento na forma de um quebra-cabeça onde os usuários podem reorganizar modelos ósseos 3D em seus corpos usando interação baseada em gestos. A configuração do hardware contém um Kinect e um par de câmeras de profundidade como sensores e um grande display para visualização. No display há duas seções, uma para AR e outra para referência. O jogo principal tem três etapas. Na primeira etapa, o usuário seleciona um osso. Na segunda etapa, o usuário deve agarrar o osso por meio de movimentos gestuais e, por último, o usuário deve encaixar o osso no local ao qual pertence, utilizando o método push-pull. O sistema de espelho mágico AR exibe todo o corpo do usuário com medidas ósseas adequadas. Mas este é um sistema AR baseado em marcadores e contém hardware grande e caro. Isso o torna fortemente restrito a um só lugar, e parece que este sistema AR foi destinado a grandes organizações, estudantes de medicina e profissionais. Portanto, está fora do alcance de quem é iniciante no aprendizado da anatomia óssea. Nossa pesquisa foi fortemente influenciada por [7]. No entanto, o sistema que construímos é portátil, amigável para iniciantes e econômico para usuários regulares, pois o transferimos para dispositivos móveis. Não só é mais barato do que todo o hardware necessário para [7], mas também não ocupa espaço físico e cabe no seu bolso para que você possa aprender anatomia óssea em qualquer lugar.

Os autores em [8] sugeriram uma reinvenção do Sistema de Registro Médico Eletrônico (EMRS). Neste sistema, os usuários podem ver todos os seus registros médicos em AR/VR e verificar o estado de seus órgãos usando modelos 3D de seus órgãos. Por exemplo, os pacientes podem fazer uma tomografia computadorizada dos pulmões ou do fígado e depois usar este EMRS; seus órgãos digitalizados podem ser reconstruídos como modelos 3D e seus dados e carregados no servidor. A partir daí, tanto o médico quanto os pacientes podem visualizar os prontuários em seus dispositivos Android com Realidade Aumentada Móvel (MAR). Eles também podem conectar seu telefone a um fone de ouvido VR e usar dados luvas para interagir com o modelo 3D de seus órgãos. Este sistema pode colmatar a lacuna entre médicos e pacientes e abrir novas oportunidades nas ciências médicas. Este aplicativo de realidade aumentada melhorou significativamente nossa maneira de pensar e adotamos algumas ideias desta pesquisa para obter uma melhor experiência do usuário. [9] propõe um sistema de

treinamento médico utilizando tecnologia AR. Este sistema oferece aos estudantes e profissionais de medicina a oportunidade de aprender o corpo humano usando o poder da visão computacional e da RA. Este sistema de treinamento concentra-se em AR baseado em marcadores. O hardware consiste em um PC,

display, head-mounted display, câmera web e sensor de movimento de salto para detectar os gestos e movimentos das mãos dentro da camada marcada. Para o experimento, um sujeito deve deitar e colocar o marcador AR em seu abdômen. O segundo sujeito usará a web câmera para observar a estrutura anatômica 3D e os modelos de órgãos usando movimentos gestuais no head-mounted display. Este sistema de treinamento possui uma opção de camadas onde o usuário pode alterar a camada e ver como ficam os órgãos internos e a estrutura anatômica naquele plano. No entanto, esta abordagem é dispendiosa. E isso foi feito apenas para estudantes de medicina que têm o privilégio de ter acesso a ele. Além disso, utiliza realidade aumentada baseada em marcadores, o que significa que está limitado a esse espaço. É aqui que a nossa abordagem é mais adequada, pois não tem marcadores, o que significa que pode ser utilizado em qualquer lugar desde que tenha um smartphone. Assim os alunos, independente da área de estudo, podem ter acesso ao conhecimento da anatomia óssea.

A pesquisa [10] também é um aplicativo móvel de realidade aumentada que propõe benefícios educacionais sob uma perspectiva diferente. O público-alvo deste aplicativo são as crianças. Este aplicativo usa marcadores colocados em frutas, alfabetos inglês e bangla, que surgem ao interagir com eles. As crianças podem ver os modelos 3D dos materiais de aprendizagem brutos, tornando o processo de aprendizagem divertido e fácil. Pode ser visto como um minijogo, onde as crianças podem brincar com os personagens girando, ampliando ou ouvindo os nomes dos objetos e adquirindo conhecimento simultaneamente. Embora esse aplicativo tenha nos inspirado em grande medida, o uso de aplicativos de realidade aumentada baseados em marcadores tem uma desvantagem significativa. Ocupa mais espaço no banco de dados e está limitado a esses marcadores. Além disso, os marcadores muitas vezes podem ser danificados e, nesse caso, o aplicativo se tornará inútil. Neste artigo, resolvemos esse problema usando realidade aumentada sem marcadores. Dessa forma, o aplicativo não fica vinculado a nada e é mais eficiente e rico em recursos.

III. PROJETO E DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A. Descrição do sistema

O sistema que construímos consiste em duas atividades. Depois de iniciar o aplicativo, o menu principal irá exibi-los como Cena Principal e Sobre os Aplicativos. Se o usuário clicar em Sobre Aplicativos, nosso sistema irá redirecionar para o „Info Scene, onde haverá instruções para o aplicativo. Este é basicamente um guia do usuário. Pressionar Voltar irá redirecionar para o “Menu Principal”. Se o usuário clicar em Cena Principal, nosso sistema direcionará o usuário para uma nova janela onde as funcionalidades de AR estarão disponíveis para uso. Os usuários poderão sair do aplicativo tanto na cena principal quanto no menu principal sempre que desejarem.

B. Arquitetura do Sistema

Todo o sistema desta aplicação está representado no fluxograma a seguir.

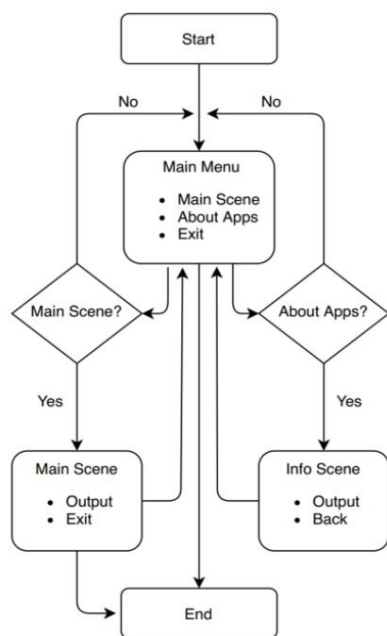


Figura 1. Fluxograma da Arquitetura do Sistema.

4. FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS

A. Unity Game Engine (plataforma cruzada)

Unity é um dos motores de jogo multiplataforma mais pesados. Unity suporta 27 plataformas [11]. Isso é desenvolvido pela Unity Technologies, que é a solução líder mundial em criação de jogos de terceiros [11]. Mais de 45% dos desenvolvedores (de acordo com a página de relações públicas do site Unity) preferem o mecanismo de jogo Unity para desenvolvimento [12]. Os desenvolvedores podem usar o Unity para criar jogos 3D e 2D de alta qualidade, implantá-los em dispositivos móveis, desktops, realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e console. Em nosso desenvolvimento de software, usamos o Unity Game Engine porque o Unity Game Engine tem suporte massivo de Realidade Aumentada.

B. Linguagem de script – C#

C# (C Sharp) é uma linguagem de programação atualizada, robusta e orientada a objetos desenvolvida pela Microsoft, liderada por Anders Hejlsberg e sua equipe dentro da iniciativa .NET [13].

C Sharp é popular como linguagem de script no Unity. Os desenvolvedores se sentem confortáveis usando C# como linguagem de script no Unity porque ele tem velocidade rápida, uma biblioteca rica, menor custo, sem falhas de memória e assim por diante [14].

C. Kit de desenvolvimento de software EasyAR Sense (SDK)

EasyAR Sense é um kit de desenvolvimento de software (SDK) de aplicativo de Realidade Aumentada independente porque fornece Interface de Programação de Aplicativo (API) baseada em componente flexível orientada a fluxo de dados e não depende de nenhuma biblioteca ou ferramenta que não seja do sistema, como Unity [15]. Desenvolvemos este aplicativo de Realidade Aumentada usando EasyAR Sense SDK, pois é fácil de usar e oferece uma chave de licença gratuita para fins de aprendizagem.

D. Liquidificador 3D

Blender-3D é um conjunto de ferramentas de software gráfico de código aberto usado para criar modelagem de pipeline 3D, rigging, animação, simulação, renderização, composição e rastreamento de movimento, e até mesmo edição de vídeo e criação de jogos [16]. O Blender possui uma enorme comunidade de usuários e desenvolvedores que contribuem para o projeto. Também tem um mercado significativo. O formato de arquivo com extensão “blend” é melhor suportado no Unity 3D, tornando-o a escolha certa para o desenvolvimento de ativos para o nosso projeto.

E. Audácia

Audacity é uma renomada ferramenta gratuita de edição de áudio que está disponível em Windows, GNU/Linux, BSD, Mac OS e muitas outras plataformas [17]. O Audacity foi lançado pela primeira vez há 19 anos na ‘Carnegie Mellon University’. No momento, é a ferramenta de edição de áudio mais popular disponível na internet.

V. CRIANDO MODELOS 3D NO BLENDER

Todas as nossas figuras 3D são formatadas como “blend”, feitas e renderizadas no Blender que inclui:

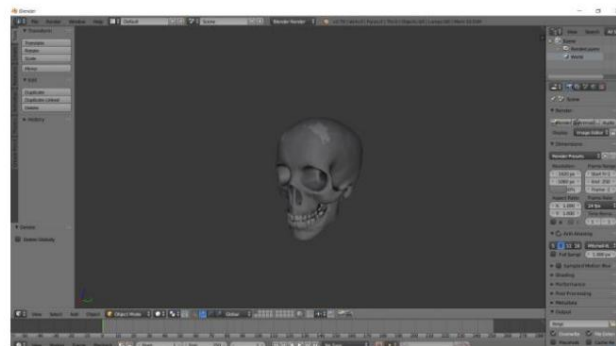


Figura 2. Desenvolvimento de modelo para crânio no Blender.

O Blender 3D oferece um modo de escultura onde o usuário pode usar um conjunto de ferramentas e 20 pincéis diferentes para moldar e dar forma a uma malha. Essas ferramentas fornecem a flexibilidade necessária em diversas etapas do pipeline de produção digital. Quando a malha está na forma pretendida, faces são criadas para envolvê-la, dando-lhe a mesma forma da própria malha esculpida. Todas as faces juntas criam o objeto, que está pronto para ser extraído como um arquivo de “mesclagem”.

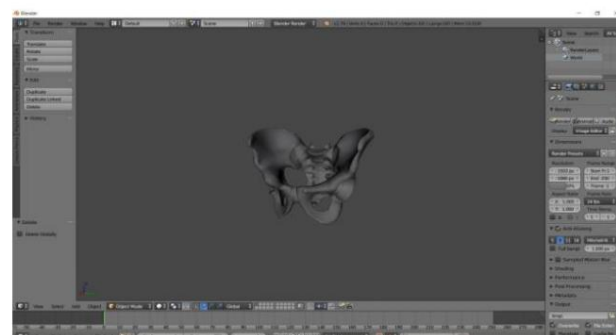


Figura 3. Desenvolvimento de Modelo para Pelve no Blender.

VI. EDIÇÃO DE SOM NO AUDACITY

Usamos o Audacity como nossa principal ferramenta de edição para desenvolvimento de som. A tarefa de edição foi realizada em seis etapas: gravação de voz, redução de ruído, compactação, equalização, normalização e recorte. Na primeira etapa, gravamos os cliques de voz e os importamos para o Audacity. Em seguida, selecionamos a ferramenta de redução de ruído com redução de 12 dB, sensibilidade de 3,00 e três bandas de suavização de frequência. Depois disso, utilizamos um compressor da barra de ferramentas de efeitos, onde tenta nivelar a voz de entrada de maior intensidade para menor intensidade. E então, usamos a ferramenta equalizador e selecionamos a curva que nos permite aumentar os agudos para que a voz soe clara e nítida.

Após o equalizador, usamos a ferramenta normalizar e configuramos para usar -1,0 dB na amplitude máxima, o que por sua vez aumenta o volume. E, finalmente, usamos a ferramenta de recorte para cortar partes desnecessárias do arquivo de entrada.

VII. DESENVOLVENDO APLICAÇÃO NA UNIDADE

A. Integrando EasyAR Sense SDK no Unity

Primeiramente, importamos o kit de desenvolvimento de software (SDK) EasyAR Sense em nosso projeto para a câmera AR. Não precisamos definir nenhum banco de dados para marcador, pois este é um aplicativo Markerless AR. Integramos uma chave de licença gratuita na câmera AR fornecida pela EasyAR.

B. Importando modelos 3D de ossos humanos no Unity e Desenvolvimento

Importamos todos os modelos 3D de ossos humanos, que são desenvolvidos por nós mesmos no Blender. Em seguida, redimensionamos esses ativos 3D de acordo com seu tamanho padrão e personalizamos seus shaders padrão. Também fornecemos holofotes com cada objeto para que cada aluno possa ter uma visão 3D clara de cada osso humano durante o estudo.

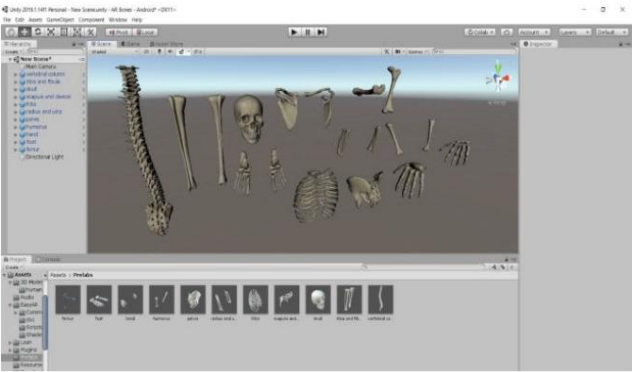


Figura 4. Importando arquivos blend para o Unity.

Rotulamos quase todas as partes dos ossos humanos com seus nomes usando o sistema Unity UI. Unity fornece um sistema de UI fácil e padrão. Todo o texto rotulado é 2D. Escrevemos muitos scripts C# para lidar com vários eventos deste aplicativo educacional de AR sem marcadores. API Unity Scripting é robusta e útil [18]. Ajuda escrever um script C# para lidar com cada evento. Escrevemos diferentes scripts C# para girar, alterar posições e redimensionar esses ativos 3D.

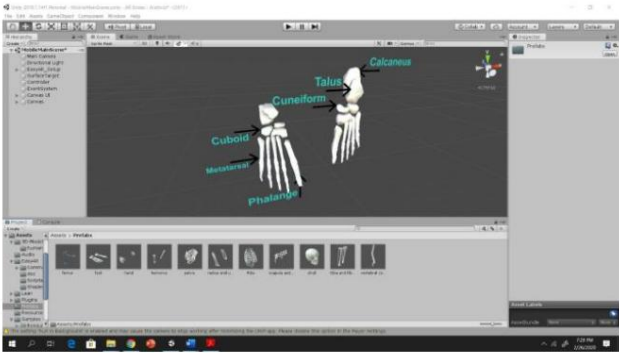


Figura 5. Rotulagem dos ossos do pé no Unity.

C. Desenvolvimento de interfaces de usuário animadas

Desenvolvemos um painel animado de itens de UI para todos os ossos humanos nesta fase. Criamos animação usando Unity Animation System. Usando o Unity Animations System, podemos criar novas animações, mesclar animações, editar animações e assim por diante [19].

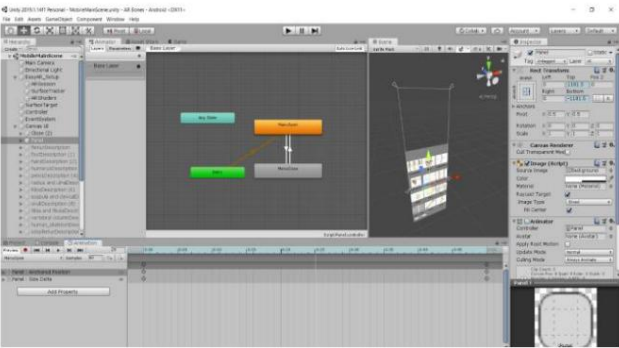


Figura 6. Desenvolvendo UI animada no Unity.

Organizamos e mantivemos um clipe de animação usando um controlador de animação. O controlador Animator é outro recurso útil do Unity que nos permite organizar e sustentar cliques de animação e transições de animação associadas para um personagem ou objeto de UI [20]. Também escrevemos scripts C# para lidar com o controlador do animador.

D. Conectando os arquivos de áudio aos modelos 3D correspondentes

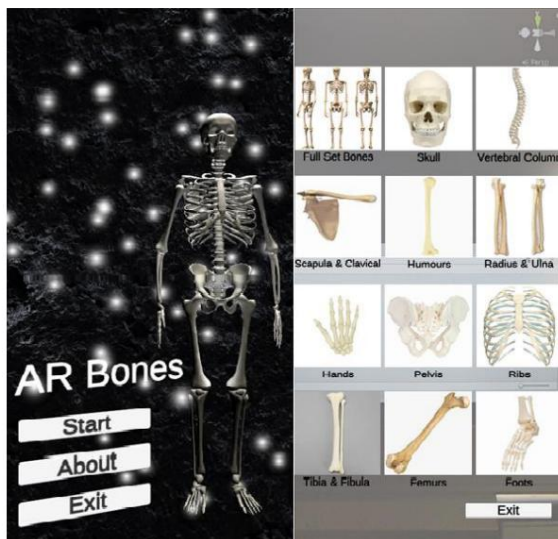
Importamos todos os arquivos de som do editor de som audacity como formato de áudio. Integramos arquivos de áudio a ativos usando um componente de fonte de áudio no Unity. Cada arquivo de áudio foi gravado e editado usando o Audacity. Audacity é um software aplicativo de edição e gravação de áudio [17]. Cada arquivo de áudio contém o nome e a funcionalidade abstrata de seu ativo de ossos correspondente.

VIII. VISÃO GERAL DA APLICAÇÃO

Tentamos desenvolver uma IU padrão para os alunos. A janela deste aplicativo AR é o menu principal. No menu principal, o usuário pode ir para a cena principal tocando no botão Iniciar. Os usuários também podem saber mais sobre este aplicativo AR tocando no botão sobre. Há também um botão de saída que gerencia eventos de saída para usuários. A câmera AR automaticamente

abre quando um usuário toca no botão Iniciar no menu principal.

Depois de abrir a câmera AR, um painel animado da interface do usuário com itens de ossos humanos aparece onde os usuários podem selecionar qualquer parte do esqueleto humano para etapas adicionais. O painel da IU do item ossos humanos possui animações de abertura e fechamento.



7. Menu Iniciar e Menu Categoria.

Quando os usuários tocam em qualquer parte do esqueleto humano no painel da interface do item de osso humano, o modelo 3D dos ossos humanos reais aparece no ambiente real atrás da tela do telefone móvel. Os usuários podem obter uma visão 3D dos modelos de ossos humanos sem nenhum rótulo com os nomes das peças. Eles também podem obter uma visão 3D do modelo de ossos humanos reais, que são rotulados pelos nomes das peças, tocando no botão de detalhes.

Há também um som de fundo que contém uma breve descrição daquela parte dos ossos humanos no modo detalhado.

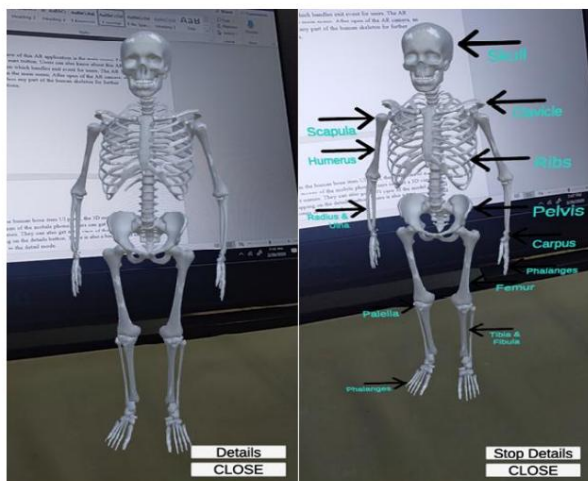


Figura 8. Modo normal e modo detalhado.

Os usuários podem alterar a posição de objetos de ossos humanos usando qualquer gesto de um dedo em um ambiente real atrás da tela do telefone celular. Não precisamos de nenhum marcador, pois este é um aplicativo AR sem marcador.



Figura 9. Mudança de posição com gesto de 1 dedo.

Modelos 3D de ossos humanos podem ser ampliados ou reduzidos usando quaisquer gestos de dois dedos. Os usuários podem redimensionar objetos de acordo com sua visualização.



10. Redimensione o objeto com gesto de 2 dedos.

Todos os ativos de ossos humanos 3D podem ser girados em um ângulo de 360 graus no eixo Z. Os usuários podem girar objetos usando gestos de três dedos na tela de qualquer dispositivo móvel.



Figura 11. Gire o objeto com gesto de três dedos.

IX. DECLARAÇÃO DO PROBLEMA E CONTRIBUIÇÃO

Cada estudante de medicina precisa comprar um esqueleto completo de corpo humano, que tem um preço alto em Bangladesh. É uma despesa imensa. Devido ao alto índice de carência em nosso país, vários estudantes descartam a ideia de adquirir um esqueleto completo do corpo humano com um custo tão alto. Por outro lado, acho que um substituto clínico compra um arranjo completo de esqueletos. No entanto, é muito unimaginável para ele lembrar 206 nomes de ossos, como eles funcionam, como um osso é único em relação a outro e suas funcionalidades individuais sem orientação legítima.

Tentamos minimizar esses problemas usando a tecnologia AR, uma vez que o aprendizado reforçado pela inovação em AR permite um aprendizado abrangente, sinérgico e organizado. Transmite uma sensação de qualidade, rapidez e encharcamento que pode ser valiosa para o processo de aprendizagem. As possibilidades de tais situações de aprendizagem podem possivelmente revigorar a aprendizagem significativa. Desenvolvemos um aplicativo AR sem marcadores que resolve o problema em questão. Os alunos podem visualizar uma visão 3D de cada osso humano de seu interesse durante o estudo da anatomia. Todos os ossos humanos e suas partes foram denominados com seus nomes. Existe um sistema de som em cada osso que dá um nome e uma descrição abstrata de sua funcionalidade. Eles também podem aumentar ou diminuir o zoom nesta visualização 3D e girar em todos os ângulos para obter uma melhor visualização. Este aplicativo permite aos usuários investigar modelos 3D de ossos humanos, o que pode ser um ótimo complemento para o estudo de anatomia.

X. LIMITAÇÕES

Nossa versão atual do aplicativo AR tem algumas limitações. O áudio que usamos no sistema de som apresenta algum ruído de fundo, pois gravamos o arquivo de áudio manualmente. O arquivo Android Application Package (APK) deste aplicativo é maior do que nosso tamanho previsto porque os modelos 3D de ossos humanos que usamos não estão bem otimizados.

XI. RECOMENDAÇÃO E POSSIBILIDADES

Recursos mais recentes, por exemplo, uma visualização de seção transversal com rótulos e posicionamento automático das figuras ósseas após rastrear o corpo humano, poderão ser desenvolvidos em um futuro próximo. Embora adicionar um novo recurso não seja uma tarefa fácil, desenvolver nosso aplicativo para headsets baseados em AR é um desafio. Além disso, esta abordagem pode ser iniciada para outros sistemas orgânicos relacionados tanto com humanos como com animais. Mas não termina aí. Esta ideia pode ser utilizada na ciência pura, como química, física ou qualquer outro campo educacional onde o termo “visualização” se aplique.

XII. CONCLUSÃO

O uso da Realidade Aumentada está em sua fase inicial no campo da Ciência Médica. No entanto, esta tecnologia tem um enorme potencial quando se trata de alcançar o avanço educacional. Como mencionado anteriormente, também tem um enorme alcance no mercado futuro, deixando milhares de milhões de possibilidades abertas tanto para os utilizadores como para os seus desenvolvedores. À primeira vista, o objetivo principal do AR Bones pode parecer promover tecnologias AR

em Ciências Médicas, mas não é o caso. Ele se concentra em alcançar uma realidade aprimorada onde as partículas virtuais possam prosperar lado a lado com o ambiente real. Um futuro onde a visualização se tornará uma segunda natureza para os humanos, enquanto o aprendizado não será mais uma quimera. Nosso próprio aplicativo resolve essa possibilidade.

REFERÊNCIAS

[1] Ganguly, PK (2010). Ensino e Aprendizagem de Anatomia no Século XXI: Direção e Estratégias. *A Educação Médica Aberta Diário*, 3(5-10).

[2] Holzinger, A., Nischelwitz, A., & Meisenberger, M. (2005). Apoio à aprendizagem ao longo da vida através do m-learning: exemplos de cenários. *eLearn*, 2005(11), 2.doi: 10.1145/1125280.1125284.

[3] Ternier, S. e Vries, F. d. (2011). Realidade Aumentada Móvel no Ensino Superior. *Revista do Centro de Pesquisa em Tecnologia Educacional*, 7(1).

[4] Milgram, P., Kishino, FA, (1994) "Taxonomia de exibições visuais de realidade mista." *IECE Trans. sobre Informação e Sistemas* (Edição Especial sobre Realidade em Rede), vol. E77-D, não. 12, pp.1321-1329.

[5] Yeom, S. "Realidade Aumentada para Aprendizagem de Anatomia". 7 de dezembro, 2011, de https://www.researchgate.net/publication/228521693_Augmented_Reality_for_Learning_Anatomy.

[6]Charlotte L. Oskam. "Utilising Mobile-Augmented Reality for Learning Human Anatomy", 7ª Conferência Mundial sobre Ciências da Educação, (WCES-2015), 05-07 de fevereiro de 2015, Novotel Athens Convention Center, Atenas, Grécia.

[7] Stefan, P., Wucherer, P., Oyamada, Y., Ma, M., Schoch, A., Kanegae, M.,... Navab, N. (2014). *Um sistema de educação e entretenimento AR que apoia a aprendizagem óssea*. 2014 *Anatomia da Realidade Virtual (VR)*. doi:10.1109/vr.2014.6802077

[8] Weng, M., Huang, L., Feng, C., Gao, F., & Lin, H. (2017). Sistema de prontuário eletrônico baseado em realidade aumentada. 2017 12ª Conferência Internacional sobre Ciência da Computação e Educação (ICCSE). doi:10.1109/iccse.2017.8085594

[9] Umeda, R., Seif, MA, Higa, H. e Kuniyoshi, Y. (2017). Um sistema de treinamento médico usando realidade aumentada. 2017 Conferência Internacional de Informática Inteligente sobre Ciências Biomédicas (ICIIBMS). do#10.1109/iciibms.2017.8279706

[10] MF Hossain, S. Barman e AKMB Haque, "Realidade Aumentada para Educação; Livro Infantil AR", TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Kochi, India, 2019, pp. 10.1109/TENCON.2019.8929565.

[11] Site do Free Code Camp "<https://guide.freecodecamp.org/game-development/unity/>".

[12] Site geek para geek "<https://www.geeksforgeeks.org/interesting-facts-sobre-dó-sustenido/>".

[13] Geeks para Geeks "Site <https://www.geeksforgeeks.org/csharp-programming-language/>".

[14] Site Code Xoxo "<https://www.codexoxo.com/advantages-c-sharp-linguagem/>".

[15] Site Easy AR "<https://www.easyar.com/view/download.html>".

[16] Site do Blender "<https://www.blender.org/>".

[17] Site do Audacity "<https://www.audacityteam.org/about/>".

[18] Site Unity Scripting "<https://docs.unity3d.com/2019.1/Documentation/ScriptReference/>".

[19] Site do Sistema Unitário Animação "<https://docs.unity3d.com/Manual/animeditor-Creating-A-New-Animation-Clip.html>".

[20] Unidade Animador Controlador "<https://docs.unity3d.com/Manual/class-AnimatorController.html>".