

**Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Artes e Comunicação
Departamento de Design
Programa de Pós-Graduação em Design
Mestrado em Design**



**Usabilidade em Ambientes de Realidade Virtual:
Verificação de Eficácia de Avaliações Heurísticas em Ambientes de
Realidade Virtual Imersivos em Games**

Eduardo José Gonçalves de Oliveira

Orientador: Prof. Walter Franklin M. Correia, D.Sc.

**Recife
2017**

Eduardo José Gonçalves de Oliveira

**Usabilidade em Ambientes de Realidade Virtual:
Verificação de Eficácia de Avaliações Heurísticas em Ambientes de
Realidade Virtual Imersivos em Games**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre Design, área de concentração: Design e Ergonomia

Orientador: Prof. Prof. Walter Franklin M. Correia,
D.Sc

**Recife
2017**

Catálogo na fonte
Bibliotecário Jonas Lucas Vieira, CRB4-1204

O48u Oliveira, Eduardo José Gonçalves de
Usabilidade em ambientes de realidade virtual: validação de avaliações
heurísticas em ambientes de realidade virtual imersivos em games / Eduardo
José Gonçalves de Oliveira. – Recife, 2017.
128 f.: il., fig.

Orientador: Walter Franklin Marques Correia.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro
de Artes e Comunicação. Design, 2017.

Inclui referências e anexos.

1. Usabilidade. 2. Realidade virtual. 3. Imersão. 4. Heurísticas. 5.
Avaliação de interface. I. Correia, Walter Franklin Marques (Orientador). II.
Título.

745.2 CDD (22. ed.)

UFPE (CAC 2017-185)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE**

EDUARDO JOSE GONCALVES DE OLIVEIRA

**“USABILIDADE EM AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL: VALIDAÇÃO DE
AVALIAÇÕES HEURÍSTICAS EM AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL
IMERSIVOS EM GAMES.”**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DESIGN E ERGONOMIA

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o(a) candidato(a) **EDUARDO JOSE GONCALVES DE OLIVEIRA** _____.

Recife, 31 de janeiro de 2017.

Prof. WALTER FRANKLIN MARQUES CORREIA (UFPE)

Prof. NEY BRITO DANTAS (UFPE)

Prof. FRANCISCO PAULO MAGALHÃES SIMÕES (UNINASSAU)

Dedico este trabalho a minha esposa Ana Lúcia
Filgueira e aos meus pais, Iveraldo e Maria

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente aos meus pais por todo apoio e terem ensinado a ser obstinado naquilo que desejo e sempre buscar ser mais.

Aos meus irmãos pelo apoio.

Ao Professor Walter Franklin por todas as orientações e direcionamentos.

À toda equipe do Projeto Samgung/CIn UFPE por todo apoio nestes dois anos, em especial a Carla Maria, Daniel Simões, Juliana Carvalho, Patrícia Muniz, Rafaela Fernandes e Haida Martins.

Aos amigos Angélica Acioly, Anderson Paulo, Helda Barros, Luiz Francisco e Talita Barbosa por toda inspiração, orientação e recomendações.

À minha esposa Ana Lúcia Filgueira pelo apoio e compreensão.

“Aqui no entanto, nós não olhamos para trás por muito tempo. Nós continuamos seguindo em frente, abrindo novas portas e fazendo coisas novas, porque somos curiosos...e a curiosidade continua nos conduzindo por novos caminhos. Siga em frente. ”

Walt Disney

RESUMO

A metodologia de Design Centrado no Usuário consiste em um ciclo iterativo de análise, ideação, prototipação e avaliação. Neste contexto, para identificarmos problemas de usabilidade em uma interface desde os estágios iniciais de concepção, as avaliações heurísticas são ferramentas de grande valia. O objetivo dessa dissertação foi a verificação de duas propostas de avaliações heurísticas, a avaliação proposta por Sutcliff e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011), para ambientes de realidade virtual imersivos. Para se atingir esse objetivo, foi realizado um estudo de caso de dois jogos, Sobrenatural: a origem para as heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) e Lamper VR: Firefly Rescue, para as heurísticas de Rusu *et al* (2011) e em seguida realizada uma avaliação das heurísticas através de um questionário SUS (Sistema de Escala de Usabilidade) adaptado. A partir dos resultados obtidos na verificação das heurísticas, foi possível elaborar uma lista de recomendações baseada nas ocorrências dos erros reportados pelos avaliadores, para se obter heurísticas mais consistentes.

Palavras-chave: usabilidade. realidade virtual. Imersão. Heurísticas. avaliação de interface. SUS - Sistema de Escala de Usabilidade

ABSTRACT

The User-Centered Design methodology consists of an iterative cycle of analysis, ideation, prototyping, and evaluation. In this context, to identify usability problems in an interface from the earliest stages of design, heuristic evaluations are valuable tools. The objective of this dissertation was the verification of two proposals of heuristic evaluations, the evaluation proposed by Sutcliffe and Gault (2004) and Rusu *et al* (2011), for immersive virtual reality environments. In order to reach this objective, a case study of two games was chosen, *Supernatural: the origin* for the heuristics of Sutcliffe and Gault (2004) and *Lamper VR: Firefly Rescue* for the heuristics of Rusu *et al* (2011) An evaluation of the heuristics through an adapted SUS (Scale Usability System) questionnaire. From the results obtained in the verification of the heuristics, it was possible to elaborate a list of recommendations based on the errors occurrences reported by the evaluators, obtaining, more consistent heuristics.

Keywords: usability. virtual reality. Immersion. Heuristics. interface evaluation. SUS – Scale usability System

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide de Design Centrado no Usuário.....	26
Figura 2 - Exemplo de Processo Centrado no Usuário	27
Figura 3 - Design Thinking: um processo não linear - Siang, Teo Yu e Interaction Design Foundation.....	30
Figura 4 - Três perspectivas que contribuíram para o conceito geral de usabilidade	32
Figura 5 - Interface Xerox Star	33
Figura 6 - Modelo de misto de usabilidade proposto por Leventhal e Barnes (2008, p.36)...	42
Figura 7 - Correspondência entre os scores médios do SUS e a classificação adjetiva. Bangor (2009, p 119).....	54
Figura 8 - Projeto Morpheus - Sony®.....	55
Figura 9 - Sala de Cinema 3D - Display Semi Imersivo	56
Figura 10 - Display não imersivo - Viewsonic 3d.....	56
Figura 11 - Gráfico adaptado da proposto por Sherman e Craig (2003).....	58
Figura 12 - Monitor mecânico – Geomatic Phantom	59
Figura 13 - Monitor Magnético – VPL DataGlove	60
Figura 14 - Exemplo de Monitoradores óticos	60
Figura 15 - . Monitorador ultrassônico da Logitech	61
Figura 16 - Monitoradores de inércia - PrioVR	61
Figura 17 - HTC Vive	63
Figura 18 - CAVE MiddleVR.....	63
Figura 19 - SIEMENS IOSONO Sound	64
Figura 20 - NeuroDigital Glove One	64
Figura 21 - Pratt's Helmet Gun	65
Figura 22 - Oculus Rift.....	65
Figura 23 - Google Cardboard.....	67
Figura 24 - Funcionamento de um smartphone com display de Realidade Virtual estereoscópico	67
Figura 25 - Americas Army	70
Figura 26 - Interface Gran Turismo	71
Figura 27 - Nintendo Virtual Boy	72
Figura 28 - Tela do jogo Sobrenatural VR: A Origem.....	80
Figura 29 - Tela do jogo Sobrenatural VR: A Origem.....	81
Figura 30 - Tela do jogo Sobrenatural VR: A Origem.....	81
Figura 31 - Percentual de erros encontrados por heurística - Avaliação Sutcliff e Gault	100
Figura 32 - Quantidade de erros encontrados por heurística - Avaliação Sutcliff e Gault.....	101
Figura 33 - Quantidade de problemas encontrados por avaliador - Avaliação Sutcliff e Gault	102
Figura 34 - Percentual de erros encontrados por heurística - Avaliação Rusu et al	105
Figura 35 - Quantidade de erros encontrados por heurística - Avaliação Rusu et al.....	107
Figura 36 - Quantidade de problemas encontrados por avaliador - Avaliação Rusu et al	107
Figura 37 – Processo de Verificação das heurísticas	109
Figura 38 - Calssificação adjetiva proposta por Bangor et al (2009).....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões de Usabilidade.....	39
Tabela 2 - Taxonomia de Modleos de Usabilidade	40
Tabela 3 - Heurísticas de Nielsen x Heurísticas de Mundos Virtuais.....	52
Tabela 4 - Exemplo de quantidade em intervalos de confiança modificados em função do tamanho da amostra - TULLIS;ALBERT (2008).....	77
Tabela 5 Agrupamento dos problemas encontrados no jogo Sobrenatural: a origem - utilizando a avaliação de Rusu et al (2004).....	92
Tabela 6 - Avaliação empregada para verificação das heurísticas	96
Tabela 7 - Percentual de respostas na avaliação SUS para as heurísticas de Sutcliff e Gault (2004)	96
Tabela 8 - Percentual de respostas na avaliação SUS para as heurísticas de Rusu et al (2011)	97
Tabela 9 - Heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) - Legenda	99
Tabela 10 - Heurísticas de Rusu et al (2011) - Legenda.....	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	17
1.2	OBJETIVOS	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	METODOLOGIA DE DESIGN	20
2.2	O DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO	23
2.3	DESIGN THINKING	28
2.4	USABILIDADE	31
2.4.1	Dimensões de Usabilidade	38
2.4.2	Modelos de Usabilidade	40
2.4.2.1	Modelo de Usabilidade de Leventhal e Barnes (2008)	41
2.4.3	Avaliação Heurística	44
2.4.4	Usabilidade e Realidade Virtual	46
2.4.4.1	Heurísticas de Ambientes de Realidade Virtual	47
2.4.4.1.1	<i>Heurísticas de Sutcliff e Gault (2004)</i>	47
2.4.4.1.2	<i>Heurísticas de Rusu et al (2011)</i>	49
2.4.5	SUS - Sistema de Escala de Usabilidade	52
2.5	REALIDADE VIRTUAL	54
2.5.1	Conceitos de Realidade Virtual	54
2.6	TECNOLOGIAS DE REALIDADE VIRTUAL	58
2.6.1	Input Devices	59
2.6.2	Output Devices	62
2.7	VÍDEO GAMES	68
2.7.1	Video Games e Realidade Virtual	69
3	PROPOSTA METODOLÓGICA	73
4	ESTUDO DE CASO	76
4.1	AS AVALIAÇÕES HEURÍSTICAS	76
4.2	O UNIVERSO DA PESQUISA	78
4.2.1	Caracterização do Universo da Pesquisa	78
4.3	QUESTÕES ÉTICAS	81
4.4	A REALIZAÇÃO DO ESTUDO PILOTO	82
4.5	AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	82
4.6	APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA PROPOSTA POR SUTCLIFF E GAULT (2004)	83
4.7	APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA PROPOSTA POR RUSU ET AL (2011)	88

5	DISCUSSÃO	98
5.1	HEURÍSTICAS PROPOSTAS POR SUTCLIFF E GAULT (2004)	99
5.2	HEURÍSTICAS PROPOSTAS POR RUSU <i>ET AL</i> (2011).....	103
5.3	VERIFICAÇÃO DAS HEURÍSTICAS PROPOSTAS ATRAVÉS DO SUS 108	
6	CONCLUSÃO	113
6.1	RECOMENDAÇÕES	115
6.2	DESDOBRAMENTO PARA PESQUISAS FUTURAS	115
	REFERÊNCIAS	117
	ANEXO I - Questionário Identificação do perfil dos avaliadores	123
	ANEXO II - Checklist para a Avaliação Heurística – Sutcliff e Gault(2004).....	124
	ANEXO III - Checklist para a Avaliação Heurística – RUSU ET AL (2011).....	127

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios atualmente para os designers é o preparo para o avanço exponencial de novas tecnologias diante da realidade do mundo globalizado. O designer não lida mais apenas com os problemas relacionados a sua disciplina de origem, ele trabalha e interage com equipes multidisciplinares.

Este cenário dinâmico, onde novos requisitos e diretrizes, direcionam o designer a projetar sob novas expectativas de inovação e qualidade, geradas pela alta competitividade de mercado e avanços tecnológicos.

Algumas tecnologias despontam atualmente, tais como, a utilização de telefones móveis, tablets, equipamentos vestíveis (como relógios inteligentes) e equipamentos de Realidade Virtual são alguns dos exemplos que estão ou serão em breve incorporados ao nosso cotidiano.

Neste contexto de rápidas transformações, a Realidade Virtual se tornou uma sensação nos últimos anos, com uma série de equipamentos dedicados a esta finalidade, com diversos fabricantes de tecnologia e pesquisadores se dedicando a desenvolvê-la.

A Realidade Virtual sempre foi uma grande promessa, o conceito é utilizado desde os anos 1950 e impressiona com a utilização de equipamentos que nos levam instantaneamente de um local para outro, através do estímulo de nossos sentidos aguçando nossa imaginação e percepção do futuro tecnológico.

Hoje, a Realidade Virtual já é utilizada em diversas áreas, desde simulações automotivas, simuladores de treinamento para equipamentos militares, treinamentos para atividades que envolvam risco, testes e avaliações de produtos, games, planejamento urbano, arquitetura, entre outros.

Na área de saúde a utilização da Realidade Virtual pode ter uma enorme relevância. O fato de transportar um paciente em tratamento, para um ambiente lúdico, pode vir

a ser um fator determinante no engajamento do paciente em diversos tipos de terapias e tratamentos, tais como tratamentos de fobias diversas e de reabilitação física e mental (NUNES *et al*, 2001).

Várias pesquisas estão sendo desenvolvidas na utilização da Realidade Virtual para reabilitação, as aplicações são utilizadas para apoiar tratamentos para diferentes sequelas motoras e cognitivas, derivadas de distúrbios ou danos cerebrais. As aplicações são utilizadas como novas alternativas para ensinar corretamente movimentos, avaliar e reabilitar processos cognitivos de percepção visual, atenção e memória. Os ambientes possibilitam uma variedade de associações não possíveis em outras interfaces humano-máquina (NUNES *et al*, 2011).

No contexto das aplicações interativas virtuais, os jogos sérios (serious games), são alternativas já amplamente utilizadas em tratamentos em diversas áreas, porém, as atividades dos jogos relacionadas a reabilitação necessitam ser adaptadas a condição de cada indivíduo (MONTEIRO, 2011). Os Serious Games, são jogos que abordam aspectos que transcendem o objetivo de entretenimento (ZYDA, 2005), eles utilizam-se de técnicas de jogos tradicionais para tornar a experiência do usuário mais atraente e lúdica.

Porém, apesar dos inúmeros avanços da indústria, a maioria dos ambientes desenvolvidos em pesquisas tem um foco bastante nos componentes tecnológicos e pouco em sua interface. A maioria dos estudos encontrados na área são relacionados a computação, para NUNES *et al* (2011), muitas vezes os pesquisadores destas áreas se preocupam com o realismo em termos de implementação e não avaliam a percepção do realismo que os usuários reais (profissionais da área de saúde) apresentam em relação aos objetos e ferramentas. Desta maneira o estudo de áreas relacionadas ao comportamento humano pode auxiliar a compreensão da percepção do real.

Além disso, devido a popularização da abordagem recente destes conceitos de realidade virtual, poucos são os estudos no sentido de avaliar a usabilidade destes ambientes virtuais e diretrizes para o correto desenvolvimento, seja através de boas práticas da criação e modelagem dos ambientes em três dimensões (3D), ou das

características das animações nas interações.

Uma das principais aplicações da Realidade Virtual é a utilização com o objetivo de entretenimento. Diversos dispositivos estão sendo lançados no mercado com esse intuito, desde dispositivos para serem acoplados em computadores de alto desempenho, a pequenos aparelhos portáteis que podem ser acoplados a smartphones.

Da mesma maneira, é crescente o desenvolvimento de Games que utilizam tecnologias para Realidade Virtual nas mais diversas plataformas e assim como sites e demais softwares e sistemas de computadores, podemos encontrar vários problemas de usabilidade em games.

Na indústria do entretenimento, os Video Games têm se destacado bastante, com crescimento exponencial nos últimos anos. As vendas de jogos e serviços relacionados cresceram 780% entre 2009 e 2014. Em 2015, segundo uma pesquisa da Newzoo o mercado de games no mundo movimentou R\$ 276bi.

O número de estudos nesse sentido é crescente, porém, apesar do avanço, ainda é necessário a definição de métodos e parâmetros para testar e avaliar a usabilidade neste tipo de ambiente. As ferramentas de avaliação, métodos e técnicas para avaliação de Ambientes Virtuais 3D são relativamente poucas, ainda que para ambientes 2D sejam bem definidas.

Da mesma maneira, o ciclo de desenvolvimento de novos produtos tem se tornado cada vez mais competitivo, e neste sentido cresce a utilização de ferramentas e metodologias que tem o usuário/cliente como foco principal desde a etapa de concepção de produtos e serviços, exemplos disso são as metodologias de Design Centrado no Usuário e Design Thinking.

Ambas metodologias se utilizam de um ciclo de desenvolvimento baseado em pesquisa, ideação, testes e implementação, através de ciclos iterativos. Os testes de usabilidade e de produto são de fundamental importância nesse ciclo de desenvolvimento.

Neste sentido, a pesquisa e evolução de métodos de avaliação ágeis tornam o processo de confecção de novos produtos mais assertivo, agregando mais valor ao projeto, integrando toda a equipe de desenvolvimento, não apenas os designers, para a criação de soluções melhores e mais completas baseadas em necessidades reais dos usuários.

Desta maneira este trabalho se propõe a discutir sobre técnicas e métodos de inspeção de usabilidade, parte do ciclo de testes do produto, mais especificamente, na avaliação heurística de ambientes de realidade virtual imersivos em games, através da aplicação e verificação de eficácia de dois modelos de avaliação heurísticas para ambientes de realidade virtual e ao final propor recomendações para análise de jogos com Realidade Virtual Imersiva. Para a avaliação, os jogos avaliados foram *Lamper VR: Firefly Rescue* e *Sobrenatural: a origem*, games desenvolvidos para o Sistema Operacional *Android* com utilização do *Google Cardboard*. Para verificação das avaliações heurísticas, será utilizado o *SUS – Sistema de Escala de Usabilidade* como método de validação.

1.1 JUSTIFICATIVA

O sucesso ou fracasso de novos produtos são determinados por vários fatores, a orientação do desenvolvimento focado nos consumidores, o planejamento e as especificações são alguns exemplos. Destes citados, a orientação para os consumidores é o fator mais forte e mais óbvio, é o produto ter uma forte diferenciação em relação a concorrência e apresentar características valorizadas pelos consumidores. Neste processo os estágios iniciais do projeto são os mais importantes, quando se definem os problemas e começa a fase de ideação das possíveis soluções (BAXTER, 1998).

O designer deve ser considerado como produtor de ideias, recolhendo informações e utilizando-as na solução de problemas que lhe são apresentados, reunindo informações e utilizando-as em diversas ocasiões. Desta maneira associando seus

conhecimentos e experiências e informações ao problema, estabelecendo novas relações entre elas. Para o estabelecimento destas novas relações, o conhecimento do problema é uma condição fundamental, abordando da maneira mais ampla possível aumentando a probabilidade de novas soluções. Portanto, o processo de design é um processo criativo e de solução de problemas (LOBACH, 2001).

A complexidade do problema é fator determinante para o repertório metodológico, o designer precisa de métodos que lhe permitam realizar projetos de maneira coerente, com materiais corretos, técnicas corretas e na forma correspondente a função, o produto não deve possuir apenas características estéticas, e o público deve entender suas funções (MUNARI, 2001). Neste sentido, umas das metodologias mais utilizadas no momento é a de Design Centrado no Usuário.

Na metodologia de Design Centrado no Usuário, a pesquisa com usuário é uma etapa fundamental, a verificação do foco do desenvolvimento e se as características do produto atendem o usuário e se tem usabilidade adequada. Porém, nem sempre os usuários estão disponíveis para testes constantes. Neste contexto, para validação e inspeção de interfaces, uma importante ferramenta para testes e avaliação são as Avaliações Heurísticas.

O desenvolvimento de novas tecnologias requer uma atualização constante de métodos e técnicas de produção e avaliação de interfaces, que por sua vez devem prover qualidade para realização de tarefas de maneira eficaz, eficiente e com satisfação (ISO 9241-11).

Um dos problemas que encontramos atualmente é a limitação dos métodos de avaliação e inspeção de usabilidade aplicáveis em Ambientes de Realidade Virtual, com poucos esforços de desenvolver um método estruturado para essas avaliações (BOWMAN, *et al*, 2002) (SAWYER, *et al*, 2013) (PIMENTEL, *et al*, 2008).

Aplicações em mundo virtuais 3D necessitam de novos e modernos meios de avaliação de usabilidade. É possível aplicarmos os métodos tradicionais, como avaliações heurísticas e Walkthrough Cognitivo em aplicações de realidade virtual, mas esses métodos que foram originalmente desenvolvidos para interfaces gráficas

tradicionais possuem limitações e problemas em acomodar problemas e situações específicos como navegação espacial, orientação, entre outros (SAWYER, *et al*, 2013).

Além disso com o crescimento rápido e evolução que as novas tecnologias de realidade virtual nos últimos anos, as heurísticas desenvolvidas anos atrás podem contar itens desatualizados ou com perspectivas diferentes das que encontramos hoje.

Desta maneira, este trabalho pretende contribuir para o design e ergonomia, através do entendimento e verificação de avaliações heurísticas de interfaces em ambientes de realidade virtual imersivos, através da sua utilização.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é verificar a eficácia das avaliações heurísticas para realidade virtual já existentes como método de avaliação e inspeção de usabilidade de interfaces de games que utilizam a realidade virtual e ambientes virtuais imersivos.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a. Identificar métodos de avaliação heurística de usabilidade para ambientes de Realidade Virtual;
- b. Verificar a eficácia das heurísticas no contexto de aplicações recentes através da aplicação destas avaliações;
- c. Identificar possíveis problemas nas avaliações heurísticas em ambientes de Realidade Virtual Imersivos em Games;
- d. Elaborar recomendações de avaliação heurísticas de usabilidade para esses ambientes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo descrever a pesquisa de estado da arte para os temas relevantes ao objetivo da pesquisa. Inicialmente são abordados os temas relacionados a metodologia de design e suas particularidades. Em seguida é a pesquisa relacionada a Realidade Virtual, Games e Usabilidade.

2.1 METODOLOGIA DE DESIGN

Os designers utilizam estas séries de passos repetidos e processos, e para cada relacionamento com clientes, são seguidas as mesmas fases sistemáticas, a fim de prover consistência, produzindo um resultado. Os projetos de design normalmente são afetados por itens como: comunicação, escopo, orçamento, mídia alvo e cronograma

O design atualmente não é apenas para designers, é um processo, um serviço, uma forma de pensar. O design envolve os clientes, os quais o designer provê soluções para suas necessidades através de resultados, estes devem trabalhar esteticamente, funcionalmente e comercialmente (STONE, 2010).

Segundo Bürdek (2008), a Metodologia de Design tem início nos anos 60, motivada pelo aumento das tarefas dadas aos designers na indústria. O autor cita quatro argumentos enumerados por Christopher Alexander, para se armar um processo de design com metodologia própria:

1. Problemas complexos demais para serem tratados de forma intuitiva;
2. Maior quantidade de informações necessárias para resolução de problemas de projeto;
3. Aumento repentino da quantidade de problemas de projeto;
4. Os tipos de problemas de projeto modificaram-se em um ritmo muito acelerado e comparado a outras épocas, enfraquecendo experiências anteriores.

Influenciados pela pesquisa aeroespacial, pela complexidade dos problemas, vários trabalhos foram desenvolvidos nesta década. Horst Rittel (1973) definiu “A Pesquisa de Sistemas de Primeira Geração” cujo fundamento era a divisão em passos definidos:

1. Compreensão do Problema;
2. Coleta de Informações;
3. Análise de Informações;
4. Desenvolvimento de conceitos de soluções alternativas;
5. Avaliação e reavaliação de alternativas e escolha de uma ou várias soluções;
6. Teste e implementação.

Continuamente várias metodologias foram desenvolvidas por vários autores e providos de diversos detalhes, porém com a dissolução do funcionalismo, o fortalecimento das funções comunicativas e novos temas imateriais como o design interação e interfaces exigiu novos procedimentos e métodos, a complexidade do problema é fator determinante para o repertório metodológico (BURDEK, 2008).

Segundo Löbach (2001), o processo de design está dividido em quatro fases: 1. Análise do Problema; 2. Geração de Alternativas; 3. Avaliação de Alternativas; 4. Realização da Solução. Estas fases são divisões didáticas, pois no processo real elas muitas vezes se entrelaçam, com avanços e retrocessos. Cada fase é descrita da seguinte maneira:

1 - Análise do Problema:

Esta fase constitui o ponto de partida para o processo de design, nela, o designer define quais problemas que possam ser solucionados através de coleta de informações, analisando-o sob vários aspectos, como: Análise da Necessidade, Análise da relação social, Análise com o meio ambiente, Análise do desenvolvimento histórico, Análise de mercado e comparativa do produto, Análise da função, Análise estrutural e Análise da configuração.

Por meio destas análises e coleta de informações e requisitos, define-se o problema, com base em procedimentos analíticos, progressivamente adquirindo-

se visão global do problema, com clarificação dos objetivos, pré-estabelecendo fatores de influência e metas. Deflagrando desta maneira o processo criativo para solução do projeto.

2 - Geração de alternativas

É a fase de produção de ideias baseando-se nas análises realizadas, através de um trabalho livre e sem restrições. As soluções são buscadas através de métodos adequados para se chegar a uma solução viável do problema no menor prazo possível. Nesta fase são elaborados esboços e modelos para as ideias que conduzem para novas combinações, desta maneira, realiza-se um afastamento e aproximações constantes do problema. Assim detalha-se as alternativas mais promissoras coletando alternativas e preparando-as para a próxima fase.

3 - Avaliação de alternativas

Nesta fase seleciona-se a solução mais plausível de acordo com critérios de aceitação elaborados previamente, em geral envolve-se todos os repensáveis pelo planejamento de produtos, design e comercialização. Para a avaliação de produtos industriais novos avaliam-se duas variáveis em forma de perguntas:

- a. Qual a importância do produto para o usuário, grupos de usuário e para a sociedade?
- b. Qual a importância tem o produto para o êxito financeiro da empresa?

Estas duas variáveis estão relacionadas a todos os critérios de avaliação, e dependendo dos objetivos do produto, podem ter pesos diferentes.

4 - Realização da Solução

O último passo do processo de design é a materialização da proposta selecionada, que por sua vez é revista, retocada e aperfeiçoada. A solução muitas vezes não é uma opção isolada, mas uma combinação de boas características encontradas em diversas alternativas. Nesta fase são estabelecidas as especificações técnicas do produto. Na maioria das vezes é produzido um modelo visual com todos os desenhos necessários e textos explicativos para aprovação final da solução e enviado ou não a linha de produção.

As metodologias utilizadas no processo de Design, apesar de bastante antigas, ainda utilizam o mesmo ciclo iterativo, e dentre as metodologias mais abordadas atualmente o **Design Centrado no Usuário** e o **Design Thinking** se destacam na literatura atual, revistas e sites especializados como palavras-chave no design de interação de softwares, games e inovação, sendo o Design Thinking uma metodologia abordada como processo de inovação em negócios, a seguir estas duas metodologias são descritas.

2.2 O DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO

Para Norman (2002), o design deve fazer uso de características naturais, explorando seus relacionamentos e coerções tanto quanto possível, operando sem restrições ou rótulos, desta maneira, o design deve se basear nas necessidades e interesses do usuário, dando atenção especial ao desenvolvimento de produtos compreensíveis e fáceis de usar.

O desenvolvimento moderno de softwares utiliza várias técnicas, modelos e metodologias durante o ciclo de desenvolvimento e vida do produto, o que inclui um ciclo completo, abrangendo as viabilidades de programação e implementação. Estas metodologias muitas vezes mencionam a usabilidade, porém concentradas em aspectos técnicos de construção do software. O Design Centrado no Usuário é uma forma diferente de desenvolvimento, ele se concentra no usuário e em suas tarefas, ao invés de problemas técnicos relacionados apenas à programação. Seguindo o processo de Design Centrado no Usuário, têm-se uma segurança maior de criar práticos, úteis, usáveis e satisfatórios produtos tecnológicos. No processo centrado no usuário as necessidades do usuário são levadas em consideração primeiro e elas que guiam a tecnologia (SCHAFFER; LAHIRI, 2013).

Segundo Pratt e Nunes (2000), o Design Centrado no Usuário teve seu início na década de 40 em iniciativas na Ergonomia, tentaram através da fisiologia humana e processos de design, criar produtos com formas e funcionamento similar ao corpo humano. Na década de 60, novas ideias de ajuste ergonômico e cognitivo elevou o

sentido de apenas caber no corpo para ajuste em todos os nossos sentidos, a Ergonomia Cognitiva foi incorporada rapidamente a interação humano computador, examinando a maneira como os usuários iriam interagir com os novos computadores.

Na década de 70, pesquisas etnográficas foram incorporadas ao processo e crescente filosofia de design centrado no usuário, dando aos designers mais ferramentas para aprender sobre seus usuários.

Nesta mesma década surgiram as primeiras iniciativas de Design Participativo, na Escandinávia, motivada pelo empoderamento dos trabalhadores promovendo a democracia no local de trabalho. Como os trabalhadores não sabiam desenvolver suas próprias soluções de tecnologia e software, estes eram colocados à disposição para aceitar ou rejeitar as soluções. Desta maneira alguns pesquisadores desenvolveram uma abordagem que permitia aos desenvolvedores de software o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias colaborativamente com os trabalhadores. O objeto de estudo é o conhecimento tácito de quem trabalha com tecnologia, uma vez que este é de difícil formalização e descrição (SPINUZZI, 2005).

Da mesma maneira, o Design Centrado no Usuário serve como “advogado do usuário” durante todo o processo de design e de desenvolvimento, estruturando o processo em torno das necessidades do usuário e suas práticas, envolvendo sua participação na forma de pesquisa com usuários, testes de usabilidade (MASSANARI, 2015).

Nos dias atuais, o design centrado no usuário é uma filosofia de projeto difundida que é aplicada frequentemente em projetos de softwares, mas também é utilizada em muitas outras coisas como arquitetura, celulares e até mesmo talheres (PRATT; NUNES, 2000).

A norma ISO 9241-210 define o Design Centrado no Usuário (DCU) como:

“...uma abordagem para o desenvolvimento de sistemas interativos que visa tornar os sistemas mais utilizáveis e úteis, centrando-se nos usuários,

suas necessidades e exigências, aplicando ergonomia e conhecimentos técnicos de usabilidade. Essa abordagem melhora a eficácia e eficiência, melhora o bem-estar humano, a satisfação dos usuários, a acessibilidade e sustentabilidade; neutralizando possíveis efeitos do uso na saúde, segurança e desempenho humanos. ”

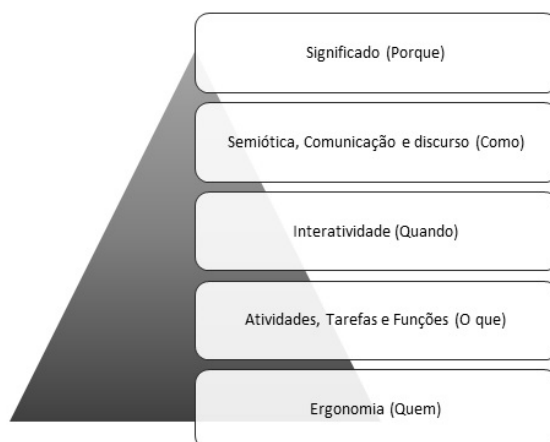
Assim, de acordo com esta definição, o DCU foca no desenvolvimento de produtos onde o usuário alvo pode ser capaz de utilizar estes produtos mais facilmente.

A ISO 9241-210 denomina sinonimamente o DCU como Design Centrado no Humano, ainda 6 princípios chave para o desenvolvimento Centrado no usuário:

1. A equipe do projeto deve adotar competências e perspectivas multidisciplinares;
2. O processo deve ser iterativo;
3. O design aborda toda a experiência do usuário;
4. O design é guiado na compreensão explícita dos usuários, tarefas e ambiente;
5. Envolvimento dos usuários em todo o ciclo de desenvolvimento;
6. O projeto é conduzido e aperfeiçoado pela avaliação centrada no usuário;

Segundo Giacomini (2012), os exemplos mais bem-sucedidos do DCU são provavelmente descritos como processos que respondem de forma incremental um conjunto de perguntas relacionadas as relações entre os artefatos e as pessoas, podendo esta, ser representada de acordo com a Pirâmide do Design Centrado no Humano (Figura 1).

Figura 1 - Pirâmide de Design Centrado no Usuário



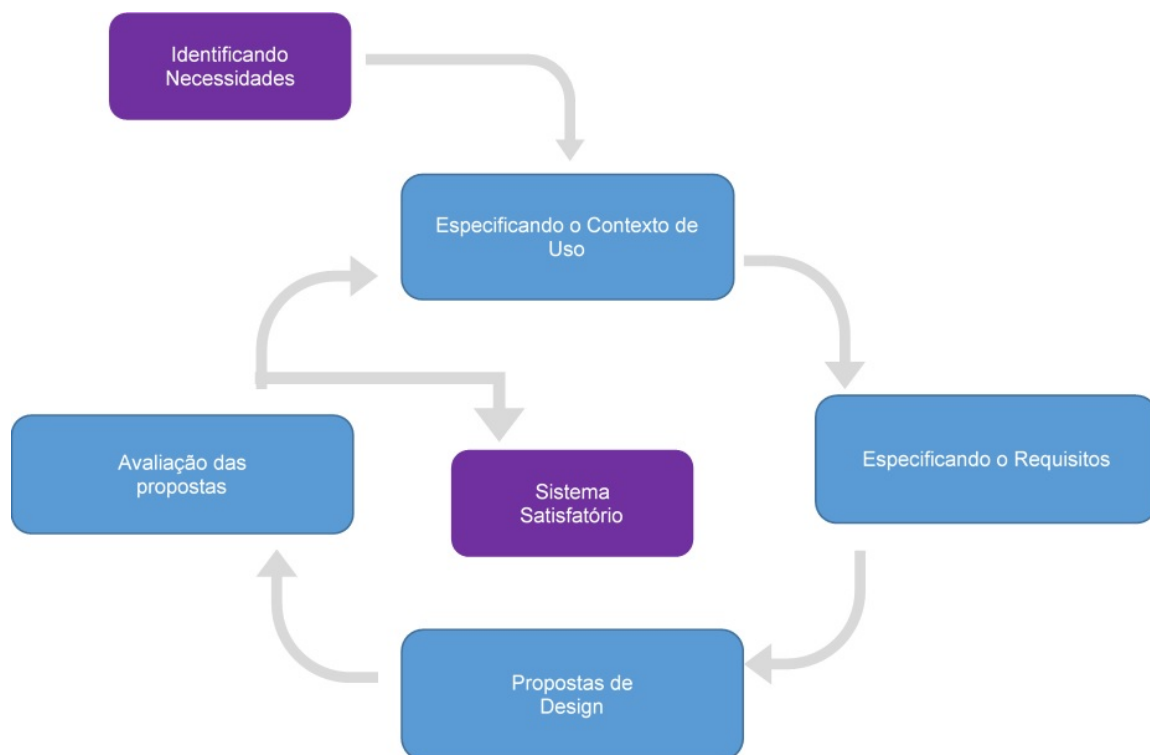
Fonte: Adaptado de GIACOMIN (2012, p.6).

Segundo a Usability.org, o processo de Design Centrado no Usuário segue os seguintes passos:

- 1 – Especificando o contexto de uso: Identificação de usuários do produto, o que usaram e em que condições;
- 2 – Especificação de Requisitos: Identificar quais regras de negócio e os objetivos a serem alcançados com o produto;
- 3 – Criar soluções de design: Essa parte pode ser realizada em etapas, elaborando todo o conceito do design;
- 4 – Avaliação das propostas: Avaliação de usabilidade com os usuários atuais, integralmente como um teste de qualidade.

Estas etapas podem ter variações e podem também ser incorporadas em diferentes metodologias de desenvolvimento de software como o modelo em cascata, o ágil e outras abordagens. O processo é iterativo e cíclico conforme a figura abaixo.

Figura 2 - Exemplo de Processo Centrado no Usuário



Fonte: Adaptado de **USABILITY.ORG** (<https://www.usability.gov/what-and-why/user-centered-design.html>).

Desta forma, podemos dizer que apesar do DCU ser utilizado principalmente como metodologia de desenvolvimento de softwares, ele não é apenas sobre usabilidade, ele ajuda principalmente no entendimento das necessidades dos usuários. O DCU garantirá uma boa usabilidade para o produto removendo ambiguidades acertando os objetivos que os usuários necessitam (LOWDERMILK, 2013).

Além disso, usualmente o DCU é utilizado quando queremos promover uma boa experiência do usuário (UX – User Experience), termo utilizado quando nos referimos a toda a experiência do usuário com o sistema, não apenas funcionalmente, mas também em relação ao engajamento e a satisfação do uso (LOWDERMILK, 2013).

Assim, o processo iterativo seguido pelo DCU corrobora para a importância da etapa de testes do produto como ferramenta de melhoria da experiência e de qualidade do produto.

2.3 DESIGN THINKING

O Design Thinking é uma metodologia de design baseada em abordagens de resolução de problemas. A metodologia utiliza uma abordagem centrada no usuário para clarificar problemas complexos, mal definidos e desconhecidos. Através de sessões de ideação, abordagens práticas de prototipação e testes, o Design Thinking torna-se uma abordagem além de desenvolvimento de produtos, é uma abordagem de resolução de problemas e inovação (DAM; SIANG, 2016).

Existem vários processos de Design Thinking, o Instituto de Design Hasso-Plattner de da Universidade de Stanford propõe uma divisão em 5 estágios: Empatia, Definição do Problema, Ideação, Prototipação e Testes (DAM; SIANG, 2016). Os estágios são descritos a seguir:

1 - Empatia: É um ganho empático do entendimento do problema, pode envolver consulta a especialistas para se encontrar problemas através de observação com a finalidade de entender suas experiências e motivações. Essa fase é crucial em um processo centrado no usuário, a empatia permite que o designer possa obter insights acerca dos usuários e suas necessidades, deixando suas suposições pessoais de lado.

2 – Definição do Problema: Nesta fase as informações coletadas na fase de empatia são reunidas. Elas são analisadas e sintetizadas para se definir os principais problemas identificados. Aqui são estabelecidos recursos, funções e outros elementos que permitirão a solução do problema.

3 – Ideação: Na fase de ideação, todas as informações anteriores servirão como subsidio para a procura de possíveis soluções, porá isso, serão utilizadas técnicas de ideação como Brainstorm, Brainwrite entre outras. O importante é ter o maior número de ideias geradas, desta maneira, até o final da fase de ideação, investiga-se as ideias para se encontrar elementos necessários para de solucionar o problema.

4 – Prototipação: A equipe do projeto produzirá nesta fase versões de baixa fidelidade da solução, ou de características específicas do produto, estes são

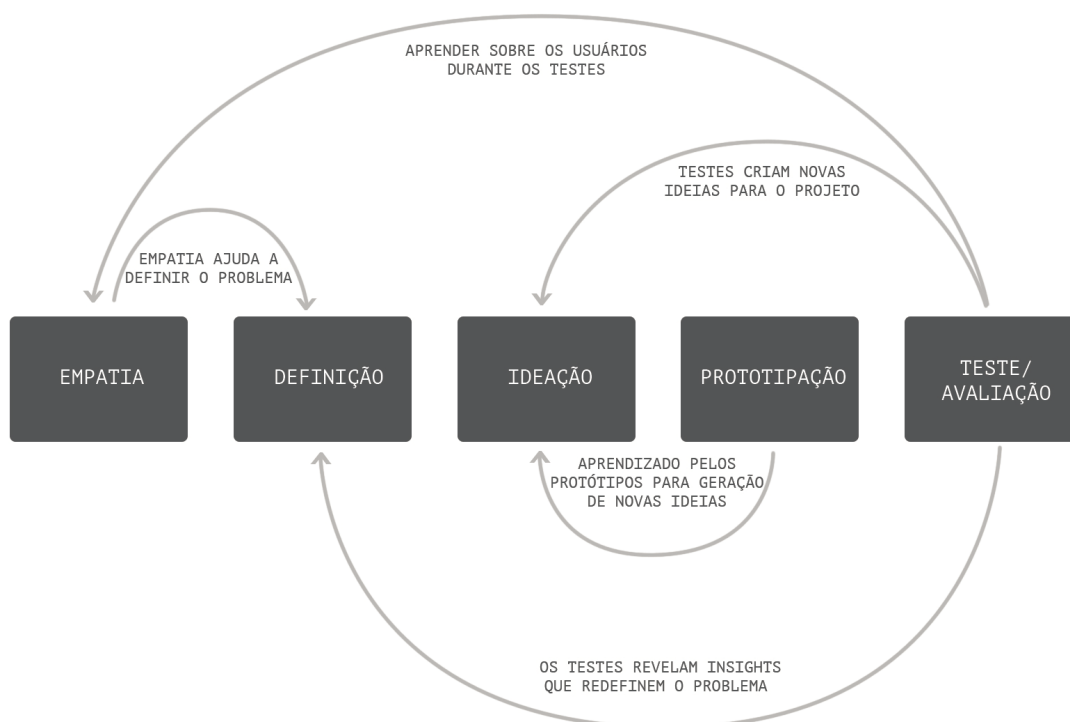
compartilhados com toda a equipe. É uma fase de experimentação cujo objetivo é encontrar a melhor solução possível. Ao final dessa etapa, as restrições do produto, os problemas que estarão presentes, serão melhor idealizados pela equipe, com a perspectiva real de como os usuários se comportariam, pensariam e sentiriam na interação com a solução.

5 – Teste: Nesta fase os avaliadores testarão completamente e rigorosamente o produto, porém, no processo iterativo, os resultados gerados serão utilizados para redefinição de um ou mais problemas. Durante essa fase, alterações e refinamentos são executados de maneira a atender o as soluções dos problemas derivadas de um profundo conhecimentos do produto e dos usuários.

Como apresentado, o Design Thinking busca a abordagem e visão para solução de problemas e inovação através de diferentes perspectivas, trabalho colaborativo e equipes multidisciplinares. O Design Thinking inova, desafiando padrões de comportamento, trabalhando em um processo denominado Fuzzy front end, permitindo aprendizagens e interações constantes.

O Fuzzy front end é um processo idealizado por Smith & Reinertsen no início dos anos 90, propondo um novo olhar sobre o processo de inovação, dividiram o mesmo em três subprocessos, Fuzzy front end, desenvolvimento de novos produtos e comercialização. O Fuzzy front end é o primeiro subprocesso, ele representa as atividades, o tempo, proposição e apresentação de soluções de um produto. O termo em inglês “Fuzzy” denota vários significados, no processo é utilizado pelo aspecto e entendimento de que a fase de ideação e inovação é uma fase caótica, imprevisível e incerta. Este processo ainda pode ser descrito como Linha de Frente da Inovação (TEZA *et al*, 2015).

Figura 3 - Design Thinking: um processo não linear - Siang, Teo Yu e Interaction Design Foundation.



Fonte: Adaptado de Interaction Design Association (<https://www.interaction-design.org/literature/article/design-thinking-essential-problem-solving-101-it-s-more-than-scientific>).

O processo e metodologias de design são reflexos do comportamento e da própria prática do desenvolvimento de produtos e soluções. Cada etapa do processo, independente da metodologia, gera uma série de informações e ideias que são avaliadas e processadas pelo time. São esforços que se destinam a otimizar métodos, regras e critérios e com ajuda dos métodos e teorias, o design pode ser pesquisado avaliado e melhorado.

Cada etapa do desenvolvimento tem um fundamento e importância para o processo, destas, talvez a etapa de avaliação de soluções seja a mais importante para se assegurar a elevação da qualidade do produto.

No design de interação, um dos critérios de qualidade é a usabilidade, desta forma, a avaliação, torna-se uma etapa valiosa no design de interfaces e artefatos interativos, principalmente nos métodos mais modernos como o Design Centrado no Usuário ou no Design Thinking.

Desta forma, assim como o Design Centrado no Usuário, o Design Thinking, corrobora para a importância do processo de design. O ciclo iterativo é de grande valia para o sucesso de um produto e no ciclo a fase de teste pode se valer de inúmeras ferramentas para vários objetivos diferentes, entre eles a usabilidade que utiliza a inspeção de especialistas para melhorar o engajamento dos usuários e melhorar o produto final, através de análises e avaliações desde os primeiros protótipos.

2.4 USABILIDADE

Na década de 60, os desafios para o desenvolvimento de softwares se ampliaram, derivados de novas gerações de computadores e consequentemente, de novos tipos de usuários. Inicialmente os softwares eram desenvolvidos por empresas para suas próprias necessidades, porém, com o advento dos computadores pessoais, houve o aumento da escala e complexidade dos softwares (CARROL; ROSSON, 2002).

Nesta nova realidade, os usuários passaram a ser responsáveis pela própria instalação, operação e configuração dos softwares. Atualmente, as configurações de softwares são projetadas para serem executadas por quaisquer pessoas ou grupos de usuários. Estes se tornaram mais diversos e menos técnicos.

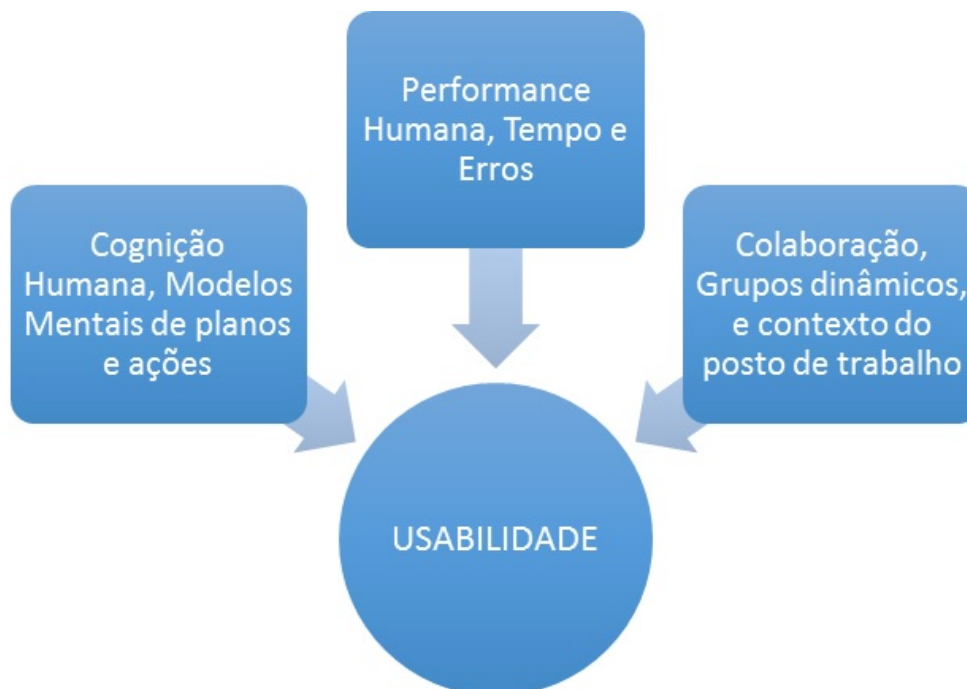
Esse processo de simplificação de ações ficou mais claro durante a década de 70, o projeto interface do usuário passou a ser uma importante parte do ciclo de desenvolvimento na engenharia de software. Os processos iterativos passaram a ser comparados e avaliados com respeito a usabilidade.

A usabilidade é definida pela ISO 9241-11 como “a capacidade de um produto ser utilizado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um certo contexto de uso”.

Esses objetivos fazem com que o sistema seja mais ou menos usável e complexo, dessa maneira, três perspectivas passaram a ser investigadas: a performance humana, o aprendizado/cognição e a atividade colaborativa, contribuindo assim para

a visão moderna da usabilidade (CARROL; ROSSON, 2002).

Figura 4 - Três perspectivas que contribuíram para o conceito geral de usabilidade



Fonte: Adaptado de CARROL e ROSSON (2002, p.10).

A usabilidade passou a ser parte integrante do ciclo de desenvolvimento de software em duas frentes: requisitos e teste do sistema. As soluções para os problemas de usabilidade eram tanto organizacionais quanto técnicas. Várias companhias reorganizaram seus testes de usabilidade em centros de teste para prover serviços tanto para análises competitivas quanto para garantia de qualidade.

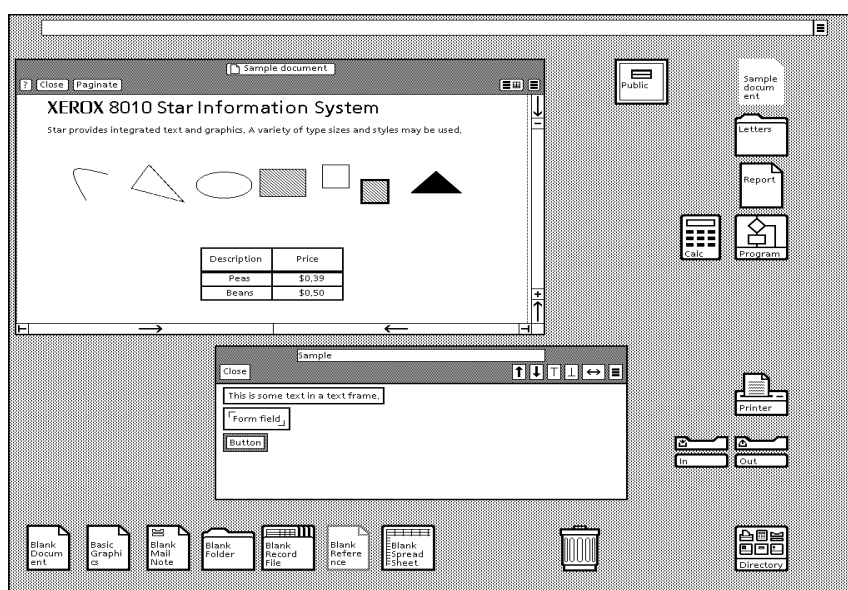
Outra parte responsável para o entendimento da solução era o viés técnico, durante os anos 70, haviam poucas bases científicas para o entendimento da usabilidade, dessa maneira, vários programas de pesquisa foram criados nas ciências sociais, de comportamento e na engenharia de produção.

Com o advento dos computadores pessoais nos anos 80, novos desafios para a usabilidade foram emergindo, uma variedade maior de usuários, aplicações e na maneira como as organizações foram influenciadas por estes. O rápido aprendizado e autodidatismo se tornaram críticos, assim o processo de ciclo de desenvolvimento

e projeto de novos sistemas foram comprimidos. As pequenas empresas de desenvolvimento de softwares se tornaram mais comuns, e a prototipação começou a ser mais utilizada no direcionamento dos projetos.

Exemplos de projetos surgidos nesta época são o Xerox Star e Apple Lisa, considerados os primeiros softwares comerciais com manipulação direta de interface. (LEVENTHAL; BARNES, 2008).

Figura 5 - Interface Xerox Star



Fonte: (<http://toastytech.com/guis/gvstar1.gif>).

Durante esta década, a usabilidade se tornou mais visível a sociedade, um novo grupo importante de usuários surgiu, este grupo consistia de psicólogos, antropólogos, sociólogos e filósofos dispostos a estudar como as pessoas se comportavam diante destes novos paradigmas tecnológicos, como eles resolviam os problemas e como aprendiam. Essa nova área de conhecimento foi chamada de Interação Humano-computador (IHC).

A Interação Humano Computador é disciplina que se preocupa com o projeto, avaliação e implementação de sistemas interativos de computador para uso humano e com o estudo da maioria dos fenômenos propagados por estes (HEWETT *et al*, 1992).

De acordo com Carrol e Rosson (2002), os primeiros projetos de IHC foram os GOMS, sigla para objetivos (goals), operadores (operators), métodos (methods) e regras de seleção (selection rules). Isto foi um grande avanço nos testes de performance humana, pois estavam orientados as atividades mentais que guiavam os comportamentos.

No final da década de 80, o conceito de usabilidade e sua função no desenvolvimento de sistemas foi profundamente modificado. A usabilidade não era mais vista apenas como uma garantia de qualidade de softwares finalizados ou simplesmente fazer com que as funcionalidades fossem mais acessíveis. A usabilidade passou a ser referenciada como um processo compreensivo que incluía prototipação contínua, avaliações e o envolvimento regular a análise de requisitos e design dos projetos (CARROL; ROSSON, 2002).

O processo de desenvolvimento de sistemas para uma boa usabilidade é denominado de Engenharia de Usabilidade. Do ponto de vista da Engenharia de Usabilidade, o produto envolve: a interface, problemas ergonômicos, guias de projeto e estilos de interação. O produto é um artefato específico ou artefatos, que podem incluir: mouse, interfaces gráficas, manuais, entre outros (LEVENTHAL; BARNES, 2002).

Segundo Carrol e Rosson (2002), inicialmente o foco da Engenharia de Usabilidade era a interface do usuário, as apresentações de interação das funções e informações. Porém, atualmente, esse escopo é maior que o desenvolvimento da interface do usuário, a Engenharia de usabilidade ajuda a determinar se a funcionalidade é apropriada, necessária e como é apresentada.

Ainda de acordo com os autores supracitados, apesar da grande importância, a Usabilidade não é tudo, uma grande quantidade de problemas e limitações suportam significativamente o desenvolvimento de sistemas com boa usabilidade que estão além do escopo da engenharia de usabilidade. Entre eles está a formação do time de desenvolvimento, a atribuição de recursos e dependências de sistemas legados. Tais preocupações podem ser abordadas pelos métodos de engenharia de software,

ou por atividades de negócios, como planejamento de recursos e cronogramas. De qualquer maneira, estas preocupações podem ter uma influência indireta na usabilidade final do sistema.

Para Carrol e Rosson (2002), tais preocupações adicionais são consideradas requisitos não-funcionais do sistema e os descrevem da seguinte maneira:

- Liderança ou gerência: Falhar na inclusão de especialistas em usabilidade, durante o recrutamento da equipe, limitará a atenção e a resoluções de problemas de usabilidade;
- Tamanho do Projeto: Projetos grandes e complexos são mais difíceis de coordenar e podem conduzir, para uma sensação de alto nível, a maioria dos problemas com a usabilidade, as limitações do time serão correspondentes ao limite de interações possíveis;
- Sistemas Legados: O compromisso com plataformas de hardware ou software existentes podem limitar o espaço a ajustes de design, eliminando algumas opções que poderiam melhorar significativamente a usabilidade;
- Portabilidade: A necessidade de construir múltiplas versões compatíveis do sistema irá encorajar o desenvolvimento “menor denominador comum”;
- Confiabilidade: A necessidade para sistemas altamente confiáveis poderá requerer uma distribuição ou arquitetura que poderá mais tarde refletir na interface do usuário;
- Manutenção: O custo tecnológico de uma determinada função ou técnica de interface, pode ser proibitiva para garanti-la na interface do usuário.

Dessa maneira, o entendimento da importância de usabilidade no processo de desenvolvimento além de importante, está em constante desenvolvimento, novas ferramentas de avaliação e projetos de interface surgem a cada dia. As interfaces cada vez mais são executadas com a intenção de garantir acessibilidade aos usuários com uma larga variedade de habilidades, necessidades e expectativas (LEVENTHAL; BARNES, 2002)

Uma interface bem projetada é baseada em princípios e métodos de desenvolvimento, a criação de qualquer sistema é um processo cíclico, baseado em experiências e validações constantes (Pimentel *et al*, 2008).

Segundo Nielsen (2012), usabilidade é um atributo qualitativo que avalia o quanto uma interface é fácil de se usar, a palavra “usabilidade” também se refere aos métodos para promover a facilidade de uso durante o processo de projetar um produto, a usabilidade segue durante todo o processo de produção.

Nielsen (2012) sugere 7 passos para o trabalho de usabilidade durante o desenvolvimento:

1. Testar o design inicial: identificar as áreas que estão boas, a fim de enfatizá-las, e as partes que podem causar problemas aos usuários;
2. Teste com similares;
3. Estudo de campo, observar o comportamento natural do usuário durante a atividade;
4. Prototipação em papel;
5. Múltiplas iterações para garantir os refinamentos nas ideias. Comparações entre protótipos de baixa fidelidade e alta fidelidade;
6. Estabelecer guias de usabilidade;
7. Testar o design final do sistema.

Para Nielsen (2012), um item fundamental é a utilidade, que se refere a funcionalidade projetada, se ela oferece os recursos que o usuário precisa. A usabilidade e a utilidade têm igual importância e determinam conjuntamente se algo é utilizável, pouco importa se algo é fácil caso não seja o que se realmente quer. Da mesma maneira não é bom o sistema deixar o usuário livre para qualquer tarefa, mas ao mesmo tempo impede a realização destas tarefas porque a interface é difícil de ser utilizada. Para prover a usabilidade de determinado produto é necessário que ela seja analisada e estudada através de métodos de avaliação.

Segundo BOWMAN *et al* (2002), para avaliação de usabilidade de Ambientes de realidade virtual, os métodos mais utilizados são os seguintes:

- 1. Cognitive Walkthrough:** Este método consiste em uma avaliação de interface baseada em tarefas comuns que o usuário pode executar e avaliar a

interface em cada passo. Destina-se especialmente para ajudar a entender a usabilidade de um sistema no primeiro uso ou usuário ocasionais, ou seja, para usuários em um modo de navegação e aprendizagem exploratória;

2. Avaliação formativa: É um método de avaliação e observação empírica que avalia a interação do usuário, solicitando que estes executem tarefas baseadas em cenários de uso representativos, com o objetivo de identificar problemas de usabilidade, bem como, avaliar a capacidade do projeto na exploração do usuário, aprendizagem e desempenho da tarefa, normalmente executada antes da implementação;

3. Avaliação Heurística: Neste método, vários especialistas em usabilidade, avaliam separadamente o design da interface do usuário, normalmente um protótipo, aplicando um conjunto de heurísticas ou guias relevantes. Nenhum usuário é envolvido. Os resultados de vários especialistas são combinados e rankeados para priorizar um redesign interativo para cada problema de usabilidade encontrado;

4. Questionários: Um conjunto de perguntas utilizadas para se obter informações demográficas, de pontos de vista e interesses. Aplicados após os usuários terem participado de uma sessão de avaliação, normalmente formativa;

5. Entrevista: Técnica de coleta de informações sobre os usuários falando-se diretamente com eles. Uma entrevista pode colher mais informações que um questionário e ter um maior nível de detalhes. São boas para se obter reações subjetivas, opiniões e ideias sobre como os usuários pensam sobre as questões. Entrevistas podem ser estruturadas, com um conjunto pré-definido de perguntas e respostas, ou abertas, que permitem que o entrevistado forneça um maior conjunto de informações adicionais. Demonstrações podem ser utilizadas em conjunto com entrevistas dos usuários para auxiliar sobre o que o usuário está respondendo sobre a interface;

6. Avaliação Comparativa e Sumativa: Uma avaliação e comparação estatística de duas ou mais configurações e componentes. Tal como acontece

com a avaliação formativa, os usuários executam tarefas em cenários representativos como avaliadores, coletando dados qualitativos e quantitativos. Podem ser aplicados de maneira formal ou informal.

Para se avaliar as interfaces é importante definir quais dimensões utilizar, o equilíbrio ou relacionamento entre elas podem direcionar a interface do usuário e ajudar a determinar quais técnicas serão utilizadas durante o projeto. Estas técnicas sugerem abordagens de design e identificam conflitos (QUESENBERRY, 2003). Tais dimensões de usabilidade são detalhadas a seguir.

2.4.1 Dimensões de Usabilidade

Métricas de usabilidade podem auxiliar a revelar padrões que são difíceis ou impossíveis de se ver, elas adicionam estrutura para o processo de concepção e avaliação, dá dicas sobre os resultados e fornece informações para os tomadores de decisões, sem essas informações de métricas, importantes decisões de negócios podem ser tomadas baseadas em falsas premissas (FALCÃO; SOARES, 2013).

Nielsen (1993), destaca que a usabilidade possui vários componentes, ele considera cinco dimensões para definir o conceito de forma objetiva, as dimensões são: Facilidade de Aprendizado, Eficiência, Facilidade de memorizar, Poucos erros e Satisfação. A abordagem de Nielsen unifica três diferentes aspectos de usabilidade:

- **Medidas operacionais de usabilidade de caráter objetivo** – correspondem às variáveis quantitativas relacionadas a desempenho, tais como tempo da tarefa e ao número ou taxa de erros do usuário;
- **As medidas objetivas estão relacionadas com os níveis de conhecimento do usuário** – correspondem ao desempenho do usuário experiente, a capacidade de aprendizado do usuário iniciante e do usuário casual;
- **Medidas subjetivas** – refletem opiniões e experiências baseadas na percepção do usuário.

Falcão e Soares (2013), apresentam uma tabela com dimensões de usabilidade de vários autores relevantes e a norma ISO. A tabela demonstra dimensões objetivas e subjetivas a fim de se avaliar a usabilidade da interface usuário software. Estas dimensões oferecem conceitos mensuráveis aliando usabilidade a outros atributos e conceitos de sistemas.

Tabela 1 - Dimensões de Usabilidade

Schackel (1991)	Nielsen (1993)	Abran <i>et al</i> (2003)	Quesenbery (2003)	ISO 9241-11 (2006)	Rubin & Chisnell (2008)
Dimensões Objetivas					
Eficácia		Eficácia	Eficaz	Eficácia	Eficaz
	Eficiência	Eficiência	Eficiente	Eficiência	Eficiente
Facilidade de Aprendizado	Facilidade de Aprendizado	Facilidade de Aprendizado	Fácil de Aprender		
	Facilidade de Memorizar				
					Utilizável
Flexibilidade					
	Poucos Erros		Tolerância ao erro		
					Acessibilidade
					Segurança
Dimensões Subjetivas					
	Satisfação	Satisfação	Engajado	Satisfação	Satisfação
Atitude					

Fonte: (FALCÃO; SOARES, 2013, p.15).

Conforme compilado pelos autores na tabela, percebemos que as dimensões de usabilidade demonstram um foco grande em Eficácia, Eficiência e Satisfação, que são abordados durante o processo de DCU e podem contribuir para análise de problemas na fase de testes do produto. Os autores salientam que tais dimensões foram desenvolvidas para avaliação de interfaces de *software* e são relevantes para

todos os tipos de avaliação.

2.4.2 Modelos de Usabilidade

Modelos de usabilidade não apenas indicam as características de uma interface usável (com boa usabilidade), eles também descrevem como estas características se encaixam, seus significados e contribuição para a usabilidade (Leventhal e Barnes, 2008). Os modelos estendem a definição de usabilidade para algo que pode ser utilizado para avaliar a usabilidade. De acordo com Falcão e Soares (2013), os modelos de usabilidade mais populares são os de Shackel (1991), Nielsen (1993) e Eason (1984), os autores apresentam a seguinte quadro (quadro 2), com suas dimensões e definições.

Tabela 2 - Taxonomia de Modelos de Usabilidade

Modelo	Dimensões		Definição
Eason (1984)	Tarefa	Frequência	Número de vezes que uma tarefa é realizada.
		Abertura	Extensão em que uma tarefa é modificável.
	Usuário	Conhecimento	O conhecimento que o usuário aplica na tarefa. Este deve ser apropriado ou não.
		Motivação	Como determinou ao usuário aplicar a tarefa.
		Critério	A habilidade do usuário em não escolher usar alguma parte do sistema
	Sistema	Fácil de Aprender	Esforço requerido para entender e operar um sistema não familiar.
		Fácil de Usar	O esforço requerido para operar um sistema uma vez que é entendido e dominado pelo usuário
		Correspondência da tarefa	A extensão que cada informação e funções que um sistema fornece correspondem às necessidades do usuário para uma determinada tarefa
Shackel (1991)	Eficácia	É descrita pelo intervalo da tarefa que deve ser melhor do que o nível de desempenho exigido, assim como uma percentagem específica de um intervalo de usuários alvo dentro de uma gama específica do ambiente de uso.	
	Facilidade de aprendizado	Corresponde ao tempo entre o treinamento dos usuários e suporte da instalação do sistema, incluindo o tempo de reaprendizado.	

	Flexibilidade	Corresponde a permissão de alguma variação de percentual especificado na tarefa e/ou no ambiente além do que foi especificado primeiramente.
	Atitude	Corresponde aos níveis aceitáveis de custo humano em termos de cansaço, desconforto, frustração e esforço pessoal.
Nielsen (1993)	Facilidade de Aprendizado	O sistema deve ser fácil de aprender para que o usuário, mesmo não tendo experiência, possa rapidamente começar a obter resultados satisfatórios.
	Eficiência	Está diretamente relacionada a produtividade do sistema, de modo que uma vez que o usuário tenha aprendido o sistema, seja possível uma alta produtividade.
	Facilidade de Memorizar	O sistema deve ser fácil de lembrar, de forma que o usuário ocasional não tenha que aprender tudo de novo sobre o sistema após algum período sem tê-lo usado.
	Poucos Erros	O sistema deve ter uma baixa taxa de erros, de modo que os usuários cometam poucos erros durante o uso do sistema, e assim que erros sejam cometidos, estes possam ser corrigidos de forma simples e rápida. Além disso, erros catastróficos não devem ocorrer.
	Satisfação	O sistema deve permitir uma interação agradável, para que os usuários estejam subjetivamente satisfeitos ao utilizá-lo.

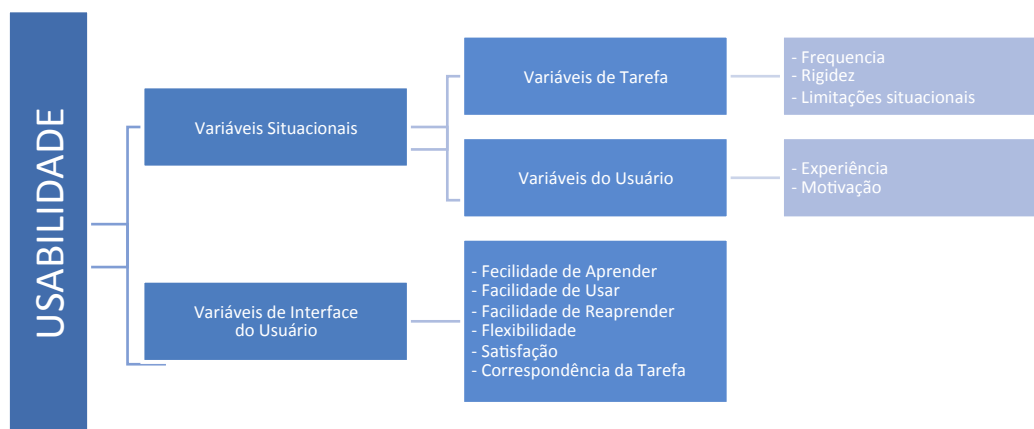
Fonte: (FALCÃO; SOARES, 2013, p.17).

Da mesma maneira as Dimensões de Usabilidade, segundo Falcão e Soares (2013), os Modelos de Usabilidade apresentados na tabela foram desenvolvidos para análise de software, tendo como origem o contexto da interação humano computador e podem ser adaptados para produtos.

2.4.2.1 Modelo de Usabilidade de Leventhal e Barnes (2008)

Leventhal e Barnes (2008), propõem um modelo misto para avaliação de usabilidade de softwares e websites. O modelo é baseado a partir dos modelos de Shackel (1991), Nielsen (1993) e Eason (1984), em uma tentativa de colocar em um mesmo modelo os aspectos mais importantes destes três modelos considerados com o objetivo de serem mais específicos e de fácil operação e avaliação. O modelo assume que o número de variáveis que são colocadas juntas determinarão o quão boa é a interface. Os autores basicamente definem tais variáveis em dois tipos: Situacionais e de Interface do Usuário. Estas por sua vez, dividem-se em outras variáveis apresentadas na figura abaixo:

Figura 6 - Modelo de misto de usabilidade proposto por Leventhal e Barnes (2008, p.36)



As variáveis do modelo são detalhadas da seguinte maneira:

- **Variáveis Situacionais**

o Variáveis de Tarefa: São aspectos relacionados a tarefa executada pelo usuário.

- **Frequência** – Tarefas que são executadas com frequência são suscetíveis a inclusão de ações já conhecidas pelo usuário. A interface que suporta o uso frequente pode concluir que o usuário possui bom conhecimento do sistema, por outro lado, o usuário que conhece menos o sistema pode ter uma curva de aprendizado maior.
- **Rigidez** – Rigidez de um sistema é definida por dois problemas, o número de passos para se executar uma tarefa e o número de opções disponíveis no percurso da tarefa. Uma tarefa que conduz o usuário por caminhos claros tem uma melhor usabilidade que uma tarefa com caminhos difíceis de acompanhar.
- **Limitações Situacionais** – Estas variáveis representam tarefas referentes a situações onde a variável estará inserida, por exemplo, se determinada tarefa for destinada para sistemas de entretenimento – um jogo eletrônico – o design da interface poderá ser melhorado se possuir características específicas para o jogo, como funções escondidas ou truques, no caso da interface não ser projetada para fins de entretenimento, funções escondidas podem ser um impedimento para

realização completa da tarefa.

o Variáveis do usuário – São variáveis específicas de características e comportamentos do usuário:

- **Experiência do usuário** – Usuários experientes tem expectativas diferentes de usuários casuais. Geralmente usuários mais experientes percebem mais informações e possuem um modelo mental diferente, conseqüentemente, a interface deve ser ligeiramente diferente, deve oferecer maior flexibilidade e liberdade. Em contrapartida, para usuários pouco experientes, a interface pode oferecer lembretes.

- **Motivação** – A motivação dos usuários durante o uso da interface pode influenciar a usabilidade. Usuários com alta motivação podem ser mostrar mais dispostos e esforçados a completar a tarefa quando a tarefa se mostrar difícil.

- **Variáveis de Interface do usuário**

o Facilidade de Aprender – Refere-se a como a interface é fácil para novos usuários;

o Facilidade de Usar – Refere-se a como a interface fácil de ser utilizada por usuários que já utilizam o sistema;

o Facilidade de Reaprender – Refere-se a como a interface é fácil de ser reaprendida, quando o usuário passa um determinado tempo sem contato com o sistema;

o Flexibilidade – Refere-se à capacidade da interface de suportar padrões de utilização não previstos;

o Satisfação – Uma interface de fácil utilização e de fácil aprendizado é provavelmente uma interface satisfatória;

o Correspondência da tarefa – Tarefas com boa correspondência entre a interface e a tarefa real auxiliam usuários experientes a mapear e entende-la, para usuário iniciantes elas auxiliam a desenvolver um melhor entendimento da tarefa real e os passos necessários para completa-la.

Ainda de acordo com os autores, estes modelos podem ser utilizados para vários fins, entre estes, os autores destacam:

- Avaliação de Sistemas e interfaces já existentes;
- Direcionar o design de interfaces em relação as demandas dos clientes para características de usabilidade conjuntamente com variáveis situacionais;
- Monitorar e avaliar a usabilidade durante o processo de desenvolvimento;
- Criticar o produto final.

2.4.3 Avaliação Heurística

Segundo Nielsen (1994), avaliações heurísticas são métodos para encontrar problemas de usabilidade na interface através de um pequeno processo de iteração durante o desenvolvimento. A avaliação envolve um pequeno número de avaliadores que examinam a interface e julgam o que está de acordo com os princípios de usabilidade, as heurísticas. A avaliação se destaca pelo baixo custo e agilidade. De maneira geral, heurísticas podem ser “regras de ouro” que descrevem interações para um determinado sistema. (Hochleitner, *et al*; 2015). Essas regras devem possuir um equilíbrio entre orientações específicas e generalistas, caso as heurísticas sejam por demais específicas, elas podem ser difíceis de serem aplicadas e compreendidas. (Rusu, *et al*; 2011)

Nielsen (1994) abaixo, as 10 heurísticas de usabilidade propostas:

- Visibilidade de status do sistema: O sistema sempre deve informar ao usuário sobre o que está acontecendo, com feedback apropriado e em um tempo razoável;
- Relacionamento entre a interface e o mundo real: o sistema deve falar a linguagem do usuário, com frases, palavras e conceitos familiares ao usuário, em termos orientados ao sistema;
- Liberdade e controle do usuário: Usuários podem escolher opções erradas por engano e precisão de funções de “saída de emergência” de maneira clara, por exemplo, suporte a desfazer e refazer;
- Consistência e padrões: usuários não devem ter que se questionar se as mesmas palavras, situações e funções representam a mesma coisa, deve existir uma convenção para o sistema;
- Prevenção de erros: Um projeto cuidadoso que impede que um problema

ocorra, eliminando condições passíveis de erros, apresentar opção de confirmação antes da execução da ação;

- Reconhecimento ao invés de memória: Minimizar a carga de memória do usuário, através de objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve ter que se lembrar de informações a partir de um diálogo para outro. As informações devem estar visíveis o tempo todo ou serem de fácil recuperação;
- Flexibilidade e eficiência no uso: O sistema deve ser fácil de utilizar por usuários iniciantes, mas prover atalhos e ser flexível para usuários avançados;
- Design minimalista: Os diálogos não devem ter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Cada unidade de informação indesejada compete com os relevantes, o que atrapalha o entendimento e diminui a visibilidade;
- Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e reparar erros: As mensagens de erro do sistema devem ser simples, informar precisamente o problema e sugerir uma solução;
- Ajuda e documentação: Mesmo que seja melhor utilizar o sistema sem a necessidade de documentação, o acesso a ajuda de documentação pode ser valioso. Qualquer informação deve ser fácil de pesquisar, focada em tarefas do usuário, através de listas concretas e não extensas.

A avaliação heurística ajuda a encontrar problemas de usabilidade mais cedo, e mesmo que não sejam encontrados nessa fase, podem ser descobertos em uma avaliação formativa, com usuários. Essa abordagem cria um design mais simplificado da interface e evita a situação em que uma interação de teste com usuários encontre erros óbvios e evidentes. (Bowman, *et al*, 2002, pag. 17)

As técnicas de inspeção de usabilidade podem não ser apropriadas para games, pois, as considerações de design são significativamente diferentes em relação a outros jogos. As técnicas de avaliação levam em consideração suposições de como as tarefas pré-determinadas serão executadas pelos usuários. Nos jogos a noção de sequência não é necessariamente útil, já que cada usuário interage com o jogo a sua maneira, dependendo da sua estratégia e motivação. (PINELLE *et al*, 2007)

Já a avaliação heurística tem potencial para avaliar os jogos pois não supõe as tarefas e o propósito de uma aplicação, leva-se em consideração instâncias, um

conjunto de princípios de usabilidade que são as heurísticas. Os avaliadores exploram a interface em busca de instancias onde estes princípios não são aplicados. (PINELLE *et al*, 2007)

2.4.4 Usabilidade e Realidade Virtual

Ainda que existam vários métodos para avaliação de usabilidade de aplicações interativas de computador, estes métodos possuem limitações, especialmente na avaliação de Ambientes de Realidade Virtual. A maioria dos métodos são aplicáveis apenas a alguns tipos de interface (por exemplo: Interfaces Gráficas de Usuário, ou GUIs, Graphic User Interfaces) e tem pouco ou nenhum uso com interfaces inovadoras não rotineiras como as encontradas nos Ambientes de Realidade Virtual, que possuem estilos de interação radicalmente diferentes das interfaces habituais, que os métodos comprovados podem não ser adequados, nem eficientes, por ser uma área muito nova e em ascensão, ainda é muito difícil prever um comportamento padrão de uso das aplicações sem um estudo de uso real das aplicações. (BOWMAN *et al*; 2002, pag. 01 e 02), outro problema é a dificuldade que os métodos existentes tem para analisar a experiência do usuário com interações em terceira dimensão (3D). (SAWYERR *et al*; 2013, pag. 66).

Para Sawyerr *et al* (2013, pag. 67), a emergência de novos modelos de interação redefiniu limites da interface, as interfaces 3D possuem uma série de questões que afetam seu uso no mundo virtual por possuírem interação e experiência do usuário bem diferentes das interfaces tradicionais. Estes problemas foram resumidos da seguinte forma:

- Dispositivos de Input: os dispositivos de movimento que são utilizados podem causar problemas de navegação e interação;
- Displays Gráficos: Podem ser incapazes de suportar o processamento necessário para atender os requisitos da aplicação, sem distorções. Desta maneira o ambiente pode ser representado com baixas resoluções de imagem, podendo ocasionar problemas de percepção pelo usuário;
- Ambientais: Os usuários podem ter uma experiência inesperada ao atravessar paredes e outros objetos no ambiente virtual;

- Navegação: Estar desorientado ou perdido no ambiente virtual é um dos mais comuns problemas que os usuários encontram.
- Interação: Os usuários podem se sentir incapazes de manipular objetos, ferramentas e controles como menus flutuantes e paletas de opções.

2.4.4.1 Heurísticas de Ambientes de Realidade Virtual

Segundo Bowman, *et al* (2002), a avaliação heurística apenas para inspeção de usabilidade de ambientes de realidade virtual é muito difícil, pois o número de guias publicados e verificados são poucos.

As técnicas de inspeção de usabilidade podem não ser apropriadas para jogos digitais, pois as considerações de design são significativamente diferentes em relação a outros softwares. As técnicas de avaliação levam em consideração suposições de como as tarefas pré-determinadas serão executadas pelos usuários. Nos jogos a noção de sequência não é necessariamente útil, já que cada usuário interage com o jogo a sua maneira, dependendo da sua estratégia e motivação (PINELLE, *et al*, 2008).

Já a avaliação heurística tem potencial para avaliar os jogos pois não supõe as tarefas e o propósito de uma aplicação, leva-se em consideração instâncias, um conjunto de princípios de usabilidade que são as heurísticas. Os avaliadores exploram a interface em busca de instancias onde estes princípios não são aplicados (PINELLE, *et al*, 2008).

2.4.4.1.1 Heurísticas de Sutcliff e Gault (2004)

Sutcliffe e Gault (2004), propõe uma avaliação heurística que consiste em uma avaliação baseada nas Heurísticas de Nielsen (1994) com adaptações com o objetivo de contemplar conceitos fundamentais de Realidade Virtual, presença e imersão. Os autores consideram que os problemas que podem ser encontrados

devem estar associados a mais de uma heurística. Assim, no seu método, os problemas encontrados são assinalados a heurística correspondente complementadas de explicações suplementares.

As heurísticas são:

1. Engajamento Natural: A interação deve abordar a expectativa do usuário ao mundo real o mais próximo possível;
2. Compatibilidade com a tarefa e domínio do usuário: O ambiente virtual de corresponder o mais próximo possível do que o usuário encontraria no mundo real;
3. Expressão natural de ação: A representação do usuário no ambiente virtual deve permitir que o usuário aja e explore de maneira natural e não restrinja as ações físicas. Feedback háptico;
4. Aproximar a coordenação de ação e representação: A representação do usuário deve manifestar um comportamento fiel as ações do usuário;
5. Feedback realista: Os efeitos das ações do usuário devem ser visíveis imediatamente, em conformidade com as leis da física e com a percepção esperada do usuário;
6. Pontos de vista fiéis: A representação visual do mundo virtual deve mapear a percepção normal do usuário, e o ponto de vista do movimento da cabeça deve ser mostrado sem atrasos;
7. Suporte à navegação e orientação: O usuário deve ser sempre capaz de retornar a um ponto de retorno conhecido;
8. Pontos claros de entrada e saída: As maneiras de entrar e sair do ambiente virtual devem ser claramente comunicadas;
9. Partidas consistentes: Quando compromissos de projeto são utilizados devem ser coerentes e claramente marcados;
10. Suporte para aprendizado: Objeto ativos podem ser utilizados para explicação para promover o aprendizado no ambiente virtual;
11. Trocas de turno claras: Onde houver iniciativas do sistema, elas devem ser assinaladas de maneira clara para estabelecer troca de turno, ou seja, o usuário deve perceber de maneira clara quando o sistema terá o controle de autonomia do ambiente;

12. Senso de presença: A percepção de engajamento e de estar em um mundo real deve ser a mais natural possível.

Sutcliffe e Gault (2004) complementam suas heurísticas com um checklist guia para atribuir problemas de características de design:

- Display gráfico – Referente a problemas de distorção dos gráficos, baixa resolução de imagem;
- Movimentação e manipulação – Problemas em relação a hardwares externos como mouses e joysticks acarretando dificuldades de navegação;
- Interação com objetos e ferramentas no ambiente virtual – Indicados por tentativas frustradas de interagir com os objetos virtuais, ou feedback pobre;
- Características ambientais – Partes do ambiente virtual se comportam de maneira a criar efeitos inesperados, como objetos voadores;
- Interação com outros controles – Menus flutuantes e paletas;
- Outros problemas de hardware – Problemas relacionados a hardwares como capacetes e óculos.

2.4.4.1.2 Heurísticas de Rusu et al (2011)

Rusu, *et al* (2011) propõem um conjunto de 16 heurísticas para realidade virtual, estas, são agrupadas em 3 categorias: (1) Design e Estética, (2) Controle e Navegação e (3) Erros e Ajuda. As heurísticas são descritas da seguinte forma, indexadas pelo identificador “H”, nome e definição:

1) Heurísticas de Design e Estética:

(H1) Feedback – O mundo virtual deve sempre informar ao usuário sobre a condição de seu avatar, eventos relacionados, ou fatos relevantes que ocorram no ambiente virtual. O mundo virtual deve fornecer feedback apropriado, facilmente perceptível, a qualquer ação que usuário comece ou que o afete, de forma direta ou indireta;

(H2) Clareza – O mundo virtual deve ter um painel de controle de fácil entendimento com linguagem clara. Além disso, os painéis devem ser arrumados e agrupados de maneira que permita ao usuário encontrar o que está procurando de forma intuitiva;

(H3) Consistência – O mundo virtual deve ser coerente em todos os aspectos, dessa maneira o usuário pode prever os resultados de cada ação;

(H4) Simplicidade – O painel de controle não deve ser sobrecarregado e deve ter apenas mensagens do sistema e da interação com os objetos dentro do mundo virtual, de maneira simples e intuitiva.

2) Heurísticas de Controle e Navegação:

(H5) Orientação e Navegação – O sistema deve ter uma navegação memorizável e intuitiva. Também deve prover ao usuário uma maneira de localizar-se dentro do ambiente virtual e uma maneira de achar e determinar sua localização;

(H6) Controle de câmera e visualização – O sistema deve permitir ao usuário determinar o nível e qualidade de texturas, efeitos visuais ou objetos com proposta puramente estética. O sistema também deve permitir ao usuário controle da câmera ou ângulo de onde é visualizado;

(H7) Baixa carga de memória – O sistema deve minimizar as demandas a memória do usuário por meio de objetos, opções e ações visíveis e fáceis de acessar. O sistema também deve prover meios do usuário registrar ou memorizar locais dentro do ambiente virtual, que foram visitados ou que podem ser um local de interesse;

(H8) Customização de avatar – O sistema deve possuir um conjunto de avatares pré-definidos, com gêneros, idade, aparência dentre outros atributos. O sistema deve permitir ao usuário modificar os aspectos do seu avatar, sempre que o usuário quiser;

(H9) Flexibilidade e eficiência de uso – atalhos para ações comuns devem ser fornecidos, permitir que o usuário defina seus próprios atalhos e alterar opções de interface. Isto permite que os usuários avançados interajam de maneira mais eficiente;

(H10) Comunicação entre os avatares – a comunicação dentro do mundo virtual deve ser análoga ao mundo real. Este diálogo deve ser feito de uma maneira fácil

e intuitiva e deve ser clara para o emissor e o receptor;

(H11) Senso de propriedade – As regras físicas do mundo real devem ser mantidas no mundo virtual. No caso em que elas podem ser alteradas, o sistema deve informar essas variações de uma maneira clara e explícita;

(H12) Interação com o mundo virtual – Indicar claramente aos usuários quais objetos do mundo virtual eles podem interagir ou não, também indicando quais ações podem ser realizadas com os objetos que eles podem interagir.

3) Heurísticas de Erros e Ajuda:

(H13) Suporte ao aprendizado – Os objetos complexos de um mundo virtual devem ser complementados com definições e indicações para o uso, promovendo assim o aprendizado;

(H14) Prevenção de Erros – Prevenir que os usuários executem quaisquer ações por engano ou criarem situações indesejadas, relacionadas a interface ou ao mundo virtual;

(H15) Ajudar o usuário a se recuperar de erros – Prover ferramentas para que o usuário possa se recuperar de erros do sistema ou quaisquer situações indesejadas quando ele não consegue se recuperar por si próprio;

(H16) Ajuda e documentação – Prover ao usuário informação relevante não apenas online, mas também dentro do mundo virtual. Essa informação deve ser fácil de acessar e escrever ou falar a linguagem do usuário.

A tabela abaixo mapeia a relação entre estas heurísticas de mundos virtuais e as heurísticas de Nielsen:

Heurísticas de Nielsen		Heurísticas de Mundos Virtuais	
ID	Definição	ID	Definição
N1	Visibilidade e Status do Sistema	H1	Feedback
		H12	Interação com o Mundo Virtual
		H13	Suporte ao aprendizado
N2	Relacionamento entre a interface e o mundo real	H10	Comunicação entre os Avatares
		H11	Senso de propriedade
N3	Liberdade e controle do usuário	H5	Orientação e Navegação
		H6	Controle da Câmera e visualização

N4	Consistência e padrões	H3	Consistência
N5	Prevenção de erros	H14	Prevenção de erros
N6	Reconhecimento ao invés de memória	H7	Pouca sobrecarga de memória
N7	Flexibilidade e eficiência no uso	H8	Customização de Avatares
		H9	Flexibilidade e eficiência de uso
N8	Design minimalista	H2	Clareza
		H4	Simplicidade
N9	Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e reparar erros	H15	Recuperação de erros
N10	Ajuda e documentação	H16	Ajuda e documentação

Tabela 3 - Heurísticas de Nielsen x Heurísticas de Mundos Virtuais

Conforme a tabela 3, a conexão entre as heurísticas propostas por Nielsen e as propostas por Rusu *et al*, facilita o entendimento e compreensão das heurísticas propostas em relação as originais de.

2.4.5 SUS - Sistema de Escala de Usabilidade

O SUS – Sistema de Escala de Usabilidade, consiste de dez questões as quais os avaliadores ou usuários, classificam seu nível de concordância em relação a um determinado produto, serviços, hardwares, softwares, websites e aplicações.

Originalmente desenvolvida por John Brooke (1986), o sistema combina dez avaliações em uma pontuação global, através de uma escala de 0 a 100, onde 100 representa uma pontuação perfeita. Dessa maneira o olhar da avaliação é efetuado de maneira combinada para a avaliação de diferentes atributos como usabilidade e utilidade. Dessa maneira, o SUS nos ajuda a avaliar a satisfação, eficácia e eficiência de um sistema. De acordo com Sauro e Lewis (2009, apud SAURO e LEWIS, 2012), o SUS corresponde a 43% dos questionários de pós-teste utilizados.

O SUS é aplicado através de um questionário de 10 itens, utilizando uma escala de *Likert*, com estados variando entre 1 a 5 (ou 7), neste os avaliadores selecionam opções se estão em concordância completa ou discordância completa do objeto

avaliado.

O método de pontuação requer que os avaliadores respondam todos os 10 itens, caso algum avaliador não responda algum dos itens solicitados, este item deve ser selecionado como o ponto central da escala.

As questões abordadas, que podem ser adaptadas, no SUS são as 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 atrapalhado de usar.
9. Eu me senti confiante ao usar o sistema.
10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.

Para calcular a pontuação do SUS, é necessária a utilização de alguns critérios para o cálculo. Cada item possui um peso que varia de 0 a 4, para os itens ímpares (1,3,5,7 e 9) subtraia 1 da pontuação que o usuário respondeu. Para os itens pares (2, 4, 6, 8 e 10) subtraia o valor que o usuário escolheu de 5, ou seja, se o usuário pontuou 2 em alguma destas perguntas, o valor será 3. Em seguida multiplica-se a soma dos escores por 2,5, o resultado final será a pontuação que poderá ir de 0 a 100.

Bangor *et al* (2009), propõe correspondências de classificações adjetivas aos scores médios do SUS.

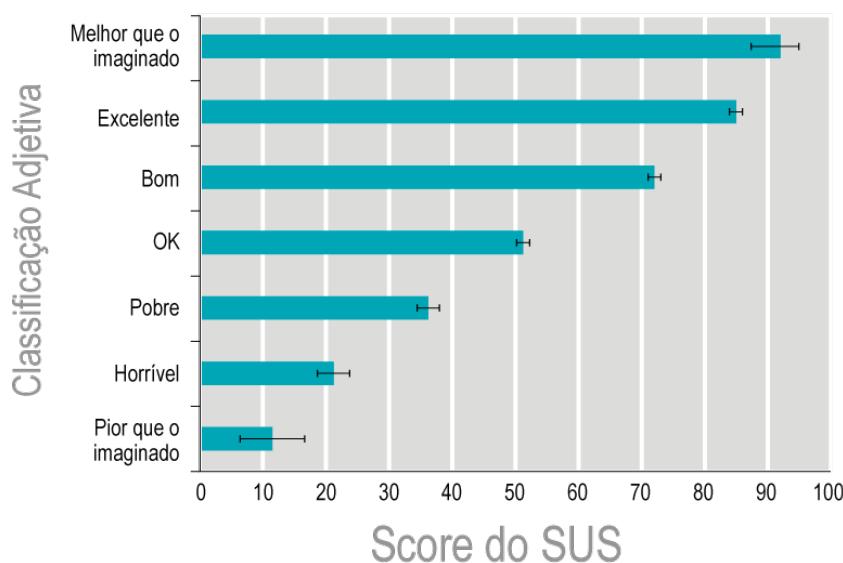


Figura 7 - Correspondência entre os scores médios do SUS e a classificação adjetiva. Bangor (2009, p 119)

Conforme o apresentado na figura 7, os scores médios obtidos pela avaliação SUS, encontram uma correspondência direta em relação a sua interpretação qualitativa.

2.5 REALIDADE VIRTUAL

Segundo Sherman e Craig (2003), Realidade Virtual (RV), é um meio composto por simulações interativas em computadores que detectam a posição e as ações do usuário e substituir ou aumentar a informação retornada a um ou mais sentidos, dando a sensação de estar imerso física ou mentalmente na simulação, um ambiente ou mundo virtual.

2.5.1 Conceitos de Realidade Virtual

Para melhor entendimento da Realidade Virtual, alguns conceitos são importantes para o entendimento da experiência física e psicológica. De acordo com Gutiérrez, Vexo e Thalmann (2008), esses conceitos fundamentais são: imersão e presença. Os autores classificam os tipos de imersão baseados na configuração e tipo de

equipamentos utilizados para a realização da simulação. Basicamente a classificação de três tipos de imersão:

- Totalmente imersivos: utilizando um display (Heads Mount Display - HMD) acoplado a cabeça do usuário, como um capacete, para Kirner e Kirner (2011) a Realidade Virtual imersiva transporta o usuário inteiramente para o domínio da aplicação, fazendo com que o usuário se sinta completamente no mundo virtual, interagindo com objetos e sentindo reações através de dispositivos multissensoriais, tais como os dispositivos hápticos;

Figura 8 - Projeto Morpheus - Sony®



Fonte: <https://goo.gl/images/3YeiFL>

- Semi-imersivos, onde as imagens são projetadas em uma tela grande, muitas vezes suportadas por óculos de tecnologia estereoscópica;

Figura 9 - Sala de Cinema 3D - Display Semi Imersivo



Fonte: <https://goo.gl/images/N3Mwzc>

- Não imersivos, que utilizam simulações em computadores e displays convencionais, esses dispositivos transportam o usuário parcialmente para o domínio da aplicação, preservando o senso de presença do mundo real enquanto o usuário atua no mundo virtual.

Figura 10 - Display não imersivo - Viewsonic 3d



Fonte: <https://goo.gl/images/c0rhQ2>

Ainda segundo Gutiérrez, Vexo e Thalmann (2008), o segundo conceito fundamental é a presença, um conceito subjetivo associado com aspectos psicológicos do relacionamento do usuário com o senso de estar no ambiente virtual através dos estímulos no cérebro, onde este entende e processa a informação gerada na simulação, sons, imagens, e demais estímulos sensoriais.

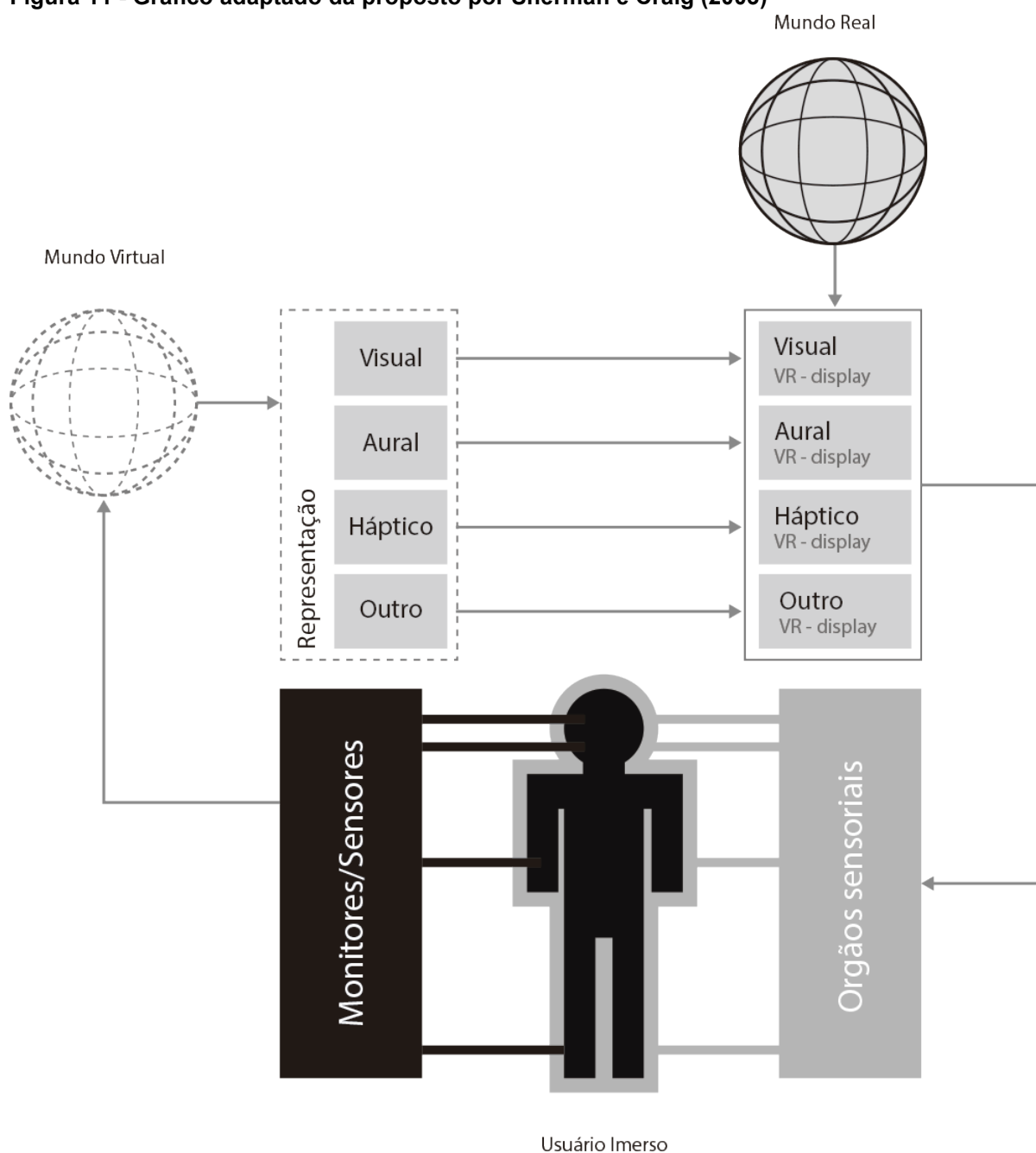
Sherman e Craig (2003), abordam dois conceitos complementares: a interatividade e a sensação de resposta do sistema (feedback sensorial). A interatividade é a habilidade de afetar o mundo baseado no computador ou a habilidade de modificar um ponto de vista com o mundo virtual. O feedback sensorial é a resposta do sistema de maneira que o usuário perceba através dos sentidos (visão, audição ou tato) que está interagindo, modificando ou manipulando elementos virtuais.

Morie (1994) aponta ainda o conceito de envolvimento, este por sua vez está ligado ao engajamento, o grau de motivação do usuário em determinada atividade. O envolvimento pode ser passivo, como ver um programa de televisão, ou ativo, como participar de um jogo. A realidade virtual tem potencial para ambos os tipos de envolvimento, propiciando um amplo campo para a interação com o usuário.

Para Liddell *et al* (2003) a Imersão, é o estado mental de concentração tão intensa que a consciência do mundo real se perde. A imersão ocorre quando os sistemas perceptivos e cognitivos trabalham até quase o limite, sem excedê-lo. Nessas condições o indivíduo perde a noção do mundo “real”. A imersão pode ocorrer ao se trabalhar em uma tarefa, jogar um jogo, ler um livro ou pintar um quadro.

Todos os conceitos explanados acima, interatividade, presença, envolvimento e imersão, trabalham de maneira complementar quando o usuário interage com o ambiente virtual. Sherman e Craig (2003), resumem a experiência de realidade virtual através de um gráfico, abaixo o gráfico proposto adaptado:

Figura 11 - Gráfico adaptado da proposto por Sherman e Craig (2003)



Fonte: Sherman e Craig (2003, pag 73)

2.6 TECNOLOGIAS DE REALIDADE VIRTUAL

Burdea e Coiffet (2003) dividem as tecnologias de realidade virtual em dois tipos: dispositivos de entrada de informação, inputs, e dispositivos de saída de informação, os outputs, os conceitos sobre estes são apresentados a seguir.

2.6.1 Input Devices

São equipamentos de captura de movimento em três dimensões (3D) utilizados em RV, eles possibilitam, permitem a medição de mudanças em tempo real na orientação e posição de objetos (BURDEA; COIFFET, 2003) para propósitos de visualização, locomoção e manipulação. Em um sistema de RV, o monitoramento dos movimentos da cabeça é essencial para se alcançar a sensação de imersão (REBELO *et al*, 2010).

O monitoramento também pode ser realizado por luvas ou roupas específicas para captura de movimentos e posições. O monitoramento pode ser executado a partir de diversos tipos de tecnologia disponíveis: mecânicas, magnéticas óticas e ultrassônicas além da interface interativa que pode estar disponível no espaço 3D no sistema de RV (REBELO *et al*, 2010).

Burdea e Coiffet (2003) caracterizam os as tecnologias da seguinte maneira:

- Monitoradores mecânicos – Consistem de uma estrutura cinemática composta de elos interligados através de articulações e sensores;

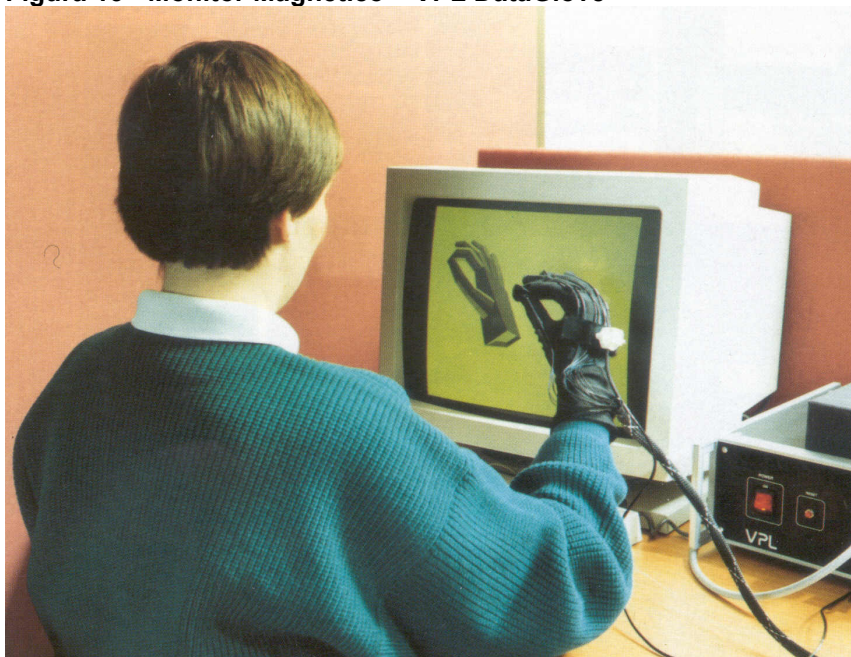
Figura 12 - Monitor mecânico – Geomatic Phantom



Fonte: <https://goo.gl/images/GIRRXf>

- Monitoradores magnéticos – Medem a posição de um dispositivo que opera detectando mudanças em um campo magnético entre um receptor e um emissor;

Figura 13 - Monitor Magnético – VPL DataGlove



Fonte: <https://goo.gl/images/8ysMvO>

- Monitoradores óticos – Utilizam câmeras de vídeos para detectar luzes emitidas por um emissor infravermelho.

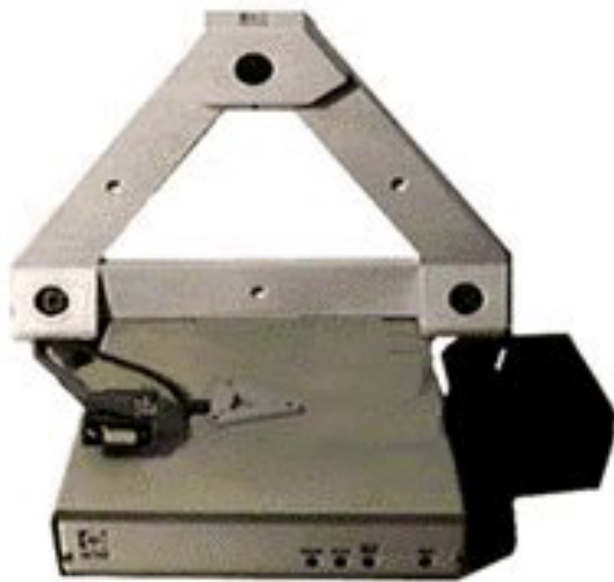
Figura 14 - Exemplo de Monitoradores óticos



Fonte: <http://www.dailymail.co.uk/tvshowbiz/article-2818691/Benedict-Cumberbatch-gets-character-fearsome-dragon-shoots-scenes-Hobbit-DesolationOf-Smaug.html>

- Monitores ultrassônicos - Utilizam microfones e transmissores para calcular, através de triangulação, a distância entre a fonte e o receptor.

Figura 15 - . Monitorador ultrassônico da Logitech



Fonte: <https://goo.gl/images/eOqvB6>

- Monitoradores de inércia – Utilizam acelerômetros e giroscópios para medir o movimento do corpo.

Figura 16 - Monitoradores de inércia - PrioVR



Fonte: <https://goo.gl/images/sRzjgB>

Os Dispositivos de *Input* são a chave para a interatividade do sistema de RV, a interface responde a ação do usuário que é transportada para as interfaces dos dispositivos de *Output*.

2.6.2 Output Devices

Os dispositivos de Output são responsáveis por decompilar as ações e estímulos do usuário, através dos dispositivos de input, para feedbacks sensoriais, tais canais sensoriais são visão (através de displays gráficos), som (através de som espacial – 3D) e toque (através de displays hápticos) (BURDEA; COIFFET, 2003).

Para os autores, os modernos sistemas de RV são multimodais, geralmente incorporam hardware para possibilitar o input dos usuários, combinando diversos tipos de feedback sensoriais ampliando a imersão do usuário. A combinação de vários sistemas de feedback incrementa a sensação de realismo. Ainda segundo os autores, os dispositivos de output, são classificados por:

- **Displays Gráficos:** Interfaces de computador que apresentam imagens sintéticas do mundo, de um ou de vários usuários interagindo com o mundo virtual. Os displays gráficos são subdivididos em:

o **Pessoais:** São displays destinados ao uso individual, através de imagens monoscópicas ou stereoscópicas, podem ser monoculares (apenas um olho) ou binoculares (ambos os olhos). Estes são agrupados por displays acoplados a cabeça (Head-Mounted Displays – HMD), displays suportados a mão, displays suportados ao solo e monitores auto estereoscópicos.

Figura 17 - HTC Vive



Fonte: <https://goo.gl/images/HYrxuF>

o Displays de grande volume: possibilitam que vários usuários próximos, visualizem uma imagem estéreo ou monoscópica do mundo virtual. São agrupados em displays baseados em monitores, displays baseados em projetores.

Figura 18 - CAVE MiddleVR



Fonte: <https://goo.gl/images/kQxuU7>

- Displays Sonoros: São interfaces de computador que proveem feedback sonoro sintético aos usuários que estão interagindo com o mundo virtual. Estes podem

ser monoaurais (mesmo som nos dois ouvidos) ou binaurais (cada ouvido percebe um som diferente).

Figura 19 - SIEMENS IOSONO Sound



Fonte: <https://goo.gl/images/n69sE2>

- Feedback hápticos – São interfaces que transmitem sensações de toque ou força ao usuário.

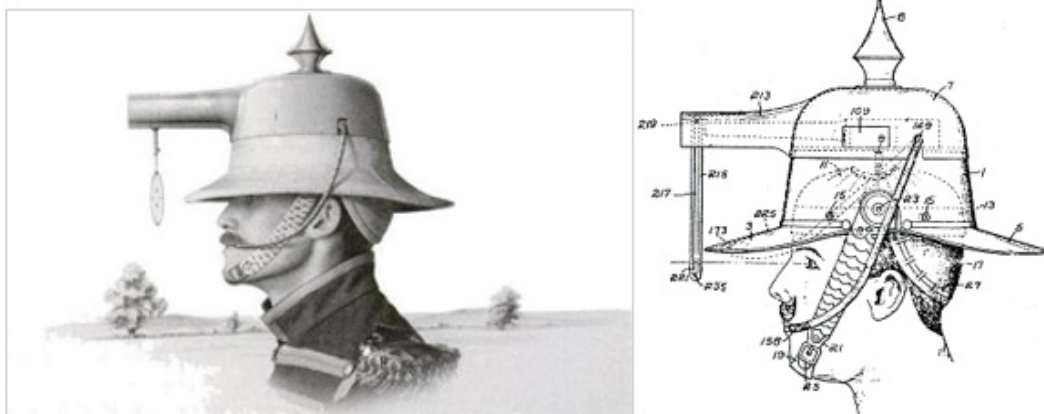
Figura 20 - NeuroDigital Glove One



Fonte: <https://goo.gl/images/jBXTzE>

Sherman e Craig (2003) descrevem uma linha do tempo da Realidade Virtual, segundo os autores, o primeiro dispositivo remonta de 1916, um visor periscópio acoplado a um elmo desenvolvido por Albert B. Pratt.

Figura 21 - Pratt's Helmet Gun



Fonte: <https://goo.gl/images/erWcT4> e <https://goo.gl/images/zTgq3y>

Adquirida posteriormente pela Facebook Inc., a Oculus foca em um futuro onde todos os lares terão seu dispositivo de realidade virtual. O equipamento serviria como uma ferramenta para conectar e comunicar, além de fazer com que os usuários possam compartilhar experiências com os amigos.

Figura 22 - Oculus Rift



Fonte: <https://goo.gl/images/y15TXr>

Várias empresas já utilizam o equipamento para usos práticos na indústria, a Ford Motor Company atualmente usa a realidade virtual em um laboratório de imersão para ajudar a captação e entendimento da experiência dos usuários com seus carros, o uso na simulação do comportamento dos motoristas em situação de incômodos com os faróis de outros carros em ambientes escuros por exemplo.

Diversas empresas do Vale do Silício investem em tecnologias de Realidade Virtual, Google e Microsoft, são outros exemplos de grandes indústrias de tecnologia que estão desbravando as novas possibilidades. Dentre estas possibilidades, está a possibilidade de visualização e apresentação de ideias para design interativo e geração de ideias, desde a concepção inicial do produto a especificação final.

Atualmente umas das alternativas mais acessíveis é o Google Cardboard, um simples visualizador que pode ser acoplado a smartphones. Desta maneira, proporciona experiência de imersão a um baixo custo.

O visualizador põe lentes em frente a tela do smartphone, e através de softwares (apps) específicos que dividem a tela em duas, proporcionam experiência estereoscópica, com nosso cérebro interpretando as imagens em 3D. Os sensores do smartphone, giroscópios, monitoram o movimento da cabeça e os aplicativos renderizam as imagens de maneira a modificar e apresentar a direção atual visualizada pelo usuário.

O *Rift*, foi desenvolvido inicialmente para uso de entretenimento com jogos eletrônicos, porém, já existem várias pesquisas que utilizam tal equipamentos para diversos fins, além do proposto no começo do desenvolvimento.

Ao longo do tempo, diversos dispositivos foram desenvolvidos, com inúmeras tecnologias diferentes. Nos últimos anos, diversos equipamentos e tecnologias de Realidade Virtual foram lançados e apresentados ao grande público. Dentre estes, o Rift, HMD desenvolvido pela Oculus, se destacou pela atenção dada pela mídia.

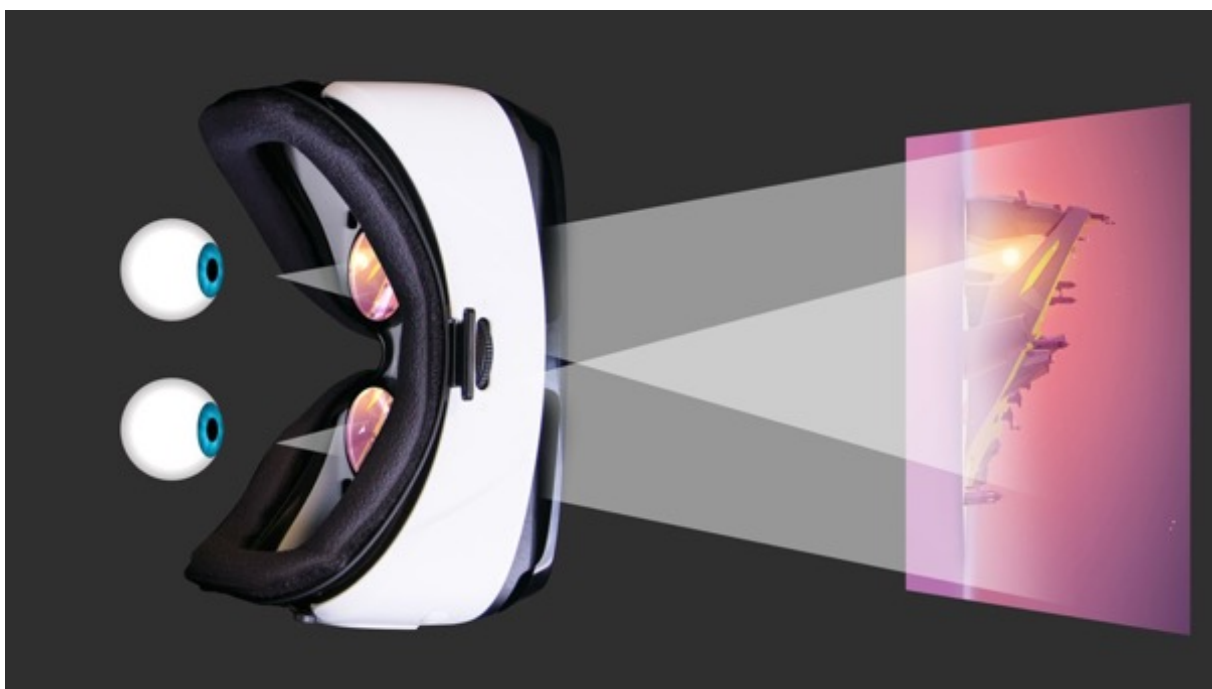
Figura 23 - Google Cardboard



Fonte: <https://goo.gl/images/d4IMrV>

Assim, os softwares criam a ilusão de algo mais real, com profundidade, simulando o mundo real, incluindo simulações com diferença de profundidade, largura e altura.

Figura 24 - Funcionamento de um smartphone com display de Realidade Virtual estereoscópico



Fonte: <https://imgnzn-a.akamaized.net/2016/06/07/07155644536342.jpg?w=1040>

Os smartphones atuais possuem uma tela de altíssima resolução, o que era um obstáculo para os primeiros HMDs, hoje é facilmente contornável e de fácil acesso. Existem atualmente, inúmeros apps para Google Cardboard, inclusive games, porém, muitos em fase ainda de testes, e são disponibilizados como protótipos, como provas de conceito de utilização da tecnologia e testes de interação.

2.7 VÍDEO GAMES

De acordo com Chen e Michael (2006), os jogos (Games) são atividades voluntárias, separadas da vida real, criando um mundo imaginário que pode ou não estar relacionado a vida real e que absorve totalmente a atenção do jogador.

Os primeiros jogos eletrônicos tiveram os seus primeiros passos em departamentos de pesquisas de universidades, laboratórios, instalações militares e fornecedores de produtos de defesa. A partir da década de 50 dois setores desenvolveram-se em paralelo, o primeiro a partir de máquinas de jogos de bases militares, dando origem a máquinas operadas por moedas, que por sua vez tornaram-se muito populares na década de 1970. Os fliperamas, como ficaram conhecidos, eram início ao que se transformaria na indústria de consoles de videogame (NOVAK, 2011).

O termo Video Games surgiu da indústria de jogos eletrônicos, inicialmente houve uma demarcação entre os jogos para computadores pessoais (computer games) e de consoles domésticos para jogos, que por sua vez necessitam ser acoplados a televisões, ou outros dispositivos de vídeo, por isso passaram a ser chamados de Video Games. Nos dias atuais tanto os jogos de computadores quanto os de consoles são chamados de Video Games (NOVAK, 2011).

Os Video Games podem ser segregados através das chamadas gerações, uma maneira didática de acompanharmos o desenvolvimento tecnológico e posicionar tecnologicamente os consoles. Desde sua criação até os dias atuais os Video Games possuem 8 gerações. Tais gerações sempre foram acompanhadas de avanços nos recursos gráficos, um dos elementos mais dependentes de avanços

tecnológicos. (LUZ, 2010)

Os Video Games são desenvolvidos para uma gama enorme de objetivos, o entretenimento hoje é apenas uma parcela, a educação, suporte, publicidade e redes sociais são outros temas relacionados a indústria dos jogos eletrônicos.

2.7.1 Video Games e Realidade Virtual

Segundo Bellotti *et al* (2010), o termo Serious Games como conhecemos, foi utilizado inicialmente em 2002, com o início da Iniciativa Serious Game liderada por David Rejeski e Ben Sawyer. A Iniciativa focava no uso de jogos com o propósito de explorar os desafios de gerenciamento e liderança no setor público. Parte do objetivo geral era a promoção de links produtivos entre a indústria de jogos eletrônicos e projetos envolvendo o uso de jogos em educação, treinamento, saúde e políticas públicas.

Inicialmente, esse tipo de jogo foi denominado de simulações por ser projetados para simular situações de campo de batalha e de negócios. Generais e diretores de empresas investiram milhões de dólares em desenvolvimento de equipamentos e softwares que modelassem como os vários tipos de estratégias e táticas simuladas se comportariam no mundo real. Essas simulações permitiram salvar um número significativo de vidas e recursos. A partir do momento em que os computadores e softwares foram se tornando mais baratos e mais poderosos, as possibilidades para as simulações se expandiram (CHEN; MICHAEL, 2006, p.46)

Para os autores, vídeos games e simuladores, tradicionalmente, seguiram caminhos separados de desenvolvimento. Ambos se esforçaram para duplicar a realidade de uma maneira convincente, porém, simulações precisam ser o mais real possível. No passado os simuladores eram investimentos de ponta, desenvolvidos para serem executados nos computadores e telas mais poderosas disponíveis. Entretanto, no início dos anos 90, com a explosão da tecnologia 3D e das técnicas de renderização em tempo real, os caminhos dos jogos e simuladores se encontraram. A tecnologia disponível para os vídeos games agora é suficiente para a maioria das aplicações.

Figura 25 - Americas Army



Fonte: <https://goo.gl/images/ltXw2K>

America's Army foi o primeiro *Serious Game* conhecido do grande público, o jogo desenvolvido pelo Exército dos Estados Unidos como uma ferramenta de recrutamento, o jogo oferecia a qualquer um a possibilidade de ser um soldado. O jogo foi também utilizado pelo exército americano como simulador de treinamento, teste de ambientes de combate, inteligência, primeiros socorros, entre outros. Neste caso, jogadores também podiam utilizar o simulador para fins de entretenimento, porém, o entretenimento no simulador não é um objetivo principal. Por essa razão, jogos de entretenimento reaplicados a outras propostas também podem ser considerados serious games. (CHEN; MICHAEL, 2006, p.47)

A utilização dos simuladores com intensões militares se deu na década de 60, nos Estados Unidos, através do Departamento de Estudos Avançados da Divisão de Sistemas de Mísseis da *Raytheon*, este departamento desenvolveu várias simulações em computador de batalhas, missões espaciais, lançamentos de mísseis, sistemas de inspeção de desarmamento e de competições político-econômicas internacionais.

Os primeiros jogos para computadores a serem sucessos comerciais, utilizavam ambientes virtuais em 3D como ambiente. Foi uma revolução na interação por serem os primeiros a utilizar teclado e mouse. Em sequência os sucessos de *Wolfenstein 3D* e *Doom* serviram para estabelecer um mercado de games de computador paralelo ao de consoles. (LUZ, 2010)

Um dos games mais icônicos desta geração foi o *Gran Turismo®*, da *Polyphony Digital®*, uma simulação automobilística. O game foi desenvolvido para o *Playstation®* da *Sony®*, e possuía mais de 178 modelos de carros em 3D e inúmeros ajustes possíveis.

Figura 26 - Interface Gran Turismo



Fonte: <https://goo.gl/images/nJWkz9>

A sexta geração de consoles, conhecida como sintetizadores de realidade foi introduzida no final de 1998, com muitas melhorias gráficas, com utilização de gráficos em alta definição. Os principais consoles desta geração foram o *Microsoft X-BOX 360®*, *Sony PlayStation 3®* e o *Nintendo Wii®*.

Segundo Novak (2011), depois de décadas de desenvolvimento em paralelo, atualmente os segmentos dos games apresentam um certo grau de convergência

tecnológica, convergência que prevalece na maioria dos novos sistemas portáteis e pela incorporação de tecnologias de celulares.

Segundo Bellotti *et al* (2010), novos tipos de jogos e ambientes de entretenimento também incluem mundos virtuais com ênfase em interatividade e imersão. Estas aplicações estão sendo utilizadas por instituições educacionais para auxiliar o aprendizado, em especial, transpor as barreiras da distância entre usuários.

Foi na quinta geração de consoles que a introdução de polígonos 3D foi mais explorada, devido ao surgimento dos vídeo games de 32 bits, estes sempre acompanhados de microprocessadores especializados em processamento de imagens de gráficos vetoriais. Houve uma grande mudança na maneira como os gráficos eram produzidos, as animações e gráficos até a quarta geração eram produzidos como animações tradicionais, os consoles de 32 bits trouxeram a tridimensionalidade, isso possibilitou uma liberdade de desenvolvimento nunca antes conseguida. (LUZ, 2010)

Em 1995 a Nintendo lançou o *Virtual Boy*, o primeiro console portátil a exibir gráficos e 3D fora de uma televisão. O console consistia de um display estereoscópico com um joystick acoplado.

Figura 27 - Nintendo Virtual Boy



Fonte: <https://goo.gl/images/Nps3lq>

3 PROPOSTA METODOLÓGICA

A pesquisa teve caráter teórico, experimental e qualitativo. De acordo com a metodologia proposta por Marconi e Lakatos (2003), estudos de manipulação experimental “têm por finalidade manipular uma variável independente, a fim de localizar variáveis dependentes que potencialmente estejam associados a ela, estudando-se o fenômeno em seu meio natural” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 188).

Deste modo, optamos por analisar jogos em ambientes de realidade virtual imersivos: *Lamper VR: Firefly Rescue* e *Sobrenatural: a origem*, ambos os jogos para smartphones Android utilizando o Google Cardboard.

Assim, utilizou-se do método hipotético-dedutivo, onde observou-se e colheu-se informações a respeito dos jogos em ambientes de realidade virtual imersivos, analisando-os, para a obtenção de resultados da avaliação heurística.

Este trabalho tem como Hipótese que ambas as avaliações heurísticas, Sutcliffe e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011), não correspondem mais aos possíveis cenários encontrados nas aplicações modernas de realidade virtual imersivas, tanto em termos de interação, quanto de ambientes, levando-se em consideração que estas avaliações foram desenvolvidas já há algum tempo, onde a realidade tecnológica era bem diferente do que encontramos atualmente, devido as novas tecnologias e avanços tecnológicos mais recentes.

Apesar do avanço de pesquisas nos últimos anos, como por exemplo: Sawyer *et al* (2013), Pimentel *et al* (2008), Rebelo *et al* (2010) e Kaber e Zhang (2011), ainda é necessário a definição de métodos e parâmetros para testar e avaliar a usabilidade neste tipo de ambiente especificamente. As ferramentas encontradas na pesquisa sobre o estado da arte para a avaliação de usabilidade de Ambientes Virtuais 3D são poucas, ainda que para ambientes 2D sejam bem definidas, as ferramentas encontradas e consideradas mais relevantes no contexto de avaliações heurísticas para realidade virtual foram as: Sutcliffe e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011).

O Processo, dividido em fases, seguiu-se da seguinte forma:

- Identificação do Problema – consiste no conjunto de expectativas, que colocados em prova, desencadeiam uma pesquisa, que indicará a relevância em se observá-lo. No caso, as avaliações heurísticas para ambientes virtuais imersivos não correspondem mais aos possíveis cenários encontrados nas aplicações modernas;
- Conjectura proposta – Serve como guia para a pesquisa, uma solução proposta em forma de proposição passível de teste;
- Tentativas de refutação – Realização de testes que consistem em tentativas de falseamento, eliminação de erros, através de meios como observação e experimentação. A aplicação das avaliações heurísticas e o cruzamento das informações sobre sua aplicação e avaliação das heurísticas utilizando o SUS.

Caso a hipótese não supere a avaliação, estará falseada e refutada, exigindo assim, reformulação do problema e da hipótese. Caso supere a hipótese, estará corroborada provisoriamente. A nossa pesquisa demonstrou que as avaliações heurísticas propostas necessitam de ajustes a atualizações de contexto em relação as tecnologias atuais.

Após a avaliação das hipóteses de cada avaliação, será feita uma análise, observando-se os itens apontados pelos avaliadores. Os resultados de ambas as avaliações foram confrontados com as heurísticas propostas: quais erros encontrados, o quantitativo de erros e as dificuldades encontradas pelos avaliadores.

A pesquisa foi dividida em três momentos, no primeiro momento foi realizada uma pesquisa bibliográfica, Nielsen, Bowman, Leventhal e Barnes, Falcão e Soares, Carrol e Rosson, foram alguns dos autores que subsidiaram o conhecimento em usabilidade e Burdea e Coiffet no tocante a realidade virtual, para elaboração da revisão da literatura referente aos temas usabilidade e realidade virtual. No segundo momento foi realizado um estudo de caso de dois games, Lamper VR: Firefly Rescue e Sobrenatural: a origem, através de um método analítico, a avaliação heurística, e a aplicação do SUS para avaliação das heurísticas utilizadas, levando-se em consideração as medidas de Eficácia, Eficiência e Satisfação. O terceiro foi a

análise , tabulação e interpretação dos dados coletados

Dessa maneira, foram realizadas duas avaliações heurísticas, através de dois questionários. Utilizamos as heurísticas propostas por Sutcliffe e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011).

Em seguida foi realizada a análise e interpretação dos dados coletados nas avaliações heurísticas e suas respectivas avaliações. Os dados coletados foram analisados e selecionados de maneira a focar nos objetivos da pesquisa, desta maneira excluir os dados que não foram úteis.

Por fim, foram elaboradas recomendações com orientações de usabilidade e funcionais do sistema, através da elaboração das conclusões finais, demonstrando a validade e fidedignidade dos dados obtidos, de maneira concisa e detalhada, propondo melhorias para os pontos onde foram detectados problemas.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o estudo de caso realizado através das avaliações heurísticas propostas por Sutcliffe e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011)

4.1 AS AVALIAÇÕES HEURÍSTICAS

Para realização do estudo, foi selecionado um grupo de sujeitos a partir da definição de avaliação heurística, ou seja, especialistas em desenvolvimento de aplicativos, jogos, softwares e design.

Os critérios selecionados para avaliação seguem as heurísticas definidas por Sutcliffe e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011), desta maneira, o método de avaliação consiste na avaliação e inspeção, onde estes avaliadores, familiarizados com a aplicação, analisaram tarefas específicas e representativas, listando os problemas encontrados, utilizando as heurísticas propostas, interpretando e classificando os problemas.

Após assinalar os problemas o avaliador deverá considerar os problemas de acordo com graus de severidade, assim, pode-se saber se o problema poderá acarretar a falha da execução da tarefa ou um problema que pode ser solucionado apenas com a prática de uso do sistema. O ranking reflete quatro graus de severidade:

- Severo – O problema encontrado poderá impossibilitar a execução completa da tarefa;
- Irritante – O problema poderá perturbar o usuário, neste caso, a maioria dos usuários conseguirá aprender a como prosseguir com alguma explicação e contornar o problema com o tempo;
- Distração - O problema poderá perturbar o usuário, neste caso, a maioria dos usuários conseguirá aprender a como prosseguir e contornar o problema rapidamente com uma dica;
- Inconveniente - O problema poderá perturbar o usuário, neste caso, a maioria dos usuários conseguirá aprender a como contornar o problema sem ajuda.

Esta listagem proverá uma avaliação sumativa do ambiente avaliado priorizando áreas para redesign, de acordo com a prática normal de uma avaliação heurística.

Nielsen (1994) considera que a quantidade de avaliadores necessários para avaliação heurística varia de acordo com o tipo de interface a ser avaliado, porém, a partir de 5 avaliadores 70% dos problemas já são encontrados. Para Preece, Rogers e Sharp (2005), por ser uma técnica que retorna dados qualitativos, para a avaliação heurística não é necessário um grande número de especialistas para sua realização.

Para Sauro e Lewis (2012), há uma errônea percepção de que para se utilizar dados estatísticos e interpretar dados quantitativos com número de amostras muito grandes, tipicamente 30, e é possível encontrar resultados relevantes com uma amostra menor que 10.

Segundo Tullis e Albert (2008), não existe uma regra para o número de participantes, deve-se levar em consideração o objetivo da avaliação. Caso o objetivo seja identificar os maiores problemas de usabilidade no sistema, através de um processo de design iterativo, três a quatro participantes representativos seriam suficientes, não para encontrar todos os erros, mas os mais significantes.

Os autores apresentam a seguinte tabela:

Tabela 4 - Exemplo de quantidade em intervalos de confiança modificados em função do tamanho da amostra - TULLIS;ALBERT (2008)

Usuários bem-sucedidos na tarefa	Total de usuários	Menor que 95% de confiança	Maior que 95% de confiança
4	5	36%	98%
8	10	48%	95%
16	20	58%	95%
24	30	62%	91%
40	50	67%	89%
80	100	71%	86%

4.2 O UNIVERSO DA PESQUISA

O estudo de caso utilizou dois jogos para a avaliação e validação das heurísticas, o jogo Lamper VR: Firefly Rescue e Sobrenatural: a origem, ambos para smartphones com sistema operacional Android utilizando o Google Cardboard. O ambiente foi selecionado foi o Google Cardboard por ser um artefato de fácil acesso e disponibilidade, além de possuir várias aplicações e jogos gratuitos disponíveis para download. Foram selecionados dois jogos com aspectos gráficos diferentes, um com aspectos gráficos mais lúdicos e outro com gráficos mais realistas.

Foram selecionados jogos diferentes um para cada avaliação com o intuito de evitar comparação pelos avaliadores, já que ambas as avaliações são variações das heurísticas de Nielsen e possuem muitos pontos em comum, apesar de suas particularidades.

Os dispositivos utilizados em conjunto com o Google Cardboard foram o Motorola Moto X 2ª Geração, Lenovo Vibe K5 e Motorola Moto G 4ª Geração.

O jogo Lamper VR: Firefly Rescue foi selecionado por ser disponível e gratuitos e por ser condizente com a proposta da pesquisa, um jogo com ambiente de realidade virtual imersivo e possuir componentes de interface gráfica lúdicos dos quais o usuário possa interagir. Da mesma maneira, o jogo Sobrenatural: a origem foi selecionado pela facilidade no acesso e condizente com a proposta da pesquisa, mas diferentemente do anterior, possui gráficos realistas.

4.2.1 Caracterização do Universo da Pesquisa

O Game Lamper VR: Firefly Rescue pode ser descrito como um jogo 3D em realidade virtual imersiva onde o jogador conduz um vagalume através de um mundo virtual, coletando itens e desviando de obstáculos para resgatar seus amigos.

Na interface o usuário visualiza o avatar do vagalume informações sobre a coleta de itens e mensagens de dicas e instruções.

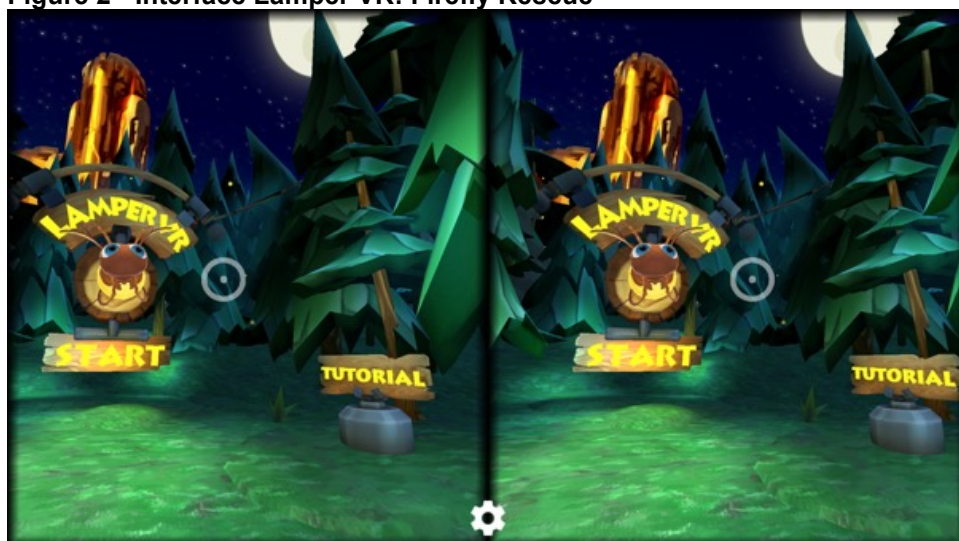
Figure 1 - Interface Lamper VR: Firefly Rescue



Fonte: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.archiactinteractive.LamperVRCardboard&hl=pt_BR

A interação do jogador com os itens de menu se dá através da seleção por um ponteiro representado por um círculo. Para visualização estereoscópica, a interface é dividida em duas partes com ângulos de visão um pouco diferentes.

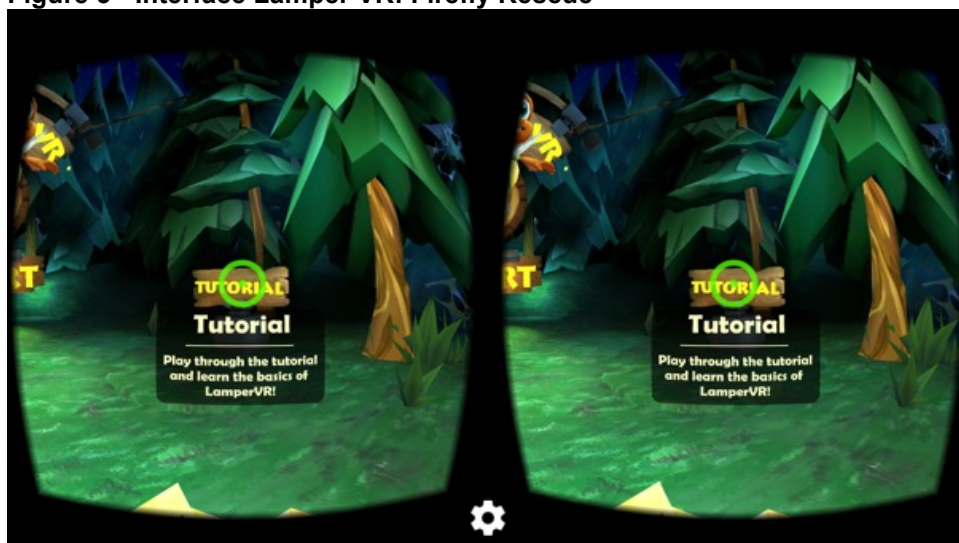
Figure 2 - Interface Lamper VR: Firefly Rescue



Fonte: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.archiactinteractive.LamperVRCardboard&hl=pt_BR

Quando a opção é selecionada, o círculo muda de cor e uma dica sobre o que é o item selecionado é exibida.

Figure 3 - Interface Lamper VR: Firefly Rescue



Fonte: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.archiactinteractive.LamperVRCardboard&hl=pt_BR

Ao acessar a aplicação o usuário terá disponibilizadas as seguintes opções:

- A. *Start* – Ao selecionar essa opção, o usuário dá início ao jogo;
- B. *Tutorial* – Acesso a um tutorial de como interagir e jogar;
- C. *High Scores* – Visualização das maiores pontuações do jogo;
- D. *Firefly Theater* – Visualização de vídeos e propagandas de outros jogos;
- E. Seleção de personagens – Ao resgatar outros personagens, os mesmos são exibidos em uma galeria onde o jogador pode selecioná-los como avatar.

O jogo *Sobrenatural: a origem* é um jogo promocional onde o usuário deve realizar um tour guiado por uma voz em um mundo pós-vida através de um clima de suspense.

Figura 28 - Tela do jogo Sobrenatural VR: A Origem



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.focus.insidious>

CardboardBR&hl=pt_BR

Figura 29 - Tela do jogo Sobrenatural VR: A Origem



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.focus.insidious>
CardboardBR&hl=pt_BR

Figura 30 - Tela do jogo Sobrenatural VR: A Origem



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.focus.insidious>
CardboardBR&hl=pt_BR

4.3 QUESTÕES ÉTICAS

Foram convidados a participar da pesquisa especialistas em desenvolvimento de games, softwares e aplicativos. Desta forma, todos os participantes da pesquisa

foram comunicados previamente sobre todas as questões relativas a pesquisa, da mesma maneira, foram avisados sobre o sigilo das informações cedidas e avaliações realizadas.

4.4 A REALIZAÇÃO DO ESTUDO PILOTO

O Estudo piloto teve como objetivo a verificação do entendimento dos checklists de avaliação propostos.

Dessa maneira, foi aplicado um teste com um especialista utilizando uma das heurísticas selecionadas, a heurística de Rusu *et al* (2011), seguindo o processo proposto, navegação livre do jogo, a fim de uma melhor ambientação, leitura do checklist para melhor compreensão das heurísticas e em seguida o preenchimento do mesmo elencando os problemas encontrados e as heurísticas correspondentes.

Não foram encontrados problemas ou inconsistências de formato no estudo piloto, tanto em relação a interpretação das heurísticas de Rusu *et al* (2011), quanto em relação ao formato do checklist.

A avaliação realizada no estudo piloto foi considerada positiva, onde os únicos desconfortos relatados foram a respeito da utilização do Google Cardboard, os usuários estranharam a interação com o dispositivo e por falta de experiência com a plataforma.

4.5 AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A última fase da pesquisa consistiu na realização das avaliações heurísticas, realizadas pelos especialistas, coleta das informações geradas, tabulação dos resultados e consolidação dos mesmos.

As avaliações heurísticas foram realizadas levando-se em consideração as

heurísticas propostas por Sutcliff e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011). Cada avaliador interagiu com a aplicação individualmente, com a intenção de se familiarizar com a aplicação e em seguida realizaram uma interação com o objetivo de inspecionar os jogos, utilizando o checklist de heurísticas.

Os resultados foram tabulados de maneira a listar os achados de maneira a quantificar o número e incidência de erros no jogo. Para facilitar a avaliação um checklist foi elaborado com instruções para o preenchimento.

Em seguida os resultados foram comparados com o intuito de determinar a eficácia e validade das avaliações heurísticas propostas para ambientes de realidade virtual imersivos.

4.6 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA PROPOSTA POR SUTCLIFF E GAULT (2004)

A primeira avaliação executada foi a norteada pelas heurísticas de Sutcliff e Gault (2004), realizada por 30 avaliadores.

Para execução da atividade foi realizada uma apresentação das heurísticas propostas como ferramenta avaliadora, em seguida os avaliadores utilizaram os games livremente para entendimento da interface e familiarização dos mesmos, conforme roteiro descrito no Anexo II. Os resultados das avaliações foram relatados em formato de *Checklist* de Avaliação e posteriormente tabulados.

Os perfis dos avaliadores são de profissionais, de ambos os sexos, com idades entre 18 e 37 anos, especialistas em tecnologia da informação com foco em desenvolvimento e design de jogos e aplicativos para smartphones.

O jogo avaliado foi o game *Sobrenatural: a origem*, composto de uma única fase. Desta maneira os avaliadores navegaram por toda a interface disponível no mesmo. A tabela abaixo o número de problemas encontrados, concatenados com suas respectivas heurísticas segundo os avaliadores:

Table 1 - Quantidade de problemas encontrados no jogo Sobrenatural: a origem – utilizando a avaliação de Sutcliff e Gault (2004)

Avaliador	Quant. de Problemas encontrados	Descrição do Problema	Severidade
1	0	Obs: Não dá para ver o pé do personagem	-
2	0	-	-
3	1	H1 - Tela de Som – Fora de foco	2
4	5	H1 - Desfoque de imagem no menu; H2 - Desfoque de imagem no mapa; H3 - Não há como perceber, sentir, as passadas que o avatar dá no game; H11 - Falta de Liberdade na navegação pelo jogo; H12 - Os usuários com deficiência visual, usuário de óculos de grau, devem ser utilizados em testes quanto a questão perceptiva do mundo no contexto visual e sensitivo. Obs: - O jogo em questão apresenta ao usuário um avatar preso e de poucas opções que o auxiliem nas decisões referente ao jogo e seu futuro. - O usuário se torna perdido e confuso por falta de sensores que lhe indicam toque ou movimentação própria. - Com pouquíssimas opções para definir o futuro no game, o jogador existe apenas para 'admirar' o mundo que lhe cerca dentro do cenário.	-
5	1	H1 - Desfoque das imagens	2
6	0	-	-
7	0	-	-
8	0	-	-
9	0	-	-
10	3	H3 - Não há como caminhar pelo cenário e interagir com os objetos H4 - A tela treme constantemente em relação ao recurso de vibração do smartphone H8 - Não há como sair do jogo sem termina-lo	4 2 2
11	5	H1 - durante o jogo, enquanto estava conversando com outro personagem, a mulher, não podia me mover fisicamente (andar), apenas ouvir o que ela dizia, sem explorar o ambiente da sala. H2 - tinha que mirar na tecla, eu achei estranho, pois o personagem é um espírito e não tinha uma arma. H4 - Limitação em poder andar H5 - A movimentação travava e demorava um pouco; H7 - Não se pode voltar ao menu; Obs: É um jogo curto e repetitivo, sempre que aparecia a	2 3 2 4 2

		tela de menu novamente, eu esperava que fosse outra coisa, outro nível, e não que repetisse tudo de novo. Mas é um jogo dinâmico, com bons gráficos, e boa sonoridade.	
12	0	-	-
13	5	H1 - Não poder se movimentar; H5 - Movimentação travava; H7 - Não podia voltar para o menu; H9 - Falta de instruções sobre o que fazer; H10 - Falta de instruções;	4 3 3 2 2
14	0	-	-
15	0	-	-
16	0	-	-
17	0	-	-
18	0	-	-
19	0	-	-
20	0	-	-
21	0	-	-
22	0	-	-
23	0	-	-
24	0	-	-
25	0	-	-
26	1	H1 - A casa parece estar inclinada. Antes de entrar na porta parece que estamos caindo e aparentemente não era para ser assim;	4
27	2	H6 – H7 - Na segunda vez não consegui iniciar o app, ele ficava torto e se mexendo	2 2
28	0	-	-
29	1	H3 - Jogador deve pressionar com o dedo o botão para iniciar o jogo. Repousar sobre a área com time é uma melhor forma de interagir.	2
30	3	H3 - Não há a possibilidade de explorar o ambiente. O único movimento é a rotação da cabeça H6 - há um pequeno atraso em relação à movimentação da cabeça do usuário. H12 - O Jogo é renderizado em baixa qualidade, o que dificulta a imersão.	4 4 4

Assim, a tabela mostra um total de 27 problemas relatados para as 12 heurísticas

aplicadas, onde 19 dos trinta avaliadores não encontraram violações das heurísticas. Após a coleta dos resultados das avaliações, os problemas encontrados foram agrupados contextualmente, conforme a tabela abaixo:

Table 2 - Agrupamento dos problemas encontrados no jogo Sobrenatural: a origem - utilizando a avaliação de Sutcliff e Gault (2004)

Nº	Problema
1	H1 - Tela de Som – Fora de foco H1 - Desfoque de imagem no menu; H1 - Desfoque das imagens
2	H2 - Desfoque de imagem no mapa;
3	H3 - Não há como perceber, sentir, as passadas que o avatar dá no game;
4	H4 - A tela treme constantemente em relação ao recurso de vibração do smartphone
5	H5 - Movimentação travava; H6 - há um pequeno atraso em relação à movimentação da cabeça do usuário. H5 - A movimentação travava e demorava um pouco;
6	H6 – Na segunda vez não consegui iniciar o app, ele ficava torto e se mexendo H7 - Na segunda vez não consegui iniciar o app, ele ficava torto e se mexendo
7	H8 - Não há como sair do jogo sem termina-lo H7 - Não se pode voltar ao menu; H7 - Não podia voltar para o menu;
8	H12 - O Jogo é renderizado em baixa qualidade, o que dificulta a imersão.
9	H10 - Falta de instruções; H9 - Falta de instruções sobre o que fazer;
10	H1 - durante o jogo, enquanto estava conversando com outro personagem, a mulher, não podia me mover fisicamente (andar), apenas ouvir o que ela dizia, sem explorar o ambiente da sala; H1 - Não poder se movimentar; H3 - Não há a possibilidade de explorar o ambiente. O único movimento é a rotação da cabeça; H3 - Não há como caminhar pelo cenário e interagir com os objetos; H4 - Limitação em poder andar; H11 - Falta de Liberdade na navegação pelo jogo.
11	H12 - Os usuários com deficiência visual, usuário de óculos de grau, devem ser utilizados em testes quanto a questão perceptiva do mundo no contexto visual e sensitivo.

12	H3 - Jogador deve pressionar com o dedo o botão para iniciar o jogo. Repousar sobre a área com time é uma melhor forma de interagir. H2 - tinha que mirar na tecla, eu achei estranho, pois o personagem é um espírito e não tinha uma arma.
13	H1 - A casa parece estar inclinada. Antes de entrar na porta parece que estamos caindo e aparentemente não era para ser assim;

Conforme a tabela 2, os problemas relatados foram agrupados em um total de 13, onde encontramos a predominância de violação de algumas heurísticas H1, H3 e H7.

O total encontrado nas avaliações realizadas foram 27 problemas, consolidados conforme a tabela abaixo:

Table 3 - Consolidação dos problemas encontrados no jogo Sobrenatural: a origem - utilizando a avaliação de Sutcliff e Gault (2004)

Nº	Problema	Heurística
1	Desfoque das imagens	H1
2	Desfoque de Imagens no Mapa	H2
3	Não se percebe o andar no personagem no ambiente	H3
4	A tela treme constantemente em relação ao recurso de vibração do smartphone	H4
5	Travamentos e delay da imagem	H5 e H6
6	Problemas ao iniciar o jogo, imagem sem controle	H6 e H7
7	Não há como acessar o menu ou sair do jogo	H7 e H8
8	Jogo renderizado em baixa qualidade	H12
9	Ausência de Instruções	H9 e H10
10	Limitação na Movimentação e Interação com o cenário – ambiente virtual	H1, H3, H4 e H11
11	Dificuldade em utilizar o jogo e dispositivo com óculos de grau	H12
12	Componente de interação confuso	H2 e H3
13	Percepção de inclinação do ambiente virtual	H1

Dessa maneira, a tabela 3, demonstra os problemas apresentados anteriormente de

maneira consolidada, evidenciando a relevância dos problemas encontrados.

4.7 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA PROPOSTA POR RUSU *ET AL* (2011)

A segunda avaliação executada foi a norteada pelas heurísticas de Rusu *et al* (2011), realizada por 30 avaliadores.

Para execução da atividade foi realizada uma apresentação das heurísticas propostas como ferramenta avaliadora, sem seguida os avaliadores utilizaram os games livremente para entendimento da interface e familiarização dos mesmos, conforme roteiro descrito no Anexo III.

Os resultados das avaliações foram relatados em formato de *Checklist* de Avaliação e posteriormente tabulados.

Os perfis dos avaliadores são de profissionais, de ambos os sexos, com idades entre 18 e 37 anos, especialistas em tecnologia da informação com foco em desenvolvimento e design de jogos e aplicativos para smartphones.

O jogo avaliado foi o game *Lamper VR: Firefly Rescue* composto de várias fases. Desta maneira os avaliadores navegaram principalmente pela interface da fase 1, devido ao tempo disponível. Nenhum avaliador chegou a completar o jogo. A tabela abaixo o número de problemas encontrados, concatenados com suas respectivas heurísticas segundo os avaliadores:

Tabela 5 - Quantidade de problemas encontrados no jogo *Lamper VR: Firefly Rescue* – utilizando a avaliação de Rusu *et al* (2011).

Avaliador	Quant. de Problemas encontrados	Descrição do Problema	Severidade
1	4	H1 - O ícone do fogo não fica claro que é algo	1
		ruim;	1
		H1 - Não fica claro que possui outras opções a não	3

		ser o de iniciar; H2 - A forma como ocorre a colisão com o elemento que o faz morrer não é explícita; H2 - Não encontrei nenhuma forma de pausar o jogo.	4
2	5	H1 - Não há clareza, nenhum tipo de alerta ou aviso quando um suposto inimigo se aproxima do avatar – colisão; H2 - Posição dos botões na tela inicial; H8 - Opção de customização de avatar é pouco visível; H12 - Ícone do fogo: Não está claro se é algo ruim; H15 - Não há aviso sobre algum erro que possa ser cometido novamente;	4 1 1 1
3	6	H1 - Não foi perceptível ver as "moedas" que o avatar estava coletando e o quantitativo que tinha armazenado durante o jogo; H2 - O botão para voltar ao jogo está no lado da tela e não é possível vê-lo de primeira; H3 - O ícone do fogo não deixa claro que traz malefícios ao meu avatar; H3 - velocidade nem sempre acompanha os comandos; H6 - Não consigo ter muito controle sobre os lados do aparelho em relação a minha localização e as projeções em 3D; H14 - Especificar os efeitos que cada ícone tem no avatar.	4 3 3 3 1 3
4	0	Obs.: Uso do acesso ao menu não era possível no Cardboard	
5	2	H2 - Não identifico o que fazer com a teia de aranha; H12 - Teia de aranha: Não soube ao certo se podia interagir com ela ou não.	2 2
6	0	Obs. Falta de: orientação do que fazer ao acessar a tela lilás	-
7	0	-	-
8	0	-	-

9	7	H1 - Pouca sensibilidade em questão aos movimentos; H2 - Cores do menu; H3 - Ausência de instruções iniciais; H4 - Personagem desproporcional; H5 - Personagem com cores semelhantes ao cenário; H6 - Alto brilho; H8 - Ausência de textura no personagem.	2 3 4 4 1 2 4
10	6	H1 - Não há feedback de início do jogo; H4 - Não existe painel de controle; H6 - O sistema não permite ao usuário determinar o nível e qualidade de texturas, pois, não existe um painel de controle para isso; H8 - O jogo não permite nenhuma outra função além da opção start; H9 - O jogo não permite nenhuma outra função além da opção start; H14 - Precisa de melhores explicações para definir qual a meta do game.	4 4 4 1 1 1
11	0	-	-
12	4	H1 - Não fica claro quando o personagem encontra um inimigo; H2 - Não ficou claro o objetivo do jogo; H3 - O jogo não diz o que o usuário está fazendo basicamente; H11 - As cores do cenário atrapalham.	3 2 2 2
13	2	H3 - O fato do avatar ser bem visível atrapalha quando se tenta ver o que vem à frente; H3 - Percebi um pouco de lentidão quanto ao movimento do jogador e a resposta do jogo quanto a isso.	2 3
14	1	H2 - Tela inicial: Não ficou claro como funciona	3
15	0	-	-
16	0	-	-
17	0	-	-
18	0	-	-
19	0	-	-
20	0	-	-

21	0	-	-
22	1	H1 - Tela inicial - não há instruções sobre os itens	2
23	1	H5 - Lentidão no gameplay	3
24	1	H5 - Personagem pesado	-
25	3	H5 - A distribuição dos objetos na tela força o jogador a ter que ficar "se virando" para verificar todas as opções. H8 - Não encontrei opção para modificar o avatar H10 - O avatar tem uma pequena diferença no movimento para acompanhar o jogador	4 4 4
26	5	H5 - Dificuldade em ler o que era para fazer, e jogar. Inicialmente eu não sabia quais coisas tinha que pegar ou fugir. Fui na intuição, pois as imagens eram óbvias, fugir de monstros e pegar coisas fofinhas (não é regra, mas deu certo). H6 - Clicar em play, tutorial e etc. O aparelho usado não fez conexão com o botão dos óculos. H8 - Customização de Avatar inexistente H11 - Em uma determinada fase eu via que passava por um obstáculo mais difícil, mas morria. Voltei várias vezes e não achei meu erro ou onde colidi. H15 - Não ficou claro para mim, pois não conseguia ler as instruções e navegar simultaneamente	3 4 4 2 3
27	1	H1 - Passou algo que parecia ser importante, que talvez eu devesse coletar, mas foi "muito rápido", não consegui entender o que era antes nem depois. Não deu para ler o texto que apareceu junto. Obs.: Acho que faltou "melhor adaptação" ao celular. No caso do meu (Lenovo Vibe k5) consegui configurar o Cardboard, mas o jogo só considera o modo paisagem de um lado, se eu virar do outro que é aquele que seria o lado "certo" do meu celular, o personagem fica de cabeça pra baixo, todos os textos ficam de cabeça pra baixo, mas o cenário fica na orientação correta.	4

28	2	H1 - Coletei itens e não entendi claramente como funcionavam; H6 - Em determinado momento, o caminho a ser seguido se tornou um pouco complexo devido a posição dos itens Obs.: Os itens confundiram o caminho a ser seguido em determinados momentos, além disso eu não entendi para que serviam certos itens	2 2
29	3	H10 - Não há comunicação com outros avatares H8 - Não há customização do avatar. H15 - Não há mecanismo de ajuda para prevenção de erros	2 4 4
30	5	H2 - Não há menu de configurações H2 - Não há botão de volume no jogo H6 - Não há como controlar o nível de qualidade de texturas e nem dos efeitos. H8 - Existe um local onde personagens desbloqueados ficam, mas aparentemente não há como configurar suas características. H9 - Não há menu para realizar estes tipos de configurações Obs.: O jogo é divertido mas faltam algumas ferramentas para configurar o jogo.	1 2 3 1 3 4

Assim, a tabela 4 mostra um total de 59 problemas relatados para as 16 heurísticas aplicadas, onde 11 dos trinta avaliadores não encontraram violações das heurísticas.

Após a coleta dos resultados das avaliações, os problemas encontrados foram agrupados contextualmente, conforme a tabela abaixo:

Tabela 5 Agrupamento dos problemas encontrados no jogo Sobrenatural: a origem - utilizando a avaliação de Rusu et al (2004)

Nº	Problema
1	H12 - Ícone do fogo: Não está claro se é algo ruim; H1 - O ícone do fogo não fica claro que é algo ruim; H14 - Especificar os efeitos que cada ícone tem no avatar. H1 - Não fica claro que possui outras opções a não ser o de iniciar;

	H3 - O ícone do fogo não deixa claro que traz malefícios ao meu avatar; H1 - Coletei itens e não entendi claramente como funcionavam; H1 - Não há clareza, nenhum tipo de alerta ou aviso quando um suposto inimigo se aproxima do avatar – colisão; H12 - Teia de aranha: Não soube ao certo se podia interagir com ela ou não. H15 - Não há aviso sobre algum erro que possa ser cometido novamente; H15 - Não ficou claro para mim, pois não conseguia ler as instruções e navegar simultaneamente
2	H3 - O jogo não diz o que o usuário está fazendo basicamente; H2 - Tela inicial: Não ficou claro como funciona H2 - Não identifico o que fazer com a teia de aranha; H1 - Não foi perceptível ver as "moedas" que o avatar estava coletando e o quantitativo que tinha armazenado durante o jogo; H2 - Não ficou claro o objetivo do jogo; H2 - A forma como ocorre a colisão com o elemento que o faz morrer não é explícita; H1 - Não fica claro quando o personagem encontra um inimigo; H11 - Em uma determinada fase eu via que passava por um obstáculo mais difícil, mas morria. Voltei várias vezes e não achei meu erro ou onde colidi. H14 - Precisa de melhores explicações para definir qual a meta do game.
3	H5 - Personagem com cores semelhantes ao cenário; H2 - Cores do menu; H2 - Posição dos botões na tela inicial; H2 - O botão para voltar ao jogo está no lado da tela e não é possível vê-lo de primeira; H5 - A distribuição dos objetos na tela força o jogador a ter que ficar "se virando" para verificar todas as opções. H6 - Alto brilho; H11 - As cores do cenário atrapalham.
4	H3 - Ausência de instruções iniciais; H1 - Não há feedback de início do jogo; H1 - Tela inicial - não há instruções sobre os itens
5	H3 - velocidade nem sempre acompanha os comandos; H3 - Percebi um pouco de lentidão quanto ao movimento do jogador e a resposta do jogo quanto a isso. H5 - Lentidão no gameplay H6 - Não consigo ter muito controle sobre os lados do aparelho em relação a minha localização e as projeções em 3D; H1 - Pouca sensibilidade em questão aos movimentos; H6 - O sistema não permite ao usuário determinar o nível e qualidade de texturas, pois, não existe um painel de controle para isso;

	H10 - O avatar tem uma pequena diferença no movimento para acompanhar o jogador
6	H2 - Não há menu de configurações H2 - Não há botão de volume no jogo H4 - Não existe painel de controle; H6 - Não há como controlar o nível de qualidade de texturas e nem dos efeitos. H9 - O jogo não permite nenhuma outra função além da opção start; H2 - Não encontrei nenhuma forma de pausar o jogo. H10 - Não há comunicação com outros avatares H9 - Não há menu para realizar estes tipos de configurações
7	H5 - Dificuldade em ler o que era para fazer, e jogar. Inicialmente eu não sabia quais coisas tinha que pegar ou fugir. Fui na intuição, pois as imagens eram óbvias, fugir de monstros e pegar coisas fofinhas (não é regra, mas deu certo). H1 - Passou algo que parecia ser importante, que talvez eu devesse coletar, mas foi "muito rápido", não consegui entender o que era antes nem depois. Não deu para ler o texto que apareceu junto.
8	H6 - Clicar em play, tutorial e etc. O aparelho usado não fez conexão com o botão dos óculos.
9	H6 - Em determinado momento, o caminho a ser seguido se tornou um pouco complexo devido a posição dos itens
10	H3 - O fato do avatar ser bem visível atrapalha quando se tenta ver o que vem à frente; H5 - Personagem pesado H4 - Personagem desproporcional; H8 - Ausência de textura no personagem.
11	H8 - Opção de customização de avatar é pouco visível; H8 - Não encontrei opção para modificar o avatar H8 - Customização de Avatar inexistente H8 - Não há customização do avatar. H8 - Existe um local onde personagens desbloqueados ficam, mas aparentemente não há como configurar suas características.
12	H15 - Não há mecanismo de ajuda para prevenção de erros

Conforme a tabela 5, os problemas relatados foram agrupados em um total de 12, onde encontramos a predominância de violação de algumas heurísticas H1 e H2.

Desta forma as avaliações realizadas encontraram uma série de 60 problemas, consolidados conforme a tabela abaixo:

Tabela 6 - Consolidação dos Problemas encontrados no jogo *Lamper VR: Firefly Rescue* – utilizando a avaliação de Rusu *et al* (2011).

Nº	Problema	Heurística
1	Ausência ou insuficiência de feedback - Itens na interface não são claros o suficiente em relação ao seu funcionamento e efeito - coletáveis	H1, H3, H12, H14, H15
2	Instruções ausentes ou insuficientes	H1, H2, H3, H11 e H14
3	Problemas na interface - design	H2, H5, H6 e H11
4	Ausência ou insuficiência de tutoriais	H1, H3 e H15
5	Problemas com hardware que interferem na experiência	H1, H3, H5, H6 e H10
6	Ausência de elementos de configuração	HH2, H4, H6, H9 e H10
7	Dificuldade de acompanhar instruções na tela – velocidade de exibição	H5 e H1
8	Problemas na comunicação dos óculos – <i>Cardboard</i> – com o smartphone	H6
9	Game play confuso – tela de jogo	H6
10	Problemas com o design do personagem	H3, H4, H5 e H8
11	Ausência ou customização de avatar insuficiente	H8
12	Ausência de opção de ajuda	H15

Conforme a tabela 5, os problemas relatados foram consolidados em um total de 12, onde encontramos a predominância de violação de algumas heurísticas H1 e H2.

Após as avaliações heurísticas executadas pelos avaliadores, foi solicitado que os avaliadores respondessem ao SUS (Sistema de Escala de Usabilidade), foi utilizada a escala *Likert*, entre 1 e 5, onde 1 discordava totalmente e 5 concordava totalmente. As questões utilizadas foram um questionário adaptado conforme tabela abaixo:

Tabela 6 - Avaliação empregada para verificação das heurísticas

Número	Questão
1	Eu acho que gostaria de usar essa avaliação com frequência
2	Eu acho a avaliação desnecessariamente complexa
3	Eu achei a avaliação fácil de usar
4	Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar a avaliação
5	Eu acho que as várias funções da avaliação estão muito bem integradas
6	Eu acho que a avaliação apresenta muitas inconsistências
7	Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar essa avaliação rapidamente
8	Eu achei a avaliação atrapalhada de usar
9	Eu me senti confiante ao usar a avaliação
10	Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar a avaliação

30 avaliadores no total responderam ambos os questionários, os resultados obtidos foram os seguintes para as heurísticas de Sutcliffe e Gault (2004):

Tabela 7 - Percentual de respostas na avaliação SUS para as heurísticas de Sutcliffe e Gault (2004)

Questão	Respostas				
1	0%	20%	0%	40%	40%
2	40%	0%	40%	20%	0%
3	0%	20%	0%	40%	40%
4	40%	40%	0%	20%	0%
5	0%	60%	0%	40%	20%
6	40%	40%	20%	0%	0%
7	0%	40%	0%	60%	0%
8	40%	20%	20%	20%	0%

9	0%	20%	20%	40%	20%
10	80%	20%	0%	0%	0%

Assim, coletando as respostas e fazendo uma média aritmética dos scores do SUS temos a seguinte média: **71,5 de 100**, média considerada boa.

Já para as heurísticas de Rusu *et al* (2011), os resultados foram os seguintes:

Tabela 8 - Percentual de respostas na avaliação SUS para as heurísticas de Rusu *et al* (2011)

Questão	Respostas				
1	20%	20%	0%	20%	40%
2	40%	20%	0%	20%	20%
3	0%	33%	0%	33%	34%
4	50%	20%	0%	30%	0%
5	0%	0%	20%	60%	20%
6	20%	60%	20%	0%	0%
7	13%	34%	7%	13%	33%
8	60%	0%	40%	0%	0%
9	20%	40%	0%	40%	0%
10	80%	20%	0%	0%	0%

Assim, coletando as respostas e fazendo uma média aritmética dos scores do SUS temos a seguinte média: **62,0 de 100**, média considerada boa.

5 DISCUSSÃO

Este capítulo tem como objetivo a discussão dos dados coletados nas avaliações heurísticas aplicadas e as avaliações SUS. Inicialmente são apresentados os dados consolidados e em seguida a análise da aplicação das avaliações e seus respectivos desempenhos. Após a análise consolidada das avaliações observou-se a violação de praticamente todas as heurísticas, porém com uma boa parte dos avaliadores não tendo encontrado nenhum problema, utilizando-se ambos os modelos de avaliação, Sutcliff e Gault (2004) para o jogo Sobrenatural: a origem e Rusu *et al* (2011) para o jogo Lamper VR: Firefly Rescue.

Para os testes foram utilizadas as duas heurísticas de maneira independente, com jogos diferentes, e estes jogos com estilos gráficos diferentes, com o objetivo de evitar qualquer comparação entre as avaliações já que foram executadas no mesmo momento.

As avaliações produzidas pelos participantes avaliadores dos jogos seguiram os roteiros dos checklists de avaliação propostos, com roteiros pré-definidos, conforme descrito previamente no capítulo 4.

Inicialmente os avaliadores utilizaram os games livremente a fim de se ambientarem ao jogo e seu contexto, em seguida leram o checklist de avaliação para garantir um melhor conhecimento de cada ponto do questionário. Na sequência, os avaliadores responderam o questionário do SUS (Sistema de Escala de Usabilidade) para verificação do uso das heurísticas utilizadas na avaliação dos jogos.

Todos especialistas envolvidos na avaliação tinham conhecimento sobre desenvolvimento de jogos digitais, aplicativos para dispositivos móveis, aplicações em realidade virtual com o Google Cardboard, técnicas de avaliação e inspeção de usabilidade, Ciclo de desenvolvimento baseado no Design Centrado no Usuário, Engenharia de Usabilidade, assim como de Avaliações Heurísticas.

5.1 HEURÍSTICAS PROPOSTAS POR SUTCLIFF E GAULT (2004)

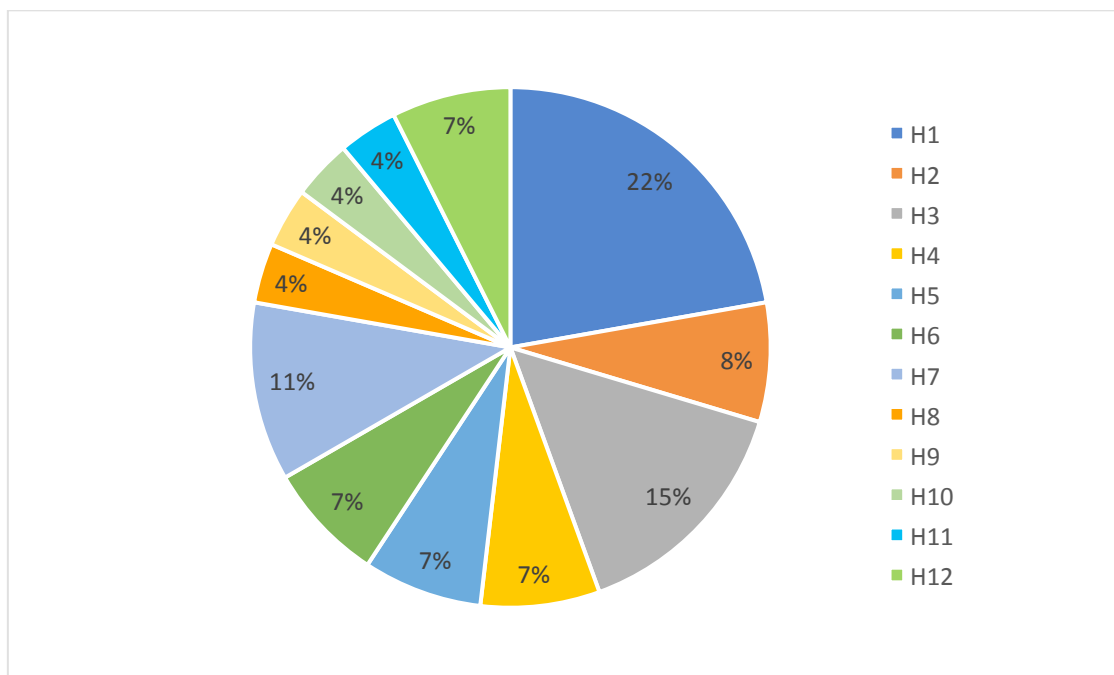
As heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) foram utilizadas na avaliação do jogo *Sobrenatural: a origem*. Ao total o número de heurísticas avaliadas foram 12, onde os avaliadores informaram a tela onde o problema foi encontrado, a descrição do problema e o nível de severidade do problema.

Tabela 9 - Heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) – Legenda

Heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) - Legenda	
H1	Engajamento Natural
H2	Compatibilidade com a tarefa e domínio do usuário
H3	Expressão natural de ação
H4	Aproximar a coordenação de ação e representação
H5	Feedback realista
H6	Pontos de vista fiéis
H7	Suporte à navegação e orientação
H8	Pontos claros de entrada e saída
H9	Partidas consistentes
H10	Suporte para aprendizado
H11	Trocas de turno claras
H12	Senso de presença

A seguir são discutidos os problemas identificados na avaliação do jogo *Sobrenatural: a origem* pelas heurísticas propostas por Sutcliff e Gault (2004). Os gráficos abaixo representam o quantitativo de problemas em relação às heurísticas e por avaliador. Dos trinta avaliadores convidados a participar do experimento, 19 não encontraram erro algum e 11 avaliadores reportaram 27 ocorrências de erro.

Figura 31 - Percentual de erros encontrados por heurística - Avaliação Sutcliff e Gault



Nota-se assim, que a maioria dos problemas reportados se referem as heurísticas Engajamento Natural (H1), Expressão Natural da Ação (H3), e Suporte à navegação e orientação (H7). As heurísticas: Pontos claros de entrada e saída (H8), Partidas consistentes (H9), Suporte para aprendizado (H10) e Trocas de turno claras (H11), apresentam o menor número de problemas. Desta maneira, foi verificado pela avaliação dos participantes que todas as heurísticas propostas por Sutcliff e Gault (2004) foram violadas.

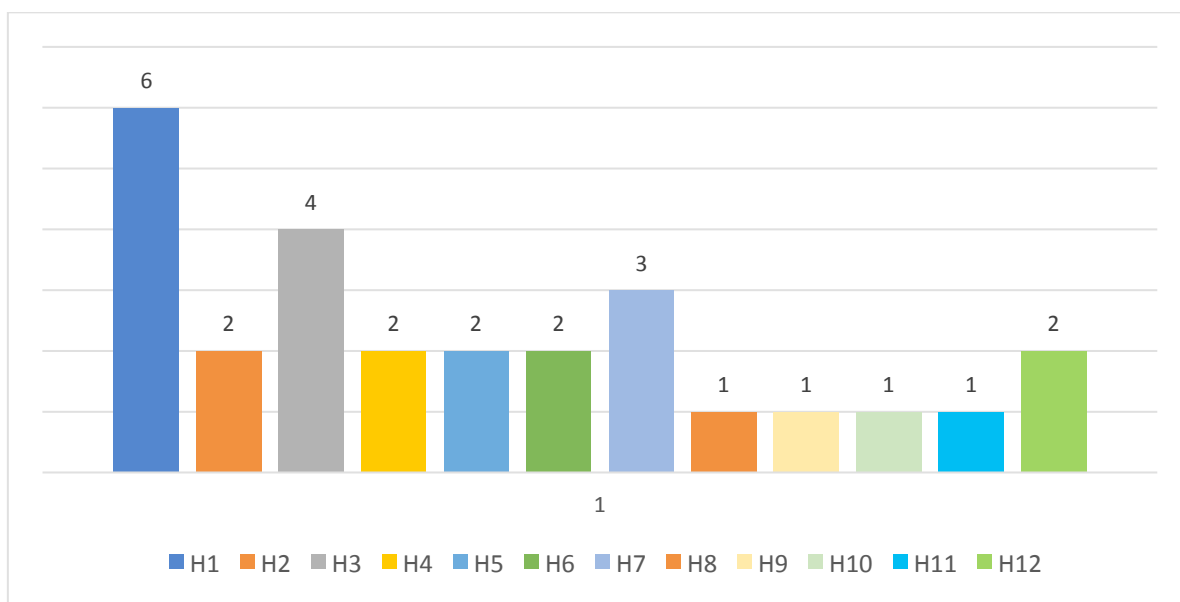
De um total de 27 encontrados, os problemas que apresentaram um quantitativo maior foram os relacionados a falta de controle e liberdade de navegação pelo ambiente virtual, ou seja, 6. Isso pode se dever ao jogo ser um *advergame* (game publicitário) com intuito de apresentar a história de um filme, dessa maneira, mantém uma narrativa linear, não possibilitando o controle do usuário pelo ambiente virtual.

A heurística Engajamento Natural (H1) se refere a maneira como a interação corresponde ao mundo real, o mais próximo possível. Assim, muitos dos problemas encontrados se referem a falta de fidedignidade entre a experiência interativa e a expectativa do usuário em relação a uma interação mais realista e menos lúdicas em relação ao jogo avaliado.

A heurística Expressão Natural da Ação (H3) trata da maneira como a representação do usuário no mundo virtual aja e explore o ambiente, sem restrições as ações físicas. Dos problemas reportados, 15% destes tratam da falta de controle e liberdade dos usuários em navegar pelo ambiente virtual, apenas era dada a possibilidade de ser guiado através do cenário pelo jogo.

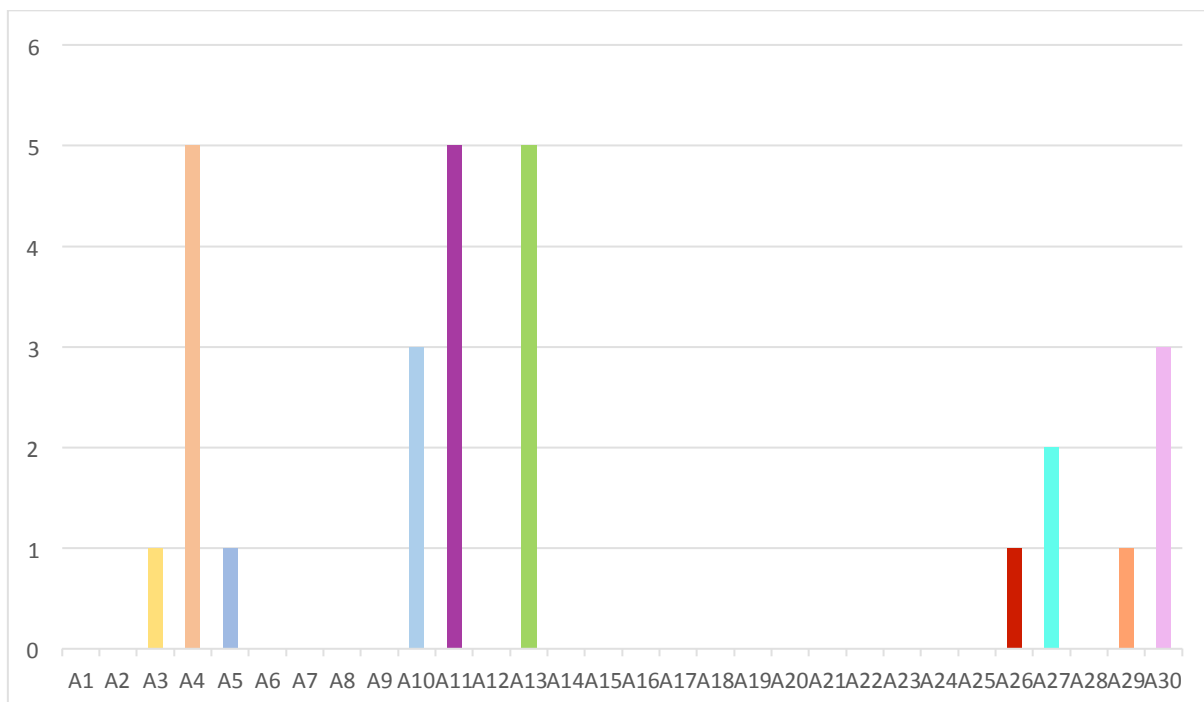
Suporte à navegação e orientação (H7), foi a heurística com maior número de erros reportados pelos avaliadores participantes, 11%. Esta heurística se refere ao suporte que o sistema deve dar ao usuário para que ele seja capaz de retornar a determinados pontos conhecidos no ambiente virtual. Os problemas reportados referiam-se à obrigação de percorrer todo cenário, sem a possibilidade de voltar a determinado ponto da interação, ou até mesmo ao menu. Para voltar ao menu, o jogador deveria recorrer aos botões físicos do Smartphone, sem componente de interação específico para seleção e navegação.

Figura 32 - Quantidade de erros encontrados por heurística - Avaliação Sutcliffe e Gault



Em seguida os problemas reportados, pelos avaliadores participantes, com maior incidência são três, com o mesmo quantitativo de ocorrências: 2 relacionados a hardware dos smartphones utilizados e de implementação e um problema relativo a opções de acesso a navegação.

Figura 33 - Quantidade de problemas encontrados por avaliador - Avaliação Sutcliff e Gault



A falta de instruções também foi relatada duas vezes, caracterizando assim violações a heurística Suporte para aprendizado (H10), a utilização explicações, com a finalidade de promover o aprendizado no ambiente virtual, contribui bastante para um bom desempenho na aplicação.

Outros problemas reportados, das heurísticas de menor ocorrência, estão relacionados ao componente de interação da aplicação, um alvo que orienta a direção do olhar e outros problemas de hardware, no caso o Google Cardboard.

Os avaliadores reportaram problemas relativos a travamento da movimentação pelo ambiente virtual, desfoque e de renderização das imagens. Tais problemas reportados, sobre características de design, foram agrupados seguindo o *checklist* guia proposto por Sutcliffe e Gault (2004):

- Display gráfico – Desfoque de imagem, baixa resolução na renderização dos gráficos;
- Movimentação e manipulação – O *Cardboard* se comportou de maneira inesperada nos dispositivos testados, conforme reportado em um dos erros, não funcionou da maneira esperada no Lenovo Vibe K5;

- Interação com objetos e ferramentas no ambiente virtual – Os jogadores não eram capazes de interagir com o mundo virtual;
- Características ambientais – Em algumas avaliações foi necessário resetar o jogo pois o ambiente se comportou de maneira inesperada, o cenário ficava girando aleatoriamente, partes do ambiente virtual se comportam de maneira a criar efeitos inesperados, como objetos voadores;
- Interação com outros controles – O componente de interação era um alvo, alguns avaliadores reagiram com estranheza ao design do componente, já que no jogo não era possível interagir com nenhum tipo de arma;
- Outros problemas de hardware – Foi reportada a dificuldade de utilização do Google Cardboard, em conjunto com óculos de grau, possivelmente o problema poderia acontecer com a utilização de quaisquer óculos para realidade virtual.

Ao final do checklist de avaliação, foi oferecida uma área para observações gerais para comentários pertinentes a avaliação ou sobre a aplicação da avaliação, assim como sobre as heurísticas apresentadas

Alguns avaliadores elencaram as seguintes observações a respeito da avaliação:

- “Na minha opinião as heurísticas 7 e 9 não fazem sentido”;
- “Algumas heurísticas não são claras”;
- “As heurísticas não se encaixam em todos os casos”;
- “A avaliação não se encaixa em todos os casos, muda de acordo com o jogo”;
- “Apesar de serem necessárias, para o jogo testado sim, mas não em relação a um contexto geral”.

5.2 HEURÍSTICAS PROPOSTAS POR RUSU *ET AL* (2011)

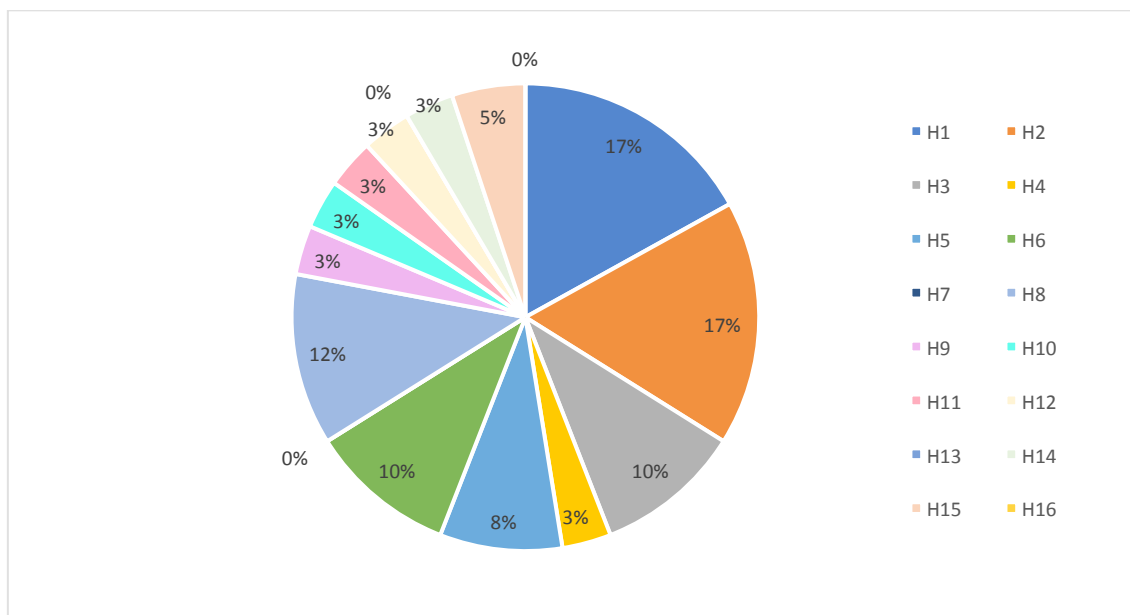
As heurísticas de Rusu *et al* (2011) foram utilizadas na avaliação do jogo *Lamper VR: Firefly Rescue*. Ao total o número de heurísticas avaliadas foram 16, onde os avaliadores informaram a tela onde o problema foi encontrado, a descrição do problema e o nível de severidade do problema.

Tabela 10 - Heurísticas de Rusu et al (2011) - Legenda

Heurísticas de Rusu et al (2011) - Legenda	
1 – Heurísticas de Design e Estética	
H1	Feedback
H2	Clareza
H3	Consistência
H4	Simplicidade
2 – Heurísticas de Controle e Navegação	
H5	Orientação e Navegação
H6	Controle de câmera e visualização
H7	Baixa carga de memória
H8	Customização de avatar
H9	Flexibilidade e eficiência de uso
H10	Comunicação entre avatares
H11	Senso de Propriedade
H12	Integração com o mundo real
3 – Heurísticas de Erros e Ajuda	
H13	Suporte ao aprendizado
H14	Prevenção de Erros
H15	Ajudar o usuário a se recuperar de erros
H16	Ajuda e documentação

A seguir são discutidos os problemas identificados na avaliação do jogo *Lamper VR: Firefly Rescue* pelas heurísticas propostas por Rusu et al (2011). Os gráficos abaixo representam o quantitativo de problemas em relação as heurísticas e por avaliador. Dos trinta avaliadores convidados a participar do experimento, 11 não encontraram erro algum e 19 avaliadores reportaram 59 ocorrências de erro.

Figura 34 - Percentual de erros encontrados por heurística - Avaliação Rusu *et al*



Nota-se assim, que a maioria dos problemas encontrados se referem as heurísticas Feedback (H1) e Clareza (H2). As heurísticas: Customização de Avatar (H8), Consistência (H3), Controle de câmera e visualização (H10) e Orientação e Navegação (H5), vem em sequência respectivamente. As heurísticas Baixa carga de memória (H7), Suporte ao aprendizado (H13) e Ajuda e documentação (H16) não tiveram nenhuma ocorrência reportada.

De um total de 59 encontrados, os problemas que apresentaram um quantitativo maior foram os relacionados as heurísticas de Design e Estética e Controle e Navegação.

Os avaliadores reportaram ao todo 20 erros referentes a falta de informação de procedimentos de execução do jogo, como tutoriais, e informações relevantes ao controle do jogo, como opções de configuração com linguagem clara.

Ambas as heurísticas Feedback (H1) e Clareza (H2) pertencem ao subgrupo Design e Estética. Para a heurística Feedback (H1) foram reportadas 17% das ocorrências de erros, esta heurística trata da necessidade do sistema em informar ao usuário sobre estados, eventos e fatos relevantes no decorrer da interação. Segundo os avaliadores, a falta de informação sobre as ações, seus respectivos efeitos e

consequências, foram providas de maneira ineficiente ou insuficiente na sua interface e no ambiente virtual do jogo.

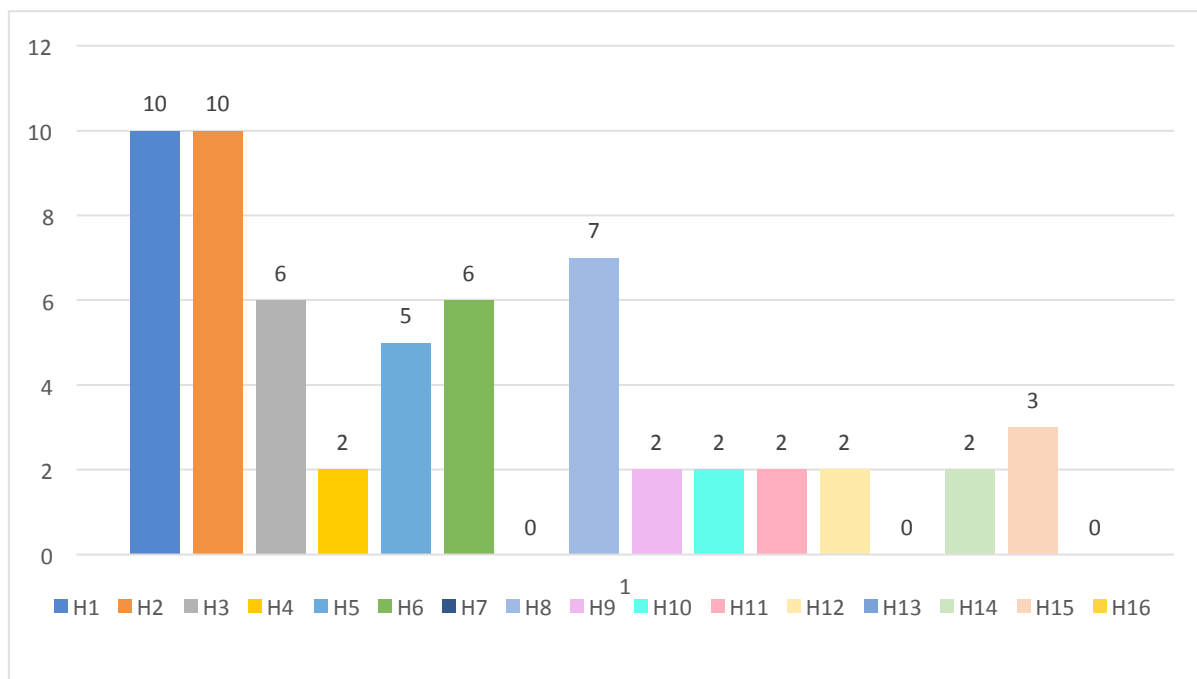
A heurística Clareza (H2) também teve 17% das ocorrências reportadas, esta heurística estabelece que o sistema deve possuir um painel de controle de fácil entendimento e com linguagem clara, assim como de fácil acesso e visualização. Os avaliadores consideraram que o sistema não possui painéis suficientemente claros ou ausentes, de maneira a não permitir o acesso a informações e controles. A opção de customização do personagem, avatar, não foi localizada por alguns dos avaliadores.

A heurísticas Customização de Avatar (H8) vem em seguida com 12% das ocorrências reportadas, esta heurística estabelece que o sistema deve possuir um conjunto pré-definido de avatares, assim como prover meios para customização dos mesmos. Apesar de possuir uma área destinada a essa função, ela não se comporta conforme o estabelecido na heurística. Os avatares são disponibilizados conforme conquistas no jogo e não possuem customização. Dessa maneira os avaliadores consideraram que o sistema violou essa heurística. Alguns avaliadores reportaram a ausência de tal recurso como visto na descrição das ocorrências.

As heurísticas Consistência (H3) e Controle de câmera e visualização (H6) tiveram o mesmo quantitativo de ocorrências, 10%. A heurística Consistência (H3) trata da coerência em relação as ações do usuário e seus resultados, dessa maneira, os avaliadores consideraram que a heurística foi violada, algumas ações apresentaram comportamentos inesperados as ações, assim como atraso nas ações do personagem em relação as interações.

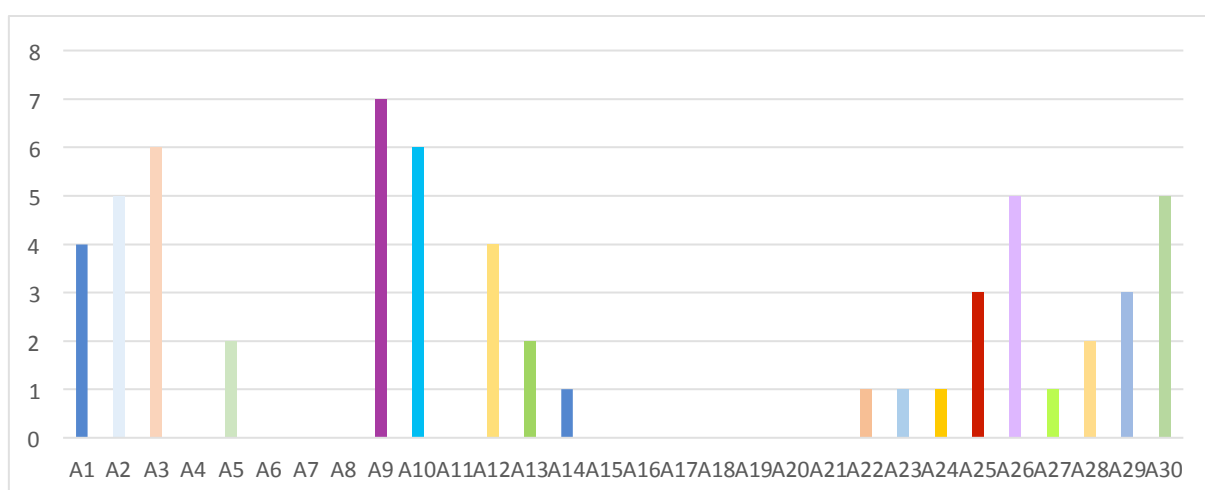
A heurística Controle de câmera e visualização (H6) estipula que o sistema deve permitir que o usuário controle o nível e qualidade das texturas, efeitos visuais e possuir controles de câmera para ângulos de visualização. Os atribuídos pelos avaliadores se referem a ausência desse tipo de controle elementos estéticos e de câmera.

Figura 35 - Quantidade de erros encontrados por heurística - Avaliação Rusu *et al*



Outros problemas reportados referem-se a problemas na interface como design do menu, design do protagonista, posição do protagonista em relação a interface, tela de jogo (gameplay) confusa.

Figura 36 - Quantidade de problemas encontrados por avaliador - Avaliação Rusu *et al*



Apesar das heurísticas Suporte ao aprendizado (H13) e Ajuda e documentação (H16) não terem ocorrências reportadas, itens como ausência de tutoriais e informações responsáveis pelo entendimento de como jogar ou do objetivo do jogo,

poderiam estar caracterizadas desta maneira. Problemas como ausência de informações sobre os itens coletáveis na tela, e elementos de interação na interface foram considerados insuficientes por alguns avaliadores.

Ao final do checklist de avaliação, foi oferecida uma área para observações gerais para comentários pertinentes a avaliação ou sobre a aplicação da avaliação, assim como sobre as heurísticas apresentadas

Alguns avaliadores elencaram as seguintes observações a respeito da avaliação:

- “Na minha opinião as heurísticas 7, 8, 9 e 10 são desnecessárias”;
- “A avaliação ficou muito extensa, demanda muito tempo”;
- “A avaliação é um pouco complexa”;
- “A avaliação não se encaixa em todos os casos, muda de acordo com o jogo”;
- “Apesar de serem necessárias, não se encaixam a todo tipo de jogo”.

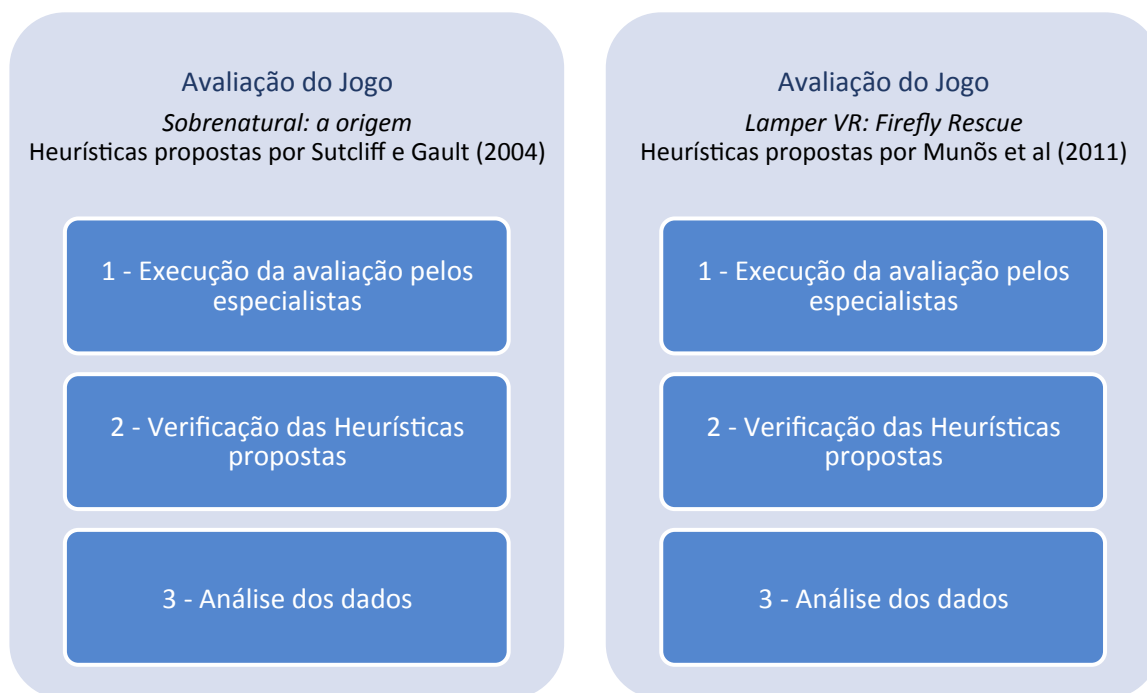
5.3 VERIFICAÇÃO DAS HEURÍSTICAS PROPOSTAS ATRAVÉS DO SUS

Após a utilização das Heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011) os avaliadores foram solicitados a responderem um questionário para verificação das heurísticas.

Desta maneira o processo de verificação das heurísticas seguiu uma sequência onde os avaliadores utilizaram as heurísticas acima citadas, cada uma para avaliação de um jogo estabelecido e logo após a utilização das heurísticas responderam ao questionário de verificação.

A avaliação foi realizada utilizando o SUS – Sistema de Escala de Usabilidade, através de um questionário adaptado com o intuito de testar a eficácia, eficiência e satisfação das avaliações heurísticas utilizadas nas duas inspeções: Sutcliff e Gault (2004) para o jogo Sobrenatural: a origem e Rusu *et al* (2011) para o jogo Lamper VR: Firefly Rescue.

Figura 37 – Processo de Verificação das heurísticas



A avaliação consistiu na aplicação de um questionário com 10 perguntas e para cada pergunta uma resposta de 1 a 5, utilizando a escala Likert, concordando plenamente com a questão ou discordando plenamente.

Questionário do SUS aplicado
Eu acho que gostaria de usar essa avaliação com frequência
Eu acho a avaliação desnecessariamente complexa
Eu achei a avaliação fácil de usar
Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar a avaliação
Eu acho que as várias funções da avaliação estão muito bem integradas
Eu acho que a avaliação apresenta muita inconsistência
Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar essa avaliação rapidamente
Eu achei a avaliação atrapalhada de usar
Eu me senti confiante ao usar a avaliação
Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar a avaliação

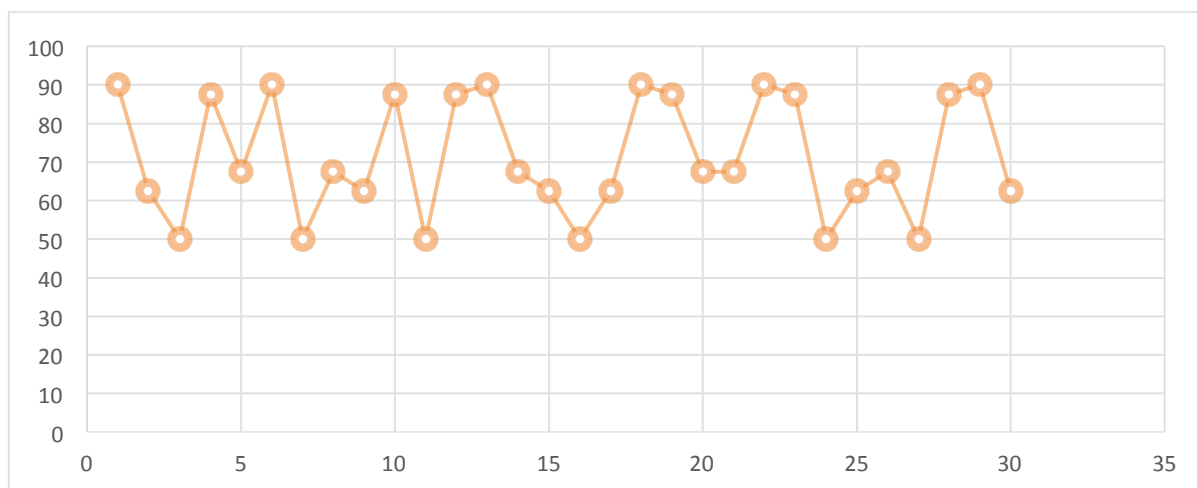
Cada questão possui um peso corresponde, as questões ímpares tem subtraído ao seu valor 1 enquanto as questões pares são subtraídas de cinco, o resultado final é multiplicado por 2,5. A execução das avaliações através do SUS foi solicitada a todos os avaliadores participantes, assim, tivemos a participação de 30 avaliadores. Para obtermos o resultado do score, foi utilizada a classificação adjetiva proposta por Bangor *et al* (2006).

Figura 38 - Classificação adjetiva proposta por Bangor *et al* (2009)



Conforme apresentado no **gráfico 7**, de acordo com os especialistas, as avaliações SUS para as heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) tiveram uma variação de score de 50 a 90 com média de 71,5 pontos possíveis de 100.

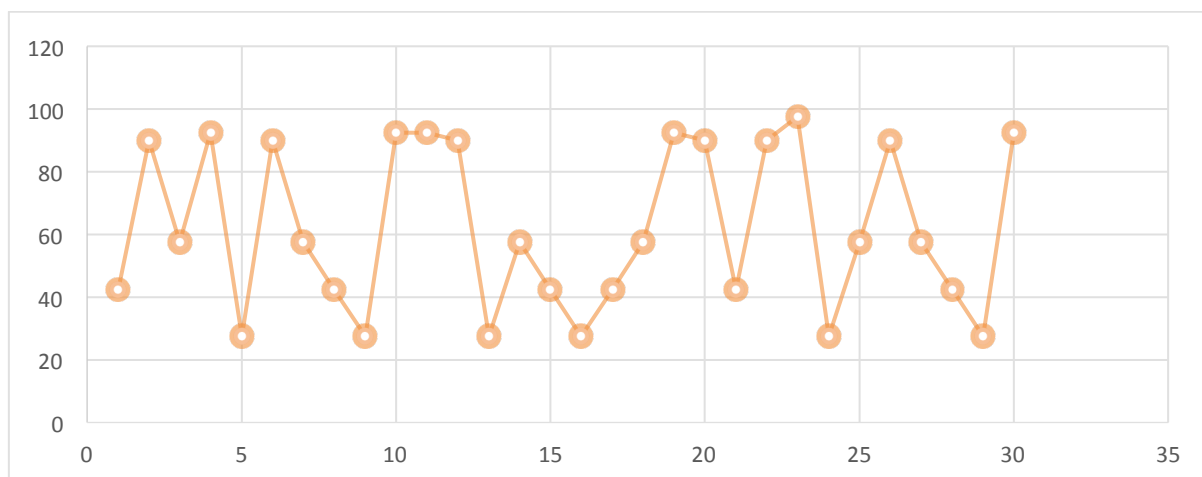
Gráfico 1- Scores do SUS para as heurísticas de Sutcliff e Gault (2011)



Segundo Bangor *et al* (2009), utilizando a relação entre a escala adjetiva e o score do SUS, podemos considerar a avaliação como “BOA”, com o score próximo a excelente.

Conforme apresentado no **gráfico 7**, de acordo com os especialistas, as avaliações SUS para as heurísticas de Rusu *et al* (2011) tiveram uma variação de score de 27,5 a 97,5 com média de 62 pontos possíveis de 100.

Gráfico 8 - Scores do SUS para as heurísticas de Rusu (2011)



De acordo com Bangor *et al* (2009), utilizando a relação entre a escala adjetiva e o score do SUS, podemos considerar a avaliação como “BOA”.

Os dados sugerem que ambas as avaliações são eficientes e com boa capacidade de aprendizado, que o esforço demandado para execução não é excessivo, que os avaliadores conseguem completar seus objetivos e com uma boa experiência.

Dessa maneira, os scores das avaliações verificadas superaram as expectativas da hipótese inicial, onde havíamos considerado que estas heurísticas, Sutcliffe e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011) como ineficientes no contexto das aplicações e inovações tecnológicas atuais.

Porém, alguns itens das avaliações foram elencados pelos avaliadores e estes corroboram com a hipótese inicial. Com relação a avaliação de Sutcliffe e Gault (2004), alguns avaliadores consideraram que estas heurísticas funcionam, porém necessitam de um contexto específico para funcionarem adequadamente. Considerando inclusive algumas heurísticas como desnecessárias e sem sentido para o jogo testado. Algumas aplicações não necessitam de aspectos realistas com respostas similares ao mundo real, em alguns jogos é esperado exatamente o

contrário.

Da mesma maneira, segundo os avaliadores as heurísticas de Rusu *et al* (2011), pareceram em algumas situações desnecessárias, não se encaixando em todos os casos, carecendo de uma melhor contextualização. Heurísticas de customização de comunicação de avatares, por exemplo, são dispensáveis em muitos dos casos de aplicações de realidade virtual modernas.

Os resultados das avaliações reportaram um bom número de erros e seus scores do SUS tiveram um bom desempenho, porém, o alto índice de avaliações sem reportar erros pode indicar o não entendimento das heurísticas, assim como dificuldades na concatenação dos problemas em relação as heurísticas correspondentes.

6 CONCLUSÃO

O campo de atuação do designer ainda possui uma área pouco explorada, que é o universo da Realidade Virtual. O processo de desenvolvimento desses artefatos ainda requer experimentação e carece melhores definições e atualização de conceitos.

Para avaliação de usabilidade dos ambientes de realidade virtual, o estado da arte pesquisado oferece poucos métodos e técnicas específicas, e estes na sua grande maioria se apoiam em técnicas tradicionais e consagradas sendo apresentadas na forma de variação.

Por meio do experimento realizado, através da avaliação por especialistas dos jogos *Sobrenatural: a origem* e *Lamper VR: Firefly Rescue* utilizando as heurísticas propostas por Sutcliff e Gault (2004) e Rusu *et al* (2011) respectivamente, foi possível verificar não apenas a eficácia das avaliações no contexto de aplicações atuais, como também a importância das avaliações heurísticas no ciclo de desenvolvimento de produtos, como por exemplo o processo de design proposto por Löbach(2001): 1.Análise do Problema; 2.Geração de Alternativas; 3.Avaliação de Alternativas; 4.Realização da Solução, e especificamente o de Design Centrado no Usuário, com um ciclo iterativo de validações constantes antes da implementação.

A verificação das heurísticas para realidade virtual e o processo de avaliação de usabilidade no contexto da metodologia de design centrado no usuário foram os fatores motivadores desta pesquisa

De modo geral o Design Centrado no Usuário utiliza um ciclo iterativo onde as avaliações do produto são feitas de maneira constante, seja através de inspeções por especialistas, seja por testes com usuários. A compreensão da importância da usabilidade como ferramenta para fomento da qualidade dos sistemas desenvolvidos ganha importância a cada dia, principalmente pela necessidade de garantir acesso ao maior número de usuários possível.

A análise realizada pelos especialistas considerou as heurísticas utilizadas como sendo capazes de indicar pontos relevantes a serem considerados no desenvolvimento de ambientes de realidade virtual imersivos. A análise ainda corrobora para a importância de avaliações constantes no ciclo de desenvolvimento de produtos, especificamente de softwares. Aspectos básicos apontados por Nielsen (1995), como feedback de ações, suporte a utilização e ajuda, ainda são ocorrências persistentes em aplicações modernas e através das avaliações executadas poderiam ser minimizadas. A maioria dos erros apontados Heurísticas propostas por Sutcliff e Gault (2004), tiveram um grande foco e ocorrências na forma como os usuários interagem com o ambiente, assim como a maneira como o ambiente permite a interação do ambiente. Já as ocorrências registradas de acordo com as Heurísticas propostas por Rusu *et al* (2011) tiveram um grande foco em feedback e clareza de informações e funcionamento do sistema.

Os avaliadores pontuaram as avaliações SUS de ambas as avaliações, com boa pontuação tanto para a avaliação proposta por Sutcliff e Gault (2004) quanto para Rusu *et al* (2011). A pontuação alcançada indicou que ambas as avaliações foram eficazes e eficientes, superando a expectativa inicial, de que as heurísticas seriam ineficientes. Em contraponto, alguns avaliadores consideraram algumas heurísticas como desnecessárias, fora de contexto e complexas.

Porém, devemos ressaltar o número de avaliadores que não encontraram erro algum, 19 dos 30 avaliadores para as Heurísticas de Sutcliff e Gault (2004) e 11 dos 30 avaliadores para as Heurísticas de Rusu *et al* (2011).

Devido à natureza qualitativa da avaliação esses índices podem indicar uma inadequação das avaliações aplicadas aos objetos analisados. O contexto dos jogos avaliados pode ter afetado diretamente, positivamente ou negativamente, o desempenho das avaliações heurísticas analisadas.

6.1 RECOMENDAÇÕES

A recomendações de avaliações heurísticas de usabilidade para ambientes de realidade virtual imersivos obtidas nesta pesquisa foram pontuadas de acordo com as ocorrências de erros reportados nos ambientes estudados e visam principalmente a ocorrência de erros falso-positivos:

1 – Contexto da aplicação em relação as heurísticas a serem estudadas: nem sempre os ambientes requererão pontos de vista fiéis ao mundo real, dessa maneira, heurísticas elencadas como esse objetivo poderiam ser desconsideradas de acordo com o contexto, como por exemplo customização de avatares;

2 – Opções de configuração: heurísticas para obrigatoriedade de opções de configuração pode elencar um bom número de problemas que não afetariam a experiência do usuário;

3 – Orientação no espaço virtual 3D: Componentes de interação como setas e cores que ressaltam objetos podem facilitar a localização de áreas de interação;

4 – Customização de itens interativos como avatares;

5 – Tutoriais: Tutoriais de funcionamento das interações, garantem um melhor entendimento do sistema e consequentemente melhoram a experiência de uso;

6 – Objetivo da aplicação: O Objetivo da aplicação deve ser claro, no caso dos jogos, auxilia o engajamento;

7 – Liberdade de movimentação no ambiente: dependendo do contexto da aplicação, essa heurística pode não significar uma violação caso o usuário não possa ter liberdade total no ambiente virtual.

6.2 DESDOBRAMENTO PARA PESQUISAS FUTURAS

Percebe-se que este estudo reforça a importância dos métodos de inspeção e avaliação de usabilidade de interfaces em geral do ciclo de design de novos produtos, assim como sua compreensão acadêmica sobre os processos e métodos. Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se:

- Construção de heurísticas com maior grau de generalização, evitando assim falsos positivos;
- Ampliação dos estudos em realidade virtual, levando em consideração as novas tecnologias emergentes e mais acessíveis, como a realidade aumentada;
- Testar uma nova versão das heurísticas avaliadas em outros cenários de aplicações e avaliadores;

Apesar dos objetivos iniciais da pesquisa serem: identificar métodos de avaliação heurística, verificar a eficácia das avaliações heurísticas para realidade virtual, identificar possíveis problemas nas avaliações e elaborar recomendações de avaliação heurísticas de usabilidade, foram identificados tais pontos não previstos no objetivo: um número de erros maiores em uma avaliação, Muões *et al* (2011), em relação as heurísticas propostas por Sutcliffe e Gault (2004), assim como o número que avaliadores que não reportaram nenhum erro, assim, estes dados que podem servir como elementos norteadores para novas pesquisas, identificando fatores de performance e comparação entre estas heurísticas.

REFERÊNCIAS

- BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of usability studies**, v. 4, n. 3, p. 114–123, 2009. Disponível em: <http://66.39.39.113/upa_publications/jus/2009may/JUS_Bangor_May2009.pdf>. .
- BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 3º ed. São Paulo - SP: Blucher, 2012.
- BERNARD E. BÜRDEK. **Design: História, Teoria e Prática do Design de Produtos**. 2º ed. São Paulo - SP: Blucher, 2010.
- BERNHaupt, R. **User experience evaluation methods in the games development life cycle**. 2015.
- BOUCINHA, R. M.; TAROUÇO, L. M. R. Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS - System Usability Scale Rafael. **Revista Novas Tecnologias em Educação**, v. 11, n. 3, p. 10, 2011. Disponível em: <<http://seer.ufg.br/index.php/renote/article/view/25160/14651>>. .
- BOWMAN, D A; GABBARD, J. L.; HIX, D. A Survey of usability evaluation in virtual environments: Classification and comparison of methods 1 Introduction and motivation 2 Distinctive characteristics of VE evaluation. **Evaluation**, v. 11, n. 4, p. 404–424, 2002.
- BOWMAN, D. A.; HODGES, L. F. Formalizing the Design, Evaluation, and Application of Interaction Techniques for Immersive Virtual Environments. **Journal of Visual Languages & Computing**, v. 10, n. 1, p. 37–53, 1999. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1045926X98901112>>. .
- BOWMAN, D. A.; JOHNSON, D. B.; HODGES, L. F. Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 10, n. 1, p. 75–95, 2001. Disponível em: <<http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/105474601750182333%5Cnhttp://dl.acm.org/citation.cfm?id=323667>>. .
- BROOKE. SUS: A “quick and dirty” usability scale. In: **Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., McClelland, I.L.**, v. dustriyp, p. 189–194, 1996. Disponível em: <<http://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf>>. .
- BROOKE, J. SUS : A Retrospective. **Journal of Usability Studies**, v. 8, n. 2, p. 29–40, 2013. Disponível em: <http://www.usabilityprofessionals.org/upa_publications/jus/2013february/brooke1.html%5Cnhttp://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>. .
- BROWN, T. **Design Thinking**. Rio de Janeiro - RJ: Elsevier Ltd, 2010.
- CODE, P. International Standard. **Shock**, v. 2010, p. 1–8, 2002.

COOPER, A.; REIMANN, R.; CRONIN, D. **About Face 3: The essentials of interaction design**. 2007.

EARTHY, J.; JONES, B. S.; BEVAN, N. ISO Standards for User-Centered Design and the Specification of Usability 17. **Usability in Government Systems**, p. 267–283, 2012. Disponível em: <<http://www.safaribooksonline.com/library/view/usability-in-government/9780123910639/xhtml/CHP017.html#CHP017tit1>>. .

FALCÃO, C. S.; SOARES, M. M. Usabilidade de Produtos de Consumo : uma análise dos conceitos , métodos e aplicações. **Estudos em Design**, v. 21, n. 2, p. 1–26, 2013.

FLAVELL, J. H. Concept development. **Carmichael's manual of child psychology**, v. 1, 1970.

GABBARD, J. L. A Taxonomy of Usability Characteristics in Virtual Environments. , p. 183, 1997.

GARRETT, J. J. **The Elements of User Experience : User-Centered Design for the Web and Beyond, Second Edition**. 2011.

GIACOMIN, J. What Is Human Centred Design? **The Design Journal**, v. 17, n. 4, p. 606–623, 2014. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.2752/175630614X14056185480186>>. .

GUTIÉRREZ, M. A.; VEXO, F.; THALMANN, D. Stepping Into Virtual Reality. **Prototyping for usability of new technology - International Journal of Human-Computer Studies**, v. 55, n. 485, p. 501, 2008.

HILLIGOSS, B.; RIEH, S. Y. Developing a unifying framework of credibility assessment: Construct, heuristics, and interaction in context. **Information Processing and Management**, v. 44, n. 4, p. 1467–1484, 2008.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. 5^o ed. São Paulo - SP: Editora Perspectiva Ltda, 2008.

INTERACTION DESIGN FOUNDATION. Design Thinking, Essential Problem Solving 101- It's More Than Scientific. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/article/design-thinking-essential-problem-solving-101-it-s-more-than-scientific>>. Acesso em: 9/1/2017.

JOKELA, T.; IIVARI, N.; MATERO, J.; KARUKKA, M. The Standard of User-Centered Design and the Standard Definition of Usability : Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11. **Design**, v. 46, p. 53–60, 2003. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=944519.944525>>. .

KARRAY, F.; ALEMZADEH, M.; SALEH, J. A; ARAB, M. N. Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art. **International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems**, v. 1, n. 1, p. 137–159, 2008. Disponível em: <<http://www.s2is.org/Issues/v1/n1/papers/paper9.pdf>>. .

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. **Realidade Virtual e Aumentada Aplicações e Tendências**, p. 151, 2011.

LEWIS, J. R.; SAURO, J. The factor structure of the system usability scale. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 5619 LNCS, p. 94–103, 2009.

LIDWELL, W.; HOLDEN, K.; BUTLER, J. **Princípios Universais do Design**. Porto Alegre - RS: Bookman Companhia Editora, 2010.

LIEDKA, J.; OGILVIE, T. **A magia do Design Thinking**. HSM do Brasil S.A., 2015.

LÖBACH, B. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. 2001.

LOWDERMILK, T. **User Centered Design**. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2013.

LUZ, A. R. DA. **Video Games: Linguagem e Expressão Gráfica**. São Paulo - SP: Blutchter, 2010.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 2003.

MARCUS, A. **HCI and User-Experience Design: Fast-Forward to the Past, Present, and Future**. London - Ing.: Ltd., Springer-Verlag London, 2016.

MARTIN, B.; HANINGTON, B. **Universal Methods of Design**. Beverly, MA - USA: Rockport Publishers, 2012.

MULLER, M. J. Participatory design: The third space in HCI. **Human-Computer Interaction Handbook**, v. 4235, p. 1051–1068, 2003.

MUNARI, B. **Design e Comunicação Visual**. 1º ed. Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 2001.

MUNOZ, R.; BARCELOS, T.; CHALEGRE, V. Defining and Validating Virtual Worlds Usability Heuristics. **2011 30th International Conference of the Chilean Computer Science Society**, p. 171–178, 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6363395>>. .

NORMAN, D. A. **O Design do dia-a-dia**. 2º ed. Rio de Janeiro - RJ: Editora Rocco Ltda, 2002.

NORMAN, D. A. **Design Emocional: por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia**. Rio de Janeiro - RJ: Editora Rocco Ltda, 2004.

NORMAN, D. A. **O Design do Futuro**. Rio de Janeiro - RJ: Editora Rocco Ltda, 2007.

NOVAK, J. **Desenvolvimento de Games**. São Paulo - SP: CENGAGE Learning, 2011.

PARSONS, T. D.; RIZZO, A. A. Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis. **Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry**, v. 39, n. 3, p. 250–261, 2008.

PIMENTEL, Â.; DIAS, P.; SANTOS, B. S. Avaliação de Usabilidade em Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada: principais métodos. **Revista do DETUA**, v. 4, n. 9, p. 9, 2013. Electrónica e Telecomunicações. Disponível em: <<http://revistas.ua.pt/index.php/revdeti/article/view/2106>>. .

QUESENBERRY, W. Dimensions of Usability: Defining the Conversation, Driving the Process. **Proceedings of the Usability Professional's Association (UPA) conference on Ubiquitous Usability**, 2003. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.117.8658&rep=rep1&type=pdf>>. .

REBELO, F.; DUARTE, E.; NORIEGA, P.; SOARES, M. M. **Virtual Reality in Consumer and Applications**. Boca Raton: CRC Press, 2011.

REISS, E. **Usable Usability**. Indianapolis - Indiana - EUA: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

ROSSON, M. B.; CARROL, J. M. **Usability Engineering: Scenario-based development of Human-computer interaction**. São Francisco - CA - USA: Morgan Kaufman Publishers, 2002.

RUSU, C.; MUÑOZ, R.; RONCAGLIOLO, S.; et al. Usability heuristics for virtual worlds. **The Third International Conference on Advances in Future Internet (AFIN 2011)**, , n. c, p. 16–19, 2011.

SANDERS, E. B. E. From user-centered to participatory design approaches. **Design and the Social Sciences Making connections**, p. 1–8, 2002. Disponível em: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=cFW7ULpRjyUC&oi=fnd&pg=PA1&q=From+User-Centered+to+Participatory+Design+Approaches&ots=ttlj0Ji8Bo&sig=K7RMPPG6r9O-1v9t9OViwV-_afE%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:From+User-Center>. .

SANTAELLA, L. Culturas e artes do pós-humano. , 2003. São Paulo - SP: Editora Paulus.

SAURO, J.; LEWIS, J. R. **Quantifying The User Experience. Practical Statistics for user research**. Waltham, MA: Elsevier Inc., 2012.

SAWYERR, W.; BROWN, E.; HOBBS, M. Using a Hybrid Method to Evaluate the Usability of a 3D Virtual World User Interface. **International Journal of Information Technology & Computer Science - IJITCS**, v. 8, n. 2, p. 66–74, 2013.

SCHULTHEIS, M. T.; RIZZO, A. A. The application of virtual reality technology in rehabilitation. **Rehabilitation Psychology**, v. 46, n. 3, p. 296–311, 2001.

SCHUYTEMA, P. **Design de Games: uma abordagem prática**. São Paulo - SP: CENGAGE Learning, 2008.

SOBRAL, R.; JUNIOR, M.; JUNOT DE PAIVA CARVALHO, R.; et al. Efeito Da Reabilitação Virtual Em Diferentes Tipos De Tratamento Virtual Rehabilitation Effect in Different Types of Treatment. , p. 56–63, 2011.

SPINUZZI, C. The Methodology of Participatory Design. **Technical Communication**, v. 52, n. 2, p. 163–174, 2005. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/stc/tc/2005/00000052/00000002/art00005>>.

SSEMUGABI, S.; DE VILLIERS, R. Effectiveness of heuristic evaluation in usability evaluation of elearning applications in higher educ. **South African Computer Journal**, v. 45, n. 45, p. 26–39, 2010.

STANNEY, K. M.; MOLLAGHASEMI, M.; REEVES, L.; BREAU, R.; GRAEBER, D. A. **Usability engineering of virtual environments (VEs): Identifying multiple criteria that drive effective VE system design**. 2003.

SUTCLIFFE, A.; GAULT, B. Heuristic evaluation of virtual reality applications. **Interacting with Computers**, v. 16, n. 4, p. 831–849, 2004.

TEZA, P.; DANDOLINI, G.; ARTUR DE SOUZA, J.; et al. Modelos de front end da inovação: similaridades, diferenças e perspectivas de pesquisa Palavras-chave. , v. 25, n. 30, p. 851–863, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.148113>>.

TULLIS, T.; ALBERT, B. **Mesuring the User Experience: Collecting, Analyzing and Presenting Usability Metrics**. São Francisco - CA - USA: Morgan Kaufmann, 2008.

UNGER, R.; CHANDLER, C. **O Guia para Projetar UX**. Rio de Janeiro - RJ: Alta Books Editora, 2009.

USABILITY.GOV. User-Centered Design Basics. Disponível em: <<https://www.usability.gov/what-and-why/user-centered-design.html>>. Acesso em: 9/1/2017.

VÁRIOS. **HCI models, theories and frameworks**. São Francisco - CA - USA: Morgan Kauffman, 2003.

VENTURA, M. M. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa The Case Study as a Research Mode. **Rev SOCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383–386, 2007. Disponível em: <http://www.polo.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/o_estudo_de_caso_como_modalidade_de_pesquisa.pdf>.

LISTA DE ANEXOS

Anexo I: Questionário Identificação do perfil dos avaliadores

Anexo II: Checklist para a Avaliação Heurística de Sutcliff e Gault(2004);

Anexo III: Checklist para a Avaliação Heurística de Rusu *et al*(2011);

ANEXO I: QUESTIONÁRIO IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL DOS AVALIADORES

1 – Sexo: () Masculino () Feminino

2 – Idade: _____

3 – Formação: _____

4 – Área de atuação/experiência:

() Realidade Virtual/Aumentada

() Tecnologia da Informação

() Design de Sistemas

() Desenvolvedor de Games

() Desenvolvedor de Aplicativos

() Outro: _____

4 – Tempo de experiência na(s) área(s) indicada(s)?

5 – Já utilizou aplicações de Realidade Virtual?

6 – Já participou de avaliações de usabilidade? () Sim () Não

7 – Se sim de que forma?

ANEXO II: CHECKLIST PARA A AVLIAÇÃO HEURÍSTICA – SUTCLIFF E GAULT(2004);

Avaliação de Usabilidade

Instruções:

- Preencher os campos a seguir, apenas se identificar algum problema relacionado às heurísticas;
- Em um primeiro momento navegue e interaja com o game livremente explorando todas as opções disponíveis para uma maior familiarização;
- Em seguida navegue e interaja com o game anotando os problemas identificados de acordo com as heurísticas propostas, anotando os locais onde foram encontrados (telas e posição);
- Classifique o problema de acordo com os seguintes graus de severidade:
 - Severo – O problema encontrado poderá impossibilitar a execução completa da tarefa;
 - Irritante – O problema poderá perturbar o usuário, neste caso, a maioria dos usuários conseguirá aprender a como prosseguir com alguma explicação e contornar o problema com o tempo;
 - Distração - O problema poderá perturbar o usuário, neste caso, a maioria dos usuários conseguirá aprender a como prosseguir e contornar o problema rapidamente com uma dica;
 - Inconveniente - Problema poderá perturbar o usuário, neste caso, a maioria dos usuários conseguirá aprender a como prosseguir e contornar o problema sem ajuda.
- Em seguida solicitamos sua opinião sobre o jogo e sua usabilidade.

Heurística 1. Engajamento Natural

A interação deve abordar a expectativa do usuário ao mundo real o mais próximo possível;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
------	----------	------------

--	--	--

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 2. Compatibilidade com a tarefa e domínio do usuário

O ambiente virtual de corresponder o mais próximo possível do que o usuário encontraria no mundo real;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
------	----------	------------

--	--	--

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 3. Expressão natural de ação

A representação do usuário no ambiente virtual deve permitir que o usuário aja e explore de maneira natural e não restrinja as ações físicas;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
------	----------	------------

--	--	--

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 4. Aproximar a coordenação de ação e representação

A representação do usuário deve manifestar um comportamento fiel as ações do usuário;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 5. Feedback realista:

Os efeitos das ações do usuário devem ser visíveis imediatamente, em conformidade com as leis da física e com a percepção esperada do usuário;

Heurística Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 6. Pontos de vista fiéis

A representação visual do mundo virtual deve mapear a percepção normal do usuário, e o ponto de vista do movimento da cabeça deve ser mostrado sem atrasos;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 7. Suporte à navegação e orientação

O usuário deve ser sempre capaz de retornar a um ponto de retorno conhecido;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 8. Pontos claros de entrada e saída:

As maneiras de entrar e sair do ambiente virtual devem ser claramente comunicadas;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 9. Partidas consistentes

Quando compromissos de projeto são utilizados devem ser coerentes e claramente marcados;

Problemas Encontrados:

Tela Problema Severidade

--	--	--

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 10. Suporte para aprendizado

Objeto ativos podem ser utilizados para explicação a fim de promover o aprendizado no ambiente virtual;

Problemas Encontrados:

Tela Problema Severidade

--	--	--

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 11. Trocas de turno claras

Onde houver iniciativas do sistema, elas devem ser assinaladas de maneira clara para estabelecer troca de turno, ou seja, o usuário deve perceber de maneira clara quando o sistema terá o controle de autonomia do ambiente;

Problemas Encontrados:

Tela Problema Severidade

--	--	--

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Heurística 12. Senso de presença

A percepção de engajamento e de estar em um mundo real deve ser a mais natural possível.

Problemas Encontrados:

Tela Problema Severidade

--	--	--

Classificação:

(1) Severo (2) Irritante (3) Distração (4) Inconveniente

Observações gerais sobre o game e sobre sua usabilidade:

ANEXO III: CHECKLIST PARA A AVLIAÇÃO HEURÍSTICA – RUSU ET AL (2011);

Avaliação de Usabilidade

Instruções:

- Preencher os campos a seguir, apenas se identificar algum problema relacionado às heurísticas;
- Em um primeiro momento navegue e interaja com o game livremente explorando todas as opções disponíveis para uma maior familiarização;
- Em seguida navegue e interaja com o game anotando os problemas identificados de acordo com as heurísticas propostas, anotando os locais onde foram encontrados (telas e posição);
- Classifique o problema de acordo com sua severidade, de 1 a 4, onde 4 classifica o maior grau de problema;
- Em seguida solicitamos sua opinião sobre o jogo e sua usabilidade.

Heurística 1. Feedback

O mundo virtual deve sempre informar ao usuário sobre a condição de seu avatar, eventos relacionados, ou fatos relevantes que ocorram no ambiente virtual. O mundo virtual deve fornecer feedback apropriado, facilmente perceptível, a qualquer ação que usuário comece ou que o afete, de forma direta ou indireta;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 2. Clareza

O mundo virtual deve ter um painel de controle de fácil entendimento com linguagem clara. Além disso, os painéis devem ser arrumados e agrupados de maneira que permita ao usuário encontrar o que está procurando de forma intuitiva;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 3. Consistência

O mundo virtual deve ser coerente em todos os aspectos, dessa maneira o usuário pode prever os resultados de cada ação;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 4. Simplicidade

O painel de controle não deve ser sobrecarregado e deve ter apenas mensagens do sistema e da interação com os objetos dentro do mundo virtual, de maneira simples e intuitiva;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 5. Orientação e Navegação

O sistema deve ter uma navegação memorizável e intuitiva. Também deve prover ao usuário uma maneira de

localizar-se dentro do ambiente virtual e uma maneira de achar e determinar sua localização;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 6. Controle de camera e visualização

O sistema deve permitir ao usuário determinar o nível e qualidade de texturas, efeitos visuais ou objetos com proposta puramente estética. O sistema também deve permitir ao usuário controle da câmera ou ângulo de onde é visualizado;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 7. Baixa carga de memória

O sistema deve minimizar as demandas a memoria do usuário por meio de objetos, opções e ações visíveis e fáceis de acessar. O sistema também deve prover meios do usuário registrar ou memorizar locais dentro do ambiente virtual, que foram visitados ou que podem ser um local de interesse;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 8. Customização de avatar

O sistema deve possuir um conjunto de avatars pré-definidos, com gêneros, idade, aparência dentre outros atributos. O sistema deve permitir ao usuário modificar os aspectos do seu avatar, sempre que o usuário quiser;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 9. Flexibilidade e eficiência de uso

Atalhos para ações comuns devem ser fornecidos, permitir que o usuário defina seus próprios atalhos e alterar opções de interface. Isto permite que os usuários avançados interajam de maneira mais eficiente;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 10. Comunicação entre os avatars

A comunicação dentro do mundo virtual deve ser análoga ao mundo real. Este diálogo deve ser feito de uma maneira fácil e intuitiva e deve ser clara para o emissor e o receptor;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 11. Senso de propriedade

As regras físicas do mundo real devem ser mantidas no mundo virtual. No caso em que elas podem ser alteradas, o sistema deve informar essas variações de uma maneira clara e explícita;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 12. Interação com o mundo virtual

Indicar claramente aos usuários quais objetos do mundo virtual eles podem interagir ou não, também indicando quais ações podem ser realizadas com os objetos que eles podem interagir;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 13. Suporte ao aprendizado

Os objetos complexos de um mundo virtual devem ser complementados com definições e indicações para o uso, promovendo assim o aprendizado;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 14. Prevenção de Erros

Prevenir que os usuários executem quaisquer ações por engano ou criarem situações indesejadas, relacionadas a interface ou ao mundo virtual;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 15. Ajudar o usuário a se recuperar de erros

Prover ferramentas para que o usuário possa se recuperar de erros do sistema ou quaisquer situações indesejadas quando ele não consegue se recuperar por si próprio

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Heurística 16. Ajuda e documentação

Prover ao usuário informação relevante não apenas online, mas também dentro do mundo virtual. Essa informação deve ser fácil de acessar e escrever ou falar a linguagem do usuário;

Problemas Encontrados:

Tela	Problema	Severidade
		1 2 3 4

Observações gerais sobre o game e sobre sua usabilidade: