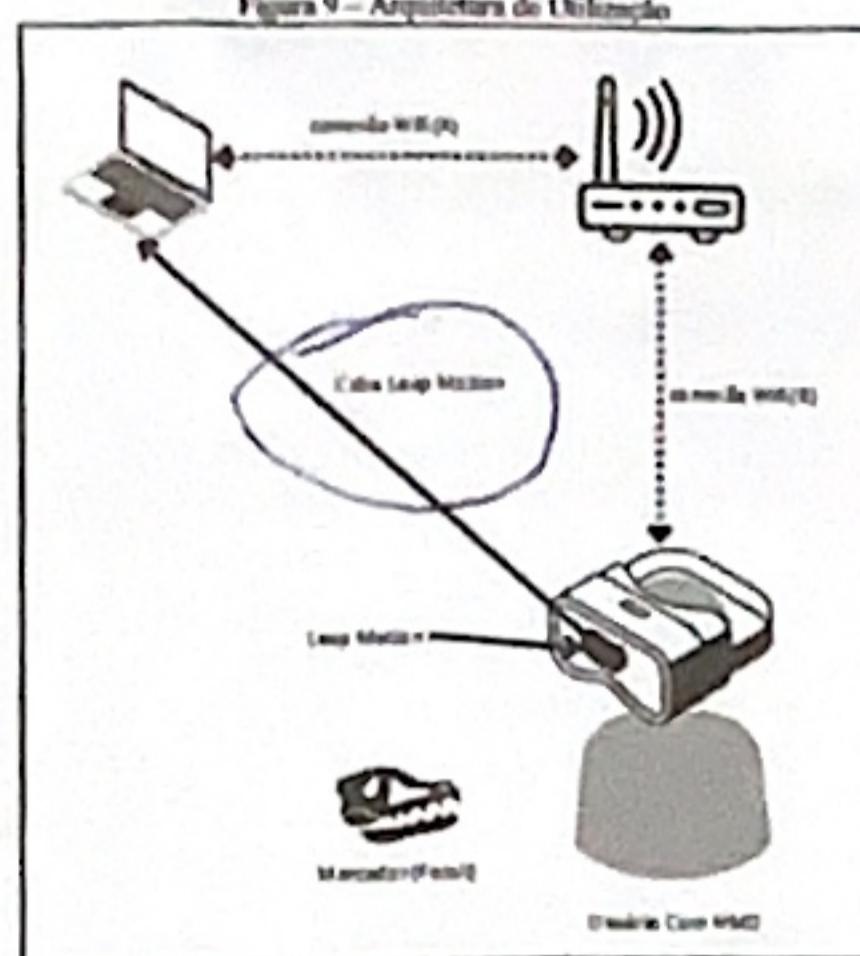


marcadores e na mão. Cada instância precisa enviar dados diferentes para a outra, sendo que o Android envia os dados de posição e rotação da sua câmera e do marcador do HMD, enquanto o Windows envia a posição dos botões que foram mapeados na mão esquerda da usuário e as interações das mãos com os botões.

Essa arquitetura pode ser visualizada na Figura 9. Nessa configuração, o computador não é o servidor e cliente Windows, conectando-se com o celular por meio de uma rede Wi-Fi. O Leap Motion se conecta ao computador por cabo e fica posicionado na frente do HMD. Por fim, o celular está dentro do HMD, de forma que sua câmera fique posicionada em uma abertura feita para captar o que está situado na frente do usuário.

Figura 9 – Arquitetura de Usuário



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para a sincronização, foram criados dois GameObjects: o servidor e o player. O servidor tem a função de manter as variáveis sincronizadas com o servidor e, caso uma delas seja alterada, executar os métodos adequados para atualizar a cena. Por outro lado, o player é responsável por fazer as alterações, pois é ele que tem a autoridade de alterar as variáveis sincronizadas no servidor. Conforme pode ser visualizado na Figura 10, o servidor é composto por dois componentes: o Network Identity e o script do servidor. O primeiro é um componente do Mirror que tem a função de autenticar esse GameObject no servidor, permitindo que a comunicação aconteça.

O script servidor armazena as variáveis necessárias para a sincronização entre as instâncias, que são a posição e rotação da câmera virtual, marcador, botões de marcador e o painel de botões na mão, assim como as variáveis que indicam qual botão foi pressionado e se os botões da mão estão visíveis. Além disso, o servidor também armazena referências a GameObjects que precisam ser alterados caso determinadas variáveis tenham seu valor alterado, e métodos vinculados a cada variável para executar as alterações. O servidor também armazena uma variável booleana que serve para saber se a aplicação está sendo executada no Windows ou no Android. A necessidade dessa variável se dá devido ao funcionamento da sincronização de dados no Mirror, em que ao atualizar o valor de uma variável todos os usuários executam o método para atualizar o correspondente GameObject. No entanto, na aplicação, era necessário que apenas uma das instâncias atualizasse a variável e a outra apenas utilizasse o GameObject. Por isso, cada método de atualização de GameObject possui uma verificação para determinar se devem ou não atualizar o GameObject, sendo o script player responsável por determinar qual instância deve atualizar as variáveis.

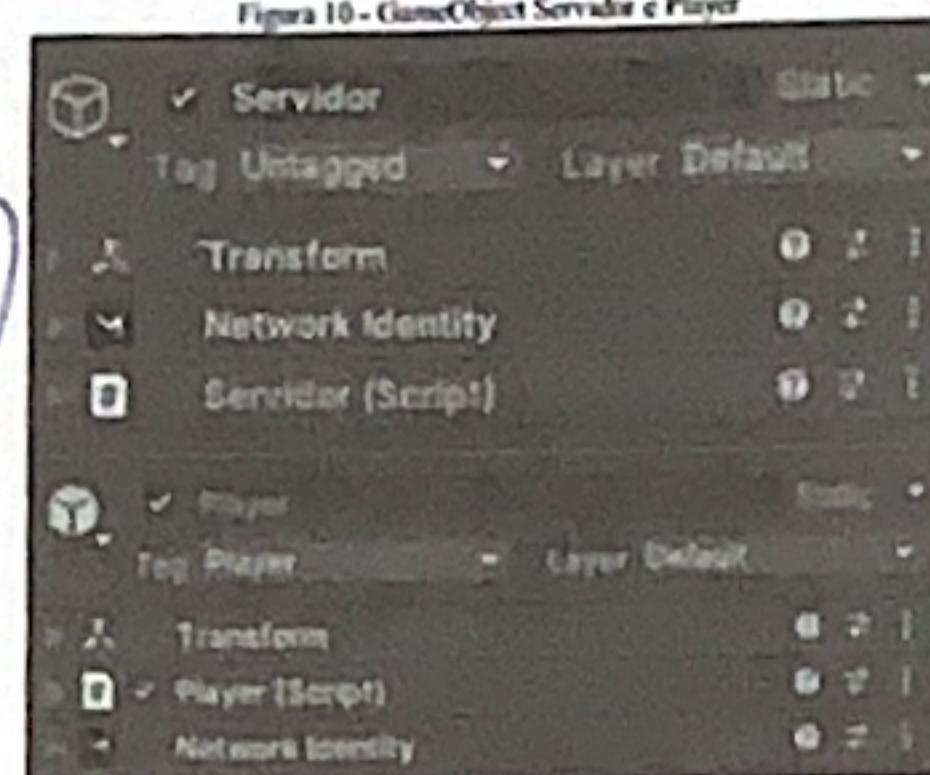
O Player não está presente na cena desde o início; na verdade, ele é um Prefab, ou seja, um GameObject que pode ser criado por meio de código. O componente Network Manager é quem cria esses GameObjects, criando um para sua instância quando se conecta com o servidor. Ele é composto por dois componentes: o Network Identity e o script player, como demonstrado na Figura 10. O script player

TP Server

Não ser UNOS pre BUL

WUR?

Figura 10 – GameObject Servidor e Player



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Além desses dois scripts, foram criados mais quatro que lidam com as interações do usuário, que são o BotõesCallBack, BotõesController, Painel e Linhas. O BotõesCallBack tem o propósito de servir como uma ponte entre o script do Button 3D do Leap Motion e o player, pois o script do botão possibilita adicionar uma chamada de um método de um GameObject, caso o botão seja pressionado, devido de ser pressionado, seja desabilitado, entre outras. Como um player só existe a partir do momento que uma instância se conecta com o servidor, não teria como adicionar a chamada de um método do player. Para que esse script funcione, os botões foram divididos em dois grupos: os botões do marcador e os da mão, em que cada um dos botões do grupo possui um índice que começa em 1. O BotõesCallBack possui um método para cada grupo que recebe um valor int, em que o botão se pressionado passa o índice correspondente, mas quando o botão deixa de ser pressionado ele passa o índice 0 para que possa saber que não tem mais nenhum botão daquele grupo pressionado. Por fim, esses métodos chiamam seus respectivos métodos no player que atualiza a devida variável no servidor, propagando a informação até que os outros scripts que geram a resposta visual no usuário. A interação entre os scripts criados pode ser visualizada na Figura 11.

O script BotõesController tem a função de controlar como cada ação de um botão vai alterar os objetos e informações que o usuário vai visualizar. Ao acionar um dos botões no marcador, é acionado o método AcionarBotão que recebe o índice do botão e realiza a ação de pressionar o botão, como mudar o texto que está sendo mostrado no painel. Caso o índice seja 0, ele desfaz a ação de pressionar. De forma similar, o método AcionarBotãoPainel, lida com o pressionar dos botões da mão, mas, neste caso, não há a ação de pressionar o botão, mas sim de mudar a cor dos objetos associados na mão do usuário. Caso o final seja selecionado, as informações no painel de informações são removidas, e dois botões são exibidos ao redor do marcador do final, cada um com uma linha apontando para uma determinada parte do final com informações relevantes. Se o modelo da rocha for selecionado, é adicionado um modelo 3D do final ainda dentro da rocha, além de ficar somente um dos dois botões com uma linha apontando para a rocha. Também surgem dois textos que se referem às partes da rocha que possuem informações relevantes, usando linhas para apontar para elas.

BUL e
proBlem

10

Motion funcionava na versão standalone, mas a biblioteca Vuforia não; na versão UWP, ocorria o oposto. Isso se devia ao fato de que a biblioteca Vuforia necessita de permissão para acessar os dispositivos de câmera do Windows, permissão essa concedida apenas pela versão UWP. Por outro lado, a biblioteca Leap Motion não funcionava na versão UWP devido à impossibilidade da aplicação estabelecer comunicação com a aplicação.

Então se adotou uma outra abordagem, mantendo o uso do computador e do celular. Em vez de o celular servir apenas como dispositivo de captação e visualização, ele passou a desempenhar o papel de detecção dos marcadores, visualização e posicionamento dos GameObjects. O computador, por sua vez, ficou responsável por detectar os movimentos das mãos e as interações das mãos com os demais GameObjects. Para isso, foi necessária uma sincronização entre as duas instâncias, para a qual se optou por utilizar a biblioteca Mirror. Por fim, foram criados GameObjects intermediários na hierarquia dos GameObjects, cujas posições foram sincronizadas para permitir pequenos ajustes finos de posição, rotação e escala.

Foi observado durante os testes que, devido ao constante cálculo da posição dos marcadores pelo Vuforia, as transformações dos GameObjects apresentavam pequenas variações. Cada mudança nos valores resultava em vários comandos de sincronização na outra instância, levando os GameObjects a oscilações constantes. Para resolver esse problema, foram criados códigos que verificavam se a mudança na posição dos GameObjects sincronizados ficava abaixo de um determinado valor. Quando essa variação excedia esse valor, os comandos de sincronização eram ignorados.

Além disso, durante os testes, foi observado que o marcador do final não era detectado em determinadas posições. Isso ocorreu devido à falta de pontos de referência para algumas partes do final, bem como à semelhança visual entre certas posições e suas posições opostas, tornando difícil a distinção entre elas.

4.2 TESTES COM USUARIOS

Após o desenvolvimento, a aplicação foi instalada na Exposição de História Natural Fritz Müller – FURB, ficando disponível para que qualquer visitante pudesse utilizar. Os testes foram realizados com 5 participantes na presença do autor. Antes dos testes, foi dada uma breve explicação dos componentes da aplicação e sua posição; em seguida, os participantes puderam usar a aplicação. Após terem utilizado todos os recursos disponíveis na aplicação, foi solicitado o preenchimento de um questionário que continha duas etapas. A primeira etapa consistiu em receber informações sobre o perfil dos participantes; as respostas podem ser visualizadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Perfil dos participantes

Idade	18	20%
	21	20%
	25	40%
	33	20%
Você utiliza dispositivos móveis com qual frequência?		
	Nunca utilizei	0%
	Às vezes	20%
	Frequentemente	80%
Indique seu grau de familiaridade com Realidade Aumentada:		
	Nunca ouvi falar	20%
	Conheço, mas nunca utilizei	20%
	Já utilizei	60%

Fonte: elaborado pelo autor.

Na segunda etapa do questionário, foram incluídas perguntas relacionadas à proposta da aplicação e à utilidade das funcionalidades. Para as respostas de utilidade, foi utilizada uma escala de 1 a 5, onde 1 representa "não" e 5 representa "sim", além de possuir um campo de observações. As perguntas juntamente com as respostas dos participantes podem ser visualizadas no Quadro 5.

No que diz respeito à proposta da aplicação, todos concordaram que a aplicação ajudou a despertar interesse e melhorar a compreensão sobre o fossil, e que a utilização dessa abordagem pode ajudar nas explicações e compreensão de assuntos relacionados a este tema. A maioria dos participantes achou a aplicação intuitiva e fácil de usar, e não sentiram desvantagens ao utilizar o HMD. As observações feitas sobre ele foram de uma primeira entusiasmo ao utilizá-lo, mas que passava após alguns minutos de utilização.

Os participantes classificaram sua experiência com os botões do Fossil e os da mão como médium a boa. Durante os testes, foi necessário oferecer um pequeno auxílio para que fosse possível realizar as interações com mais facilidade, pois foi relatada uma dificuldade em perceber a real posição dos botões devido à falta de oculto sobre os dedos. Em relação à visualização das informações no painel virtual, todos os participantes a classificaram como boa, informando durante a utilização que não apresentavam dificuldades para ler as informações tanto do painel como as do fossil. Além disso, mencionaram que a qualidade gráfica dos componentes da aplicação foi satisfatória.

Um dos problemas notados durante a montagem e os testes foi que o comprimento dos cabos limitava a movimentação dos participantes, sendo o cabo do Leap Motion o responsável. Ao tentar utilizar um extensor, o aparelho não funcionava, assim seria necessário comprar um cabo mais comprido e que tivesse uma taxa de transferência de dados superior a um USB 2.0. Além disso, o smartphone não conseguiu se conectar corretamente ao extensor, mesmo estando conectado ao carregador, sendo um dos motivos o constante processamento do Vuforia.

Quadro 5 - Opinião dos entrevistados sobre o aplicativo

	Sim	100%	Não	0%
Você acha que a aplicação ajuda a melhorar a compreensão do conteúdo relacionado no fossil?	Sim	100%	Não	0%
A ferramenta conseguiu despertar em você interesse em conteúdos ou assuntos relacionados ao Fóssil?	Sim	100%	Não	0%
Você acha que com esta abordagem para a demonstração de conteúdos relacionados ao Fóssil, possa ajudar na explicações e compreensão de assuntos relacionados a este tema?	Sim	100%	Não	0%
De modo geral, você acha a aplicação intuitiva e fácil de usar?	1	20%	4	80%
Como você classificaria a sua experiência com os botões de interação em volta do fossil?	3	40%	4	60%
Como você classificaria a sua experiência com os objetos de seleção da mão esquerda?	4	80%	5	20%
Você se sentiu confortável utilizando o Head Mount Display?	Sim	60%	Não	40%
Qual o grau de facilidade de visualização das informações no painel virtual da aplicação?	5	80%	4	20%
O que você achou da qualidade das gráficas da aplicação?	5	80%	4	20%
Como você avaliou a sua experiência com o Fossil AR?	4	60%	5	40%

Fonte: elaborado pelo autor.

No geral, os resultados foram considerados satisfatórios, visto que a maioria dos participantes demonstrou interesse em poder interagir com o fossil usando as mãos. Alguns participantes tiveram dificuldades em interagir com os botões, e em saber quais eram as possíveis interações que a aplicação oferecia. Esses pontos, em conjunto com os comentários ao final do questionário, demonstraram que a aplicação possui vários aspectos positivos de melhoria que podem ser explorados em trabalhos futuros.

4.3 COMPARATIVO COM OS TRABALHOS CORRELATOS

O Quadro 6 apresenta um comparativo entre os trabalhos correlatos. Como pode ser observado, o trabalho de Cardoso et al. (2014) e Valentini (2018) propõe-se a criar aplicações que permitam aos usuários experimentarem uma maneira mais interativa de adquirir novos conhecimentos por meio de RA. Por sua vez, Bento (2021) se propõe a criar uma experiência de inserção em RV que estimule a criatividade do usuário, permitindo-o desenhar usando as mãos.

Essas aplicações utilizam diferentes ferramentas para criar os ambientes de interação. Cardoso et al. (2014) faz uso do FLARToolkit e Papervision 3D para proporcionar uma aplicação que possa ser executada em navegadores, proporcionando uma maior facilidade de acesso a ela. A aplicação de Bento (2021) utiliza o Unity, um motor gráfico robusto que permite alterar cores e adicionar objetos, além de várias bibliotecas para as mais diversas funcionalidades, permitindo assim a adição de dispositivos à aplicação com o Leap Motion. Por sua vez,

13

Valentini (2018) faz uso do ARToolkit, uma biblioteca feita para facilitar a criação de aplicações de RA, proporcionando várias funções prontas para agilizar e facilitar o processo de criação em RA. Quanto ao FossilAR, este utiliza o Unity para a criação do ambiente interativo com o usuário e a conexão com o Leap Motion, bem como o Vuforia para detecção dos marcadores.

Quadro 6 - Comparativo com os correlatos

Trabalhos Correlatos	Cardoso et al. (2014)	Bento (2021)	Valentini (2018)	FossilAR
Características				
Desenvolve uma aplicação de RA	Sim	Não	Sim	Sim
Utiliza o Leap Motion	Não	Sim	Sim	Sim
Utiliza de marcador de RA	Sim	Não	Sim	Sim
API de RV / RA	FLARToolkit	-	ARToolkit	Vuforia
Renderização dos modelos virtuais	Papervision 3D	Unity	-	Unity
Linguagem utilizada	Adobe ActionScript, Html e PHP	C#	-	C#

Fonte: elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, a aplicação alcançou seu objetivo de utilizar Realidade Aumentada em conjunto com o Leap Motion para criar uma experiência de interação usando as mãos para a Exposição de História Natural Fritz Müller - FURB. Os participantes também se mostraram motivados e interessados em aprender mais sobre os fósseis. No entanto, é importante ressaltar que muitos pontos de melhoria foram encontrados nos testes, o que confere à aplicação um potencial significativo de melhoria, sendo um dos principais pontos a adição da oclusão das mãos do usuário, para que possa melhorar o entendimento do usuário em relação à posição dos botões e demais componentes.

O Unity se provou uma ferramenta mais do que suficiente para o desenvolvimento em Realidade Aumentada, stando todas as necessidades com excelência. No entanto, a utilização de certos componentes, Gameobject's e configurações apresenta uma curva de aprendizado mais acentuada, mas a comunidade existente ao redor do Unity facilita o aprendizado e a correção de erros. Outro ponto a ser comentado é o fato do Unity utilizar a linguagem C#, que, por ser similar à linguagem Java, na qual já possuia um conhecimento prévio, facilitou o entendimento de scripts existentes e criação de novos.

Quanto às bibliotecas utilizadas, o Vuforia se mostrou muito simples e fácil de utilizar e modificar, sendo o ponto que apresentou a menor dificuldade a gravação e utilização de um marcador com base em um modelo 3D. O Ultraleap Tracking foi capaz de atender às necessidades de gerar interações das mãos do usuário com os demais objetos em cena. Por fim, o Mirror se apresentou mais do que capaz de permitir uma conexão entre dispositivos diferentes e manter cenas e objetos sincronizados.

Para possíveis extensões desse trabalho, resulta-se principalmente a adição da oclusão das mãos do usuário, edição de novas fases para interação, procurar alternativas para melhorar a identificação do marcador do fossil, adição de efeitos sonoros, procurar maneiras diferentes de demonstrar as informações ao usuário (como a aplicação Cat Explorer), tornar o HMD mais confortável, science a esterescopia na visualização do usuário e procurar maneiras de sincronizar as cenas de maneira mais precisa.

6 REFERÊNCIAS

ARAUJO, Alexandre de Carvalho. Interacção gestual usando o Leap Motion para visualização em Realidade Aumentada através do Meta 2. 2018. 33 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Maranhão (Ufma), São Luís, 2018.

BENTO, Gabriel Brogni. Um Aplicativo de Desenho Em Realidade Virtual Utilizando o Leap Motion. 2021. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Departamento de Sistemas e Computação, Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, 2021.

BOMBINHAS, Portal de Turismo do Museu de História Natural Charles Darwin. 2019. Disponível em: <https://turismo.bombinhas.sc.gov.br/o-que-fazer/item/museu-de-historia-natural-charles-darwin>. Acesso em: 24 nov. 2022.

14

CARDOSO, Raul G. S. et al. Uso Da Realidade Aumentada Em Auxílio À Educação. Computer On The Beach 2014, São Luís, p. 130-139, 2014. Disponível em: <http://periodicos.univali.br/index.php/autob/article/view/5337>. Acesso em: 21 nov. 2022.

CONCEITO. Conceito de Museu. 2020. Disponível em: <https://conceito.de/museu>. Acesso em: 23 nov. 2022.

COSTA, Maria João Paesold Rodrigues Gomes da et al. A Realidade Virtual e a Realidade Aumentada na Exposição de Obra de Arte A Pandemia de COVID-19. 2020. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrados da Arte, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2020.

ICOM, O Conselho Internacional de Museus. ICOM aprova Nova Definição de Museu. 2022. Disponível em: <https://www.icom.org.br/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SILVA, Sílvia Siqueira Neves da. Realidade virtual em museu: Estudo de caso do Newsmuseum em Sintra. 2018. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Empresendedorismo e Estudos da Cultura, Especialização em Entretenimento e Indústrias Criativas, Departamento de História, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2018.

TORI, Romero et al. (ed.). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Belém: Sbc, 2006. 412 p.

ULTRALEAP. Cat Explorer. 2021. Disponível em: <https://gallery.ultraleap.com/cat-explorer/>. Acesso em: 10 ago. 2022.

ULTRALEAP. Leap Motion Controller. 2020. Disponível em: <https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller>. Acesso em: 20 ago. 2022.

VALENTINI, Pier Paolo. Natural Interface for interactive virtual assembly in augmented reality using Leap Motion Controller. International Journal Of Interactive Design And Manufacturing (ijidm), [S.l.], v. 12, n. 4, p. 1157-1165, 5 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s12098-018-0461-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12098-018-0461-0>. Acesso em: 21 nov. 2022.

15