

MATHEUS GONÇALVES FERREIRA

Orientador: Saul Emanuel Delabrida
Co-orientadora: Gabriela Guerra Leal de Souza

**FERRAMENTA PARA IMERSÃO EM REALIDADE
VIRTUAL COMO ALTERNATIVA NO ESTUDO DA
NEUROBIOLOGIA DAS EMOÇÕES**

Ouro Preto - MG
Dezembro de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**FERRAMENTA PARA IMERSÃO EM REALIDADE
VIRTUAL COMO ALTERNATIVA NO ESTUDO DA
NEUROBIOLOGIA DAS EMOÇÕES**

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da
Computação da Universidade Federal de Ouro
Preto como requisito parcial para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciência da Computação.

MATHEUS GONÇALVES FERREIRA

Ouro Preto - MG
Dezembro de 2019

cutte

Ferreira, Matheus Gonçalves.

Ferramenta para imersão em realidade virtual como alternativa no estudo da neurobiologia das emoções [manuscrito] / Matheus Gonçalves Ferreira. - 2019.

49f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Saul Emanuel Delabrida.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Gabriela Guerra Leal de Souza.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Departamento de Computação.

1. Realidade Virtual. 2. Usabilidade. 3. Neurobiologia das emoções. 4. Head mounted Display. 5. Software. I. Delabrida, Saul Emanuel. II. Souza, Gabriela Guerra Leal de. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU:

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ferramenta para imersão em realidade virtual como alternativa no estudo
da neurobiologia das emoções

MATHEUS GONÇALVES FERREIRA

Monografia defendida e aprovada pela banca examinadora constituída por:


Dr. SAUL EMANUEL DELABRUDA – Orientador
Universidade Federal de Ouro Preto


Dr. GABRIELA GUERRA LEAL DE SOUZA – Co-orientadora
Universidade Federal de Ouro Preto


Dr. TICIANNE DE GOIS RIBEIRO DARIN
Universidade Federal do Ceará


MR. MARCELO LUIZ SILVA
Universidade Federal de Ouro Preto

Ouro Preto - MG, Dezembro de 2019

Dedico este trabalho a minha família e a minha namorada que sempre me incentivaram nos momentos mais difíceis dessa jornada e permitiram que eu concluísse mais esta etapa na minha vida.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, agradeço aos meus pais Elane e Fiderbaldo pelo apoio e amor incondicional que sempre me deram.

Agradeço a minhas irmãs, em especial a Camille por ter me incentivado a trocar de curso e me mudar para Ouro Preto e por ter me dado forças para continuar longe de casa e alçar a graduação.

Agradeço a minha namorada Blenda pelo amor e carinho que sempre me deu, especialmente nos momentos mais difíceis durante o último ano, inclusive a realização deste trabalho. Agradeço por ter me incentivado a continuar nos momentos em que eu pensava em desistir.

Agradeço aos bons amigos que fiz na computação, em especial ao Felipe Fontenelle, Matheus Lanna, Thiago Santana, Vitor de Freitas, Vinícius Souza e João Tupinamba pela amizade durante esses anos e aos próximos que virão.

Por fim, agradeço aos Moradores e ex-alunos da república Kome keto, casa que me acolheu durante esses 5 anos e pessoas que levo como irmãos para a resto da vida. Obrigado pelos momentos que ficarão pra sempre na minha memória.

Resumo

Com os avanços tecnológicos da última década, a realidade virtual tornou-se muito popular principalmente em jogos e passou também a ser utilizada em experimentos científicos com o objetivo de avaliar de que forma a imersão do usuário influencia os resultados. Levando isto em consideração, este trabalho constrói e avalia a usabilidade de um software de construção e execução de experimentos em realidade virtual como ferramenta de pesquisa em neurobiologia das emoções. Com o objetivo de descobrir se a utilização do software como ferramenta auxilia os pesquisadores com economia de tempo, facilidade na construção de um experimento e no aumento da imersão dos participantes, foram executadas avaliações de usabilidade que revelaram que apesar de suas limitações, o software apresentou um Score SUS de 83,75 pontos, facilidade de aprendizagem do sistema de 82,5, eficiência do sistema de 83,34 e satisfação dos usuários de 73,34 pontos. Estes resultados demonstram que o software obteve uma boa avaliação de usabilidade e que pode auxiliar os pesquisadores nas questões supracitadas.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Usabilidade. Neurobiologia das emoções. *Head mounted Display. Software.*

Abstract

With the technological advances of the last decade, virtual reality has become very popular mainly in games and has also been used in scientific experiments in order to evaluate how user immersion influences the results. Taking this in consideration, this work builds and evaluates the usability of a software for the construction and execution of experiments in virtual reality as a research tool in neurobiology of emotions. In order to find out if the use of software as a tool helps researchers with time savings, ease in building an experiment and increasing the immersion of the participants, it was performed usability assessments that revealed that despite its limitations, the software presented a score SUS of 83.75 points, 82.5 system learning easiness, 83.34 system efficiency and 73.34 points user satisfaction. These results show that the software has obtained a good usability evaluation and can help researchers with the above questions.

Keywords: Virtual Reality, Usability, Neurobiology of emotions, Head mounted Display, Software.

Sumário

1	Introdução	3
1.1	Problema e Justificativa	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Contribuições do trabalho	4
1.4	Organização do trabalho	4
2	Referencial Teórico e Trabalhos relacionados	5
2.1	Neurobiologia das emoções	5
2.2	Realidade mista	8
2.2.1	Realidade aumentada	9
2.2.2	Realidade Virtual	11
2.2.3	Virtualidade Aumentada	15
2.3	Tecnologias de Desenvolvimento	16
2.3.1	Unity	16
2.3.2	Blender	17
2.4	Interação Humano-Computador	20
2.5	System Usability Scale (SUS)	21
2.6	Trabalhos relacionados	23
3	Metodologia de Desenvolvimento	25
3.1	Metodologia	25
3.2	Identificação do Problema	26
3.3	Análise e Levantamento dos Requisitos	27
3.3.1	Requisitos Funcionais	27
3.3.2	Requisitos Não Funcionais	27
3.4	Objetivos do software	28
3.5	Construção do software	28
3.5.1	Construção da interface do software	34
4	Experimentos e Resultados	36

4.1	Avaliação de Usabilidade	36
4.2	Cenário de Teste	37
4.3	Resultados	38
4.3.1	Taxa de sucesso	38
4.3.2	Score SUS	39
4.3.3	Entrevista final	41
4.4	Discussão dos resultados	41
5	Considerações Finais e Trabalhos Futuros	43
	Referências Bibliográficas	45
	Anexos	49
	Anexo 1 - Documento de Inspeção de Usabilidade	49

Lista de Figuras

2.1	Foto retirada de Esperidião-Antonio et al. (2008) mostrando as estruturas do sistema límbico.	6
2.2	Imagens utilizadas nos experimentos de Silva et al. (2017)	7
2.3	Representação simples da "virtuality continuum" proposta por Milgram e Kishino (1994).	8
2.4	Captura de Tela de vídeo divulgado pela Qualcomm mostrando o reconhecimento de marcador do SDK Vuforia.	10
2.5	Foto retirada do site tendências digitais mostra a utilização da realidade virtual para treinamento de militares.	12
2.6	Simulador de voo da FAB aeronave C-105 Amazonas	13
2.7	Imagem capturada de vídeo divulgado no Youtube da Beat Saber onde mostra um usuário jogando no Cube VR da empresa LIV.	14
2.8	The world's first head-mounted display with the "Sword of Damocles" (Sutherland, 1968).	15
2.9	Imagem do jogo PUBG mostrando a diferença de tamanho em graus do campo de visão	16
2.10	Captura de tela do Unity mostrando sua interface	17
2.11	Aba de modificadores do software Blender	18
2.12	Captura de tela do Blender mostrando as extensões possíveis para importação. . .	19
2.13	Captura de tela do Blender mostrando as extensões possíveis para exportação. . .	19
2.14	Imagem retirada de Brooke (1996) representando a escala Likert.	22
3.1	Fluxograma de Construção do software. Fonte: Autor	26
3.2	Tela 1 - Tela inicial do software	29
3.3	Tela 2 - Tela de escolha de opção. Fonte: Autor	29
3.4	Tela 3 - Tela de carregamento de experimento salvo anteriormente. Fonte: Autor .	30
3.5	Tela 4 - Tela de construção de experimento em 2 dimensões. Fonte: Autor	30
3.6	Buscador de arquivos do plug-in "File Browser". Fonte: Autor	31
3.7	Tela 5 - Tela de construção de experimento em 3 dimensões. Fonte: Autor	32
3.8	Tela 6 - Tela de construção de experimento em 2 e 3 dimensões. Fonte: Autor . . .	33

3.9	Visualização em óculos de realidade virtual. Fonte: Autor	34
4.1	Taxa de sucesso de cada tarefa realizada. Fonte: Construído a partir dos resultados da pesquisa.	39
4.2	Resultados do SUS parte 1. Fonte: Construído a partir dos resultados da pesquisa.	40

Lista de Tabelas

3.1	Requisitos Funcionais	27
3.2	Requisitos não funcionais	28
4.1	Tabela de tarefas realizadas nos testes	38

Lista de abreviaturas e siglas

UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto.
HMD	Head Monted Display.
2D	2 Dimensões.
3D	3 Dimensões.
RF	Requisito Funcional.
RNF	Requisito não Funcional

Capítulo 1

Introdução

Puxada pelos avanços tecnológicos da última década a realidade virtual tornou-se muito popular principalmente em jogos dos mais variados estilos, onde os jogadores ficam imersos no cenário e interagem com a aplicação. Todavia essa tecnologia também é utilizada na educação, saúde, tratamento psicológico de traumas e fobias, treinamento de militares, pesquisas científicas, entre outras áreas.

Como visto em Esperidião-Antonio et al. (2008) a neurobiologia das emoções busca identificar as estruturas do cérebro humano que estão ligadas as emoções e seu funcionamento, a fim de entender como as emoções se manifestam e quais estruturas são responsáveis por cada tipo de emoção.

1.1 Problema e Justificativa

Com a intenção de avaliar a valência hedônica (agradável/desagradável) e a excitação emocional, pesquisadores da área de neurobiologia das emoções realizam experimentos onde aferem com precisão os sinais eletromiográficos de participantes ao serem submetidos a estímulos visuais (imagens), com interação social e sem interação social entre as pessoas presentes na cena. Atualmente esses pesquisadores utilizam imagens em 2 dimensões projetadas em um monitor para realização dos experimentos.

Entretanto além da dificuldade no processo de construção de um experimento e do tempo para construção ser elevado, os experimentos apenas são realizados com visualização em 2 dimensões, fazendo com que a imersão dos usuários no experimento seja baixa.

Desta forma, buscamos descobrir se a utilização de um software em realidade virtual como ferramenta na pesquisa de neurobiologia das emoções poderá auxiliar os pesquisadores da área na facilidade e economia de tempo na construção de um experimento e no aumento da imersão dos participantes durante os experimentos.

A avaliação da usabilidade do software foi realizada através do questionário de usabilidade SUS (do ingles (System Usability Scale)). Com os resultados positivos obtidos para a usabi-

lidade do sistema podemos propor sua utilização nos experimentos futuros em neurobiologia das emoções e demais áreas da biologia.

Com os resultados dos testes de usabilidade que foram realizados no presente trabalho, responderemos se a utilização do sistema durante a construção e execução de experimentos em realidade virtual será positiva para os pesquisadores.

1.2 Objetivos

Tendo em vista o problema apresentado, este trabalho tem como objetivo geral:

- Construir e avaliar a usabilidade de um software de construção e execução de experimentos em neurobiologia das emoções.

E para que seja possível atingir o objetivo geral, temos como objetivos específicos:

- Realizar levantamento bibliográfico sobre realidade virtual e neurobiologia das emoções;
- Desenvolver um software em realidade virtual para construção e execução de experimentos em neurobiologia das emoções;
- Avaliar a usabilidade do software junto ao stakeholder;

1.3 Contribuições do trabalho

Considerando o contexto atual, o software desenvolvido e avaliado nesse trabalho concede as seguintes contribuições:

- Propõe a utilização de modelos em 3 dimensões em experimentos de neurobiologia das emoções.
- Facilidade e ganho de tempo na construção de um experimento.

1.4 Organização do trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte maneira:

O Capítulo 2 apresenta uma breve Fundamentação Teórica, conceituando sobre os principais métodos e ferramentas utilizadas, o Capítulo 2.6 contém os trabalhos que se relacionam de alguma forma com o presente trabalho, o Capítulo 3.1 apresenta a metodologia utilizada na pesquisa, o Capítulo 3 apresenta a descrição do protótipo proposto, no Capítulo 4 os experimentos e resultados obtidos e no Capítulo 5 as conclusões que foram obtidas com o desenvolvimento deste trabalho e as possibilidades de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Referencial Teórico e Trabalhos relacionados

O desenvolvimento de uma ferramenta em realidade virtual para utilização em experimentos no estudo da eletromiografia facial e cenas emocionais requer a aplicação de diversos conceitos como: realidade mista, realidade virtual, realidade aumentada, virtualidade aumentada, interação humano-computador(IHC) e neurobiologia das emoções e o SUS (do inglês, *System Usability Scale*). Além disso, algumas ferramentas também são necessárias, como Unity, Blender, Unreal, Vuforia, ARCore e Arkit.

A seguir, cada um desses conceitos e ferramentas listados anteriormente são explicados em mais detalhes.

2.1 Neurobiologia das emoções

Para Oliveira et al. (2008) as emoções em seres humanos podem ser consideradas resultado da ativação de uma rede neural complexa e elaborada cujo o acionamento promove um repertório bastante variado de respostas comportamentais. O estudo do processamento das emoções no cérebro humano é importante tanto para o entendimento da neurofisiologia das emoções tanto para compreender várias patologias mentais.

A emoção do ponto de vista biológico pode ser definida como um conjunto de reações neurais e químicas implícitas a respostas comportamentais básicas e de sobrevivência dos animais.

Existem várias teorias criadas para explicar as emoções e como elas são geradas, a teoria proposta por Willian James e Carl Langue diz que as emoções são experimentadas a partir da percepção de alterações fisiológicas em nosso corpo. Basicamente sugere que alterações corporais como sudorese, contração muscular e taquicardia é que nos levaria a sentir determinada emoção, um exemplo seria sentir medo ao correr um animal bravo e não correr porque nos sentimos com medo.

Já para o fisiologista americano Walter Cannon a teoria James-Langue não está correta, pois podemos vivenciar emoções mesmo sem produzir mudanças fisiológicas, nesse caso a ativação corporal não contribuiria muito para as sensações emocionais.

Durante o século 20, diversos pesquisadores começaram a investigar mais ao fundo as regiões cerebrais que estariam ligadas as emoções.

De acordo com Esperidião-Antonio et al. (2008) Pierre Paul Broca anatomista francês propôs o primeiro mapeamento das funções cerebrais a partir da observação de pacientes com danos cerebrais e identificou o lobo límbico que é um anel composto por estruturas corticais situadas na face medial e inferior do cérebro. Outro grande avanço para a compreensão dos fenômenos neurobiológicos relacionados à emoção foi alcançado por James Papez anatomista estadunidense que desviou o olhar de uma perspectiva de centros emocionais, substituindo-a por uma concepção de sistema.

Papez demonstrou que as diferentes porções do lobo límbico descrito por Broca estavam unidas e coordenadas entre si, formando um circuito, o qual incluía o córtex cingulado, o hipocampo, o hipotálamo e os núcleos anteriores do tálamo.

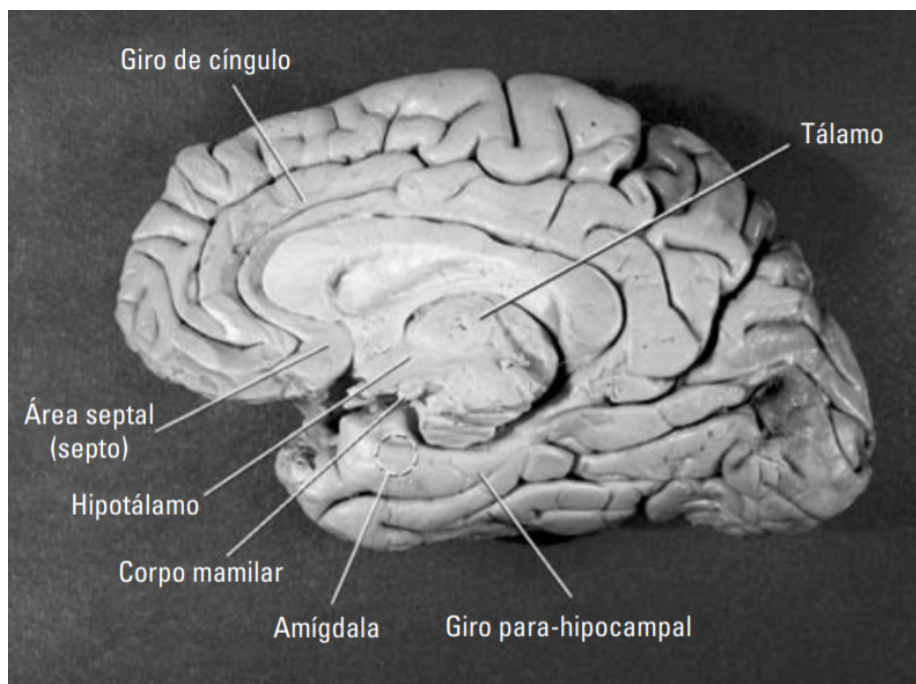


Figura 2.1: Foto retirada de Esperidião-Antonio et al. (2008) mostrando as estruturas do sistema límbico.

Experimentos realizados posteriormente permitiram a revisão das estruturas pertencentes ao circuito proposto por Papez, um deles foi de Paul Maclean que em 1952 introduziu o conceito de sistema límbico visto na Figura 2.1, que incluía as estruturas do circuito de Papez e outras regiões como a amígdala, o septo e córtex pré frontal.

A expressão sistema límbico continua sendo usada para se referir ao conjunto de estruturas do sistema nervoso central que se relacionam com às emoções, entretanto estruturas ainda incluídas nesse sistema exercem influência significativa em outras funções e podem estar pouco relacionadas as emoções. Uma dessas estruturas é o hipocampo, que está amplamente relacionado a memória, enquanto sua função para as emoções não está esclarecida.

A visualização de imagens afetivas impulsiona atividade de redes cerebrais e impactam o comportamento humano Pereira et al. (2006).

Estudos recentes propuseram que as reações emocionais são organizadas em torno de dois estados motivacionais (apetitoso e defensivo) que evoluíram para promover a sobrevivência das espécies. O estado apetitoso está relacionado a emoções de prazer e satisfação, enquanto o estado defensivo diz respeito ao medo e a tensão.

Exposição a fotos exibindo cenas eróticas, natureza, famílias, comida e esportes promovem a ativação de sistemas apetitivos, enquanto a exposição a aqueles que representam cenas de ameaça e mutilações promovem ativação de sistemas defensivos (Bradley et al. (2001)).

Para a realização dos testes é utilizado o catálogo *International Affective Picture System* desenvolvido por Bradley e Lang (1994) que contém 100 imagens emocionais e imagens neutras. Para comparação dos resultados obtidos nos testes é utilizado a escala *Self-Assessment Manikin (SAM)* que consiste nas escalas de valência hedônica (agradável / desagradável) e ativação emocional (calma / excitação) Lang et al. (2005).



Figura 2.2: Imagens utilizadas nos experimentos de Silva et al. (2017)

Com intuito de fornecer uma ferramenta precisa no estudo de interação social o experimento de Silva et al. (2017) utilizou a combinação de pares: imagens com duplas de pessoas interagindo e imagens de controle sem interação. A Figura 2.2 mostra algumas das imagens utilizadas, das quais obedecem os seguintes parâmetros:

- cada par é retratado pelos mesmos indivíduos.
- o par é fotografado com o mesmo plano de fundo.
- todas as fotos contêm pelo menos uma criança.

Esses parâmetros foram definidos para garantir que a interação seria o único fator diferenciando os pares com interação e controle sem interação.

2.2 Realidade mista

O termo realidade mista foi originalmente introduzido por Milgram e Kishino (1994). Os sistemas de Realidade Mista criam interfaces de usuário e ambientes avançados, nos quais objetos virtuais interativos são sobrepostos no ambiente físico 3D, misturando-se naturalmente com ele em tempo real (Azuma, 1997; Milgram, Takemura, Utsumi, et al., 1994).

Para Milgram e Kishino (1994), o conceito de "virtualidade contínua" se relaciona com a mistura de classes de objetos, como mostrado na Figura 2.3, onde o ambiente virtual está em uma ponta do continuum e o ambiente real na outra.

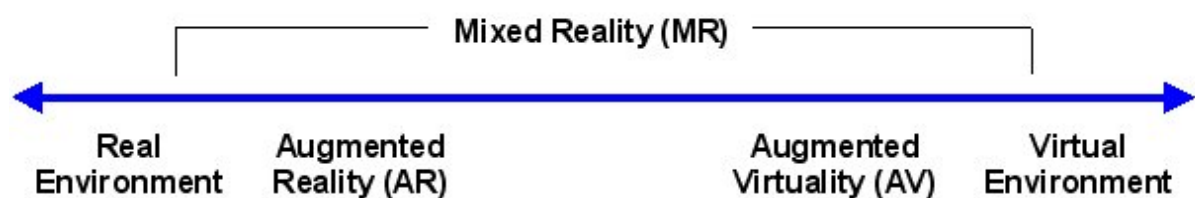


Figura 2.3: Representação simples da "virtuality continuum" proposta por Milgram e Kishino (1994).

A realidade mista pode ser definida como uma subclasse da realidade virtual onde os objetos reais e virtuais são apresentados juntos na mesma exibição, ou seja, a realidade mista pode ser definida em qualquer lugar entre os extremos do continuum. Diferente da realidade virtual, uma aplicação em realidade mista não retira o usuário de seu ambiente real, permitindo que ele possa se ver e interagir com a aplicação.

A realidade aumentada e a realidade virtual Bimber et al. (2004) podem ser comparadas da seguinte forma:

- a realidade aumentada enriquece a cena do mundo real com objetos virtuais, enquanto a realidade virtual é totalmente gerada por computador;
- no ambiente de realidade aumentada, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real, enquanto que na realidade virtual, a sensação visual é controlada pelo sistema;
- a realidade aumentada precisa de um mecanismo para combinar o real e o virtual, enquanto que a realidade virtual precisa de um mecanismo para integrar o usuário ao mundo virtual.

2.2.1 Realidade aumentada

De acordo com Azuma (1997) um sistema em realidade aumentada combina objetos reais e virtuais em um ambiente real, alinhando esses objetos entre si de forma interativa, em 3 dimensões e em tempo real. Sua definição não se restringe apenas a visão, a realidade aumentada pode ser aplicada a diversos sentidos, incluindo tato, audição e olfato.

Aplicações em realidade aumentada são comumente visualizadas através de Head Mounted Displays, entretanto se estendem a outros tipos de displays, tais como dispositivos móveis e hologramas.

Existem dois tipos básicos de realidade aumentada, a primeira baseada em marcadores (do inglês, *marker-based*) e a segunda em reconhecimento do ambiente, a seguir os dois tipos serão melhor definidos.

2.2.1.1 Baseada em Marcadores

Marcadores são imagens que são detectadas pelas câmeras através de *software* de reconhecimento para se obter a localização onde o objeto virtual deve ser colocado e/ou uma aplicação deve ser iniciada.

Um dos *software* líderes no mercado de desenvolvimento para realidade aumentada é o Vuforia. O Vuforia é um SDK (*software development kit*) que utiliza rastreamento e reconhecimento de marcadores para posicionar os objetos virtuais 2D ou 3D no ambiente real.

Criado pela empresa americana Qualcomm, o Vuforia permite o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis Android e IOS, além de ter suporte para Unity 3D. O suporte para Unity se dá através de uma extensão que pode ser instalada juntamente com a *engines* ou importada após a instalação.

O reconhecimento dos marcadores em tempo real é feito através da câmera do dispositivo que está sendo utilizado, como visto na Figura 2.4 para isso o marcador deve estar hospedado no banco de dados do Vuforia. A ferramenta permite gratuitamente o gerenciamento e hospedagem de até 1000 marcadores.



Figura 2.4: Captura de Tela de vídeo divulgado pela Qualcomm mostrando o reconhecimento de marcador do SDK Vuforia.

2.2.1.2 Identificação do Ambiente

ARCore e Arkit são dois SDKs de reconhecimento de ambiente para utilização em realidade aumentada, o primeiro desenvolvido pela Google para smartphones Android e o segundo desenvolvido pela Apple para sistema Ios.

ARCore foi lançado em 29 de Agosto de 2017 pela Google com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de aplicações em realidade aumentada. Utilizando três recursos principais, o rastreamento de movimento, compreensão do ambiente e estimativa de luz o ARCore consegue integrar objetos virtuais ao mundo real em tempo real.

Através da câmera do dispositivo, o ARCore identifica pontos principais no ambiente e rastreia a movimentação desses pontos em tempo real. Combinando a movimentação desses pontos com leituras dos sensores inerciais (acelerômetro e giroscópio) do dispositivo o ARCore consegue determinar a posição e orientação do dispositivo em relação ao ambiente em tempo real.

O processo de compreensão do ambiente se inicia com pontos principais, da mesma forma que é feito no rastreamento de movimento, através da câmera do dispositivo o ARCore identifica conjuntos de pontos principais ao longo da superfície a fim de detectar planos e seus limites. Planos como mesas, paredes e piso podem ser identificados dessa maneira e utilizados para posicionar objetos virtuais.

Outro recurso interessante é a estimativa de luz, o ARCore consegue identificar informações sobre a iluminação do ambiente, permitindo que objetos virtuais possam ser inseridos com a mesma intensidade de luz que o ambiente ao seu redor, aumentando o realismo.

Basicamente o rastreamento de movimento permite que o usuário se movimente ao redor do ambiente e visualize os objetos virtuais de qualquer ângulo e a compreensão do ambiente permite identificar superfícies onde serão projetados os objetos virtuais.

Uma das principais vantagens do ARCore é o suporte para diversos modelos de dispositivos

Android. Necessita apenas de sistema Android 7.0 ou mais recente e pode ser baixado através da Google play Store.

2.2.2 Realidade Virtual

O termo realidade virtual foi criado em 1938 pelo autor Antonin Artaud em seu livro “Le Théâtre et son double” ao sugerir um teatro onde “a ilusão natural de personagens e objetos criavam uma realidade virtual” Artaud (1938).

A realidade virtual pode ser descrita como o uso de tecnologia computacional para criar ambientes simulados, a imersão do usuário possibilita sua interação com o mundo virtual. Além da visão e do tato os sentidos de audição e até mesmo o cheiro podem ser combinados para aumentar a imersão do usuário, a realidade virtual se limita apenas a disponibilidade de conteúdo e poder computacional necessário para rodar as aplicações.

Segundo Sherman e Craig (2019) uma experiência em realidade virtual contém 5 elementos-chaves: o mundo virtual, a imersão do usuário, o usuário, os desenvolvedores e a interatividade.

Um dos principais elementos de uma experiência em realidade virtual é o usuário, cada pessoa reage de uma forma diferente e tem sua própria interpretação do mundo virtual. Em alguns usuários a experiência em realidade virtual pode causar alguns efeitos colaterais como náuseas, desorientação e perda de equilíbrio.

O mundo virtual pode ser descrito como o conjunto de objetos virtuais criados por computador, quando esse mundo é apresentado através de algum dispositivo de imersão e de forma interativa tem-se a experiência em realidade virtual.

A imersão do usuário em realidade virtual é a percepção de estar fisicamente presente em um mundo não real. Através do sentido de presença o cérebro humano acredita que está em um lugar quando na verdade não está. A imersão pode ser puramente mental e /ou física.

A imersão mental é um estado profundo de engajamento ligado a imaginação, esse tipo de imersão também pode ser obtido ao ler um livro ou assistir um filme. A imersão física utiliza a combinação de sentidos (visão, audição, tato) para promover um engajamento físico do usuário com o ambiente virtual, aumentando a sua percepção do ambiente como a realidade.

Os diferentes tipos de aplicações em realidade virtual se diferem pelo nível de imersão, existem 3 tipos básicos: simulações sem imersão, simulações semi-imersivas e totalmente imersivas.

Por fim a interatividade é a possibilidade de ações do usuário modificarem o ambiente virtual, a interação pode ser feita pela movimentação do usuário e movimentação de elementos do ambiente. Algumas aplicações em realidade virtual são construídas com mundo estático, entretanto, aplicações interativas propiciam uma experiência mais dinâmica para o usuário, tornando sua imersão no ambiente virtual mais completa e prazerosa.

A realidade virtual se expandiu em várias áreas a partir do século 21 entre elas é importante destacar:

- Jogos e entretenimento.



Figura 2.5: Foto retirada do site tendências digitais mostra a utilização da realidade virtual para treinamento de militares.

- Simulação e treino de pilotos de avião.
- Arquitetura e urbanismo, interação e imersão em espaços arquitetônicos.
- Engenharia Mecânica através do desenvolvimento de peças mecânicas virtuais
- Treinamento de Militares (Como visto na Figura 2.5)
- Tratamento de transtorno do pânico, agorafobia e outras fobias.

2.2.2.1 Simuladores

Simulação em realidade virtual é a utilização de ambientes virtuais a fim de criar uma experiência imersiva e engajada no aprendizado de determinadas habilidades. Simulando experiências reais os simuladores em realidade virtual são capazes de transmitir e avaliar o conhecimento dos usuários de forma prática, imersiva e interativa, sem que possíveis erros possam causar qualquer tipo de dano que causariam caso fossem cometidos no mundo real.

Dois dos simuladores para treinamento mais utilizados atualmente são o simulador de voo e o simulador de cirurgias.

Como visto na Figura 2.6 o simulador de voo contém todas as especificidades da aeronave real, os monitores simulam através de um ambiente virtual modelado por computador a visão dos pilotos de dentro da cabine da aeronave.

A imersão do usuário é feita pela junção dos controles físicos que realizam as funções da aeronave e da visão do ambiente virtual através dos monitores. Essa imersão simula o controle



Figura 2.6: Simulador de voo da FAB aeronave C-105 Amazonas

de uma aeronave real em situações reais, possibilitando o treinamento de um voo em situações normais ou até situações extremas.

Como vemos em Yiannakopoulou et al. (2015) simuladores de cirurgia tais como MIST-VR, LaSim, Simsurgery, Lap-Mentor permitem o ensino de habilidades básicas em cirurgia laparoscópica, treinamento básico de habilidades em cirurgia robótica, treinamento em colecistectomia laparoscópica, ensino e treinamento de técnicas cirúrgicas minimamente invasivas. Para serem utilizados como forma de avaliação dos estudantes no treino dessas habilidades e substituir o uso de cadáveres ou pacientes reais esses simuladores necessitam ser validados.

Vários estudos publicados buscam validar os simuladores de cirurgia como ferramenta de avaliação, existem dados limitados sobre o efeito do treinamento em simuladores na aquisição de habilidades não técnicas, como percepção visual espacial e habilidades psicomotoras, ou seja, de enfrentamento do estresse no momento do procedimento.

Em Iwata et al. (2011) o desempenho em simuladores de realidade virtual distingue os cirurgiões experientes e inexperientes. No entanto, não há padrões objetivos para diferenciar os novatos experimentados.

Embora existam dados limitados e contraditórios, quando comparado aos métodos de treinamento tradicionais, o efeito do treinamento em simuladores de realidade virtual para aquisição de habilidades cirúrgicas básicas não foi comprovado como inferior.

2.2.2.2 Cube VR

Assim como o ambiente virtual de caverna automático (do inglês, *cave automatic virtual environment*(CAVE)) Cruz-Neira et al. (1992), o *Cube Vr* é um dispositivo imersivo em reali-

dade virtual onde o ambiente é projetado de forma panorâmica e em 360°. O ambiente virtual pode ser projetado em 3 ou 6 telas incluindo o chão e o teto criando um cubo totalmente imersivo. A maioria dos cubos VR's utilizam projetores de alta definição para prover maior qualidade ao ambiente projetado, aumentando a sensação de realidade.

A aplicação pode ser utilizada com ou sem HMD's e pode ser interativa ou não interativa, no caso de sistemas interativos o usuário realiza movimentos que modificam o ambiente virtual, esses movimentos são capturados através de *joysticks*. Em ambientes não interativos podem ser reproduzidos vídeos, imagens ou apresentações em 360° de forma totalmente imersiva.

A utilização do *Cube VR* com HMD's se baseia nos jogos, com a intenção de reproduzir aos espectadores a mesma interação que o usuário que esta praticando o jogo. Um exemplo desta utilização pode ser visto na Figura 2.7 onde o VR *Cube* da empresa LIV está sendo utilizado para jogar o jogo Beat Saber.



Figura 2.7: Imagem capturada de video divulgado no Youtube da Beat Saber onde mostra um usuário jogando no Cube VR da empresa LIV.

2.2.2.3 Oculos de imersão (HMD)

Head-mounted displays são tipos de dispositivos para exibição utilizados em óculos ou como parte de um capacete, compostos de uma ou mais telas que estão embutidas em lentes inseridas no equipamento que as comporta.

Os HMDs podem exibir imagens do mundo real onde se encontra o usuário, imagens virtuais geradas por computador, e uma combinação das duas. A combinação das imagens virtuais com a visualização do mundo real cria interfaces de realidade aumentada.

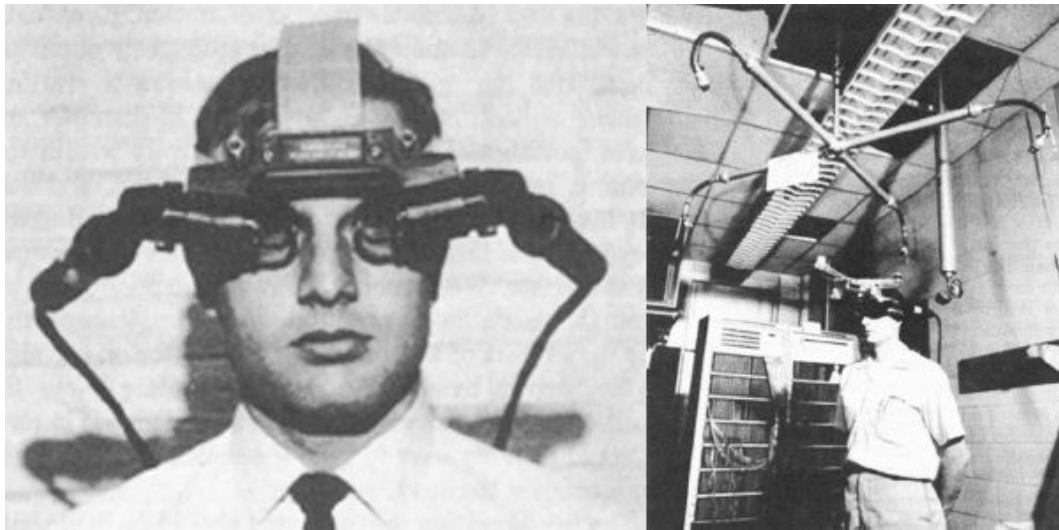


Figura 2.8: The world's first head-mounted display with the "Sword of Damocles" (Sutherland, 1968).

A Figura 2.8 mostra o primeiro protótipo em realidade aumentada criado por Ivan Sutherland e seu aluno na Universidade de Harvard, com utilização de um HMD transparente para mostrar gráficos em 3D (Sutherland, 1968).

As características de um HMD são avaliadas de acordo com algumas propriedades como: a resolução, o *depth of field* (profundidade do campo) e o *field of view* (campo de visão). A resolução deve conter uma alta qualidade, pois baixas resoluções podem fazer com que o usuário veja pixels na tela. Para que uma imagem virtual fosse igual a imagem real seria necessário uma resolução de 12.000 x 7.200 pixels, o que não é possível com a tecnologia existente.

A profundidade do campo é a distância entre a posição da câmera e um objeto que está focalizado dentro do campo de visão do usuário. O campo de visão é utilizado para mostrar o quão ampla é a visão que o usuário consegue ter utilizando o equipamento. O tamanho do campo de visão é medido em graus, a Figura 2.9 mostra diferentes tamanhos do campo visão dentro do jogo PUGB.

2.2.3 Virtualidade Aumentada

A virtualidade aumentada pode ser definida como o inverso da realidade aumentada, onde o ambiente predominantemente virtual é aumentado por meio de objetos reais, tais como objetos físicos ou pessoas que podem interagir com a aplicação. A integração de objetos reais no ambiente virtual é dada através de algumas técnicas tais como digitalização de objetos tridimensionais e transmissão de vídeo em tempo real.



Figura 2.9: Imagem do jogo PUBG mostrando a diferença de tamanho em graus do campo de visão

2.3 Tecnologias de Desenvolvimento

Para a criação do protótipo em realidade virtual serão necessárias algumas tecnologias tais como o Unity e o Blender, para a modelagem dos personagens e criação das cenas.

A seguir essas tecnologias são explicadas de forma detalhada:

2.3.1 Unity

Unity *engine* é uma plataforma de desenvolvimento de *games* 2D e 3D desenvolvida pela Unity Technologies cujo seus fundadores Nicholas Francis, Joaquim Ante e David Helgason tinham como objetivo criar uma plataforma de desenvolvimento de jogos que utilizasse ferramentas profissionais, mas que fosse acessível a desenvolvedores amadores.

Como vemos em Haas (2014) a versão inicial do Unity (1.0) foi criada em 6 de junho de 2005 na conferência mundial de desenvolvedores promovida pela Apple, essa primeira versão foi desenvolvida apenas para sistema operacional Mac Os X. Na versão seguinte 1.1 a *engine* passou a exportar projetos para rodar em Windows e navegadores web.

Uma das razões de ter se tornado muito popular ultimamente é a possibilidade de desenvolvimento para diversas plataformas, atualmente o Unity suporta 4 principais categorias. Desktop, mobile, web e consoles. No caso dos desktops, pode ser desenvolvido para Mac Os X, Windows e Linux, em arquitetura 32 ou 64 bits. Já para os celulares a *engine* suporta Android, IOS, Blackberry e Windows Phone 8.

O Unity também é utilizado para criação de aplicações em Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR) com utilização de HMDs (*Head Mounted Displays*).

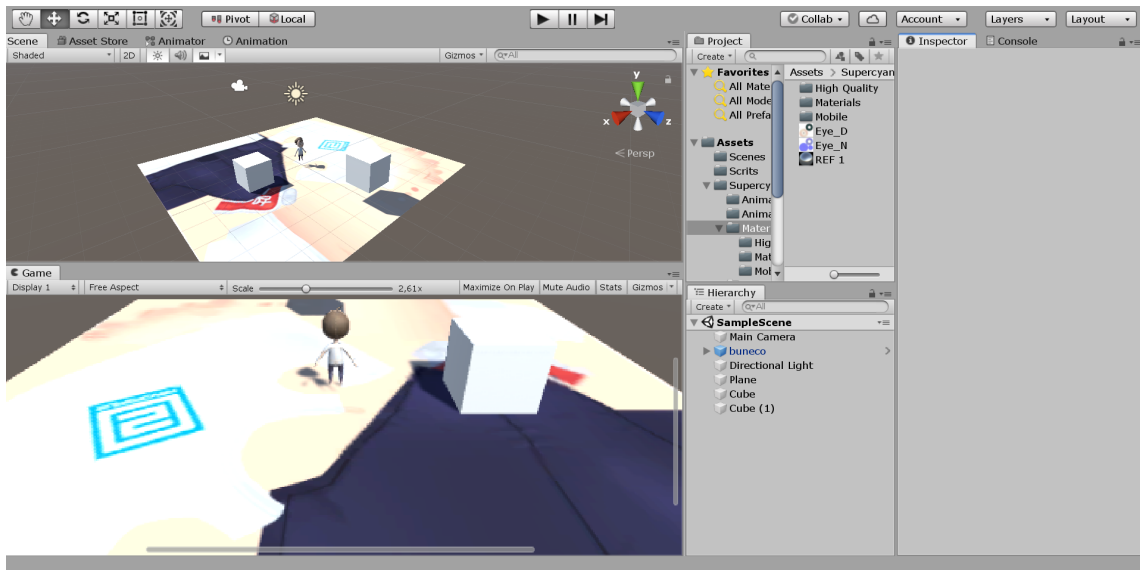


Figura 2.10: Captura de tela do Unity mostrando sua interface

2.3.2 Blender

Blender é um *software* gratuito e de código aberto (do inglês (*open source*)) fundado pela empresa holandesa *Blender Foudation* voltado para criação de modelos 3D. O software proporciona várias possibilidades envolvendo o desenvolvimento de modelos 3D, como modelagem, animação, renderização, criação de games através do *Blender Game Engine* e até mesmo edição de vídeos.

O Blender é um *software* multiplataforma e apresenta um bom desempenho em sistemas Linux, Windows ou Macintosh. Sua interface utiliza o OpenGL para fornecer uma experiência consistente. O OpenGL (Open Graphics Library) é uma API livre (do inglês, *Application Programming Interface*), ou seja, um programa de interface, usado para aplicações gráficas. Uma API é como uma biblioteca de rotinas e funções (nesse caso gráficas e de modelagem também) para a criação e desenvolvimento de aplicativos em determinadas linguagens de programação. Pereira et al. (2018).

Uma facilidade para os desenvolvedores que utilizam o Blender é que a programação dos objetos pode ser feita nas linguagens C, C++ e Python, são linguagens de fácil aprendizado e com material de estudo de fácil acesso.

O Blender apresenta diversos recursos, além de ser de uso gratuito para qualquer finalidade. A Blender Foundation em seu *website*¹ expõe um manual que documenta seus recursos, alguns deles serão destacados abaixo.

- **Modelagem facilitada:** Através de atalhos no teclado e ferramentas de modelagem o Blender facilita a criação, edição e modificação de modelos 3D. Formas primitivas

¹Disponível em: www.blender.org/features, data de acesso 20 de julho

como cubo, círculo, esfera, plano, cilindro entre outras podem ser inseridas através da aba adicionar e modificadas através dos modificadores, facilitando a criação de modelos personalizados.

Os modificadores são operações automáticas que modificam um objeto sem modificar sua geometria básica. Na Figura 2.11 vemos uma série de opções de modificadores, podemos destacar o *mirror* que espelha o objeto no eixo escolhido. Outro modificador interessante é o *subdivision surface* que divide a superfície no tamanho desejado.

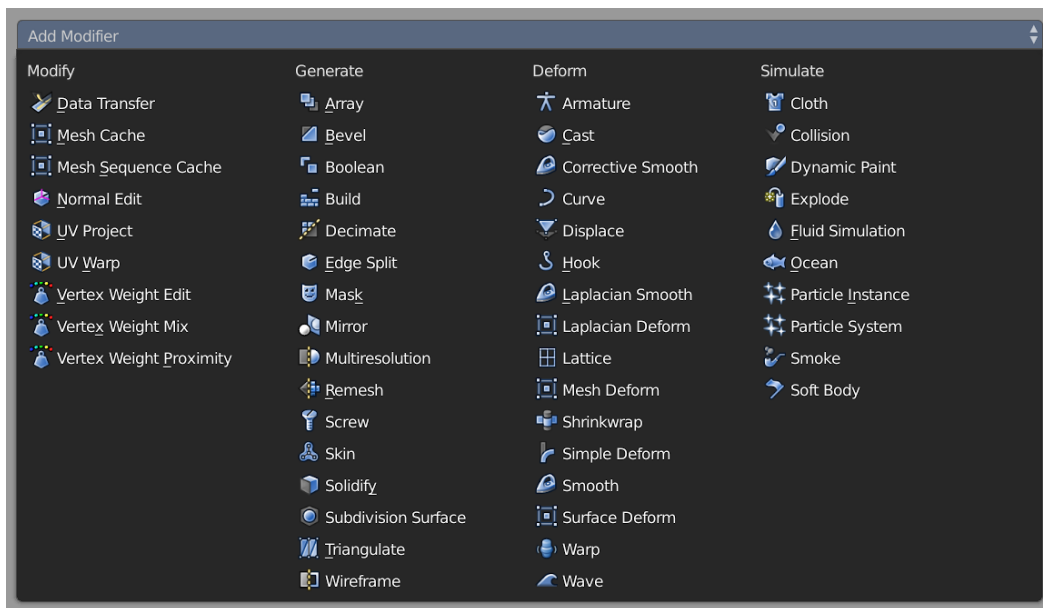


Figura 2.11: Aba de modificadores do software Blender

- **Conjunto de ferramentas para animação:** O conjunto de recursos de animação do Blender oferece automatização de animações cíclicas a partir de uma trajetória pré definida, editor de poses dos personagens (as partes do tornam-se objetos com funções de transformação, como *rotate* e *grab*), possibilidade de editar movimentos de partes do personagem individualmente através dos ossos da modelagem (NLA - *Non Linear Animation*)
- **Simulações:** O blender permite simulação de eventos físicos interessantes como:
 - Fumaça e fogo - chamas e ondulação de fumaça com interação com a cena.
 - Fluido - simulação realista de água e outros fluidos.
 - Cabelo - cabelo que sopra ao vento e pode colidir com outros objetos.
 - Pano - simulações de panos realistas para roupas e ambientes.
 - Corpos rígidos - torna os objetos destrutíveis e colidíveis aplicando as leis da física.

– Partículas - possibilidade de criar simulações de chuva, estilhaço e faíscas.

- **Diferentes formatos:** o Blender importa e exporta arquivos em diversos formatos de imagem, vídeo ou modelos 3D. Podemos ver nas Figuras 2.12 e 2.13 respectivamente as extensões possíveis para importação e exportação.

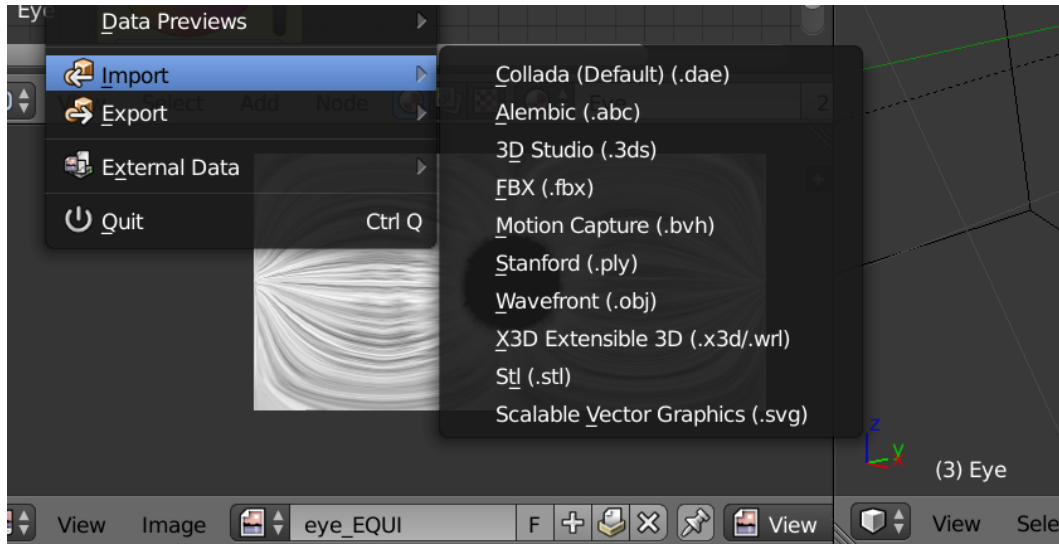


Figura 2.12: Captura de tela do Blender mostrando as extensões possíveis para importação.

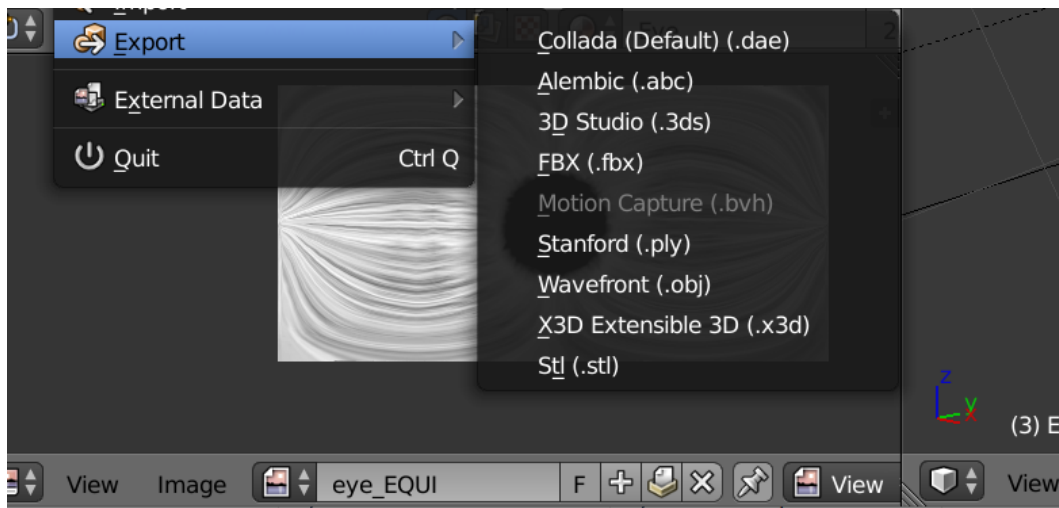


Figura 2.13: Captura de tela do Blender mostrando as extensões possíveis para exportação.

- **Plataforma de Criação de games:** Chamada de Blender Game Engine, permite a criação de jogos dentro do próprio Blender. Inclui diversas funcionalidades como: API de codificação em Python, suporte para utilização de recursos do OpenGL, reprodução

de jogos dentro do Blender sem compilar ou pré-processar, possibilidade de exportação de modelos para outras *engines* e aplicação de áudio tridimensional.

2.4 Interação Humano-Computador

A interação humano-computador foi primeiramente definida por Carlisle, James H. (1976) em seu livro "*Evaluating the impact of office automation on top management communication*", mas se tornou mais popular através de Card et al. (1983) no livro, "*The Psychology of Human-Computer Interaction*".

De acordo com (Carroll, 1997) até o final dos anos 70, as únicas pessoas que interagiam com computadores eram profissionais de tecnologia da informação e entusiastas da área. Isso mudou drasticamente com o surgimento dos computadores pessoais no final da década de 1970.

A computação pessoal, incluindo *softwares* pessoais (aplicativos de produtividade, como editores de texto e planilhas eletrônicas, além de jogos) e plataformas de computadores (sistemas operacionais, linguagens de programação e hardware), tornaram todas as pessoas em potenciais usuários de computador, evidenciando as deficiências de usabilidade que os computadores tinham na época. A partir disso tornou-se necessário o estudo da interação humano-computador.

A Interação humano-computador refere-se a pesquisa em design, utilização e implementação de sistemas computacionais por humanos, é uma tecnologia para estudar sobre os seres humanos, computadores e a interação entre eles. Com o desenvolvimento de diversos dispositivos computacionais a interação humano-computador se tornou parte da nossa vida cotidiana, sendo utilizada no trabalho, compras e comunicação.

A IHC tem tido uma ênfase teórica, focada em estudar como as pessoas interagem com a tecnologia e suas experiências cognitivas quanto prática que busca descobrir a melhor forma de desenvolver uma aplicação para que a interação com o usuário se torne a melhor possível baseado na utilidade e na usabilidade do software.

Segundo a ISO 9241-11 (1998) que trata de requisitos ergonômicos para trabalho de escritório com terminais visuais a usabilidade é "a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso".

Existem duas formas de avaliação de usabilidade, a inspeção de usabilidade e os testes de usabilidade. A inspeção de usabilidade busca através da exploração da interface estática, observando heurísticas pré-definidas, detectar problemas de usabilidade em diferentes telas e níveis, que possam impactar o uso da ferramenta pelo seu público alvo. A inspeção é realizada por um inspetor de usabilidade. Os testes de usabilidade possuem como principal foco a avaliação da qualidade de interação do usuário com o sistema, os testes são realizados com o

público alvo do sistema.

Na avaliação de usabilidade por meio de testes de usabilidade pode ser aplicado ao usuário o Questionário SUS que serve para se obter em termos gerais um valor para usabilidade do sistema.

2.5 System Usability Scale (SUS)

Como citado anteriormente dentro da interação humano-computador um dos principais critérios de qualidade de uso é a usabilidade. Existem alguns instrumentos validados para avaliar a usabilidade de um sistema, um deles é o Questionário SUS.

A escala SUS foi desenvolvida por Brooke (1996), no laboratório da *Digital Equipment Corporation* no Reino Unido, consiste em um questionário composto por 10 itens, que permitem captar uma visão geral do usuário sobre um sistema e é possível reconhecer os fatores de usabilidade que foram indicados por Nielsen (2012): facilidade de aprendizagem, eficiência, facilidade de memorização, minimização dos erros e satisfação.

Para Padrini-Andrade et al. (2019) O SUS quando comparado a outros instrumentos de avaliação é tecnologicamente agnóstico, podendo ser utilizado para avaliar diversos produtos e serviços, como websites, hardware, sistemas multimodais, sistemas de comando de voz, aplicações móveis e sistemas clínicos.

Como o questionário foi escrito em língua inglesa, para preservar seu conteúdo em Tenório et al. (2010) foi realizada uma tradução, onde todas as questões foram traduzidas para o português e, depois um tradutor profissional realizou a tradução para língua inglesa. A tradução reversa teve como resultado um texto muito próximo do original demonstrando que o significado e estrutura do texto foram preservados na versão em português.

Os itens do questionário SUS traduzidos para o português são os seguintes:

- 1 - Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.
- 2 - Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.
- 3 - Eu achei o sistema fácil de usar.
- 4 - Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.
- 5 - Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.
- 6 - Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.
- 7 - Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.
- 8 - Eu achei o sistema complicado de usar.

- 9 - Eu me senti confiante ao usar o sistema.
- 10 - Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.

O participante do experimento ao responder o SUS assinala sua resposta numa escala Likert que varia de Discordo totalmente a Concordo totalmente, como mostra a figura 2.14.

Brooke (1996) recomenda que a utilização do SUS seja feita logo após o usuário realizar o teste e antes de qualquer discussão com o desenvolvedor. Os usuários devem ser questionados sobre sua resposta imediata a cada item do questionário sem que pensem sobre o item por muito tempo, todos os itens devem ser marcados, caso o usuário não se sinta confortável em marcar algum item, o ponto central da escala Likert deve ser marcada neste item.

Strongly disagree

Strongly agree

1. I think that I would like to use this system frequently

1 2 3 4 5

Figura 2.14: Imagem retirada de Brooke (1996) representando a escala Likert.

De acordo com os valores relativos obtidos nas questões do questionário (SUS), as questões ímpares destacam pontos positivos do sistema, apresentam maior número de respostas “concordo” e “concordo plenamente”, enquanto as questões pares destacam pontos negativos do sistema e apresentam um número maior de respostas em “discordo” e “discordo plenamente”. Isso sugere que os participantes conseguem, por meio das questões, avaliar os pontos positivos, negativos e as características do sistema.

O resultado do SUS é a soma da contribuição individual de cada item, para os itens ímpares deve-se subtrair 1 à resposta do usuário, já para os itens pares o a pontuação é 5 menos a resposta do usuário. Depois de obter a pontuação de cada item, somam-se as pontuações e multiplica-se o resultado por 2,5. Brooke (1996).

Desta forma, o resultado obtido será o nível de satisfação do utilizador (variando de 0 a 100).

De acordo com Tenório et al. (2010) é possível reconhecer os fatores de usabilidade indicados por Nielsen nas questões do SUS:

- Facilidade de aprendizagem: diz respeito ao qual fácil e simples é de aprender a utilizar o sistema, está representada nos itens 3, 4, 7 e 10;
- Eficiência: a eficiência esta relacionada aos itens 5, 6 e 8;
- Facilidade de memorização: a memorização está relacionada ao item 2;
- Minimização dos erros: a minimização de erros é responsável por tornar o software o mais consistente possível e esta relacionada com o item 6;

- Satisfação: a satisfação do usuário diz respeito ao quanto ele gostou de utilizar esse sistema e se usaria novamente, o nível de satisfação se relaciona aos itens 1, 4 e 9.

Através da utilização do SUS será possível avaliar em termos gerais a usabilidade do sistema proposto, os testes e seus resultados estão descritos no Capítulo 4.

2.6 Trabalhos relacionados

Este Capítulo será dedicado a descrição dos trabalhos relacionados a construção e avaliação de software com teste de usabilidade utilizando o questionário SUS.

O estudo de Tenório et al. (2010) teve como objetivo desenvolver um protocolo eletrônico disponível na web com informações estruturadas e específicas para o atendimento e acompanhamento do paciente com doença celíaca e avaliá-lo em termos de usabilidade. A avaliação da usabilidade foi realizada pelos médicos do ambulatório de Gastroenterologia Pediátrica da Universidade Federal de São Paulo por meio do questionário SUS, e revelou que o valor SUS score do sistema foi em média de 83,5, o que indicou que o sistema web apresentou excelente usabilidade.

Especificamente, em relação aos fatores de usabilidade apontados por Nielsen (2012), as notas médias obtidas no questionário SUS foram (amplitude: 0 a 4): facilidade de aprendizagem (3.2), facilidade de memorização (3.5), eficiência (3.7), minimização dos erros (3.3) e satisfação dos usuários (3.3).

Já em Boucinha e Tarouco (2013) a pesquisa teve como objetivo avaliar a usabilidade do Sistema Interativo Ouro Moderno também com a aplicação do questionário SUS – System Usability Scale. Os testes foram realizados com 155 alunos que realizaram cursos na empresa Ouro Moderno e utilizaram o sistema.

Através do questionário SUS o sistema obteve um score de 77,52 e foi verificado o atendimento dos critérios: facilidade de aprendizagem do sistema (76,05), eficiência do sistema (76,45), baixo nível de inconsistências (74,68) e satisfação dos usuários (77,85).

Em Padrini-Andrade et al. (2019) foi realizada a avaliação do sistema de informação em saúde neonatal multicêntrico, mantido em rede de pesquisa nacional, com o objetivo de mensurar o grau de satisfação de profissionais de saúde quanto à usabilidade do sistema.

O universo da pesquisa foi o banco de dados da RBPN, a inserção de dados dos pacientes foi realizada nos 20 centros associados, localizados em sete estados brasileiros, pelos coordenadores de cada unidade. O banco de dados foi desenvolvido em REDCap, hospedado em uma máquina virtual em nuvem (cloud computing) chamada InterNuvem, mantida pela Universidade de São Paulo.

Todos os profissionais de saúde, representantes dos 20 centros integrantes e da coordenação da RBPN com acesso ao banco de dados para inserção, consulta e/ou correção de dados participaram do estudo preenchendo o questionário eletrônico SUS.

A coleta de dados foi realizada entre fevereiro e março de 2017, o questionário eletrônico era composto de tela única, dividido em duas partes. Na primeira, os entrevistados preencheram uma ficha de identificação para caracterização população estudada, na segunda tela, os usuários responderam o SUS.

Os testes foram realizados com 50 usuários e o sistema da RBPN apresentou boa avaliação por parte de seus usuários, com média de 73,3 e mediana de 72,5 pontos. Nos resultados do trabalho não foram citados valores para os componentes de Nielsen.

Tendo em vista os trabalhos citados a presente pesquisa irá construir e avaliar um software de construção de experimentos em realidade virtual para estudos de neurobiologia das emoções, todos os trabalhos relacionados apresentados tem resultado de Score SUS superior a 70, desta forma, buscamos alcançar no mínimo 70 pontos no Score SUS, configurando o software como bom em termos de usabilidade.

Capítulo 3

Metodologia de Desenvolvimento

O desenvolvimento de uma ferramenta em realidade virtual para construção de experimentos no estudo da eletromiografia facial e cenas emocionais necessita de diversos conceitos, como: Realidade virtual, interação humano-computador(IHC) e o SUS (do inglês, (*System Usability Scale*)), além das ferramentas Unity Engine e Visual Studio. Sendo assim, este capítulo apresenta a metodologia utilizada e as etapas do desenvolvimento do sistema aplicando estes conceitos.

3.1 Metodologia

Gil (2010) propõe que as pesquisas podem ser classificadas considerando seus objetivos e os procedimentos e técnicas utilizadas, enquanto que Vergara (2010) afirma que a classificação da pesquisa é realizada em relação aos fins e aos meios utilizados.

Considerando o objetivo geral da presente pesquisa, é possível classificar sua natureza como exploratória e descritiva, pois seu objetivo é explorar a realidade virtual e a neurobiologia das emoções e descrever a construção e avaliação de usabilidade do sistema de construção de experimentos.

A pesquisa foi realizada através de fontes primárias, os resultados são quantitativos de forma a avaliar a usabilidade do sistema proposto através do resultado do questionário SUS e qualitativos de forma a avaliar os fatores de usabilidade definidos por Nielsen.

Desta forma, neste trabalho foi realizado um levantamento teórico sobre os temas abordados, identificação dos problemas a serem resolvidos, levantamento de requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento do software proposto, construção do software, construção da interface do software e os testes de usabilidade.

O esquema abaixo mostra a metodologia utilizada para a construção e avaliação do software.

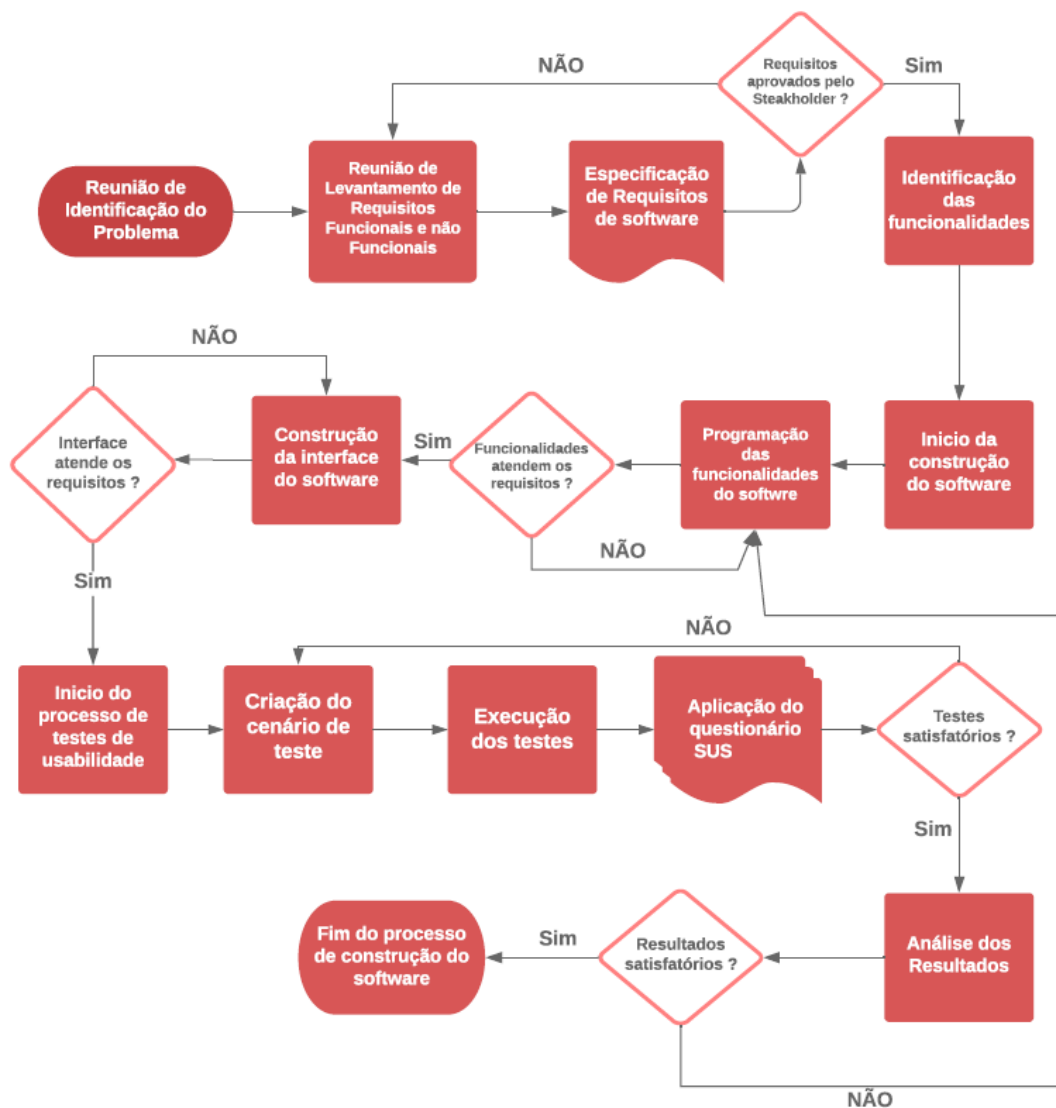


Figura 3.1: Fluxograma de Construção do software. Fonte: Autor

3.2 Identificação do Problema

Antes mesmo de projetar o sistema, o primeiro passo foi identificar quais são os principais problemas que o laboratório de psicofisiologia enfrentava e que o sistema poderia resolver. Foram feitas várias reuniões com o stakeholder com o objetivo de entender as necessidades e identificar as principais dificuldades enfrentadas. Os principais problemas encontrados são listados a seguir:

- Dificuldade e tempo elevado na construção de um experimento.
- Baixo nível de imersão do usuário nos experimentos.

Requisito	Descrição	Telas
RF01	O sistema deve possibilitar ao usuário a escolha do tipo de visualização do experimento que deseja construir (2D, 3D e ambos)	1
RF02	O sistema deve possibilitar ao usuário salvar o experimento configurado.	4, 5, 6
RF03	O sistema deve possibilitar ao usuário carregar um experimento salvo anteriormente.	3
RF04	O sistema deve incluir e excluir imagens nas extensões JPEG e PNG na lista de exibição do experimento.	4, 6
RF05	O sistema deve possibilitar ao usuário a escolha do tempo de exibição de cena.	4, 5, 6
RF06	O sistema deve possibilitar ao usuário a escolha de tipo de exibição (Sequencial ou randômico).	4, 5, 6
RF07	O sistema deve possibilitar ao usuário a escolha do tempo de tela preta entre a exibição de uma cena e outra.	4, 5, 6
RF08	O sistema deve incluir e excluir modelos em 3 Dimensões em cenas prontas.	5, 6
RF09	O sistema deve possibilitar ao usuário a escolha da velocidade de rotação da cena em 3 Dimensões.	5, 6
RF10	O sistema deve possibilitar a visualização em realidade virtual. com utilização de HMD (óculos de realidade virtual)	4, 5, 6

Tabela 3.1: Requisitos Funcionais

3.3 Análise e Levantamento dos Requisitos

Para realizar o levantamento de requisitos que serão apresentados a seguir foram realizadas diversas reuniões em forma de brainstorm.

Durante as reuniões foram trocadas diversas ideias e propostas, permitindo o entendimento das necessidades da *stakeholder* em relação ao sistema, desta forma foram levantados então os requisitos do sistema. Os requisitos foram divididos em dois tipos: requisitos funcionais e requisitos não funcionais.

3.3.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais do sistema são apresentados na tabela 3.1 e descrevem as funcionalidades que o software terá para solucionar os problemas mencionados na Seção 3.2.

3.3.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais raramente estão associados às características individuais do software, sendo aplicados ao software como um todo. A Tabela 5.2 apresenta os requisitos não funcionais do sistema.

Requisito	Descrição	Categoria
RNF01	O sistema deve ser multi-plataforma (Sistema Windows e Android).	PORTABILIDADE
RNF02	O sistema deve executar de forma local.	DISPONIBILIDADE
RNF03	O sistema deverá possuir uma interface intuitiva e de fácil utilização.	USABILIDADE
RNF04	O sistema deverá ser desenvolvido em linguagem C#.	ARQUITETURA
RNF05	O sistema deve apresentar um bom desempenho.	DESEMPENHO

Tabela 3.2: Requisitos não funcionais

3.4 Objetivos do software

A partir dos requisitos levantados, foram definidos os objetivos do software, estes objetivos são listados abaixo:

- Construir um experimento em 2 dimensões, 3 dimensões e ambas as dimensões.
- Salvar um experimento construído anteriormente.
- Carregar um experimento salvo anteriormente.
- Utilizar a realidade virtual nos experimentos.

3.5 Construção do software

De acordo com os requisitos funcionais e não funcionais levantados o software foi construído para atender todas as funcionalidades necessárias. A construção do software foi realizada utilizando o Unity Engine, em linguagem C#, possibilitando assim a utilização da realidade virtual nos experimentos de neurobiologia das emoções.

A seguir são apresentadas as telas do software, e descrito como os requisitos são atendidos e como deve ser a interação do usuário com o sistema.

O RF01 diz respeito ao tipo de visualização que o usuário pode escolher para a execução do experimento. Essa visualização pode ser em 2 dimensões no caso de experimentos apenas com imagens, em 3 dimensões para experimentos com cenas em 3D e visualização em ambas as dimensões para experimentos com imagens e cenas em 3D alternando entre si.

A aplicação do RF01 pode ser vista na figura 3.2, o usuário pode escolher o tipo de visualização através do clique sobre o botão desejado, redirecionando o para a tela da figura 3.3, onde o usuário pode escolher entre construir e carregar um experimento.

O RF02 dá a possibilidade ao usuário de salvar o experimento que está configurando, para que seja possível carregá-lo na próxima vez que utilizar o sistema, fazendo com que o usuário

economize tempo e não tenha que configurar o mesmo experimento a cada vez que for realizá-lo com um determinado participante. Este requisito é atendido pelo botão salvar presente nas telas de configuração de ambos os tipos de visualização.

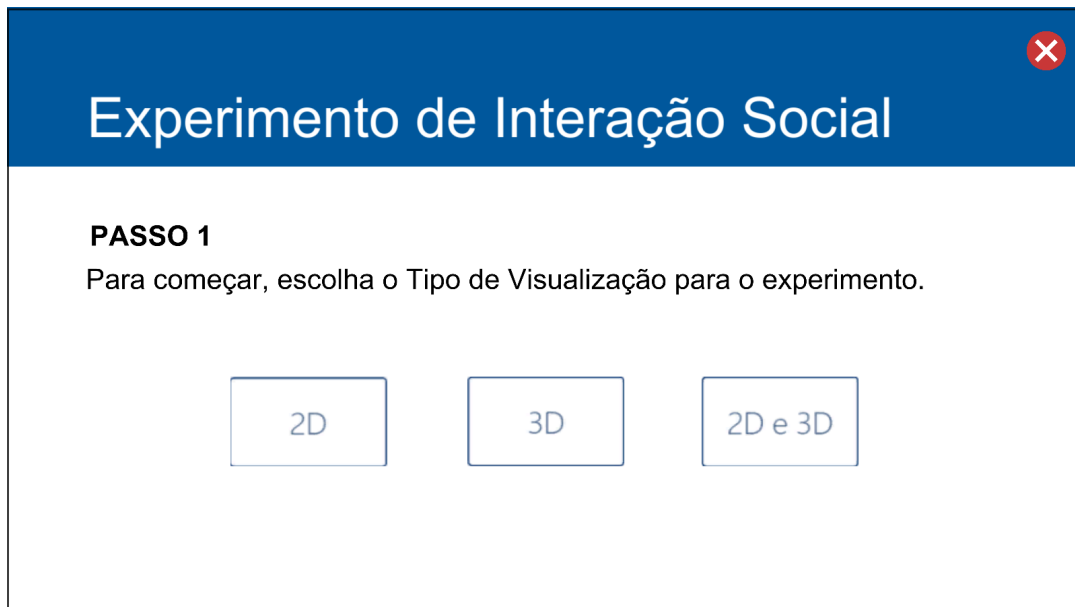


Figura 3.2: Tela 1 - Tela inicial do software

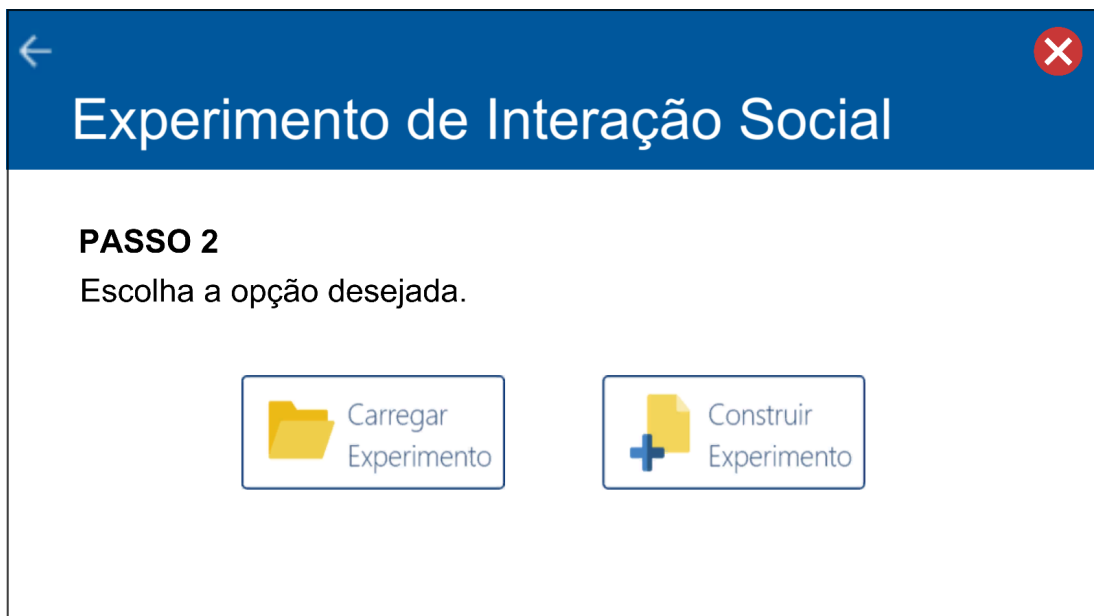


Figura 3.3: Tela 2 - Tela de escolha de opção. Fonte: Autor

O RF03 possibilita ao usuário carregar um experimento que foi salvo anteriormente e simplesmente executá-lo. As imagens, modelos 3D e as configurações realizadas anteriormente

serão carregadas através de um arquivo .json cuja as informações foram salvas no momento da construção.



Figura 3.4: Tela 3 - Tela de carregamento de experimento salvo anteriormente. Fonte: Autor

A aplicação dos requisitos RF02 e RF03 estão presentes na figura 3.3, nesta tela o usuário irá escolher entre as opções de carregar ou construir um experimento. Ao escolher a opção de carregar um experimento o usuário será direcionado para a tela da figura 3.4, onde poderá carregar o arquivo com as informações do experimento desejado.



Figura 3.5: Tela 4 - Tela de construção de experimento em 2 dimensões. Fonte: Autor

Caso escolha a opção de construir um experimento o usuário será direcionado para uma das telas de construção de experimento, dependendo de qual tipo de visualização foi escolhida anteriormente.

Caso o usuário tenha escolhido a visualização em 2 dimensões ele será direcionado para a figura 3.5, nesta tela é possível realizar toda a construção do experimento em 2 dimensões, o RF04 diz respeito a possibilidade de inclusão e exclusão de imagens nas extensões JPEG e PNG, a inclusão de fotos é ativada pelo botão “Selecionar Foto” presente nas telas 4 e 6, ao clicar neste botão é exibido o buscador de arquivos visto na figura 3.6 este buscador faz parte do *plug-in* “File Browser” adquirido na loja de *assets* do Unity.

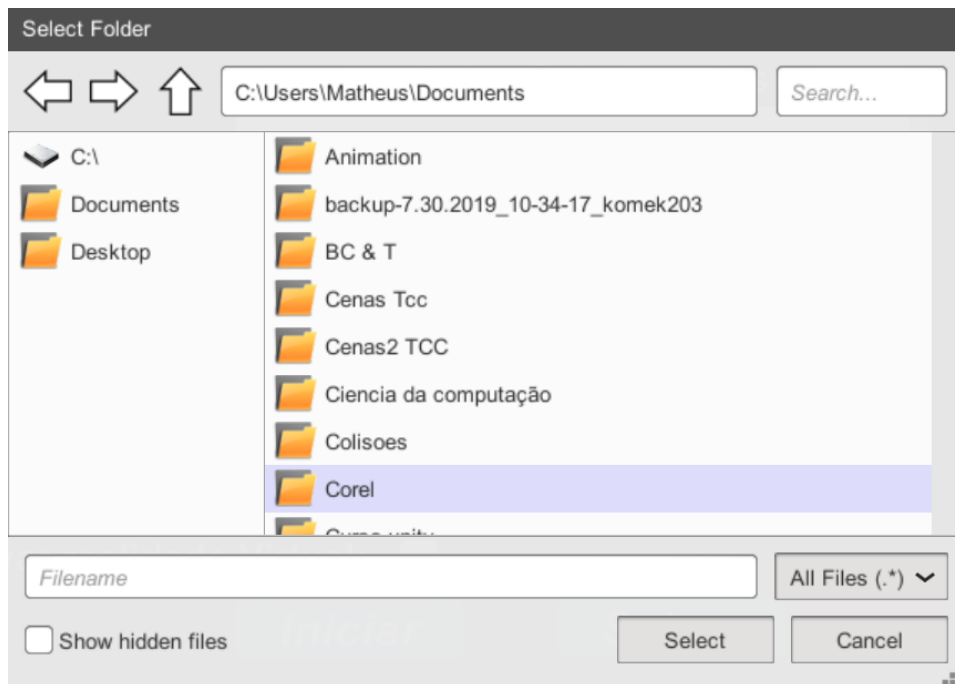


Figura 3.6: Buscador de arquivos do *plug-in* “File Browser”. Fonte: Autor

Através do buscador de arquivos é possível selecionar a foto escolhida e adicioná-la na lista de fotos a serem exibidas no experimento. Já a exclusão de uma imagem anteriormente adicionada na lista é feita pelo botão “Excluir Foto”, este botão está presente nas telas 4 de construção de experimentos em 2 dimensões e na tela 6 de construção de experimentos em 2 e 3 dimensões.

Cada alteração feita na lista de imagens do experimento é percebida na caixa de texto que contém os endereços das imagens presentes na lista, caso a lista de imagens esteja vazia e o usuário tente iniciar o experimento, uma mensagem de erro é exibida e o experimento não inicia.

O RF05 permite ao usuário definir o tempo de exibição das cenas no experimento podendo ser de 5 a 10 segundos, a entrada do usuário é recebida através de uma lista de seleção,

ao tentar iniciar o experimento, caso o usuário não tenha escolhido o tempo de execução uma mensagem de erro é exibida e o experimento não inicia até que seja escolhido um valor como entrada. Esta lista de seleção esta presente nas telas 4, 5, 6, as telas de construção de experimento.

O RF06 possibilita ao usuário definir o tipo de execução do experimento, podendo ser sequencial ou randômica, a entrada do usuário é recebida por um *radioButton*, caso o usuário não selecione um tipo uma mensagem de erro será exibida e o experimento não inicia até que o tipo seja escolhido. Da mesma forma do requisito anterior, este requisito é atendido nas telas 4, 5, 6, as telas de construção de experimento.

A inclusão de um tempo randômico entre a exibição de uma cena e outra é definida pelo RF07, possibilitando ao usuário incluir um intervalo onde um valor de tempo será randomizado para cada cena, isso possibilita que as cenas tenham tempos de espera diferentes entre uma e outra, neste tempo de espera é exibido uma tela preta. Esta tela preta serve para limpar os sinais fisiológicos do participante entre uma cena e outra. Assim como os requisitos RF05 e RF06 este requisito é atendido nas telas 4, 5 e 6.

The screenshot shows a mobile application interface for a social interaction experiment. The title bar is blue with a back arrow on the left and a close button (red circle with an 'X') on the right. Below the title bar, the text 'Experimento de Interação Social' is displayed in white. The main content area has a white background and is titled 'VISUALIZAÇÃO EM 3 DIMENSÕES (3D)'. Under this title, it says 'Selecione os modelos 3D'. To the left of the controls is a grey rectangular area representing a 3D model selection. Below this area are two buttons: 'Selecionar Modelo' and 'Excluir Modelo'. To the right of the model selection area are several controls: 'Tempo de execução da cena' with a dropdown menu labeled 'Selecionar' and a red 'Selecionar' button below it; 'Velocidade de rotação da cena' with a dropdown menu labeled 'Selecionar' and a red 'Selecionar' button below it; 'Tempo randômico entre cenas' with two 'Enter' buttons and the word 'até' in between; and 'Tipo de execução' with two radio buttons labeled 'Sequencial' and 'Randômico'. At the bottom right of the form are two blue buttons: 'Salvar' and 'Iniciar'.

Figura 3.7: Tela 5 - Tela de construção de experimento em 3 dimensões. Fonte: Autor

Caso na tela da figura 3.2 o usuário escolha a opção de visualização em 3 dimensões e na tela da figura 3.3 escolha a opção de construção de experimento, o mesmo será redirecionado para a tela da figura 3.7, a tela de construção de cena em 3 dimensões.

A inclusão e exclusão de modelos em 3 dimensões é definida pelo RF08, ao clicar no botão “Selecionar Modelo” presente nas telas 5 e 6 o usuário será direcionado para uma tela de importação dos modelos 3D, esses modelos podem ser baixados pelo próprio usuário e serão incluídos em posições pré-definidas dentro de uma cena genérica modelada pelo desenvolvedor.

Ao clicar no botão "Excluir modelo" presente nas telas 5 e 6 o ultimo modelo incluído na lista é excluído da cena.

O RF09 diz respeito a definição da velocidade de rotação da cena em 3 dimensões, a entrada desse parâmetro é recebida via lista de seleção com opções de 5 a 10 graus de rotação por segundo, a lista esta presente nas telas 5 e 6. Caso o usuário não selecione a velocidade e tente iniciar o experimento, uma mensagem de erro é exibida e o experimento não inicia até que o valor seja escolhido.

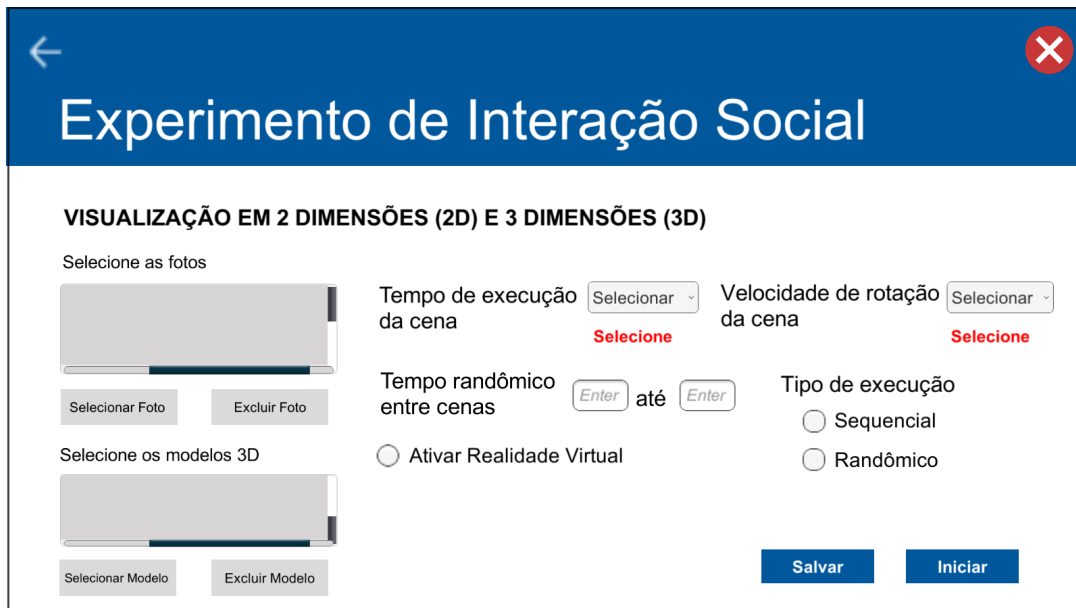


Figura 3.8: Tela 6 - Tela de construção de experimento em 2 e 3 dimensões. Fonte: Autor

Se na tela da figura 3.2 o usuário escolher a opção de visualização em 2 e 3 dimensões e na tela da figura 3.3 escolher a opção de construção de experimento, o mesmo será redirecionado para a tela de construção de cena em 2 e 3 dimensões representado pela figura 3.8.

Já o RF10 possibilita a utilização ou não utilização da realidade virtual, caso o usuário queira realizar o experimento em realidade virtual, basta marcar o *checkbox* correspondente a ativação da realidade virtual nas telas de construção de experimento 4, 5 e 6.

Para utilização da realidade virtual, a visualização se dará por meio de um *Head Mounted Display*, o RF11 é o requisito que especifica que o software deve ter suporte para utilização do HMD.

Ao iniciar o experimento caso a realidade virtual esteja ativada pelo usuário, o modulo de realidade virtual será ativado, definindo a tela para visualização em óculos de Realidade Virtual, um exemplo desta tela pode ser visto na figura 3.9. A tela é dividida em 2, uma para cada olho, e as bordas são arredondadas pois caso não sejam, devido ao formato do olho humano haverá corte na visualização das bordas da cena.

O RNF01 diz que o sistema deve ser multi-plataforma (Sistema Windows e Android).



Figura 3.9: Visualização em óculos de realidade virtual. Fonte: Autor

Desta forma o software pode ser utilizado em computadores Windows e em óculos de realidade virtual que utilizem celulares Android como por exemplo o Samsung Gear VR.

O RNF02 delimita que o sistema deve executar de forma local, desta forma o software não irá fazer uso da Web para execução de nenhum dos seus recursos.

Uma interface intuitiva pra o sistema e de fácil utilização é delimitada pelo RNF03, desta forma a interface do sistema foi pensada para tornar a usabilidade do usuário a melhor possível, de forma que ele consiga utilizar o sistema corretamente sem nenhum treinamento prévio. Para atender a este requisito foi realizada uma inspeção de usabilidade na interface do software pelos pesquisadores da Universidade Federal do Ceará parceiros do projeto.

A utilização da linguagem C# para a programação do sistema atende ao requisito RNF04. Esta linguagem foi utilizada por ser a linguagem padrão utilizada no Unity Engine, desta forma a integração entre a Engine e os códigos desenvolvidos é perfeita.

O requisito não funcional RNF05 diz respeito ao desempenho do sistema, para atender a esse requisito o sistema deve ser leve e executar sem travamentos ou *bugs*.

3.5.1 Construção da interface do software

A interface inicial do software foi construída para atender os requisitos levantados, para atender o RNF03 que diz respeito a usabilidade foi realizada pelos pesquisadores da Universidade Federal do Ceará parceiros do projeto uma inspeção de usabilidade na interface do software.

O objetivo da avaliação foi, através da exploração da interface estática, observando heurísticas pré-definidas, detectar problemas de usabilidade em diferentes telas e níveis, que possam impactar o uso da ferramenta pelo seu público alvo. O método utilizado foi uma avaliação de

usabilidade por inspeção baseada nas heurísticas propostas por Nielsen (2012).

A avaliação de usabilidade por inspeção foi conduzida no Laboratório de Usabilidade do Bloco Didático do Instituto UFC Virtual, na Universidade Federal do Ceará. A sessão de inspeção teve duração média de 5h e foi realizada utilizando as capturas de tela disponíveis no documento enviado pelo desenvolvedor.

A inspeção realizada no sistema identificou 16 problemas de usabilidade no total. Dentre eles, nove problemas são problemas pequenos (severidade 2) que têm baixa prioridade de correção. Quatro problemas encontrados são Problemas Graves (severidade 3), com alta prioridade de correção. Três problemas encontrados são considerados Problemas Cosméticos (severidade 1), o que significa que eles podem ser corrigidos se houver tempo extra no projeto. Não foi encontrado nenhum problema catastrófico, com grau de severidade 4.

A classificação de severidade pode ser vista na tabela 3 do anexo 1. Dentre os problemas encontrados, todos os problemas graves foram resolvidos, foi realizado o redesign da interface para garantir uma melhor estética e design minimalista, padronizando as cores de fundo e fonte para todos os botões, diminuindo a quantidade de informação nas telas e realocando rótulos e campos de entrada.

Dentre os 9 problemas pequenos encontrados, apenas os problemas 7 e 8 ainda não foram resolvidos. Os problemas 7 e 8 dizem respeito respectivamente a um tutorial de ajuda e a informações adicionais sobre as opções de construção.

Os problemas cosméticos ainda não foram resolvidos por falta de tempo no projeto. As telas antes das modificações e o documento completo gerado a partir da inspeção podem ser vistos no anexo 1.

Capítulo 4

Experimentos e Resultados

Para avaliar o software em termos de usabilidade é necessário realizar testes de usabilidade com sistema. Neste capítulo será apresentado o processo de testes e os resultados obtidos através do mesmo.

4.1 Avaliação de Usabilidade

O procedimento de avaliação do software foi realizado com 5 pesquisadores que fazem parte do laboratório de psicofisiologia da Universidade Federal de Ouro Preto com sessões de avaliação que duraram em média 20 minutos. As sessões foram realizadas na sala de experimentos do laboratório de psicofisiologia.

Em cada sessão, participou 1 avaliador, responsável por explicar o teste aos participantes, conduzir o teste, realizar anotações durante a observação do uso, aplicar o questionário SUS e realizar a entrevista final.

A seguinte sequência de atividades era executada em cada sessão:

- Explicação do teste - Esta atividade teve como objetivo deixar claro ao usuário o que ele vai encontrar no teste a fim de evitar erros de entendimento.
- Observação do uso do software - Esta atividade teve como objetivo coletar informações do usuário.
- Preenchimento do questionário SUS - Teve como objetivo coletar dados do usuário.
- Entrevista final - teve como objetivo coletar impressões do usuário.

Os dados foram coletados por meio de anotações feitas pelo avaliador e pelo preenchimento do questionário SUS. Os objetivos de cada atividade da sessão, relacionada à coleta de dados foram:

- Observação de uso: identificar problemas de usabilidade durante a interação com o software.
- Questionário SUS: Obter o score SUS do software.
- Entrevista final: coletar impressões dos stakeholders sobre o software.

4.2 Cenário de Teste

O teste de usabilidade foi realizado em 2 etapas, na primeira os participantes realizaram as tarefas abaixo presentes na parte 1, na segunda etapa os participantes visualizaram no óculos de realidade virtual uma sequência de imagens em 2 dimensões com câmera estática, seguidas de cenas em 3 dimensões com câmera rotacionando em torno da cena.

A parte 1 do teste foi realizada em notebook Asus VivoBook S14 com processador intel core i7 8ª geração, 8 GB de memória, placa de video Nvidia Geforce mx150 e sistema operacional Windows 10. Com o software aberto os participantes deveriam realizar em sequencia as tarefas listadas abaixo.

- TAREFA 1: Construa um experimento 2 dimensões com no mínimo 3 imagens e demais parâmetros de sua escolha.
- TAREFA 2: Salve o experimento criado na tarefa acima, adicione o nome que quer dar ao arquivo e no final coloque .json.
- TAREFA 3: Após salvar o experimento inicie - o
- TAREFA 4: Carregue o experimento em 2 dimensões “Experimento.json” situado na área de trabalho e inicie-o.
- TAREFA 5: Carregue o experimento em 3 dimensões “Experimento2.json” situado na área de trabalho e inicie-o.
- TAREFA 6: Após terminar as tarefas acima feche o software.

Na parte 2 do teste foi utilizado o óculos Samsung Gear VR e o celular Samsung S7. Antes do inicio da execução do teste os participantes visualizaram uma cena genérica e foi solicitado para que ajustassem o foco para melhor nitidez e para que ajustassem a posição do óculos na cabeça para melhor conforto.

A sequencia de imagens em 2 dimensões e cenas em 3 dimensões visualizadas pelos participantes foram anteriormente configuradas pelo desenvolvedor. O tempo total de visualização foi de 1 minuto e 46 segundos, após o fim da sequencia uma mensagem de fim do experimento aparecia na tela e os participantes retiravam o óculos.

4.3 Resultados

Nesta seção os resultados obtidos através da avaliação de usabilidade serão apresentados.

4.3.1 Taxa de sucesso

Durante a observação de uso do software na parte 1 do teste foram coletadas informações e foi avaliada a taxa de sucesso das tarefas executadas pelos participantes. A taxa de sucesso ou de eficácia é uma medida simples de usabilidade e fornece uma métrica simples de sucesso. Normalmente, é registrado como métrica binária (1 = sucesso da tarefa e 0 = falha da tarefa).

A cada tarefa realizada o avaliador marcou 1 para as tarefas que foram realizadas com sucesso e 0 para as tarefas que por algum motivo não foram concluídas. A tabela 4.1 demonstra o sucesso ou fracasso na realização das tarefas durante o teste.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Usuário 1	1	1	1	0	1	1
Usuário 2	1	0	1	1	1	1
Usuário 3	1	1	1	1	1	1
Usuário 4	1	1	1	1	0	1
Usuário 5	1	1	1	1	1	1
Sucesso por tarefa	100 %	80 %	100 %	80 %	80 %	100 %

Tabela 4.1: Tabela de tarefas realizadas nos testes

Como mostrado todos os usuários conseguiram realizar a tarefa 1, 4 conseguiram realizar a tarefa 2, todos os 5 usuários conseguiram realizar a tarefa 3, 4 conseguiram realizar a tarefa 4, 4 usuários conseguiram realizar a tarefa 5 e todos os usuários conseguiram realizar a tarefa 6.

A taxa de sucesso de cada tarefa realizada durante a sessão de avaliação pode ser vista no gráfico da Figura 4.1. A taxa de sucesso geral das tarefas pode ser calculada a partir da fórmula abaixo:

$$\text{Eficácia} = (\text{numero de tarefas concluídas com sucesso} / \text{número de tarefas realizadas}) \times 100\%$$

Desta forma temos :

$$\text{Número total de tarefas concluídas com sucesso} = 27.$$

$$\text{Número total de tarefas realizadas} = 30.$$

$$\text{Eficácia} = (27 / 30) \times 100\% = 90\% .$$

A eficácia geral do sistema encontrada através da realização das tarefas acima descritas foi de 90%.

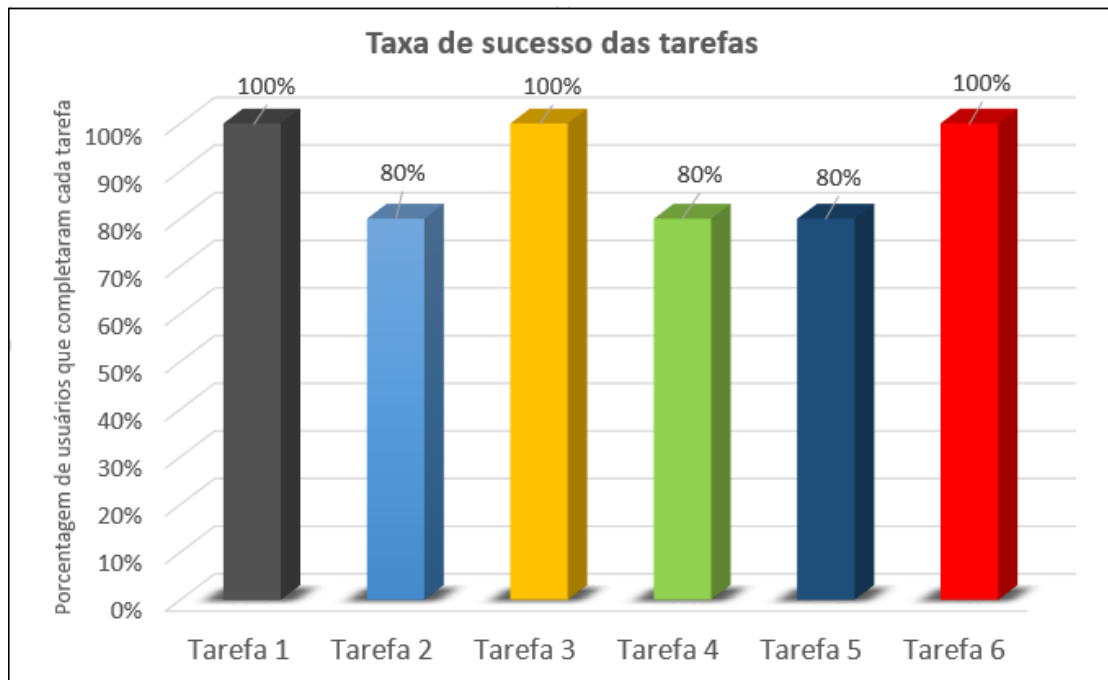


Figura 4.1: Taxa de sucesso de cada tarefa realizada. Fonte: Construído a partir dos resultados da pesquisa.

4.3.2 Score SUS

A aplicação do questionário sus foi realizada logo após a execução de cada parte do teste. Para cada parte foi aplicado um questionário e os resultados serão descritos a seguir.

Como descrito na seção 2.5 o score SUS é obtido soma da contribuição individual de cada item, para os itens ímpares deve-se subtrair 1 à resposta do usuário, já para os itens pares a pontuação é 5 menos a resposta do usuário. Depois de obter a pontuação de cada item, somam-se as pontuações e multiplica-se o resultado por 2,5.

Após a obtenção do score SUS para cada participante foi calculado a média do Score para cada parte do teste. Para a parte 1 do teste, onde os participantes interagiram com o sistema a média obtida do Score SUS foi de 79.

A pontuação geral de cada item do questionário SUS pode ser obtida pelo cálculo da média da pontuação de cada participante para o item. Com o objetivo de verificar a pontuação geral para cada do questionário aplicado na parte 1 do teste esta média foi calculada e pode ser vista na gráfico da Figura 4.2.

Com os resultados de cada item do questionário foi feita a relação entre os fatores de usabilidade indicados por Nielsen e as questões do SUS. Para a pontuação de cada componente de qualidade, foi calculada a média dos itens que compõem o componente, os componentes e suas pontuações foram listados abaixo.

- Avaliar a facilidade de aprendizagem do sistema: a facilidade de aprendizagem está

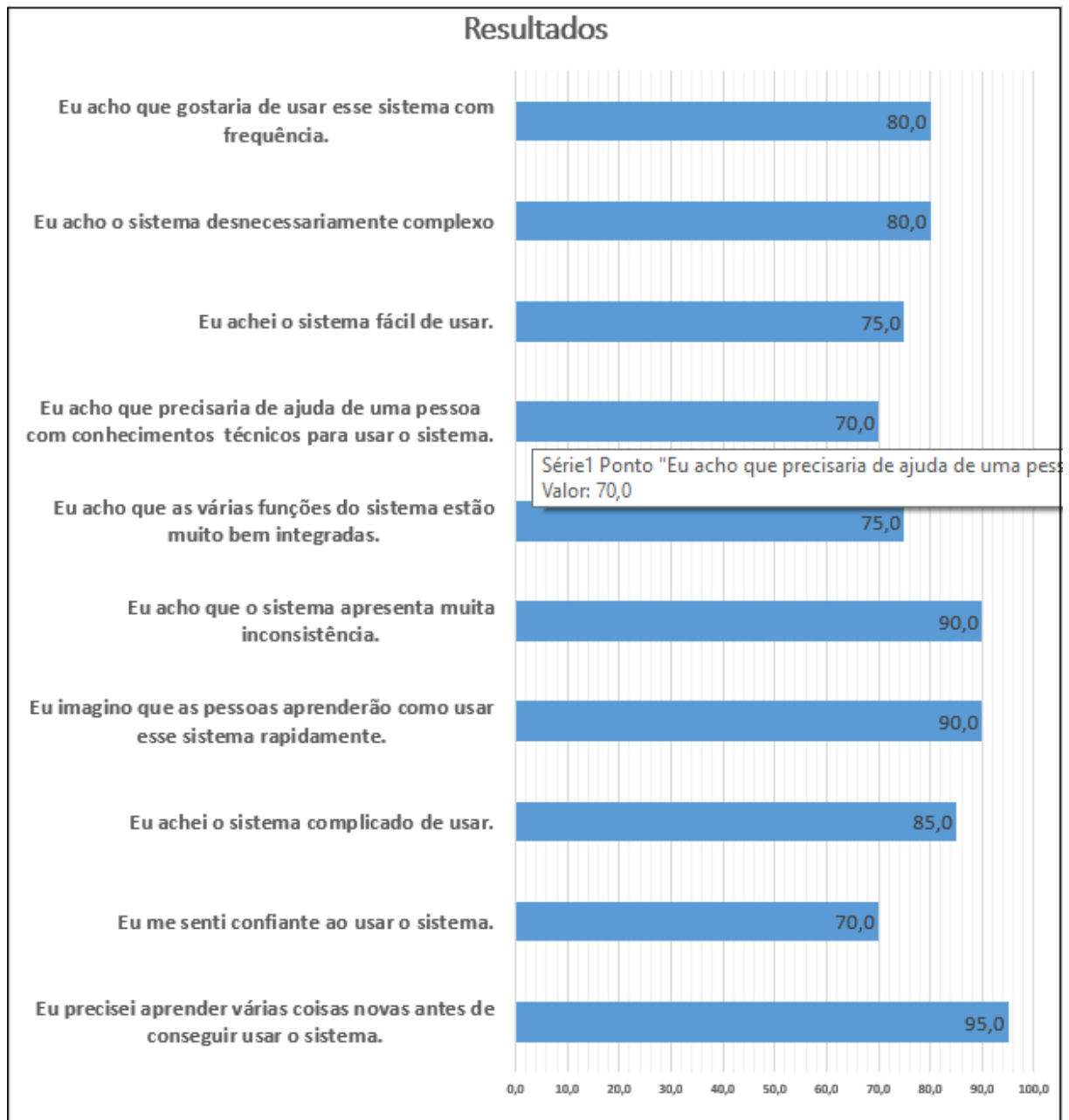


Figura 4.2: Resultados do SUS parte 1. Fonte: Construído a partir dos resultados da pesquisa.

representada nos itens 3, 4, 7 e 10 do SUS. A média do resultado destas questões foi de 82,5, portanto podemos concluir que os usuários apresentaram facilidade de aprender a utilizar o sistema.

- Verificar a eficiência do sistema: os itens 5, 6 e 8 estão relacionados a eficiência do Sistema. Analisando a média destas questões obtivemos 83,34, desta forma os usuários consideraram o sistema eficiente.

- Avaliar a facilidade de memorização: a facilidade de memorização é avaliada pela questão 2, o score de 80, demonstra satisfação em relação a este item.
- Identificar inconsistências do sistema: as inconsistências ou minimização dos erros são medidas através da questão 6. Neste item, o score SUS foi 90, o que demonstra que os usuários não avaliaram o software como sendo inconsistente.
- Verificar a satisfação dos usuários: a satisfação dos usuários está representada pelos itens: 1, 4, 9. A média destas questões foi 73,34.

Para a parte 2 do teste, onde os participantes visualizaram uma sequência de cenas no óculos de realidade virtual a média obtida para o Score SUS foi de 88,5.

4.3.3 Entrevista final

Após a realização do teste e do preenchimento do questionário SUS, foi realizada uma entrevista final com cada participante para coletar suas impressões sobre o software.

Na parte de construção de experimentos de uma forma geral os participantes relataram, que o processo de construção de um experimento foi facilitado pelo software e que houve economia de tempo, que tiveram uma boa interação com o software, e que ele não é desnecessariamente complexo. Estas impressões foram confirmadas pelos resultados de cada item do questionário SUS.

Em relação a interface do software os participantes de uma forma geral relataram que acharam o design simples e bonito, botões e opções bem organizados nas telas.

Na parte de visualização no óculos de realidade virtual foi relatado um aumento de imersão na cena quando comparado a visualização das cenas em um monitor.

Alguns participantes relataram tontura no momento de visualização das cenas e 3 dimensões pelo fato da câmera rotacionar em torno da cena. Entretanto a câmera estática na visualização em 3D foi descartada pelo stakeholder pelo fato de que com a câmera estática os usuários poderiam focar sua visão para qualquer parte da cena, o que tiraria o foco do participante dos modelos que foram inseridos.

Uma outra opção para ser verificada em trabalhos futuros seria deixar os usuários rodarem em torno da cena em 3 Dimensões com a câmera livre.

4.4 Discussão dos resultados

Nesta seção serão discutidos os resultados obtidos no trabalho através do teste de usabilidade descrito na seção 4.1 em relação a eficácia, Score SUS e critérios de qualidade de Nielsen.

Em relação a eficácia do sistema o resultado de 90% de sucesso na realização das tarefas propostas no cenário de teste demonstra que o software se mostrou eficiente para a construção de experimentos.

Para comparação dos resultados do questionário SUS podemos utilizar os resultados obtidos por Sauro (2001) que relatou a pontuação SUS média dos 500 estudos que realizou de 68 pontos e Bangor e Miller (2009) em que a média de 70 pontos tem se mantido em diferentes aplicações da SUS.

Como demonstrado no gráfico 4.2 todos os itens do questionário SUS apresentaram resultados iguais ou superiores a 70 pontos. Para o Score SUS obtivemos como resultado 79 pontos para a parte 1 do teste e 88,5 pontos para a parte 2. O Score Sus do sistema como um todo apresentou pontuação de 83,75.

Para os critérios de qualidade de Nielsen o resultado do questionário SUS permitiu afirmar que o sistema atende aos critérios: facilidade de aprendizagem do sistema (82,5), eficiência do sistema (83,34), facilidade de memorização (80) baixo nível de inconsistências (90) e satisfação dos usuários (73,34).

Estes resultados demonstram que o software atende as exigências de usabilidade e que ele foi validado junto ao stakeholder.

Capítulo 5

Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Quando iniciou-se o trabalho de pesquisa constatou-se que uma ferramenta de construção e execução de experimentos em realidade virtual para a neurobiologia das emoções poderia trazer facilidade e economia de tempo para os pesquisadores, além de aumentar a imersão dos participantes.

Diante disto a pesquisa teve como objetivo geral construir e avaliar a usabilidade de um software de construção e execução de experimentos em neurobiologia das emoções. Constatou-se que este objetivo foi atendido e que a avaliação do software junto ao stakeholder revelou que houve diminuição no tempo de construção de um experimento, facilidade na construção e aumento de imersão na cena com a utilização da realidade virtual.

Considerando a hipótese que o software como ferramenta poderia auxiliar os pesquisadores no processo de construção e execução de experimentos, através dos experimentos realizados descobriu-se que o sistema apresenta uma boa usabilidade e pode auxiliar os pesquisadores.

Levando em consideração a metodologia proposta para o trabalho, poderia ter sido realizada uma coleta de dados com uma quantidade maior de usuários, porém por limitação de tempo e de usuários com o perfil necessário somente foram coletados dados de 5 usuários.

Da mesma forma, por limitação de recursos financeiros a funcionalidade de inserção de modelos 3D na construção de experimento não pode ser implementada em tempo hábil e será implementada no futuro. Mesmo com esta limitação a visualização de cenas em 3 dimensões foi testada com cenas prontas construídas pelo desenvolvedor.

Outra limitação encontrada no trabalho foi o fato de que nas cenas em 3 dimensões a câmera teve que ser rotacionada em torno da cena, para que o foco de visão dos usuários permanecesse nos modelos e não em qualquer parte aleatória da cena.

Para trabalhos futuros seria interessante realizar a avaliação de usabilidade com um numero maior de usuários a fim de se obter uma média mais robusta para a pontuação de cada item do questionário SUS e para o Score SUS do sistema. Outra evolução seria deixar o usuário

caminhar livremente ao redor da cena em 3 dimensões no momento do experimento.

Por fim, seria de grande relevância verificar durante novos experimentos se com a imersão em realidade virtual utilizando o sistema os valores de valência hedônica e ativação emocional dos participantes são aumentados ou se não sofrem alteração.

Referências Bibliográficas

- Artaud, A. (1938). In *Le théâtre et son double*, volume 1.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4):355–385.
- Bangor, A. e Miller, J. (2009). Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability Studies*, (3):114–123.
- Bimber, O.; Mohring, M.; Lessig, C. e Bimber, O. (2004). Video see-through ar on consumer cell-phones. In *Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 252–253.
- Boucinha, R. M. e Tarouco, L. M. R. (2013). Avaliação de ambiente virtual de aprendizagem com o uso do sus - system usability scale. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 11(3).
- Bradley, M. M.; Codispoti, M.; Cuthbert, B. N. e Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation i: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3):276–298.
- Bradley, M. M. e Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1):49 – 59.
- Brooke, J. (1996). Sus: A “quick and dirty” usability scale. In *Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., McClelland (eds.) Usability Evaluation in Industry*, volume 1, p. 189–194.
- Card, S. K.; Newell, A. e Moran, T. P. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, USA.
- Cruz-Neira, C.; Sandin, D. J.; DeFanti, T. A.; Kenyon, R. V. e Hart, J. C. (1992). The cave: Audio visual experience automatic virtual environment. *Commun. ACM*, 35(6):64–72.
- Esperidião-Antonio, V.; Majeski-Colombo, M.; Toledo-Monteverde, D.; Moraes-Martins, G.; Fernandes, J. J.; de Assis, M. B. e Siqueira-Batista, R. (2008). Neurobiologia das emoções. *International Journal of Surgery*, 13(3):55–65.

- Gil, A. C. (2010). Como elaborar projetos de pesquisa. *São Paulo: Atlas*, 5.
- Haas, J, K. (2014). A History of the Unity Game Engine. Worcester Polytechnic Institute.
- Iwata, N.; Fujiwara, M.; Kodera, Y.; Tanaka, C.; Ohashi, N.; Nakayama, G.; Koike, M. e Nakao, A. (2011). Construct validity of the lapvr virtual-reality surgical simulator. 25:1047–1051.
- Lang, P. J.; Bradley, M. M. e Cuthbert, B. N. (2005). International affective picture system (iaps): Affective ratings of pictures and instruction manual. *Technical Report A-6. Gainesville, FL: University of Florida*, pp. 55–65.
- Milgram, P. e Kishino, F. (1994). Virtual reality simulators and training in laparoscopic surgery. *Transactions on Information System*, E77-D(12).
- Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to usability. *Nielsen Norman Group*, 17(2).
- Oliveira, L.; Pereira, M. G. e Volchan, E. (2008). Processamento emocional no cérebro humano. In *Neurociência da mente e do comportamento*, volume 1, pp. 253 – 269.
- Padrini-Andrade, L.; Balda, R. d. C. A. X.; Areco, K. C. N.; Bandiera-Paiva, P.; Nunes, M. A. d. V. e Marba, S. A. T. M. (2019). Evaluation of usability of a neonatal health information system according to the users perception. *Revista Paulista de Pediatria*, 37:90 – 96.
- Pereira, M. G.; Volchan, E.; de Souza, G. G. L.; Oliveira, L.; Campagnoli, R. R.; Pinheiro, W. M. e Pessoa, L. (2006). Sustained and transient modulation of performance induced by emotional picture viewing. In *Emotion*, volume 6, pp. 622–634.
- Pereira, P. F.; Lourenço, P. G. e Bergamaschi, M. P. (2018). Construct validity of the lapvr virtual-reality surgical simulator. *Unisantia Science and Technology*, 7(1):26–32.
- Sauro, J. (2001). Measuring usability with the system usability scale (sus). *Journal MeasuringU*.
- Sherman, W. R. e Craig, A. B. (2019). Chapter 1 - introduction to virtual reality. In *Understanding Virtual Reality*, The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics, pp. 4 – 58. Morgan Kaufmann, Boston, second edition ediããã.
- Silva, H. D.; Campagnoli, R. R.; Mota, B. E. F.; Araújo, C. R. V.; Álvares, R. S. R.; Mocaiber, I.; Rocha-Rego, V.; Volchan, E. e Souza, G. G. L. (2017). Bonding pictures: Affective ratings are specifically associated to loneliness but not to empathy. *Frontiers in Psychology*, 8:1136.
- Tenório, J. M.; Cohrs, F. M.; Sdepanian, V. L.; Pisa, I. T. e de Fátima Marin, H. (2010). Desenvolvimento e avaliação de um protocolo eletrônico para atendimento e monitoramento do paciente com doença celíaca. *RITA*, 17(2):211–220.

-
- Vergara, S. (2010). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas*, 12.
- Yiannakopoulou, E.; Nikiteas, N.; Perrea, D. e Tsigris, C. (2015). Virtual reality simulators and training in laparoscopic surgery. *International Journal of Surgery*, 13(3):60–64.

Apêndice A - Arquivo de saída de configuração de experimento

```
"tempo":5,  
"qtdImagens":5,  
"SomaAle":26,  
"somaI":0,  
"tempoD":4,  
"tempoA":7,  
"tipo":2,  
"somaA":0,  
"numeros":[3,1,0,4,2],  
"numeroAleatorioFisio":[6,5,4,5,6],  
"url":["C://Users/Matheus/Desktop/Fotos/com07.jpg",  
"C://Users/Matheus/Desktop/Fotos/com101.jpg",  
"C://Users/Matheus/Desktop/Fotos/com107.jpg",  
"C://Users/Matheus/Desktop/Fotos/com127.JPG",  
"C://Users/Matheus/Desktop/Fotos/com141.jpg"]
```

Anexos

Anexo 1 - Documento de Inspeção de Usabilidade

Inspeção de Usabilidade

Experimento interação social

Ticianne Darin e Bosco Borges

1. Introdução

Este documento reporta os resultados da inspeção de usabilidade executada na ferramenta “Experimento Interação Social”. O método usado para conduzir a inspeção foi a avaliação heurística, realizada por 1 (um) inspetor de usabilidade. A ferramenta avaliada é uma aplicação desktop que proporciona a configuração de um experimento de exibição de imagens bidimensionais e de modelos tridimensionais em tela plana ou em óculos de realidade virtual.

O objetivo da avaliação foi, através da exploração da interface estática, observando heurísticas pré-definidas, detectar problemas de usabilidade em diferentes telas e níveis, que possam impactar o uso da ferramenta pelo seu público alvo.

2. Método

O método utilizado foi uma avaliação de usabilidade por inspeção baseada nas heurísticas propostas por Nielsen (1994), mostradas na Tabela 1. Embora muitos grupos tenham desenvolvido heurísticas, o conjunto desenvolvido por Nielsen em 1994 é uma das ferramentas mais conhecidas [1]. Nielsen refinou a lista originalmente desenvolvida por ele mesmo e por Rolf Molich, em 1990 [2]. A avaliação de usabilidade usando essas heurísticas é uma técnica consolidada. Ela é usada por especialistas em Interação Humano-Computador ao redor do mundo e adaptável para avaliar sistemas desktop.

Tabela 1 – Heurísticas de Usabilidade de Nielsen (1994) [3]

Código	Heurística	Descrição
H1	Visibilidade do status do sistema	O sistema sempre deve manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, por meio de feedbacks apropriados dentro de um intervalo de tempo razoável.
H2	Correspondência entre o sistema e o mundo real	O sistema deve falar o idioma do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares a ele, em vez de termos orientados ao sistema. Deve seguir as convenções do mundo real, fazendo as informações aparecerem em uma ordem natural e lógica.
H3	Controle e liberdade do usuário	Os usuários usualmente acessam funções do sistema por engano e precisam de uma "saída de emergência" claramente marcada para deixar o estado indesejado, sem precisar passar por um diálogo prolongado. Dis respeito ao suporte para desfazer e refazer.
H4	Consistência e padrões	Os usuários não devem se perguntar se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa. O sistema deve seguir as convenções da plataforma.
H5	Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperarem de erros	As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicar com precisão o problema e sugerir construtivamente uma solução.
H6	Prevenção de erros	Ainda melhor do que boas mensagens de erro, é um design cuidadoso que evita a ocorrência de um problema. Elimine condições propensas a erros ou verifique-as e apresente aos usuários uma opção de confirmação antes que eles se comprometam com a ação.
H7	Reconhecer em vez de recordar	Minimize a carga de memória do usuário, tornando objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve ter que lembrar informações de uma parte do diálogo para outra. As instruções de uso do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis sempre que apropriado.
H8	Flexibilidade e eficiência de uso	"Aceleradores" - invisíveis para o usuário iniciante - geralmente tornam a interação do usuário experiente mais rápida, de modo que o sistema pode atender a usuários inexperientes e experientes. Permita que os usuários adaptem ações frequentes.
H9	Estética e design minimalista	Os diálogos não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Cada unidade extra de informação em um diálogo concorre com as unidades relevantes de informação e diminui sua visibilidade relativa.
H10	Ajuda e documentação	Mesmo que seja ideal que o sistema possa ser usado sem consultar a documentação, pode ser necessário fornecer ajuda e documentação. Essas informações devem ser fáceis de pesquisar, focadas na tarefa do usuário, listar etapas concretas a serem executadas e não serem muito grandes.

2.1. Procedimento de Avaliação

A avaliação de usabilidade por inspeção foi conduzida no Laboratório de Usabilidade do Bloco Didático do Instituto UFC Virtual, na Universidade Federal do Ceará. A sessão de inspeção teve duração média de 5h e foi realizada utilizando as capturas de tela disponíveis no documento intitulado "Especificação de Requisitos de Software", enviado por e-mail para a equipe, pelo desenvolvedor Matheus Gonçalves.



O inspetor utilizou um notebook com um monitor de 15 polegadas, com resolução de 1366x786, com sistema operacional Windows 10.

Para executar a inspeção de usabilidade, o inspetor analisou sistematicamente as capturas das telas da ferramenta “Experimento Interação Social” utilizando uma lista de verificação de questões específicas para cada heurística. As telas da aplicação foram percorridas de acordo com o fluxo de interação das seguintes tarefas:

1. Construção de um experimento
2. Salvar um experimento
3. Carregar um experimento

Durante a inspeção, as telas, nomeadas conforme a Tabela 2, foram percorridas sequencialmente de acordo com a execução das tarefas, à procura de problemas que violassem as heurísticas de usabilidade apresentadas na Tabela 1. Para cada problema, o inspetor julgava a gravidade, marcando-o com o nível apropriado de severidade (Tabela 3).

Tabela 2 - Telas da ferramenta e seus nomes

Print	Nome da tela
	Tela inicial
	Tela de escolha de opção



Tela de carregamento de experimento



Tela de construção de experimento 2D



Tela de construção de experimento 3D

Após a identificação de todos os problemas, foram sugeridas melhorias para cada um deles. A lista de problemas e sugestões foi posteriormente revisada e ajustada por uma especialista em IHC. A lista final dos problemas de usabilidade é apresentada na Seção 3 deste documento.

Tabela 3 - Níveis de severidade aplicados com base na escala de classificação da Nielsen [3]

Severidade	Descrição
1	Problema cosmético: ele não precisa ser corrigido, a menos que haja tempo extra disponível no projeto.
2	Problema menor de usabilidade: afeta levemente o funcionamento da interface. A correção desse problema tem uma baixa prioridade.
3	Problema grave de usabilidade: impede que um ou mais grupos de usuários operem a interface. A correção desse problema tem alta prioridade.
4	Catástrofe de usabilidade: bloqueia os usuários para operar adequadamente uma ou mais partes da interface. A correção desse problema é imprescindível antes que o produto possa ser lançado.

3. Descrição dos resultados

Esta seção fornece uma visão geral dos resultados da inspeção de usabilidade e detalha os problemas, encontrados nas telas da interface, que violaram as heurísticas de Nielsen. Para cada problema é apresentado o nível de severidade, a descrição do problema e uma solução para corrigi-lo.

3.1. Panorama geral dos problemas de usabilidade

A inspeção realizada no sistema identificou 16 problemas de usabilidade no total. A maioria desses (nove problemas) são Problemas Pequenos (severidade 2) que têm baixa prioridade de correção. Quatro problemas encontrados são Problemas Graves (severidade 3), ou seja, têm alta prioridade de correção. Três problemas encontrados são considerados Problemas Cosméticos (severidade 1), o que significa que eles podem ser corrigidos se houver tempo extra no projeto. Não foi encontrado nenhum problema catastrófico, com grau de severidade 4.

É importante ressaltar que os problemas de usabilidade encontrados podem violar uma ou mais heurísticas e o mesmo problema pode ter sido identificado em mais de uma tela da interface. A Figura 1 resume os problemas de usabilidade descobertos por níveis de severidade.

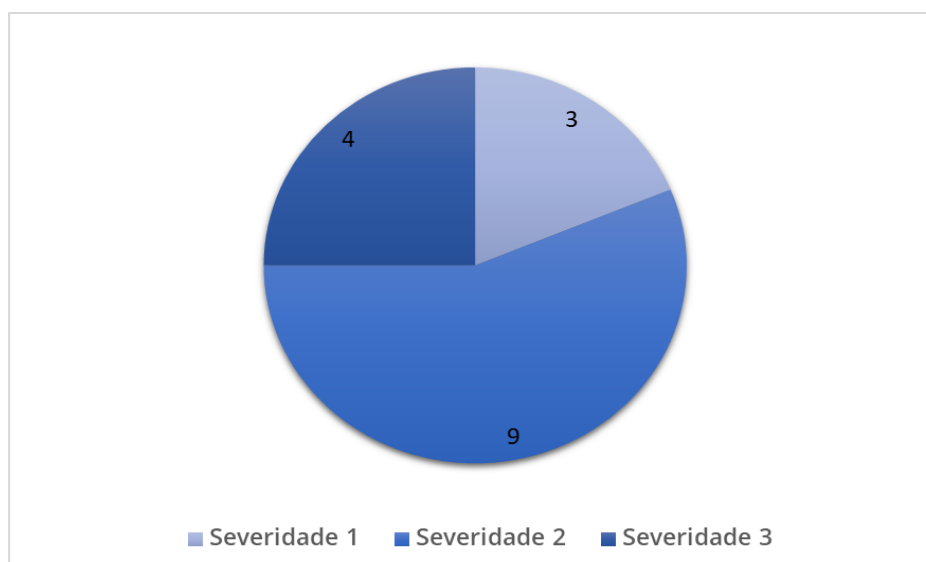


Figura 1 – Problemas de usabilidade descobertos, por sua severidade.

A Figura 2 resume o número de violações por heurística. *Ressaltamos que, uma vez que foram utilizadas capturas de tela e uma interação previamente realizada como base, é possível que violações que dependem da interação não tenham sido identificadas.*

Os problemas de usabilidade identificados concentram-se principalmente nas heurísticas **H4 – Consistência e Padronização** (5 problemas); **H7 – Reconhecimento ao invés de memorização** (4 problemas) e **H9 – Estética e design minimalista** (3 problemas). Tais resultados indicam a falta de uma padronização de interface. Um padrão garante que seus usuários possam entender os elementos individuais da interface em seu design (adequação aos modelos mentais) e que saberão onde procurar por funcionalidades específicas, aumentando a qualidade geral da interação [4]. A falta de padronização pode demandar uma carga cognitiva do usuário mais alta, já que botões, objetos e outros elementos da interface não são apresentados de maneira consistente e nem sempre estão evidentes e claros, por falta de *affordances* (pistas visuais que indicam forma de utilização), mapeamento e organização visual.

Outro problema recorrente foi a carência de estética e visual minimalista, de forma que as telas possuem muita informação e apresentam escolhas de cores, layout e mapeamento que podem prejudicar a interação do usuário, tornando-a mais custosa, demorada e monótona. Além disso, pelo que foi possível identificar na inspeção das capturas de tela, a ferramenta aparenta não possuir um sistema de ajuda, o que pode dificultar seu uso por usuários iniciantes (como estudantes ou pesquisadores que vão realizar este tipo de experimento pela primeira vez). Dessa forma, caso o usuário sinta dificuldade em entender algum termo ou em quais parâmetros manipular para prosseguir com sua ação, isso pode fazer com que o tempo gasto para a realização de uma tarefa simples seja maior e mais custoso cognitivamente do que o necessário.

Em geral, as melhorias sugeridas estão associadas com a visibilidade das instruções e *affordances* do sistema, com o objetivo de facilitar a interação do usuário e tornar o aprendizado da ferramenta mais eficiente. A padronização sugerida para o uso de elementos da interface também contribui para isso, já que esse tipo de solução contribui ainda para aumentar a consistência dos elementos da aplicação ao longo da interação, evitando sobrecarga da memória do usuário.

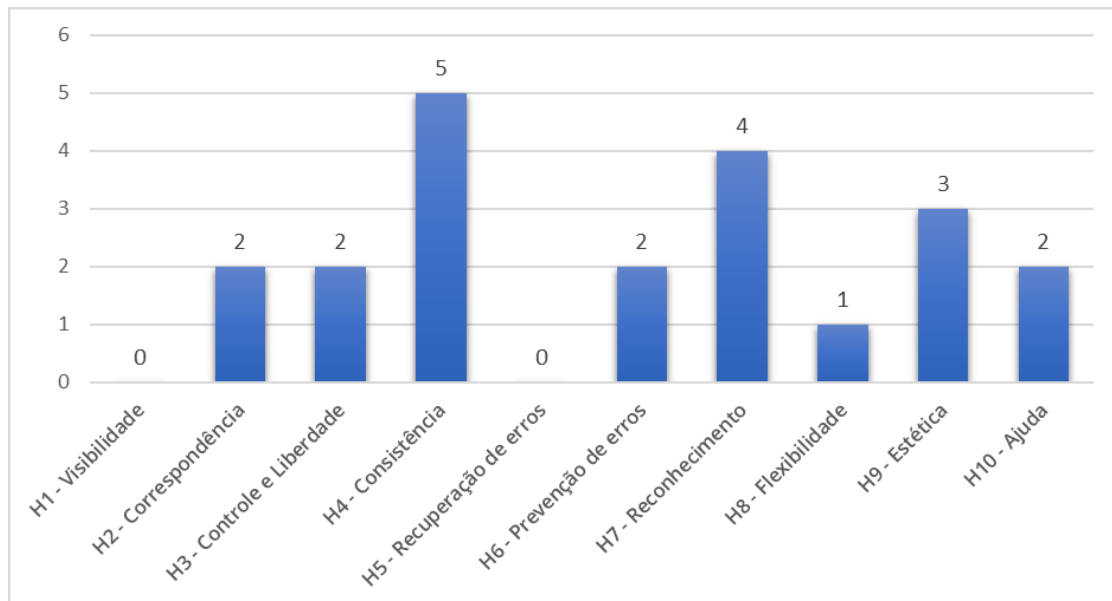


Figura 2 - Número de problemas identificados por heurística

3.1.1. Tela Inicial

A interface Tela Inicial possui sete problemas de usabilidade. A maioria deles são Problemas Menores (4) e Problemas Cosméticos (2). Também foi identificado um Problema Grave. No geral, essa interface apresenta problemas relacionados à consistência e padronização dos elementos da interface, má estética e falta de design minimalista e também questões relacionadas à ajuda ao usuário e documentação de instruções. As heurísticas mais violadas nessa tela foram H4, H9 e H10, cada uma com dois problemas. As figuras 3 e 4 mostram a distribuição das violações de

usabilidade encontradas na interface Tela Inicial, de acordo com as heurísticas e com o nível de severidade, respectivamente.

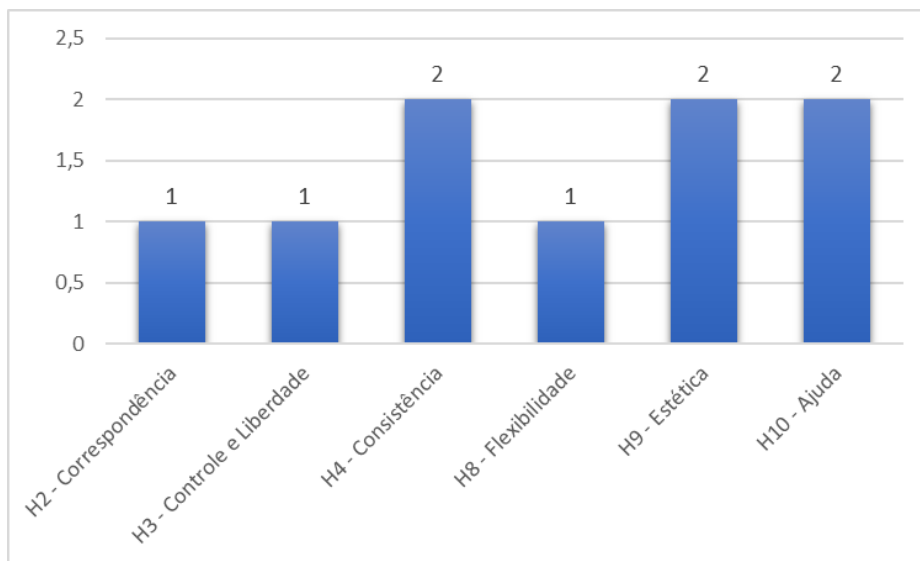


Figura 3 – Número de problemas identificados por heurística, na Tela Inicial.

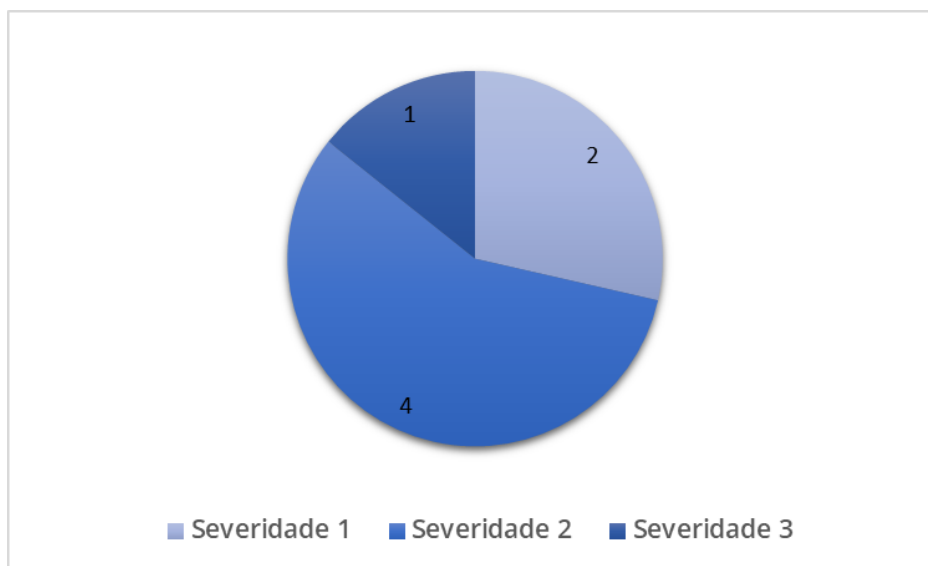


Figura 4 – Problemas de usabilidade, por sua gravidade, na Tela Inicial.

3.1.2. Tela de Escolha de Opção

A Tela de Escolha de Opção apresentou seis problemas de usabilidade, no total. Quatro deles são Problemas Menores, que têm baixa prioridade de correção. Apenas um problema identificado é um Problema Cosmético, que pode ser corrigido se houver tempo extra no projeto, e também um foi identificado como Problema Grave, com alta prioridade de correção. A maior parte dos problemas de usabilidade encontrados nessa tela ferem as heurísticas H9 (2 problemas), H4 (2 problemas) e H10 (2 problemas), que dizem respeito à estética, à consistência e padrões e também à ajuda ao usuário e documentação. As figuras 5 e 6 mostram a distribuição das violações de usabilidade encontradas na interface Tela de Escolha de Opção, de acordo com as heurísticas e com o nível de severidade, respectivamente.

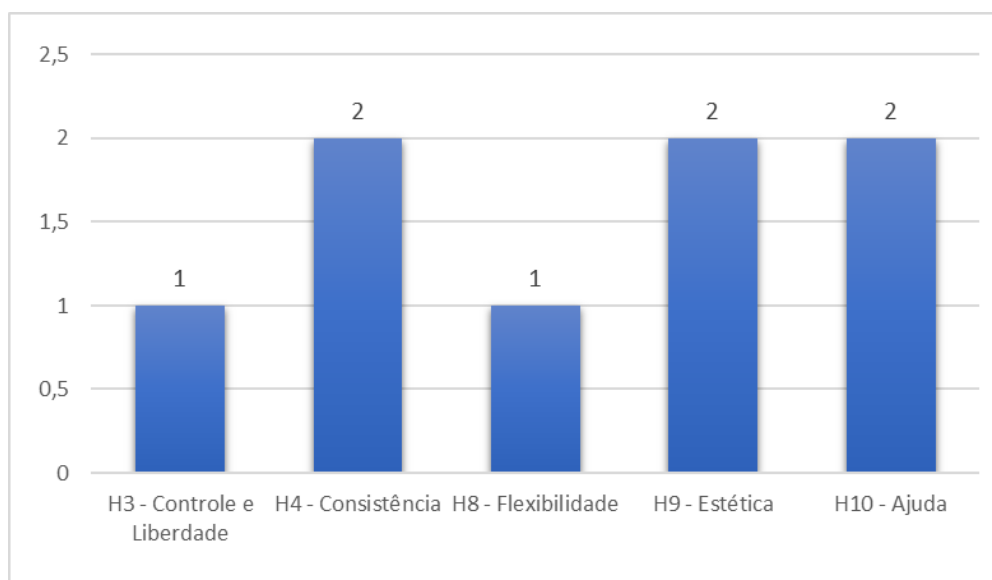


Figura 5 – Número de problemas identificados por heurística, na Tela de Escolha de Opção.

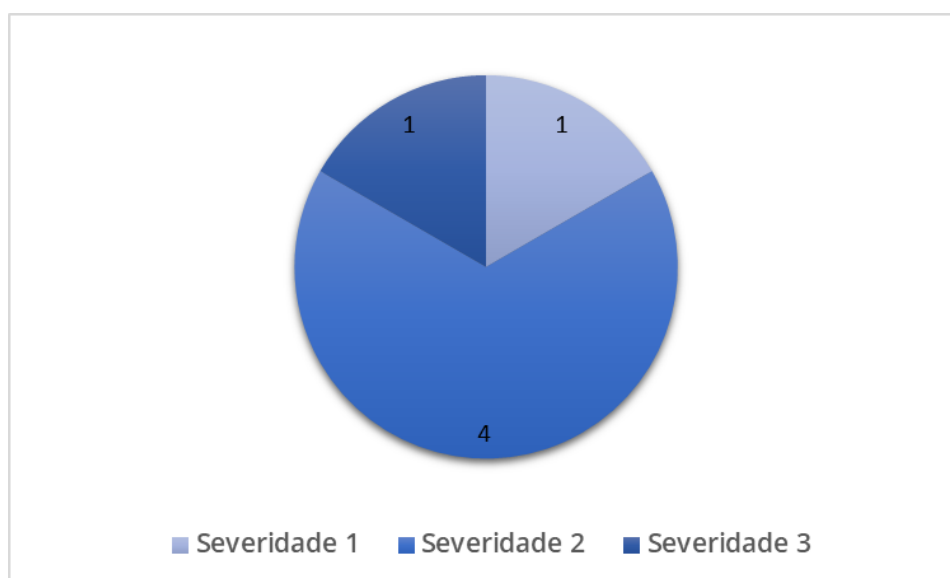


Figura 6 - Problemas de usabilidade, por sua gravidade, na Tela de Escolha de Opção.

3.1.3. Tela de Carregamento

A Tela de Carregamento apresentou seis problemas de usabilidade, no total. Quatro deles são Problemas Menores, que têm baixa prioridade de correção. Apenas um problema é um Problema Cosmético, que pode ser corrigido se houver tempo extra no projeto, e também um foi identificado como Problema Grave, com alta prioridade de correção. Nesta tela, a maior parte dos problemas de usabilidade identificados ferem as heurísticas H9 (2 problemas), H4 (2 problemas) e H10 (2 problemas), que dizem respeito à estética, à consistência e padrões e também à ajuda ao usuário e documentação. As figuras 7 e 8 mostram a distribuição das violações de usabilidade encontradas na interface Tela de Carregamento, de acordo com as heurísticas e com o nível de severidade, respectivamente.

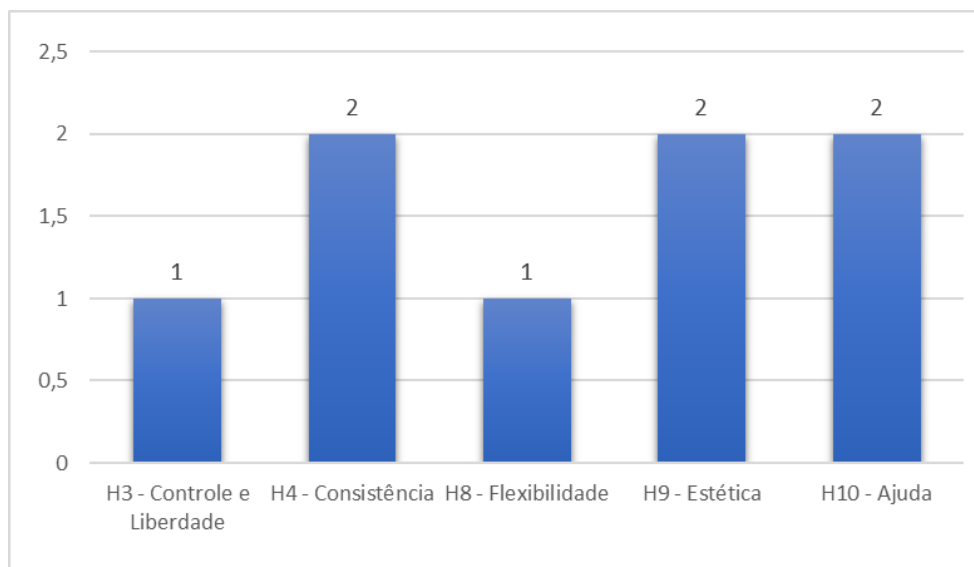


Figura 7 – Número de problemas identificados por heurística, na Tela de Carregamento.

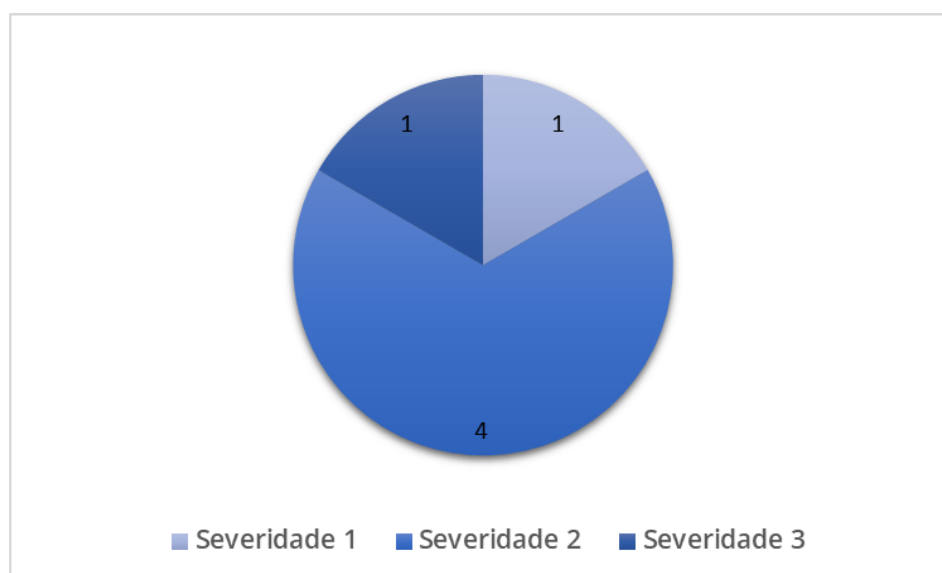


Figura 8 - Problemas de usabilidade, por sua gravidade, na Tela de Carregamento.

3.1.4. Tela de Construção 2D

A Tela de Construção 2D foi a tela que mais apresentou problemas de usabilidade, contabilizando 14, no total. Oito deles são Problemas Menores, que têm baixa prioridade de correção; enquanto quatro são Problemas Graves, que têm alta prioridade de correção. Também foram identificados dois Problemas Cosméticos, que devem ser corrigidos se houver tempo extra no projeto. Quatro problemas identificados nessa tela ferem a heurística H7, que diz respeito à preferência do reconhecimento da interação, por parte do usuário, ao invés da memorização. Também quatro problemas identificados ferem a heurística H4, sobre consistência e padronização dos elementos da interface. Três problemas encontrados nesta tela também ferem a heurística H9, que diz respeito à estética e design minimalista. As figuras 9 e 10 mostram a distribuição das violações de usabilidade encontradas na interface Tela de Construção 2D, de acordo com as heurísticas e com o nível de severidade, respectivamente.

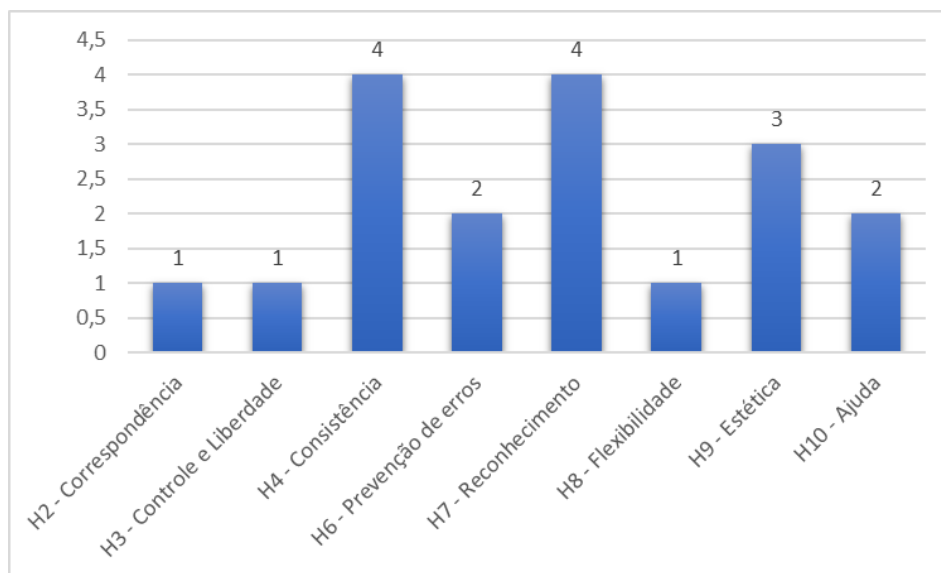


Figura 9 – Número de problemas identificados por heurística, na Tela de Construção 2D.

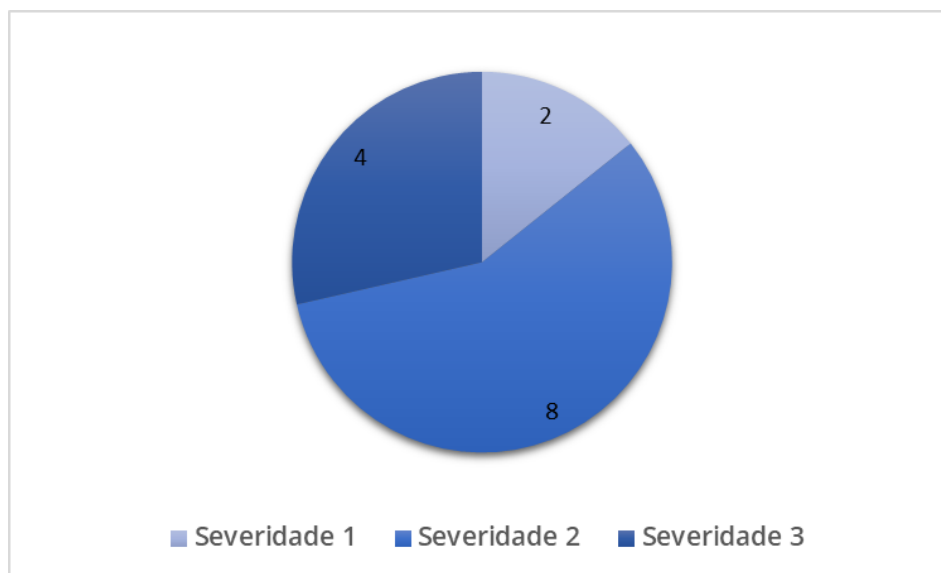


Figura 10 - Problemas de usabilidade, por sua gravidade, na Tela de Construção 2D.

3.1.5. Tela de Construção 3D

A Tela de Construção 3D foi a segunda tela que mais apresentou problemas de usabilidade, contabilizando 12. Oito deles são Problemas Menores, que têm baixa prioridade de correção; enquanto três são Problemas Graves, com alta prioridade de correção. Foi identificado também um Problema Cosmético, que deve ser corrigido se houver tempo extra no projeto. Quanto às heurísticas feridas pelos problemas identificados, quatro ferem a heurística H4, que diz respeito à consistência e padronização na interface. Três problemas identificados nesta tela ferem a heurística H9, que trata da estética e design minimalista. As figuras 11 e 12 mostram a distribuição das violações de usabilidade encontradas na interface Tela de Construção 3D, de acordo com as heurísticas e com o nível de severidade, respectivamente.

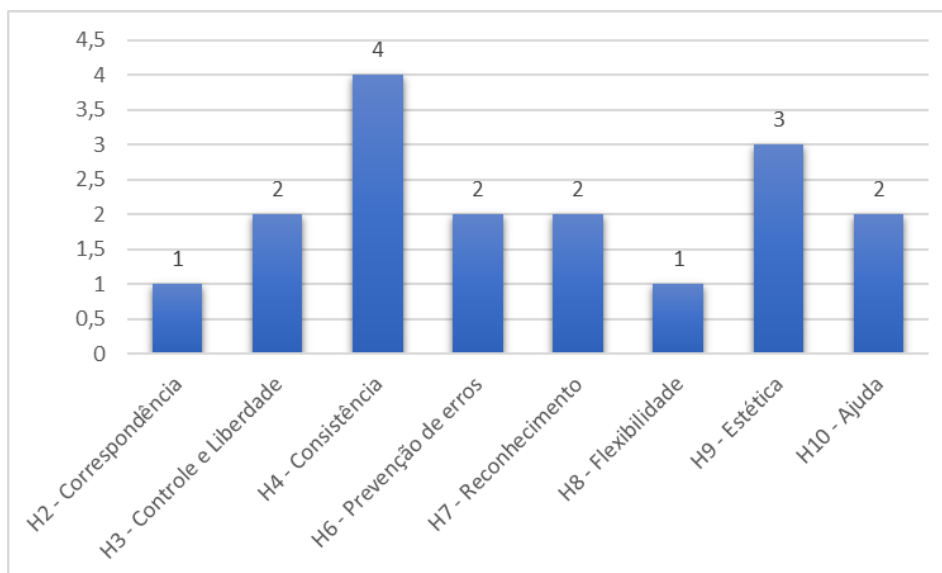


Figura 11 – Número de problemas identificados por heurística, na Tela de Construção 3D.

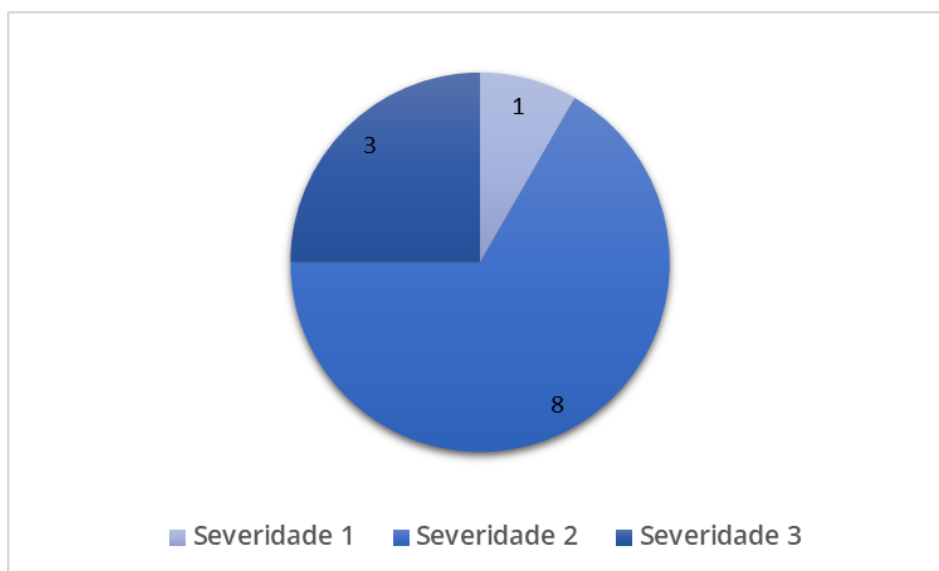


Figura 12 - Problemas de usabilidade, por sua gravidade, na Tela de Construção 3D.

3.2. Lista de Problemas de Usabilidade por Grau de Severidade

Analisando toda a interface da ferramenta, foram identificados 16 problemas únicos de usabilidade, i.e, excetuadas repetições dos problemas em diversas telas. Dentre estes, nove são Problemas Menores, com baixo grau de prioridade, quatro são Problemas Graves, com alto grau de prioridade de correção e três são Problemas Cosméticos, que devem ser corrigidos se houver tempo extra no projeto. Não foram identificados problemas catastróficos na interface.

3.2.1. Problemas com severidade 3

Os seguintes problemas são considerados GRAVES. Eles têm correção de alta prioridade. Devem ser reparados pois impedem que um ou mais grupos de usuários operem a interface.

Tabela 5 – Descrição dos problemas com nível de severidade 3.

Código	Descrição do problema	Interface	Heurísticas violadas	Melhorias sugeridas
P3.1	Há botões azuis com texto em fonte branca, enquanto outros têm fonte preta (botões "Add foto", "Excluir", "Add modelo" e "Iniciar") com fonte preta. Esses últimos têm sua leitura prejudicada, especialmente para usuários com problemas de visão, além de quebrar a consistência.	Tela de Construção 2D Tela de Construção 3D	H7	Padronizar o uso de cores de fundo e fonte para todos os botões
P3.2	O Design visual da interface não segue um grid bem definido, não respeita as margens, tem problemas de alinhamento, contraste, agrupamento e proximidade, além de inconsistência do tamanho e peso de elementos.	Todas as telas	H4, H9	É preciso fazer o <i>redesign</i> da interface respeitando os princípios da Gestalt e do Design Gráfico.
P3.3	Há muita informação, grande quantidade de texto, e as opções e campos a serem preenchidos estão organizados de forma que o olhar do usuário pode não seguir a direção correta das informações.	Tela de Construção 2D Tela de Construção 3D	H7, H9	Agrupar adequadamente os rótulos e campos de entrada de dados e realocá-los de forma coerente, trabalhando o uso do espaço vazio entre eles, despoluindo a tela visualmente.
P3.4	Na tela 4, não é possível saber se o Tempo Randômico é ativado apenas quando o tipo de execução é randômico.	Tela de Construção 2D	H7	Habilitar o campo "tempo randômico entre cenas" somente quando o campo "tipo de execução" for preenchido com o item relacionado.

3.2.1. Problemas com severidade 2

Os seguintes problemas são considerados MENORES. Eles têm correção de baixa prioridade, que afetam levemente o funcionamento da interface. Eles podem ser reparados para melhorar a qualidade do uso.

Tabela 6 – Descrição dos problemas com nível de severidade 2.

Código	Descrição do problema	Interface	Heurísticas violadas	Melhorias sugeridas
P2.1	Não há um botão para remover um modelo 3D adicionado. Embora esta funcionalidade não esteja listada nos requisitos, deveria existir para ficar conceitualmente coerente com a Tela de Construção 2D.	Tela de Construção 3D	H3, H4	Adicionar, a exemplo da Tela de Construção de um Experimento 2D, um botão para remover/excluir o arquivo adicionado.
P2.2	Pesos e tamanhos de fonte diferentes são usados em lugares diferentes nas telas, o que gera confusão quanto a arquitetura da informação.	Tela de Construção 2D Tela de Construção 3D	H4	Padronizar pesos e tamanhos de fonte de acordo com a hierarquia da informação, em títulos subtítulos, botões e campos de texto.
P2.3	Não há a definição de uma paleta de cores. As cores utilizadas não têm consistência e harmonia entre si. Além disso, a escolha de cores pouco saturadas e profundas pode tornar a interação monótona e causar confusão na divisão das informações na tela.	Todas as telas	H4, H9	Definir uma paleta de cores com tons neutros e contraste, a ser utilizada consistentemente por toda a interface. Seções diferentes das telas da interface poderiam usar melhor outras cores além do cinza, para chamar a atenção do usuário, dar sugestões de ações ou para categorizar informações.

P2.4	O usuário deve preencher os campos com valores que representam os parâmetros (como "1 = sequencial"), linguagem que pode ser estranha para os usuários e induzir a erros.	Tela de Construção 2D Tela de Construção 3D	H2, H6	Caixas com as opções escritas podem tornar a interação do usuário mais fácil.
P2.5	De acordo com a descrição do Documento de Requisitos do Sistema, a mensagem de erro é exibida ao usuário somente quando este tenta iniciar o experimento, nos casos em que os parâmetros são colocados erroneamente.	Tela de Construção 2D Tela de Construção 3D	H6	Avisar ao usuário, logo após a digitação, antes de ele tentar iniciar o experimento, que os parâmetros foram colocados de forma errada. Além disso, a mensagem de erro deve ser clara, informar ao usuário o tipo de erro e como solucioná-lo.
P2.6	Não há indicação de campos opcionais ou obrigatórios	Tela de Construção 2D	H7	Demarcar claramente na interface se todos os campos são obrigatórios ou se há opcionais.
P2.7	Usuários experientes e novatos inserem os parâmetros da mesma forma. Não há suporte para os iniciantes, nem flexibilidade para os experientes.	Todas as telas	H8	Oferecer alguma forma de introdução, tutorial ou itens de ajuda para usuários de primeira viagem. Além disso, possibilitar uso de atalhos para navegação e preenchimento dos campos para usuários mais experientes, ou que não utilizem mouse.
P2.8	Não há nenhuma informação adicional sobre as opções, tarefas ou parâmetros na interface. O que pode ser um problema caso a explicação padrão não seja suficiente para a compreensão do usuário.	Todas as telas	H10	Ao passar o cursor do mouse por cima de alguns campos ou botões, o sistema pode oferecer uma pequena janela com informações adicionais ou instruções.
P2.9	O layout das telas não oferece uma hierarquia clara das informações, dá poucas pistas ao usuário sobre seu funcionamento e sobre sua sequência lógica e não evidencia as categorias de informações nas telas.	Todas as telas	H10	Uma melhor categorização, primeiramente conceitual, dos elementos da ferramenta e de cada tela, aliada à uma reorganização dos elementos da interface baseando-se nessa categorização, de forma que o fluxo de leitura da tela pelo usuário seja coerente com os passos das tarefas que ele vai realizar na ferramenta.

3.2.1. Problemas com severidade 1

Os seguintes problemas são considerados COSMÉTICOS. Eles podem ser corrigidos caso haja tempo extra disponível.

Tabela 7 – Descrição dos problemas com nível de severidade 1.

Código	Descrição do problema	Interface	Heurísticas violadas	Melhorias sugeridas
P1.1	A interface não oferece um botão que comunique claramente ao usuário como avançar	Tela inicial	H2	Adicionar um botão que deixe claro para o usuário que, ao clicar, ele avançará à próxima tela.
P1.2	Alguns termos têm fonéticas muito semelhantes (como "tipo de execução" e "tempo de execução"), que podem confundir o usuário	Tela de Construção 2D	H4	Utilizar uma linguagem de compreensão mais natural para o usuário e consistente conceitualmente e entre as telas

P1.3	Apesar de o usuário conseguir configurar todo o experimento através de parâmetros, não há nenhuma possibilidade para ajuste da interface e da tela.	Todas as telas	H3	Adicionar possibilidades de ajustes de elementos da interface, como alterar o tema da cor do fundo (escuro ou claro) e diminuir ou aumentar a fonte.
------	---	----------------	----	--

4. Conclusão

Este relatório apresenta os resultados da inspeção de usabilidade realizada por três inspetores na ferramenta “Experimento Interação Social”. Foram detalhados os problemas específicos para as telas de cada interface analisada. Os principais problemas encontrados foram: (i) falta de padronização na interface, (ii) forma de apresentação do conteúdo que demanda maior esforço cognitivo do usuário para aprender, memorizar e reconhecer os passos para as tarefas, (iii) interface carente de estética e design minimalista. Além disso, os resultados mostraram que os problemas descobertos tendem a causar uma má experiência do usuário, pois podem sobrecarregar a sua memória. Os problemas de usabilidade exigem um esforço maior dos usuários para que concluam as atividades do sistema. É altamente recomendável corrigir os problemas relatados para melhorar a experiência do usuário na ferramenta. Essas correções garantirão uma melhor qualidade das interações e do uso do sistema. A equipe da Célula Multimídia está disponível para esclarecer qualquer dúvida sobre os resultados e colaborar para resolver os problemas de usabilidade encontrados na ferramenta “Experimento Interação Social”.

5. Referências

- [1] NIELSEN, J., ENHANCING THE EXPLANATORY POWER OF USABILITY HEURISTICS, CHI'94 CONFERENCE PROCEEDINGS, (1994).
- [2] MOLICH, R. AND NIELSEN, J., IMPROVING A HUMAN- COMPUTER DIALOGUE, COMMUNICATIONS OF THE ACM, 33(3), 338-348, (1990).
- [3] NIELSEN, J. HEURISTIC EVALUATION. IN NIELSEN, J., AND MACK, R.L. (EDS.), USABILITY INSPECTION METHODS, JOHN WILEY & SONS, NEW YORK, NY, 1994.
- [4] NIELSEN, J. (1999, AUGUST 22). DO INTERFACE STANDARDS STIFLE DESIGN CREATIVITY? RETRIEVED FROM [HTTPS://WWW.NNGROUP.COM/ARTICLES/DO-INTERFACE-STANDARDS-STIFLE-DESIGN-CREATIVITY/](https://www.nngroup.com/articles/do-interface-standards-stifle-design-creativity/)