

Realidade Virtual e Aumentada

Daniel Castro
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Fafe, Portugal
8160445@estg.ippt.pt

Abstract—Este artigo relata a experiência realizada no âmbito da unidade curricular de Realidade Virtual e aumentada do mestrado de engenharia informática. Esta experiência teve como principal foco a prática de todos os conhecimentos adquiridos. A realidade é representada de diferentes formas em ambientes virtuais por meio de Realidade Virtual VR e Realidade Aumentada AR. Neste artigo, mostramos a diferença e forma de como uma experiência de montagem de móveis são retratadas e traduzidas para uma ambiente VR e AR.

I. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

As tecnologias de Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR) são cada vez mais populares, à medida que o hardware e o software evoluem e se tornam mais acessíveis para uma ampla gama de aplicativos. Eles têm sido aplicados em diferentes áreas devido ao seu potencial para melhorar as experiências do utilizador em aprender, treinar, simular, jogar ou outras tarefas.

A. Motivação

A motivação deste artigo é solucionar o problema de um empresário de mobiliário e eletrodomésticos que pretende inovar a distribuição dos seus produtos e otimizar a experiência de montagem dos seus produtos aos seus clientes. Infelizmente, devido à escassez de trabalhadores de montagem são difíceis de encontrar e dispendiosas para os seus clientes.

Na componente de Realidade Virtual o empresário pretende permitindo que os utilizadores navegar e interagir, visualizar, manipular objectos no ambiente virtual. A experiência pretendida pelo empresário deve permitir ao utilizador montar um produto como um puzzle 3D.

Na componente de Realidade Aumentada o empresário desenvolver uma aplicação de Realidade Aumentada que possua as mesmas características que o artefacto desenvolvido em Realidade Virtual, mas que fosse possível utilizar e pré-visualizar o mobiliário no ambiente real. Porém, foram pedidas novas funcionalidades a serem implementadas como: **i)** inserção de mobiliário virtual num ambiente real; **ii)** inserção de múltiplos objetos virtuais no ambiente real; **iii)** montagem dinâmica em ambiente de Realidade Aumentada; **iv)** reconhecimento de pelas e elementos de montagens através de modelos de machine learning, tags ou imagens de reconhecimento; e **v)** reconhecimento de mobiliário e utilizadores já presentes no ambiente real para futuras recomendações ao cliente;.

B. Definição Realidade Virtual

A Realidade Virtual pode geralmente ser definida como um objeto virtual em um ambiente virtual, mais precisamente uma simulação ou uma recriação artificial, ambiente ou situação da vida real gerada por computador, imergindo o utilizador dando-lhe a impressão de experimentar a realidade simulada em primeira mão, principalmente estimulando sua visão e audição. Um bom sistema de Realidade Virtual deverá permitir que os utilizadores caminhem fisicamente ao redor dos objetos e toquem nesses objetos como se fossem reais, ou seja, um ambiente no qual pode ser navegado e

possivelmente interagido, resultando em uma simulação no tempo de um ou mais dos cinco sentidos do usuário que está completamente imerso no mundo real.

C. Definição Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada teve várias definições ao longo dos anos, por exemplo em 1994 no artigo “*Milgram's Reality-Virtuality Continuum*” [1] de *Milgram* e *Kishino*, estes definem a Realidade Mista como uma mistura do mundo real e virtual. No contexto de Realidade Mista eles referem-se a Realidade Aumentada como “qualquer caso em que um ambiente de outra forma real é aumentado por meio de objetos virtuais (gráficos computacionais)”.

Já em 1997, no artigo “*A Survey of Augmented Reality*” [2] de *Azuma*, este retomas as mesmas observações que *Milgram* e *Kishino*, porém define RA de forma abrangente : “Realidade Aumentada (AR) é uma variação de Ambientes Virtuais (VE), ou Realidade Virtual. As tecnologias VE mergulham completamente o usuário em um ambiente sintético. Enquanto estiver imerso, o usuário não pode ver o mundo real ao seu redor. Em contraste, a RA permite ao usuário ver o mundo real, com objetos virtuais sobrepostos ou compostos com o mundo real” [2, p.2].

Quatro anos depois, *Azuma* [3, p.34] afirmou que a RA “combina objetos reais e virtuais em um ambiente real; roda interativamente e em tempo real; e regista (alinha) objetos reais e virtuais entre si”. Esta é uma definição amplamente aceita que também é usada em trabalhos atuais como *Javornik* [4, p.5) e *Billinghurst, Clark e Lee* [5, p.84].

D. Tecnologias, Recursos e Ferramentas

A componente de Realidade Virtual foi desenvolvida com recurso as seguintes ferramentas, sendo estas: **i)** *VRTK* [6], framework desenvolvimento da simulação; **ii)** *Unity* [7], IDE de desenvolvimento da simulação; **iii)** *Unity Assets Store* [8], obtenção de modelos; **iv)** *Website polantis* [9], obtenção de modelos de produtos IKEA; e **v)** *Blender* [10], para recorte de modelos utilizados na simulação;

Para a componente de Realidade Aumentada foram utilizadas as seguintes ferramentas e tecnologias : **i)** **HTML5** [11], linguagem de marcação padrão para páginas da Web; **ii)** **JavaScript** [12], linguagem de programação interpretada estruturada, de script em alto nível com tipagem dinâmica fraca e multiparadigma; **iii)** **CSS** [13], linguagem para adicionar estilo (fontes, cores, espaçamento) a documentos da Web; **iv)** **Jquery** [14], biblioteca de funções JavaScript que interage com o HTML, desenvolvida para simplificar os scripts interpretados no navegador do cliente; **v)** **Bootstrap** [15], framework web com componentes de interface e front-end para sites e aplicações web usando HTML, CSS e JavaScript; **vi)** **WebXR** [16], framework que permite desenvolver e hospedar experiências de VR e AR na web; e **vii)** **Three.js** [17], biblioteca JavaScript/API cross-browser usada para criar e mostrar gráficos 3D animados em um navegador web. Three.js usa WebGL;

II. DETALHES DAS TÉCNICAS UTILIZADAS NO DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR

Nesta secção serão descritas e comparadas as técnicas utilizadas nas componentes desenvolvidas de Realidade Virtual e Realidade Aumentada.

A. Técnicas de Realidade Virtual

Uma experiência de Realidade Virtual é composta por três componentes de acordo com o que foi apresentado durante a unidade curricular, sendo estas: interatividade, navegação e sistemas de controlo.

Para instanciar o simulador de Realidade Virtual da nossa experiência, com recurso à framework VRTK, foi necessário instanciar os seguintes gameObjects [VRTK_SDKManager], [VRTK_Scripts], [VRTK_Teleport].

O [VRTK_SDKManager] é responsável por instanciar o simulador e permitir a navegação na simulação. O [VRTK_Scripts] é responsável por instanciar os controlador esquerdo e direito que permite a interatividade com o meio virtual. Por fim, o [VRTK_Teleport] que contém scripts do VRTK que possibilitam o teleport do utilizador na cena da simulação.

1. Interatividade

A componente de interatividade é que possibilita a interação do utilizador com objectos no ambiente de Realidade Virtual. A nossa experiência virtual é composta por componentes: seleção, manipulação e Snap Drop Zones.

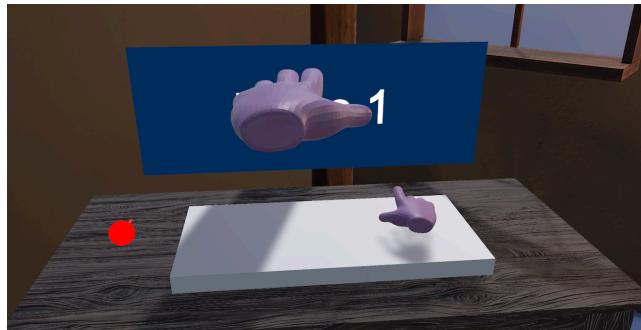
i. Seleção e Manipulação

Na componente de seleção e manipulação de objectos foi utilizada a técnica de mão virtual. A técnica da mão virtual que é uma interação natural em que o utilizador apenas seleciona e manipula os objectos alcançáveis pela sua mão virtual.

Na simulação desenvolvida a mão virtual é representada por duas esferas. No entanto, foi criado um script que permite instanciar ao premir na tecla "R" as mãos virtuais com outros objectos personalizados, que se denomina "ToggleCustomHands".

O processo de selecção é realizado no momento em que o utilizador coloca o rigidbody da sua mão virtual em colisão com o rigidbody do objecto que pretende selecionar. O script responsável por realizar esta deteção denomina-se "VRTK_InteractNearTouch".

No momento de colisão, se o utilizador usar o utilizador estiver a utilizar uma mão virtual personalizada, esta demonstra a selecção de um objecto através de uma animação, em que a mão virtual tem o dedo indicador e polegar levantados. Podendo observar a animação na Fig. 1.



1. Exemplo animação seleção peça em uma zona Spawn Peça Estante

O processo de manipulação é iniciado após o utilizador realizar a seleção do objecto e pressionar a ação de agarrar, assim o objecto passa a estar agarrado à sua mão virtual,

permitindo a sua manipulação. Os scripts responsáveis estão localizados no gameObject [VRTK_Scripts], sendo estes: "VRTK_InteractiveTouch", "VRTK_InteractiveUse" e o "VRTK_InteractiveGrab". Na Fig. 2 é possível observar um exemplo de manipulação de objeto.



2. Exemplo manipulação peça em uma zona Spawn Peça Estante

ii. Snap Drop Zones

Uma Snap Drop Zone (ou "Snap Zone") é uma área designada onde o utilizador pode colocar um objeto perto dele, que ilumina para indicar que o utilizador o pode colocar lá. Ao libertar o objeto que está a ser manipulado, este "encaixará" no lugar. Isto é útil para informar o utilizador que objetos devem ser colocados nestas áreas, pois é possível definir com o uso de tags que objetos podem realizar o "snap" nestas áreas.

Através desta técnica foi possível desenvolver os seguintes componentes: zona de spawn de peças de estante, zona de montagem da estante e zona de destruição de peças.

a. Zona de Spawn de Peças de Estante

Uma zona spawn de peças de estante é uma Snap Drop Zone configurada para que ao realizar o utilizador ao selecionar e "agarrar" o objeto, que esta encaixado nesta área, duplique e fique "agarrado" à mão virtual do utilizador. É possível observar a seleção e o "agarrar" de uma peça a uma zona spawn de peças estante nas Fig. 1 e 2.

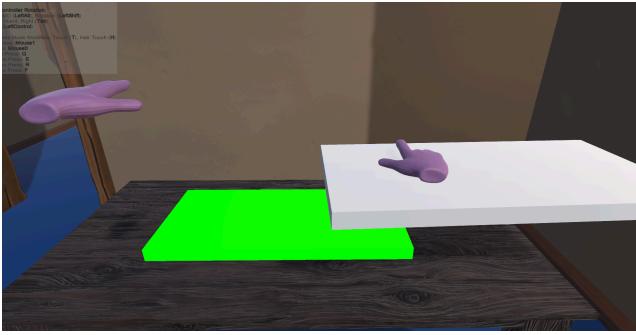
b. Zona de Montagem de Estante

Uma zona de montagem de estante é uma Snap Drop Zone configurada para aceitar gameObjects que possuem uma tag que foi definida no script "VRTK_PolicyList".

A zona de montagem de estante está em destaque com em vermelho para que o utilizador possa reconhecer, e esta torna-se verde se uma peça esteja perto de uma zona de montagem que aceite essa peça, observável na Fig. 3 e Fig. 4.



3. Exemplo Peça Estante fora da Zona de Montagem de Estante



4. Exemplo Peça Estante dentro Zona de Montagem de Estante

c. Zona de Destruição

Uma zona de destruição é uma Snap Drop Zone configurada para aceitar gameObjects destruir qualquer objeto que realizem “snap” na zona. Este tipo de “snap zone” possui o script “DestroyGarbage” que quando o evento de “snap” de um objeto ocorre, este script destrói o objecto que realizou o “snap”. Um exemplo de uma zona de destruição ver Fig. 5.



5. Exemplo Zone de Destruição

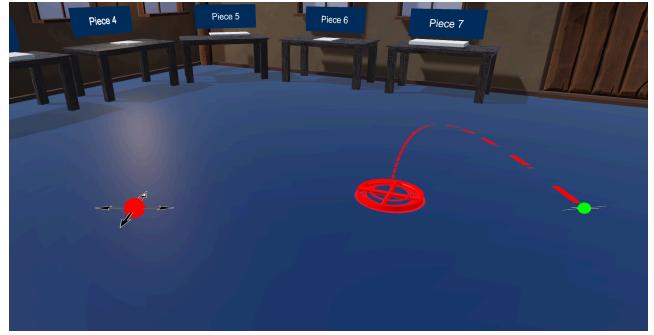
2. Navegação

A componente de navegação é a que permite ao utilizador navegar pelo ambiente virtual. Esta navegação foi configurada para ser realizada com o teclado e rato do computador.

O gameObject [VRSimulator_CameraRig] contém o script “SDK_Input Simulator”, onde está definida a configuração da teclas de navegação no ambiente virtual, como ações de andar para a frente, para trás, agarrar, rodar a mão virtual, entre outras.

A ação de teletransporte também foi implementada através da técnica de raycast, em que o utilizador pressiona a de teletransporte, neste caso é tecla “Q”, no seu display mostra em arco o apontador e ao larga a tecla o utilizador é teletransportado para as coordenadas do apontador.

O script responsável por este processo chame-se VRTK_BezierPointerRender” e está localizado no gameObject [VRTK_Scripts], que contém as configurações dos controladores da experiência virtual. O TeleporterPolicy contém o script “VRTK_PolicyList” que é usado para definir tags dos objecto para os quais não é possível realizar teletransporte. Podendo observar na Fig. 6 um exemplo de seleção de teletransporte.



6. Exemplo Seleção Teletransporte

3. Sistemas de Controlo

O sistema de controlo da simulação de montagem de moveis virtual é composto por dois scripts, sendo estes: “PieceController” e “StepController”

No decorrer da experiência de montagem de virtual o utilizador tem uma mesa de montagem com uma zona de montagem de estante e uma painel com as instruções de montagem.

Por cada vez que o utilizador realize uma instrução ao colocar a peça de estante correta na zona de montagem, o script “PieceController” destrói a peça e a zona de montagem de estante do passo anterior, de seguida instância a próxima zona de montagem com a peça do passo anterior combinada, observar Fig. 4 e Fig. 7. Depois de realizada a instanciação da próxima zona de montagem, o script “StepController” é responsável por atualizar o texto do painel 3D com o texto do próximo instrução, pode visualizar-se nas Fig. 7 e Fig. 8.



7. Exemplo Zona de Montagem montada com a peça do(s) passo(s) anterior(es) do manual de montagem



8. Exemplo Painel 3D com passos do manual de montagem

B. Técnicas de Realidade Aumentada

Para criar uma experiência de RA na web foi utilizado o WebXR que permite hospedar aplicações RV e RA num browser. Para isso é necessário criar um XRSsession que é utilizado para interagir com a componente de RV e RA do dispositivo. Após a criação de uma XRSsession é possível instanciar uma *scene* com o suporte à biblioteca Three.js , que vai ser o meio de interação do utilizador com o ambiente virtual de RA.

Nesta seção serão descritas as técnicas utilizadas no desenvolvimento da experiência de RA para as componentes de *tracking*, *registration* e *rendering*.

1. Tracking

A componente de *tracking* foi utilizado o módulo “WebXR Hit Test Module” da WebXR. Este módulo é o mecanismo que permite à aplicação lançar raios (raycast) no ambiente do mundo real dos utilizadores e retirem o ponto em que o raio cruzou com um objeto físico juntamente com a sua orientação da superfície interceptada. Isto permite a construção de planos de acordo com as superfícies detetadas. Na Fig. 9 é possível observar a construção dos planos da superfície detetada que estão representados pelas linhas amarelas.

2. Registration

A componente de *registration* é responsável por posicionar objetos nos planos de superfícies detetados e construídos pela componente de tracking.

Para realizar posicionamento é utilizado um círculo que “*rendered*” se a câmera estiver apontada para um plano registado pela componente de tracking. Se o círculo for visível é possível realizar o registo de objetos na posição da superfície registada pelo círculo e posicionar na superfície de forma realista. Na Fig. 9 é possível observar que o círculo está visível o que indica que é possível realizar o *registration* de um objeto no plano detetado pelo raycast.

3. Rendering

A componente de *rendering* é utilizada para realizar o *rendering* da interface que o utilizador usa para controlar a aplicação RA e é usada para fazer o *rederring* dos modelos no *scene*.

Para interface da aplicação é utilizado o módulo “WebXR DOM Overlays Module” da WebXR, que permite mostrar conteúdo da Web 2D interativo durante uma sessão WebXR. Quando o recurso estiver ativado, o agente do usuário exibirá o conteúdo de um único elemento DOM como um retângulo 2D de fundo transparente. Nas Fig. 9 e 10 é possível observar o conteúdo HTML 2D.

Para realizar o *rendering* dos modelos é retirada a matrix de posição em a câmera está a apontar no plano criado pelo raycast. De seguida, esta matrix de posição é utilizada para posicionar o modelo na *scene* o que realiza o *rederring* para o “mundo real”. Nas Fig. 9 e 10 é possível o antes e o depois de realizar o *rendering* de um modelo numa *scene*.

4. Sistemas de Controlo

O sistema de controlo da aplicação é realizado pelos os botões HTML que estão no display do utilizador. O utilizador através destes que posiciona o modelo do móvel no “mundo real” e que realiza a montagem dinâmica do móvel.

O botão “*Place*” permite realizar o registo da posição do círculo indicador e faz o rendering da primeira peça do móvel no ambiente virtual. Os botões “*Previous*” e “*Next*” permitem controlar a montagem dinâmica do móvel, substituindo o modelo do móvel e o texto com as instruções

de montagem de acordo com o passo atual de montagem. Por fim, o botão “*Furniture*” abre uma “sidenav” que lista os móveis disponíveis para realizar a sua montagem dinâmica, visível na Fig. 11 e 12 .



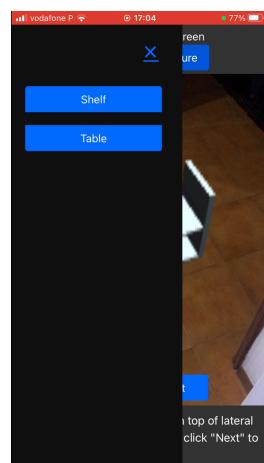
9. Display Aplicação RA 1



10. Display Aplicação RA 2



11. Display Aplicação RA 3



12. Display Aplicação RA 4

C. Técnicas Realidade Virtual vs. Realidade Aumentada

A Realidade Virtual substitui a realidade por um ambiente virtual, o que torna a experiência totalmente imersiva. No entanto, a Realidade Aumentada adiciona à realidade, projetando objetos e informações virtuais à realidade do utilizador.

No caso da nossa experiência de RV é utilizado o computador para transportar o utilizador para o ambiente virtual. A experiência de RA é acessível através de uma página web, o que a torna mais fácil o seu acesso pelos utilizadores.

As experiências criam os ambientes virtuais de formas distintas, pois em RV é necessário uma simulador para instânciar o seu ambiente virtual. Em RA, já é necessário fazer o *overlay* do ambiente virtual no mundo real . Mediante o exposto é preciso realizar o tracking dos ambiente real para realizar o registo de marcadores das superfícies do mundo e instânciar os objectos e informações do ambiente virtual no mundo real.

A interação com o ambiente virtual difere de RV para RA, enquanto que o utilizador utiliza o teclado e rato para interagir, o utilizador em RA utiliza o conteúdo HTML 2D que foi renderizado para interagir com o ambiente virtual.

III. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

Nesta seção serão as técnicas utilizadas para avaliar ambas experiências desenvolvidas e analisados os resultados destas avaliações e por fim será feita uma comparação de performance..

A. Avaliação Experiência de Realidade Virtual

O manual de montagem interativo foi sujeito a uma avaliação de imersividade da experiência de Realidade Virtual, sobre a forma de um questionário, que foi respondido por três utilizadores após realizarem a simulação.

O questionário utilizado tem como base a tabela 2 do artigo "*Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire*"[18], em que os utilizadores responderam às questões numa escala de 1 a 8, segundo a Fig.1 do artigo [18].

As questões estão categorizadas em fatores de presença definidos no artigo [18], sendo estes: *Control Factors* (CF), *Sensorial Factors* (SF), *Distraction Factors* (DF) e *Realism Factors* (RF). Para obter os valores reais das questões é multiplicado o valor respondido na escala de 1 a 8 com o valor de ITCorr da questão.

B. Avaliação Experiência Realidade Aumentada

Para esta aplicação de Realidade Aumentada foi realizada uma avaliação da experiência de Realidade Aumentada, com o apoio a um questionário e foi escolhido o questionário UEQ.

A seleção do questionário UEQ teve como base o artigo "*User Experience Design With Augmented Reality (AR)*" de Stumpp, Stefan & Knopf, Tobias & Michelis, Daniel [19]. O artigo examina a influência da tecnologia de Realidade Aumentada(RA) na experiência do utilizador, comparando a aplicação "IKEA Place AR" com o site da IKEA.

O principal objetivo do UEQ é permitir uma medição rápida e imediata da experiência do usuário. O UEQ considera aspectos de qualidade pragmática e hedônica. A versão original alemã da UEQ foi criada em 2005 por uma abordagem analítica de dados para garantir a relevância prática das escalas construídas, que correspondem a distintos aspectos de qualidade. Na Fig. 13 é possível observar o questionário UEQ em inglês.

annoying	oooooooo	enjoyable	1
not understandable	oooooooo	understandable	2
creative	oooooooo	dull	3
easy to learn	oooooooo	difficult to learn	4
valuable	oooooooo	inferior	5
boring	oooooooo	exciting	6
not interesting	oooooooo	interesting	7
unpredictable	oooooooo	predictable	8
fast	oooooooo	slow	9
inventive	oooooooo	conventional	10
obstructive	oooooooo	supportive	11
good	oooooooo	bad	12
complicated	oooooooo	easy	13
unlikable	oooooooo	pleasing	14
usual	oooooooo	leading edge	15
unpleasant	oooooooo	pleasant	16
secure	oooooooo	not secure	17
motivating	oooooooo	demotivating	18
meets expectations	oooooooo	does not meet expectations	19
inefficient	oooooooo	efficient	20
clear	oooooooo	confusing	21
impractical	oooooooo	practical	22
organized	oooooooo	cluttered	23
attractive	oooooooo	unattractive	24
friendly	oooooooo	unfriendly	25
conservative	oooooooo	innovative	26

13.Questãoário UEQ em Inglês

O questionário de experiência de utilizador contém assim 6 dimensões com 26 itens:

- Atractividade: Impressão geral do produto. Os usuários gostam ou não gostam? Itens: agradável/irritante, bom/ruim, agradável/desagradável, pouco atraente/atraente, amigável / hostil.
- Perspicuidade: É fácil se familiarizar com o produto? Itens: não comprehensível/compreensível, fácil de aprender/difícil de aprender, fácil/complicado, claro/confuso.
- Eficiência: Os usuários podem resolver as suas tarefas com o produto sem esforço desnecessário? Itens: rápido/lento, eficiente/ineficiente, prático/imprático, organizado/desorganizado .
- Confiabilidade: O utilizador se sente no controlo na interação? Itens: imprevisível/previsível, auxiliar/obstrutivo, seguro/não seguro, atende às expectativas/não atende às expectativas.
- Estimulação: É excitante e motivador usar o produto? Itens: valioso/inferior, chato/excitante, não interessante/interessante, motivador/desmotivador.
- Novidade: O produto é inovador e criativo? Itens: criativo / maçante, inventivo / convencional, de ponta/usual, inovador/conservador.

Segundo o questionário original o utilizador responde aos itens/perguntas num escala de -3 a 3, em que -3 é o termo negativo totalmente acordado e 3 termo positivo totalmente acordado. No entanto, para facilitar a normalização e interpretação dos dados foi utilizada uma escala de 1 a 7, em que 1 é o termo negativo totalmente acordado e 7 termo positivo totalmente acordado.

C. Resultados Experiência Realidade Virtual

Os resultados dos questionários respondidos pelos utilizadores de forma sucinta são observáveis na tabela 1. Porém os questionários preenchidos pelos utilizadores para esta experiência de Realidade Virtual encontram-se nos anexos, nas tabelas 2, 3, 4.

Na tabela 1 estão dispostos o resultados dos questionários dos três utilizadores, nesta tabela estão os valores totais obtidos para cada fator de presença (CF, SF, DF e RF), adicionalmente foi calculado o valor de performance da simulação (P). O valor de P é calculado a soma os valores reais de todas as questões.

	User 1	User 2	User 3	Mean
Total CF	0,62	0,52	0,55	0,55
Total SF	0,54	0,60	0,57	0,57
Total DF	0,32	0,32	0,46	0,32
Total RF	0,50	0,48	0,42	0,48
Total P	0,53	0,50	0,55	0,53

Tabela 1 - Resultado Questionários de Presença

Para a categoria de Control Factors (CF) o valor médio alcançado foi de 55%. O valor obtive representa que a experiência de Realidade Virtual disponibilizou um nível medio de controlo ao utilizador na sua interação com o ambiente virtual e os objetos presentes neste.

A categoria de Sensorial Factors (SF) obteve uma média de 57%. Este valor indica que a simulação virtual disponibilizou um nível ligeiramente acima da média na

estimulação sensorial durante a navegação do ambiente virtual.

Na categoria de Distraction Factors (DF) conseguiu um valor médio 32%. A experiência demonstrou que teve problemas em isolar o utilizador do mundo real.

Na ultima categoria de Realism Factors (RF) atingiu o valor médio de 48%. A simulação de RV demonstrou ter um nível médio de realismo do seu ambiente virtual.

O valor médio de performance da simulação (P) foi de 53%, o que demonstra que os utilizadores acharam que a performance geral da experiência foi mediana.

D. Resultados Experiência Realidade Aumentada

O questionário foi respondido por três utilizadores após as suas experiências com a aplicação de montagem de Realidade Aumentada.

Os resultados dos questionários respondidos pelos utilizadores de forma sucinta são observáveis na tabela 2. Porém os questionários preenchidos pelos utilizadores para esta experiência de Realidade Aumentada encontram-se nos anexos, nas tabelas 5, 6, 7.

Na tabela 2 estão dispostos os resultados dos questionários dos três utilizadores, nesta tabela estão os valores totais obtidos para cada dimensão (Attractiveness, Efficiency, Perspicuity, Dependability, Stimulation, Novelty), adicionalmente foi calculado o valor de performance da experiência (Total).

Dimension	User 1	User 2	User 3	Mean
Attractiveness	0,61	0,53	0,83	0,61
Efficiency	0,88	0,71	0,79	0,79
Perspicuity	0,96	0,88	0,79	0,88
Dependability	0,38	0,38	0,38	0,38
Stimulation	0,33	0,21	0,50	0,33
Novelty	0,13	0,08	0,33	0,13
Total	0,55	0,47	0,62	0,55

Tabela 2 - Resultados Questionários UEQ

A Atractividade é uma dimensão de pura subjectividade, esta dimensão representa a impressão geral que o utilizador extraiu da experiência de RA. Obteve-se um resultado médio de 61% que significa que os utilizadores tiveram uma impressão geral ligeiramente razoável sobre a experiência de RA.

Eficiência, perspicuidade e confiabilidade são dimensões da qualidade pragmática, estas descrevem qualidades da interatividade que se relacionem com as tarefas ou objetivos que o utilizador pretende alcançar com a experiência.

Na eficiência teve um resultado médio de 79%, que representa que a experiência mostrou-se ser boa em aspectos como ser rápida, eficiente, prática e organizada.

A dimensão de perspicuidade avalia se uma experiência é intuitiva, fácil e clara em que os utilizadores tiveram um resultado médio de 88%, que sugere que a experiência é muito boa nesta dimensão.

A dimensão de confiabilidade avalia se uma experiência é previsível, auxiliar, segura em que os utilizadores tiveram um resultado médio de 38%, que sugere que a experiência é má nesta dimensão.

A Estimulação e Novidade são dimensões da qualidade hedónica, que não se relacionam com tarefas e objetivos, mas descrevem aspectos relacionados ao prazer ou diversão da experiência de RA.

A experiência aumentada na dimensão de estimulação alcançou uma taxa média de 33% e na dimensão de novidade uma taxa média de 13%. Isto significa que a experiência de RA teve uma desempenho fraco nos aspectos de prazer e diversão durante a experiência.

IV. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A Realidade Virtual e a Realidade Aumentada diferem em como configuram o ambiente virtual, pois RA usa um mundo real enquanto que em RV é completamente virtual.

Neste estudo ficou demonstrado que RA é mais acessível por ser uma aplicação web que pode ser executada num browser, logo abrange um maior numero de dispositivos que a podem usar. Adicionalmente, a aplicação de RA foi mais fácil de desenvolver, pois é uma web app e para RV foi necessário um IDE próprio para desenvolver.

Contudo, a experiência de RV demonstrou que no aspeto de imersão do utilizador no ambiente virtual é mais muito superior que em RA, visto que o utilizador pode navegar, controlar objetos em RA a interação com o ambiente virtual é realizado através do display.

Ambas as tecnologias demonstram potencial para o futuro, dado que cada uma destas tem as suas vantagens e desvantagens.

TRABALHO RELACIONADO

De modo a suplementar este artigo é sugerido o artigo “Augmented Reality for Construction Tasks: Doorlock Assembly” [20] de Dirk Reiners, Didier Stricker, Gudrun Klinker e Stefan Muller, que descreve um software de Realidade Aumentada de montagem de fechaduras portas de carros que foi desenvolvido para criar uma aplicação prática e realista que possa transmitir os conceitos da Realidade Aumentada para um observador casual.

REFERENCES

- [1] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, e F. Kishino, «Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum», *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, vol. 2351, Jan. 1994, doi: [10.1117/12.197321](https://doi.org/10.1117/12.197321).
- [2] R. T. Azuma, «A Survey of Augmented Reality», p. 48.
- [3] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, e B. Macintyre, «Recent advances in augmented reality. IEEE Comput Graphics Appl., Computer Graphics and Applications, IEEE», vol. 21, pp. 34–47, Dez. 2001, doi: [10.1109/38.963459](https://doi.org/10.1109/38.963459).
- [4] A. Javornik, «Augmented reality: Research agenda for studying the impact of its media characteristics on consumer behavior», *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 30, Mai. 2016, doi: [10.1016/j.jretconser.2016.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.02.004).
- [5] M. Billinghurst, A. Clark, e G. Lee, «A Survey of Augmented Reality», *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, vol. 8, pp. 73–272, Jan. 2015, doi: [10.1561/1100000049](https://doi.org/10.1561/1100000049).
- [6] «VRTK - Virtual Reality Toolkit», *VRTK - Virtual Reality Toolkit*. <https://vrtktoolkit.readme.io/> (acedido Dez. 15, 2021).
- [7] U. Technologies, «Unity Real-Time Development Platform | 3D, 2D VR & AR Engine». <https://unity.com/> (acedido Dez. 15, 2021).
- [8] «Unity Asset Store - The Best Assets for Game Making». <https://assetstore.unity.com/> (acedido Dez. 15, 2021).
- [9] «IKEA: Free CAD and BIM Objects 3D for Revit, Autocad, Artlantis...» <https://www.polantis.com/ikea> (acedido Dez. 15, 2021).
- [10] «blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software». <https://www.blender.org/> (acedido Dez. 15, 2021).
- [11] «html5.org — HTML revisited». <https://html5.org/> (acedido 18 de Janeiro de 2022).
- [12] «JavaScript.com». <https://www.javascript.com/> (acedido 18 de Janeiro de 2022).

- [13] «Cascading Style Sheets». <https://www.w3.org/Style/CSS/Overview.en.html> (acedido 18 de Janeiro de 2022).
- [14] J. F.- js.foundation, «jQuery». <https://jquery.com/> (acedido 18 de Janeiro de 2022).
- [15] M. O. contributors Jacob Thornton, and Bootstrap, «Bootstrap». <https://getbootstrap.com/> (acedido 18 de Janeiro de 2022).
- [16] «Immersive Web Developer Home». <https://immersiveweb.dev/> (acedido 20 de Janeiro de 2022).
- [17] «Three.js», *Wikipédia, a encyclopédia livre*. 16 de Abril de 2020. Acedido: 18 de Janeiro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Three.js&oldid=58054436>
- [18] B. G. Witmer e M. J. Singer, «Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire», *Presence*, vol. 7, n. 3, pp. 225–240, Jun. 1998, doi: [10.1162/105474698565686](https://doi.org/10.1162/105474698565686).
- [19] S. Stumpf, T. Knopf, e D. Michelis, «User Experience Design With Augmented Reality (AR)», Nov. 2019. doi: [10.34190/ECIE.19.019](https://doi.org/10.34190/ECIE.19.019).
- [20] R. Behringer, G. Klinker, e D. Mizell, Eds., «Augmented Reality for Construction Tasks: Doorlock Assembly», em *Augmented Reality*, 0 ed., A K Peters/CRC Press, 1999, pp. 51–66. doi: [10.1201/9781439863992-10](https://doi.org/10.1201/9781439863992-10).
- [21] D. Castro, *VRTK-Furniture-Assembly*. 2021. Acedido: Dez. 16, 2021. [Em linha]. Disponível em: <https://github.com/DanielCastro1021/VRTK-Furniture-Assembly>
- [22] D. Castro, *DanielCastro1021/WebXR-Furniture-Assembly*. 2022. Acedido: 20 de Janeiro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://github.com/DanielCastro1021/WebXR-Furniture-Assembly>

Anexos

Presence Questionnaire - Utilizador 1

Item Stems	ITCorr	Score (1-8)	Real Score	Factor(s)
1. How much were you able to control events?	0,43	7	3,01	CF
2. How responsive was the environment to actions that you initiated (or performed)?	0,56	5	2,8	CF
3. How natural did your interactions with the environment seem?	0,61	4	2,44	CF
4. How completely were all of your senses engaged?	0,39	4	1,56	SF
5. How much did the visual aspects of the environment involve you?	0,48	5	2,4	SF
6. How much did the auditory aspects of the environment involve you?	0,32	3	0,96	SF
7. How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?	0,62	6	3,72	CF
8. How aware were you of events occurring in the real world around you?	0,03	4	0,12	DF
9. How aware were you of your display and control devices?	-0,14	3	-0,42	DF
10. How compelling was your sense of objects moving through space?	0,51	5	2,55	SF
11. How inconsistent or disconnected was the information coming from your various senses?	0,33	4	1,32	RF
12. How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real-world experiences?	0,62	4	2,48	RF, CF
13. Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?	0,43	6	2,58	CF
14. How completely were you able to actively survey or search the environment using vision?	0,59	6	3,54	RF, CF, SF
15. How well could you identify sounds?	0,34	1	0,34	RF, SF
16. How well could you localize sounds?	0,3	1	0,3	RF, SF
17. How well could you actively survey or search the virtual environment using touch?	0,15	7	1,05	RF, SF
18. How compelling was your sense of moving around inside the virtual environment?	0,62	5	3,1	SF
19. How closely were you able to examine objects?	0,55	7	3,85	SF
20. How well could you examine objects from multiple viewpoints?	0,49	8	3,92	SF
21. How well could you move or manipulate objects in the virtual environment?	0,11	8	0,88	CF
22. To what degree did you feel confused or disoriented at the beginning of breaks or at the end of the experimental session?	-0,06	1	-0,06	RF
23. How involved were you in the virtual environment experience?	0,52	8	4,16	
24. How distracting was the control mechanism?	0,37	2	0,74	DF
25. How much delay did you experience between your actions and expected outcomes?	0,41	1	0,41	CF
26. How quickly did you adjust to the virtual environment experience?	0,42	4	1,68	CF

27. How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?
28. How much did the visual display quality interfere or distract you from performing assigned tasks or required activities?
29. How much did the control devices interfere with the performance of assigned tasks or with other activities?
30. How well could you concentrate on the assigned tasks or required activities rather than on the mechanisms used to perform those tasks or activities?
31. Did you learn new techniques that enabled you to improve your performance?
32. Were you involved in the experimental task to the extent that you lost track of time?

0,45	6	2,7	CF
0,44	4	1,76	DF
0,44	4	1,76	DF, CF
0,51	6	3,06	DF
0,33	3	0,99	CF
0,41	4	1,64	

Tabela 2 - Questionário de Presença Utilizador I

Presence Questionnaire - Utilizador 2

Item Stems	ITCorr	Score (1-8)	Real Score	Factor(s)
1. How much were you able to control events?	0,43	5	2,15	CF
2. How responsive was the environment to actions that you initiated (or performed)?	0,56	5	2,8	CF
3. How natural did your interactions with the environment seem?	0,61	4	2,44	CF
4. How completely were all of your senses engaged?	0,39	4	1,56	SF
5. How much did the visual aspects of the environment involve you?	0,48	5	2,4	SF
6. How much did the auditory aspects of the environment involve you?	0,32	3	0,96	SF
7. How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?	0,62	7	4,34	CF
8. How aware were you of events occurring in the real world around you?	0,03	1	0,03	DF
9. How aware were you of your display and control devices?	-0,14	3	-0,42	DF
10. How compelling was your sense of objects moving through space?	0,51	6	3,06	SF
11. How inconsistent or disconnected was the information coming from your various senses?	0,33	4	1,32	RF
12. How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real-world experiences?	0,62	4	2,48	RF, CF
13. Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?	0,43	6	2,58	CF
14. How completely were you able to actively survey or search the environment using vision?	0,59	8	4,72	RF, CF, SF
15. How well could you identify sounds?	0,34	1	0,34	RF, SF
16. How well could you localize sounds?	0,3	1	0,3	RF, SF
17. How well could you actively survey or search the virtual environment using touch?	0,15	7	1,05	RF, SF
18. How compelling was your sense of moving around inside the virtual environment?	0,62	3	1,86	SF
19. How closely were you able to examine objects?	0,55	8	4,4	SF
20. How well could you examine objects from multiple viewpoints?	0,49	8	3,92	SF
21. How well could you move or manipulate objects in the virtual environment?	0,11	6	0,66	CF
22. To what degree did you feel confused or disoriented at the beginning of breaks or at the end of the experimental session?	-0,06	4	-0,24	RF
23. How involved were you in the virtual environment experience?	0,52	5	2,6	
24. How distracting was the control mechanism?	0,37	4	1,48	DF
25. How much delay did you experience between your actions and expected outcomes?	0,41	1	0,41	CF
26. How quickly did you adjust to the virtual environment experience?	0,42	4	1,68	CF

27. How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?
28. How much did the visual display quality interfere or distract you from performing assigned tasks or required activities?
29. How much did the control devices interfere with the performance of assigned tasks or with other activities?
30. How well could you concentrate on the assigned tasks or required activities rather than on the mechanisms used to perform those tasks or activities?
31. Did you learn new techniques that enabled you to improve your performance?
32. Were you involved in the experimental task to the extent that you lost track of time?

0,45	4	1,8	CF
0,44	2	0,88	DF
0,44	2	0,88	DF, CF
0,51	5	2,55	DF
0,33	3	0,99	CF
0,41	2	0,82	

Tabela 3 - Questionário de Presença Utilizador 2

Presence Questionnaire - Utilizador 3

Item Stems	ITCorr	Score (1-8)	Real Score	Factor(s)
1. How much were you able to control events?	0,43	7	3,01	CF
2. How responsive was the environment to actions that you initiated (or performed)?	0,56	5	2,8	CF
3. How natural did your interactions with the environment seem?	0,61	4	2,44	CF
4. How completely were all of your senses engaged?	0,39	4	1,56	SF
5. How much did the visual aspects of the environment involve you?	0,48	5	2,4	SF
6. How much did the auditory aspects of the environment involve you?	0,32	3	0,96	SF
7. How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?	0,62	6	3,72	CF
8. How aware were you of events occurring in the real world around you?	0,03	4	0,12	DF
9. How aware were you of your display and control devices?	-0,14	3	-0,42	DF
10. How compelling was your sense of objects moving through space?	0,51	5	2,55	SF
11. How inconsistent or disconnected was the information coming from your various senses?	0,33	4	1,32	RF
12. How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real-world experiences?	0,62	4	2,48	RF, CF
13. Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?	0,43	6	2,58	CF
14. How completely were you able to actively survey or search the environment using vision?	0,59	6	3,54	RF, CF, SF
15. How well could you identify sounds?	0,34	1	0,34	RF, SF
16. How well could you localize sounds?	0,3	1	0,3	RF, SF
17. How well could you actively survey or search the virtual environment using touch?	0,15	7	1,05	RF, SF
18. How compelling was your sense of moving around inside the virtual environment?	0,62	5	3,1	SF
19. How closely were you able to examine objects?	0,55	7	3,85	SF
20. How well could you examine objects from multiple viewpoints?	0,49	8	3,92	SF
21. How well could you move or manipulate objects in the virtual environment?	0,11	8	0,88	CF
22. To what degree did you feel confused or disoriented at the beginning of breaks or at the end of the experimental session?	-0,06	1	-0,06	RF
23. How involved were you in the virtual environment experience?	0,52	8	4,16	
24. How distracting was the control mechanism?	0,37	2	0,74	DF
25. How much delay did you experience between your actions and expected outcomes?	0,41	1	0,41	CF
26. How quickly did you adjust to the virtual environment experience?	0,42	4	1,68	CF

27. How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?
28. How much did the visual display quality interfere or distract you from performing assigned tasks or required activities?
29. How much did the control devices interfere with the performance of assigned tasks or with other activities?
30. How well could you concentrate on the assigned tasks or required activities rather than on the mechanisms used to perform those tasks or activities?
31. Did you learn new techniques that enabled you to improve your performance?
32. Were you involved in the experimental task to the extent that you lost track of time?

0,45	6	2,7	CF
0,44	4	1,76	DF
0,44	4	1,76	DF, CF
0,51	6	3,06	DF
0,33	3	0,99	CF
0,41	4	1,64	

Tabela 4 - Questionário de Presença Utilizador 3

User Experience Questionnaire - Utilizador 1

Question	fully agree with negative term (1)	answer(1-7)	fully agree with positive term (7)	answer (0-1)	Aspect	Factor
1	annoying	4,00	enjoyable	0,17	Attractiveness	Emonional
2	bad	4,00	good	0,33	Attractiveness	Emonional
3	unlikable	5,00	pleasing	0,67	Attractiveness	Emonional
4	unpleasant	5,00	pleasant	0,67	Attractiveness	Emonional
5	unattractive	3,00	attractive	0,33	Attractiveness	Emonional
6	unfriendly	7,00	friendly	1,00	Attractiveness	Emonional
7	slow	6,00	fast	0,83	Efficiency	Pragmatic
8	inefficient	6,00	effient	0,83	Efficiency	Pragmatic
9	impractical	7,00	practical	0,67	Efficiency	Pragmatic
10	clusttered	6,00	organized	0,50	Efficiency	Pragmatic
11	not understandable	6,00	understandable	0,67	Perspicuity	Pragmatic
12	dificult to learn	7,00	easy to learn	1,00	Perspicuity	Pragmatic
13	complicated	7,00	easy	1,00	Perspicuity	Pragmatic
14	confusing	7,00	clear	0,83	Perspicuity	Pragmatic
15	unpredictable	2,00	predictable	0,17	Dependability	Pragmatic
16	obstructive	5,00	supportive	0,67	Dependability	Pragmatic
17	not secure	4,00	secure	0,50	Dependability	Pragmatic
18	does not meet expectations	2,00	meets expectations	0,17	Dependability	Pragmatic
19	inferior	3,00	valuable	0,00	Stimulation	Hedonic
20	boring	3,00	exciting	0,33	Stimulation	Hedonic
21	not interesting	2,00	interesting	0,17	Stimulation	Hedonic
22	demotivating	4,00	motivating	0,33	Stimulation	Hedonic
23	dull	2,00	creative	0,17	Novelty	Hedonic
24	conventional	3,00	inventive	0,17	Novelty	Hedonic
25	usual	1,00	leading edge	0,00	Novelty	Hedonic
26	conservative	1,00	innovative	0,00	Novelty	Hedonic

Tabela 5 –User Experience Questionnaire do Utilizador 1

User Experience Questionnaire - Utilizador 2

Question	fully agree with negative term (1)	answer(1-7)	fully agree with positive term (7)	answer (0-1)	Aspect	Factor
1	annoying	2,00	enjoyable	0,17	Attractiveness	Emonional
2	bad	3,00	good	0,33	Attractiveness	Emonional
3	unlikable	5,00	pleasing	0,67	Attractiveness	Emonional
4	unpleasant	5,00	pleasant	0,67	Attractiveness	Emonional
5	unattractive	3,00	attractive	0,33	Attractiveness	Emonional
6	unfriendly	7,00	friendly	1,00	Attractiveness	Emonional
7	slow	6,00	fast	0,83	Efficiency	Pragmatic
8	inefficient	6,00	effient	0,83	Efficiency	Pragmatic
9	impractical	5,00	practical	0,67	Efficiency	Pragmatic
10	clusttered	4,00	organized	0,50	Efficiency	Pragmatic
11	not understandable	5,00	understandable	0,67	Perspicuity	Pragmatic
12	dificult to learn	7,00	easy to learn	1,00	Perspicuity	Pragmatic
13	complicated	7,00	easy	1,00	Perspicuity	Pragmatic
14	confusing	6,00	clear	0,83	Perspicuity	Pragmatic
15	unpredictable	2,00	predictable	0,17	Dependability	Pragmatic
16	obstructive	5,00	supportive	0,67	Dependability	Pragmatic
17	not secure	4,00	secure	0,50	Dependability	Pragmatic
18	does not meet expectations	2,00	meets expectations	0,17	Dependability	Pragmatic
19	inferior	1,00	valuable	0,00	Stimulation	Hedonic
20	boring	3,00	exciting	0,33	Stimulation	Hedonic
21	not interesting	2,00	interesting	0,17	Stimulation	Hedonic
22	demotivating	3,00	motivating	0,33	Stimulation	Hedonic
23	dull	2,00	creative	0,17	Novelty	Hedonic
24	conventional	2,00	inventive	0,17	Novelty	Hedonic
25	usual	1,00	leading edge	0,00	Novelty	Hedonic
26	conservative	1,00	innovative	0,00	Novelty	Hedonic

Tabela 6 –User Experience Questionnaire do Utilizador 2

User Experience Questionnaire - Utilizador 3

Question	fully agree with negative term (1)	answer(1-7)	fully agree with positive term (7)	answer (0-1)	Aspect	Factor
1	annoying	5,00	enjoyable	0,17	Attractiveness	Emonional
2	bad	7,00	good	0,33	Attractiveness	Emonional
3	unlikable	7,00	pleasing	0,67	Attractiveness	Emonional
4	unpleasant	5,00	pleasant	0,67	Attractiveness	Emonional
5	unattractive	5,00	attractive	0,33	Attractiveness	Emonional
6	unfriendly	7,00	friendly	1,00	Attractiveness	Emonional
7	slow	4,00	fast	0,83	Efficiency	Pragmatic
8	inefficient	6,00	effient	0,83	Efficiency	Pragmatic
9	impractical	7,00	practical	0,67	Efficiency	Pragmatic
10	clusttered	6,00	organized	0,50	Efficiency	Pragmatic
11	not understandable	6,00	understandable	0,67	Perspicuity	Pragmatic
12	dificult to learn	7,00	easy to learn	1,00	Perspicuity	Pragmatic
13	complicated	5,00	easy	1,00	Perspicuity	Pragmatic
14	confusing	5,00	clear	0,83	Perspicuity	Pragmatic
15	unpredictable	2,00	predictable	0,17	Dependability	Pragmatic
16	obstructive	5,00	supportive	0,67	Dependability	Pragmatic
17	not secure	4,00	secure	0,50	Dependability	Pragmatic
18	does not meet expectations	2,00	meets expectations	0,17	Dependability	Pragmatic
19	inferior	3,00	valuable	0,00	Stimulation	Hedonic
20	boring	3,00	exciting	0,33	Stimulation	Hedonic
21	not interesting	6,00	interesting	0,17	Stimulation	Hedonic
22	demotivating	4,00	motivating	0,33	Stimulation	Hedonic
23	dull	6,00	creative	0,17	Novelty	Hedonic
24	conventional	4,00	inventive	0,17	Novelty	Hedonic
25	usual	1,00	leading edge	0,00	Novelty	Hedonic
26	conservative	1,00	innovative	0,00	Novelty	Hedonic

Tabela 7 –User Experience Questionnaire do Utilizador 1