

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Vinícius Diehl de Franceschi

**HEURÍSTICAS PARA O DESIGN DE SISTEMAS EDUCACIONAIS EM  
TABLETOP**

Santa Maria, RS  
2019

**Vinícius Diehl de Franceschi**

**HEURÍSTICAS PARA O DESIGN DE SISTEMAS EDUCACIONAIS EM  
TABLETOP**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Área de Concentração em Ciência da Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência da Computação**.

ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Lisandra Manzoni Fontoura

Santa Maria, RS  
2019

Diehl de Franceschi, Vinícius  
Heurísticas para o Design de Sistemas  
Educaçãois em Tabletop / Vinícius Diehl de  
Franceschi.- 2019.  
96 p.; 30 cm

Orientadora: Lisandra Manzoni Fontoura  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência da Computação, RS, 2019

1. Usabilidade. 2. Heurísticas. 3. Tabletop.  
4.Educação. I. Man-zoni Fontoura, Lisandra.  
II.Heurísticas para o Design de Sistemas Educaçãois em  
Tabletop.

---

©2019

Todos os direitos autorais reservados a Vinícius Diehl de Franceschi. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

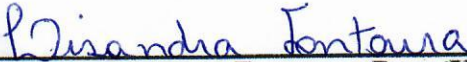
End. Eletr.: [v.f.diehl@gmail.com](mailto:v.f.diehl@gmail.com)

Vinicius Diehl de Franceschi


## HEURÍSTICAS PARA O DESIGN DE SISTEMAS EDUCACIONAIS EM TABLETOP

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Área de Concentração em Ciência da Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência da Computação**.

**Aprovado em 30 de agosto de 2019:**

  
\_\_\_\_\_  
**Lisandra Manzoni Fontoura, Dra. (UFSM)**  
(Presidenta/Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
**Marcos Alexandre Rose Silva, Dr. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Luana Müller, Dra. (PUCRS)**

Santa Maria, RS  
2019

## DEDICATÓRIA

*À minha família*

## **AGRADECIMENTOS**

*Minha eterna e profunda gratidão em primeiro lugar aos meus pais, Nanci e Enar, e a minha irmã, Itiane. Por nunca medirem esforços para proporcionar todo suporte à minha vida acadêmica, por serem sempre meus incentivadores, por acreditarem em mim e por estarem sempre junto comigo, me apoiando nos momentos de dificuldade e comemorando nas conquistas. Muito Obrigado.*

*A minha namorada, Pamella Brayner Rodrigues, por ser minha companheira em todas as horas e também nas situações mais difíceis durante essa jornada. Obrigado pela paciência, carinho, apoio, compreensão e amor! Amo você!*

*Agradecer também à Professora Lisandra, minha orientadora, por todas as trocas de ideias e conversas produtivas. Obrigada por compartilhar comigo teu conhecimento, e por toda paciência, orientações e conselhos.*

*Agradecer também ao Professor Marcos Alexandre Rose Silva, por mais uma vez, poder contribuir com todo o seu conhecimento e sabedoria que foi fundamental no desenvolvimento dessa dissertação. Obrigado pelos conselhos, dicas e esclarecimentos e por estar sempre a disosição. Muito Obrigado!*

*Aos pesquisadores integrantes do Projeto SIS-ASTROS por compartilharem seu tempo e conhecimento comigo durante o desenvolvimento do estudo de caso deste trabalho. E aos demais professores e colegas da UFSM, muito obrigado.*

*Agradecemos ao Exército Brasileiro pelo apoio financeiro por meio do Projeto SIS-ASTROS (813782/2014), desenvolvido no contexto do Prg EE ASTROS 2020.*

*Gratidão à vida e a todos que de alguma forma me apoiaram e incetivaram para chegar até aqui!*

*Obrigado!*



*“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.”*

**– Charles Chaplin**





## RESUMO

### HEURÍSTICAS PARA O DESIGN DE SISTEMAS EDUCACIONAIS EM TABLETOP

AUTOR: Vinícius Dihel de Franceschi  
ORIENTADORA: Lisandra Manzoni Fontoura

Hoje em dia, a tecnologia vem avançando cada vez mais e com isso, vários dispositivos interativos estão sendo inseridos no dia-a-dia dos usuários e há necessidade de desenvolver e implementar novos sistemas com qualidade cada vez mais centradas nos usuários. Contudo, pensando em usabilidade, são poucos os que realmente cumprem seu papel de forma fácil e eficiente. Isso ocorre porque muitos produtos que exigem a interação dos usuários para realização de tarefas, não foram projetados de acordo com a necessidade do usuário, tendo ele em mente, mas apenas para realizar determinada função. Para isso, pensando em usabilidade e nas características para apoiar no design de interação voltado para dispositivos de grande escala (tabletop) voltados para a área educacional, foi realizadas adaptações nas heurísticas tradicionais de Nielsen para o contexto da tabletop e validações com usuários. Além disso, um estudo de caso foi desenvolvido no contexto de um projeto real com o intuito de aplicar a validação das heurísticas na prática. Os resultados da avaliação do estudo mostraram que a abordagem proposta cumpre com o objetivo de solucionar o problema identificado e obteve uma avaliação positiva por parte da equipe do projeto, em termos de interação e usabilidade no contexto aplicado.

**Palavras-chave:** Usabilidade; Heurísticas; Tabletop, Educação.

## **ABSTRACT**

### **HEURISTICS FOR DESIGN OF EDUCATIONAL SYSTEMS IN TABLETOP**

**AUTHOR:** Vinícius Diehl de Franceschi

**ADVISOR:** Lisandra Manzoni Fontoura

Nowadays, the technology is advancing more and more, and with this, several interactive devices are being inserted in the day to day of the users and the need to develop and implement new systems with quality increasingly focused on the users. However, thinking about usability, few actually fulfill their role easily and efficiently. This is because many products that require the interaction of users to perform tasks, were not designed according to the need of the user, bearing in mind, but only to perform a certain function. For this, thinking about usability and features to support interaction design for large-scale tabletop devices, adaptations were made to traditional Nielsen heuristics for tabletop context and it was realized validations with users. In addition, a study case was developed in the context of a real project in order to apply the validation of heuristics in practice. The results of the study evaluation showed that the proposed approach fulfills the objective of solving the identified problem and obtained a positive evaluation by the project team, in terms of interaction and usability in the applied context.

**Keywords:** Usability; Heuristics; Tabletop, Education.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da usabilidade segundo a ISO 9241-11 .....	19
Figura 2- Usuários Participantes X Percentual de Erros (NIELSEN, 1994) .....	21
Figura 3 - Metodologia adotada, adaptada de (RUSU et al., 2011).....	24
Figura 4 - Características para apoiar o desenvolvimento do design para tabletop.....	37
Figura 5 - Mesa Tática 2D (Tabletop) .....	39
Figura 6 – Menu com as opções .....	40
Figura 7 - Menu com a opção selecionada e a sua descrição .....	40
Figura 8 - Menu com subitens .....	41
Figura 9 - Sobreposição de elementos.....	41
Figura 10 - Elementos da Interface.....	46
Figura 11 - Menus de Interação (Menu Radial).....	46
Figura 12 - Coleta de dados: Perfil do Público Alvo.....	49
Figura 13 - Elementos da Interface sem indicativo .....	51
Figura 14 - Elementos da Interface com indicativo de interação .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista contendo as 10 Heurísticas propostas por (NIELSEN, 1994) para avaliação de usabilidade .....	21
Tabela 2 - Comparação entre as características para interface tabletop .....	34
Tabela 3 - Comparação entre as Heurísticas.....	35
Tabela 4 - Checklist adaptado para o contexto da Tabletop .....	42
Tabela 5 - Heurísticas refinadas .....	52

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	14
1.2	OBJETIVO GERAL .....	15
<b>1.2.1</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b> .....	15
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1	IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO .....	16
2.2	USABILIDADE .....	16
<b>2.2.1</b>	<b>Definição</b> .....	16
2.3	AVALIAÇÃO HEURÍSTICA .....	18
2.4	HEURÍSTICAS DE USABILIDADE .....	19
2.5	REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA .....	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	23
<b>4</b>	<b>ELABORAÇÃO DE HEURÍSTICAS PARA TABLETOPS</b> .....	25
4.1	ETAPA 1 - EXPLORATÓRIA .....	25
<b>4.1.1</b>	<b>Dispositivos Tabletop</b> .....	25
<b>4.1.2</b>	<b>Adaptação das heurísticas de Nielsen</b> .....	25
<b>4.1.3</b>	<b>Design da Tabletop</b> .....	32
4.2	ETAPA 2 - DESCRITIVA .....	34
<b>4.2.1</b>	<b>Comparação entre as Heurísticas Identificadas</b> .....	34
<b>4.2.2</b>	<b>Design de Sistemas Educacionais na Tabletop</b> .....	36
4.3	ETAPA 3 - CORRELACIONAL .....	37
<b>4.3.1</b>	<b>O Projeto SIS-ASTROS</b> .....	37
4.4	ETAPA 4 - EXPLICATIVA .....	42
4.5	ETAPA 5 - VALIDAÇÃO .....	45
<b>4.5.1</b>	<b>Design do Protótipo</b> .....	45
<b>4.5.2</b>	<b>Estudo de Caso</b> .....	47
<b>4.5.3</b>	<b>Público Alvo</b> .....	47
<b>4.5.4</b>	<b>O Questionário</b> .....	48
<b>4.5.5</b>	<b>Casos</b> .....	49
4.6	ETAPA 6 - REFINAMENTO .....	52
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57

# 1 INTRODUÇÃO

Diversos aparatos tecnológicos, como laptops, smartphones, tablets, vêm transformando hábitos, formas e atividades nas diversas áreas da vida das pessoas (COELHO, 2017). Esses aparatos se constituem como uma ferramenta poderosa, que pode (e deve) ter suas potencialidades utilizadas com propósitos educacionais (TRAUCO et al., 2004).

Ao desenvolver sistemas interativos para diversos dispositivos, deve-se obter um cuidado para que sejam de fácil aprendizagem, eficazes no uso e capazes de proporcionar ao usuário uma experiência satisfatória. Essas novas possibilidades de interação possibilitam novos modos de produção de conhecimento e a integração das tecnologias às nossas ações alcança também a área da educação. Um excelente ponto de partida do entendimento a respeito da área, segundo Preece, Rogers e Sharp (2005), é a comparação entre bons e maus exemplos de design, pois através da especificação de pontos fracos e fortes de produtos e sistemas interativos, passa-se a compreender a definição de algo usável ou não (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

Já Sakamoto (2012) relata que existe e estão surgindo cada vez mais aparatos com diferentes tamanhos, formatos e formas de interação, o que faz com que pesquisas sejam necessárias, não apenas para investigar como desenvolver e aprimorar sistemas educacionais, mas também como usufruir destes diferentes aparatos no design de novos sistemas educacionais (SAKAMOTO, 2012).

Um modo de caracterizar a usabilidade dos sistemas interativos é a apreciação do seu modelo de interface e interação, que pode ser conduzida por meio da aplicação de métodos de avaliação (PRATES; BARBOSA, 2003). Segundo Prates e Barbosa, dentre os métodos para avaliação de usabilidade mais difundidos entre os pesquisadores e profissionais de Sistemas de Informação, destaca-se a Avaliação Heurística, um método empírico que considera a interface conforme um conjunto de heurísticas (consistência, padronização da interface e design estético e minimalista) que buscam potencializar a qualidade da interface e da interação (NIELSEN, 1994).

Em um estudo recente, Hermawati e Lawson conduziram uma revisão da literatura na qual encontraram 70 artigos relacionados com o desenvolvimento de heurísticas. Esses artigos identificaram alguns problemas, tais como: a ausência de formas para validar novas heurísticas e a falta de padronização na análise das heurísticas e a falta de padronização na análise das heurísticas (HERMAWATI; LAWSON, 2016). Contudo, o presente trabalho apresenta uma adaptação das heurísticas genéricas, propostas por Nielsen, utilizando a metodologia

propostapor (RUSU et al., 2011). Essa metodologia facilita o desenho de heurísticas pois, apresenta etapas que suportam o processo e permitem formalmente especificá-las. Para desenvolver um conjunto de heurísticas, com base nas metodologias encontradas, foram verificadas semelhanças entre os guias de estilo e as dez heurísticas de usabilidade de Nielsen.

Até o momento, existe pouca pesquisa sobre como customizar heurísticas de usabilidade genéricas para se adequar às características e limitações específicas para dispositivos de grande escala (tabletop). Heurísticas genéricas, como as 10 heurísticas de Nielsen, originalmente desenvolvidas para computadores desktop são utilizadas (NIELSEN, 1994). Porém, o uso incorreto de heurísticas, vagas ou inapropriadas ao dispositivo e/ou aplicação de domínio de aplicação pode resultar na detecção de problemas inexistentes ou omissão na detecção dos existentes durante a avaliação heurística (RUSU et al., 2011). Neste contexto, este trabalho propõe uma adaptação de heurísticas de usabilidade e um questionário/checklist para avaliar a usabilidade de dispositivos tabletop.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Com o surgimento de sistemas mais avançadas surgem também os métodos para certificar e validar a usabilidade dos mesmos. Neste ponto há grandes contribuições vindas de Nielsen (1994) porém, trata-se de uma época distante e de padrões de dispositivos completamente diferentes aos que nos cercam atualmente. Neste contexto, existe a necessidade de identificar até que ponto a colaboração de Nielsen (1994) ainda tem um valor substancial para as avaliações nos novos dispositivos tecnológicos (NIELSEN , 1994).

Na época em que Nielsen (1994) desenvolveu seu trabalho, a computação e os recursos tecnológicos comparados com os da atualidade eram totalmente distintos. Desta forma, investigou-se as heurísticas formalizadas por Nielsen, e como elas estavam sendo aplicadas atualmente em diferentes contextos. Neste processo, foram identificadas novas formas ou adaptações a essas heurísticas, como o objetivo de avaliar os sistemas voltados para smartphones, tablets e investigar heurísticas para dispositivos de grande escala denominado por tabletop.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é definir um conjunto de heurísticas de usabilidade para aplicações para tabletop, como suporte para o design de interfaces e avaliações heurísticas de usabilidade nesses dispositivos.



### 1.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

I. Revisão da literatura na área de IHC em geral e, principalmente, em relação a heurísticas de usabilidade, bem como a caracterização dos dispositivos baseados em multi-touch tabletop.

II. Para identificar novas heurísticas de usabilidade baseada em multi-touch tabletop, foi realizada uma comparação das heurísticas propostas por Nielsen e heurísticas elaboradas a partir destas em diferentes trabalhos de pesquisa.

III. Desenvolvimento de um conjunto de heurísticas de usabilidade baseadas em multi-touch tabletop: a) Mapear as heurísticas levantadas; b) Propor um conjunto inicial de heurísticas com base no estudo da literatura; c) Definir o conjunto de heurísticas de usabilidade e desenvolver um checklist com base nas heurísticas para a realização de avaliações heurísticas.

IV. Como forma de validação, foram realizadas avaliações das heurísticas em um simulador tático virtual, por meio de testes e validações de usabilidade, comparando com as heurísticas tradicionais (NIELSEN, 1994).

VI. Melhoria e validações das heurísticas com base no feedback dos usuários.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O texto desta dissertação está organizado da seguinte forma: O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica, contextualizando os conceitos e definições mais importantes relacionados a usabilidade e heurísticas de usabilidade. O Capítulo 3 descreve os métodos de trabalho, caracterizando a pesquisa desenvolvida e descrevendo todos os procedimentos metodológicos usados na concepção deste trabalho. O Capítulo 4 apresenta a abordagem proposta, por meio de um processo metodológico, descrevendo as etapas do processo. Finalmente, o Capítulo 5, apresenta as conclusões obtidas ao final do trabalho, bem como ideias para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta os conceitos fundamentais e necessários para o entendimento deste trabalho, em relação a usabilidade, as heurísticas elaboradas por Nielsen e o contexto educacional.

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO

O uso da tecnologia na educação vem causando transformações não só nos processos de ensino, mas nos de aprendizagem. De acordo com Peixoto, Resende e Pádua (2015), os recursos educacionais digitais ampliam o potencial e a eficácia do processo de ensino-aprendizagem tradicional, uma vez que a utilização correta desses recursos propicia o aprendizado lúdico do estudante, melhora a interpretação do conteúdo teórico a partir de sua aplicação prática, exercita a resolução de problemas em tempo ágil, possibilita que os discentes aprendam com seus erros, reduz a passividade dos educandos e, conseqüentemente, enriquece a prática pedagógica com a utilização de recursos multimídia.

Segundo Giraffa e Viccari (1998), o software educacional é um programa que visa atender necessidades e que possui objetivos pedagógicos definidos. As autoras consideram que todo o software pode ser educacional desde que seu uso esteja inserido em um contexto de ensino-aprendizagem. A escolha do tipo de software educacional a ser adotado depende de vários fatores, entre eles podemos citar: a abordagem pedagógica utilizada pelo professor para transmitir o conteúdo, o contexto de uso do software e as diferentes necessidades especiais dos alunos. Estes fatores devem ser levados em consideração, também, pelos desenvolvedores do software (WINCKLER; NEMETZ; LIMA, 2000).

### 2.2 USABILIDADE

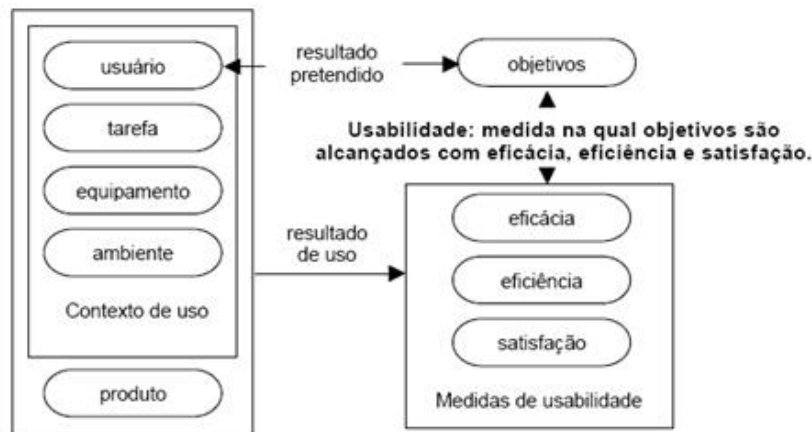
Essa seção apresenta o conceito de usabilidade e os métodos de avaliação de usabilidade.

#### 2.2.1 Definição

Para muitos designers da atualidade, a palavra Usabilidade não é nenhum pouco estranha. A norma ISO 9241-11 define usabilidade e explica como identificar a informação necessária a ser considerada na especificação ou avaliação de usabilidade de um dispositivo de interação visual em termos de medidas de desempenho e satisfação do usuário (ISO, 1998). Ela

orienta como descrever o contexto de uso do produto e as medidas relevantes de usabilidade de uma maneira explícita. A orientação é dada na forma de princípios e técnicas gerais, em vez da forma de requisitos para usar métodos específicos. A Figura 1 apresenta a estrutura da usabilidade.

Figura 1 - Estrutura da usabilidade segundo a ISO 9241-11



Fonte: ISO 9241-11

A usabilidade está relacionada a facilidade com que os usuários possam utilizar as funcionalidades de um sistema e pode ser descrita em cinco atributos: facilidade de aprender, memorização, eficiência de uso, erros e satisfação. Para Prates et. al (2003) a facilidade de aprender trata-se do esforço e do tempo necessário para que o usuário possa aprender a utilizar o sistema com um determinado nível de conhecimento e desempenho (PRATES; BARBOSA, 2003). Já Nielsen (1994) relata a facilidade de aprender como o mais primordial atributo de usabilidade logo que a maioria dos sistemas precisam ser de fácil aprendizagem ainda mais para usuários que estão utilizando-o pela primeira vez. Já Lima (2011), aborda que o conhecimento sobre usabilidade em software mudou muito, porém mesmo com todas as mudanças que o mesmo sofreu seu objetivo não mudou que é proporcionar a melhor experiência ao usuário durante o uso da aplicação, garantindo satisfação do usuário (LIMA, 2011).

Devemos ressaltar que existem usuários que utilizarão o sistema pela primeira vez, usuários mais experientes e os usuários que utilizam com pouca frequência. Para este tipo de usuário que não está muito familiarizado com o sistema, a memorização é de suma importância, o sistema deve ser fácil de lembrar, para que seja possível, caso o usuário fique um tempo sem usar o sistema, voltar a utilizá-lo sem a necessidade de reaprender suas funcionalidades, localização das opções, etc., evitando a perda de tempo relembrando algo que ele já tem uma

certa familiaridade. Assim, o usuário não precisa lembrar o que está disponível, pois o sistema sempre o relembra quando necessário (DA ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Pode-se dizer que a eficiência de uso é de extrema importância. Uma vez que o usuário tenha aprendido o sistema logo, torna-se experiente atingindo seus objetivos de forma produtiva e eficiente. Resumindo, o sistema se torna eficiente quando o usuário é capaz de realizar tarefas de forma mais rápida e eficaz. Recursos relevantes podem incluir esforço mental ou físico, tempo, custos materiais ou financeiros. Segundo Prates e Barbosa (2003) a eficiência de uso pode ser medida analisando o tempo que o usuário necessita para completar determinada tarefa e a quantidade de passos necessárias para completá-la (PRATES; BARBOSA, 2003). O sistema deve ter baixa taxa de erros, de modo geral se o usuário cometer algum erro, o próprio deve ser capaz de recuperar-se do erro sem algum tipo de ajuda. Por fim, a satisfação do usuário, conforto e aceitabilidade do produto, medidos por meio de métodos subjetivos e/ou objetivos. A satisfação pode ser especificada e medida pela avaliação subjetiva em escalas de desconforto experimentado, gosto pelo produto, o uso do produto ou aceitação da carga de trabalho quando realizam diferentes tarefas ou a extensão com os quais objetivos particulares de usabilidade (como eficiência ou capacidade de aprendizado) foram alcançados. Outras medidas de satisfação podem incluir o número de comentários positivos e negativos registrados durante o uso. De forma resumida, o usuário deve estar satisfeito e a vontade ao utilizar o sistema (DA ROCHA; BARANAUSKAS, 2003). Na área de Engenharia de Software, a usabilidade é tida como um requisito de qualidade de sistemas.

Pressman (2005) relembra que a norma ISO 9126 foi desenvolvida exatamente para identificar os atributos de qualidade de um software e que a usabilidade é um desses atributos, sendo que os demais atributos são: funcionalidade, confiabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade. Na ISO 9126, a usabilidade refere-se basicamente à facilidade de uso.

### 2.3 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

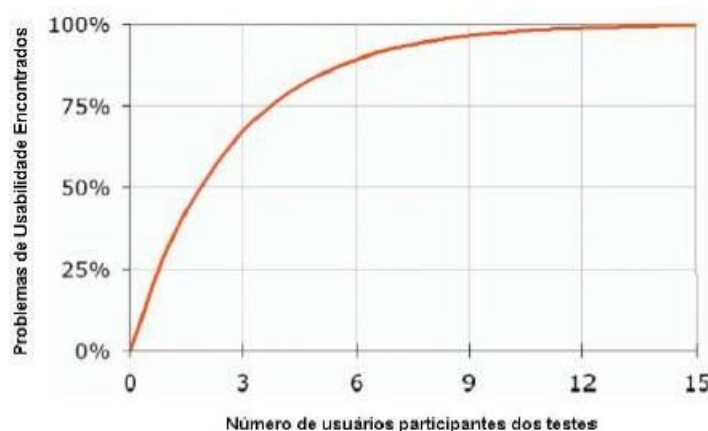
Segundo Prates e Barbosa (2003), as principais vantagens de realizar uma avaliação heurística, é a facilidade em aprendê-la, a rapidez e o seu custo. A avaliação heurística é mais rápida e de menor custo benefício que a maioria dos outros métodos de avaliação de usabilidade. Já Nielsen (1994), assegura que a barreira de intimidação, presentes nas equipes de desenvolvimento, é baixa na avaliação de heurísticas se comparada com outros métodos de avaliação de usabilidade.

A avaliação da usabilidade pode ser realizada em qualquer fase do desenvolvimento de sistemas interativos: na fase inicial, serve para identificar parâmetros ou elementos a serem

implementados no sistema; na fase intermediária, é útil na validação ou no refinamento do projeto; na fase final, assegura que o sistema atenda aos objetivos e às necessidades dos usuários. As fases de avaliações são recomendadas a partir do refinamento ou da validação do projeto.

Em uma avaliação heurística, para melhor obter os erros de um projeto, é necessário um número considerável de avaliadores, podendo variar de 3 a 5 ou mais dependendo da necessidade de cada proposta. Esta técnica assegura a imparcialidade e resultados mais confiáveis, visto que cada avaliador pode identificar cerca de 35% das falhas de usabilidade (NIELSEN, 1994).

Figura 2- Usuários Participantes X Percentual de Erros (NIELSEN, 1994)



Fonte: (NIELSEN, 1994).

## 2.4 HEURÍSTICAS DE USABILIDADE

As heurísticas servem como um guia de melhoria pautada em regras gerais que descrevem propriedades comuns em interfaces usáveis (NIELSEN, 1994). Segundo Farias (2009), Nielsen propôs uma lista contendo dez (10) diretrizes, como demonstra a Tabela 1, como base para que seus avaliadores tenham um padrão de referência, são feitas anotações individuais avaliando todos os componentes do sistema, no que refere-se à usabilidade. Todos os pontos que ferem algum dos itens da lista são anotados para posterior discussão sobre em que grau de severidade este problema afeta o uso do sistema.

Tabela 1 - Lista contendo as 10 Heurísticas propostas por (NIELSEN, 1994) para avaliação de usabilidade

Nº	Heurística	Descrição
1	Visibilidade de Status do Sistema	Identificar o estado atual do sistema ao efetuar ações para que o usuário possa saber o que está acontecendo

---

2	Relacionamento entre a interface do sistema e o mundo real	A interface precisa estar contextualizada com o domínio de comunicação que o usuário alvo possui
3	Liberdade e controle do usuário	O usuário deve se sentir no comando podendo desfazer e cancelar ações indesejadas ou retornar facilmente a um estado anterior
4	Consistência e Padronização	Indicar ações iguais de maneira igual e utilizar o mesmo tipo de linguagem através de toda a interface para facilitar aprendizagem
5	Prevenção de erros	Ações definitivas (de deletar ou enviar de dados) devem ser acompanhadas por avisos claros e possibilidade de cancelamento
6	Reconhecimento no lugar de lembrança	Utilizar símbolos contextualizados e em lugares coerentes para que o usuário não precise lembrar o que cada área ou função do sistema executa
7	Flexibilidade e eficiência de uso	O sistema precisa ser fácil para usuários leigos, mas flexível o bastante para se tornar ágil aos usuários avançados
8	Estética e design minimalista	Textos e design simples, diretos e de acordo com a necessidade apenas
9	Ajudar usuários a reconhecer, diagnosticar e resolver erros	As mensagens de erro devem ser claras quanto ao que ocorreu indicando uma saída ou solução construtiva
10	Ajuda e documentação	Quando necessária, a documentação de ajuda deve ser encontrada facilmente, com linguagem simples e indicação clara dos passos para realizar as tarefas necessárias

---

Fonte: (NIELSEN, 1994)

## 2.5 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

No início do desenvolvimento deste trabalho, a pesquisa concentrou-se em obter os conceitos básicos relacionados à Interação Humano Computador e as heurísticas de usabilidade

propostas por Nielsen (NIELSEN, 1994), além de investigar o estado da arte a fim de relacionar tópicos de interesse com base na busca e leitura de artigos científicos publicados em anais de eventos. Dentro do contexto de "Avaliação de Heurísticas para tabletop", observou-se a ausência de pesquisa relacionadas ao contexto de tabletop e que muitos trabalhos estavam relacionados à avaliação e validação de heurísticas de usabilidade para smartphones e tablets. Com o objetivo de reunir estudos atuais sobre o tópico, foi desenvolvida uma Revisão Sistemática de Literatura, usando a abordagem Snowballing para encontrar desafios de pesquisa a serem explorados.

Define-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) como uma metodologia específica de pesquisa, que é desenvolvida com a finalidade de reunir e avaliar evidências sobre um determinado tópico de pesquisa, usando uma abordagem específica. De acordo com Wohlin (2014), a abordagem Snowballing é uma forma de desenvolver uma Revisão Sistemática Literária usando as citações, ou seja, a lista de referências de um artigo para identificar estudos adicionais naquele tema, de modo que possa ser desenvolvido um meio sistemático de observar onde estudos estão sendo referenciados e citados.

Essa metodologia foi utilizada a fim de responder às seguintes questões de pesquisa: (Q1) Quais são as heurísticas existentes para avaliar a usabilidade de dispositivos que permitem a interação por touchscreen? (Q2) Como as heurísticas estão sendo utilizadas para avaliar a usabilidade de dispositivos que permitem a interação por touchscreen? (Q3) Quais foram as metodologias para formalizar as heurísticas?.

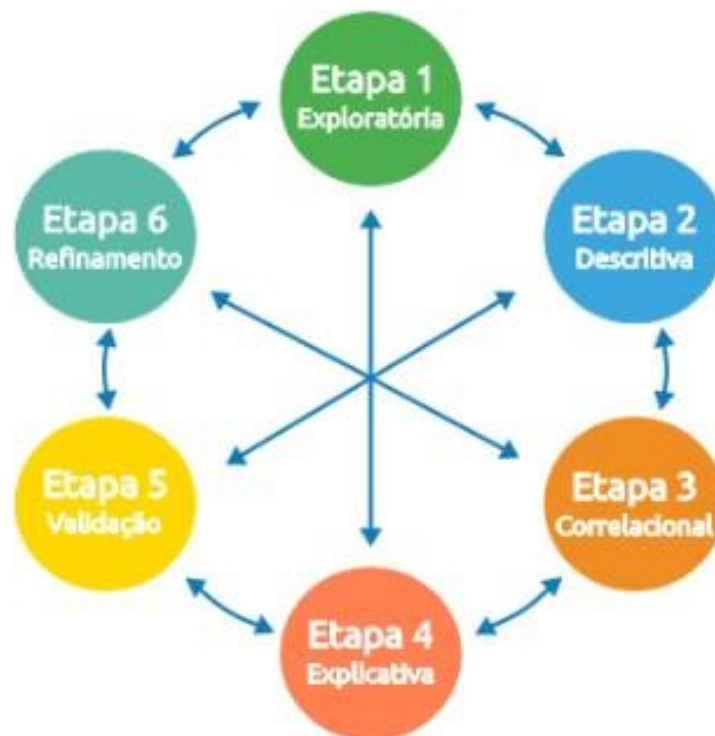
A revisão constatou vinte e três estudos publicados entre os anos 2008 e 2018, que respondiam às questões de pesquisa citadas no parágrafo anterior. Como o principal objetivo era relacionar os problemas de pesquisa, o resultado da Q3 identificou que os desafios de pesquisa mais citados foram que muitos trabalhos se concentram em desenvolver novas metodologias para adaptar e validar heurísticas mas, não relatam como essas metodologias foram elaboradas e quais foram os passos de execução.

Por meio de uma revisão sistemática foi possível analisar o progresso no desenvolvimento e uso das heurísticas de usabilidade, servindo como base para o estabelecer novas heurísticas e também para formalizar o processo de desenvolvimento das heurísticas de usabilidade voltadas para tabletop.

### 3 METODOLOGIA

A inspeção de usabilidade, bem como a avaliação de heurísticas, estão bem documentadas e muitas publicações descrevem o uso desses métodos [(CHUAN; SIVAJI; AHMAD, 2014), (TEHRANI; ZAINUDDIN; TAKAVAR, 2014), (CARVAJAL, 2012), (JOYCE; LILLEY, 2014), (MASIP; GRANOLLERS; OLIVA, 2011), (NETO; JOSÉ, 2013), (RUSU et al., 2011), (SALAZAR et al., 2012), (HUMAYOUN et al., 2017), (SHNEIDERMAN et al., 2016)]. Geralmente, a literatura concentra-se em descrever as vantagens e desvantagens dos métodos de avaliação de usabilidade, mas não detalham sobre como estes são desenvolvidos. Com a finalidade de investigar heurísticas e adaptações de heurísticas apresentadas por outros autores para diferentes tipos de dispositivos, características e formas de interação com tabletops, foi utilizada uma metodologia em 6 etapas, inspirada na metodologia proposta por (RUSU et al., 2011). Segundo o autor, a metodologia auxilia desde a pesquisa até o teste de novas heurísticas e/ou adaptações, bem como, se necessário, o desenvolvimento de listas de verificações de usabilidade associadas. Na Figura 3 é possível visualizar as etapas da metodologia aplicada.

Figura 3 - Metodologia adotada, adaptada de (RUSU et al., 2011)



Fonte: Adaptada pelo Autor

Etapa 1 - Exploratória: consiste em reunir bibliografias com os principais temas relacionados à pesquisa, tais como: aplicações específicas, suas características, heurísticas de usabilidade (se houver) geral e/ou relacionada.



Etapa 2 - Descritiva: visa destacar as características mais importantes das informações previamente reunidas, com a finalidade de formalizar os principais conceitos associados com a pesquisa.

Etapa 3 - Correlacional: tem como objetivo identificar as características que as heurísticas de usabilidade devem ter para aplicações específicas, com base em heurísticas tradicionais e análise de estudos de caso.

Etapa 4 - Explicativa: visa especificar formalmente o conjunto de heurísticas proposto. Sendo assim, na Etapa 1 são exploradas as aplicações específicas que requerem novas heurísticas de usabilidade.

Etapa 5 - Validação: a validação é realizada com base nas heurísticas propostas por meio de avaliação das heurísticas realizadas em estudos de casos com usuários.

Etapa 6 - Refinamento: a etapa do refinamento é realizada com base no feedback obtido na Etapa 5, etapa de validação.

Na Etapa 2 é reavaliado o significado de usabilidade e as suas características no contexto das aplicações pesquisadas. Se a literatura não proporciona heurísticas específicas relacionadas com usabilidade, as 10 heurísticas de (NIELSEN, 1994) são utilizadas como base na Etapa 3.

Na Etapa 4 é utilizado um modelo padrão pré-definido, constituído por sete itens, sendo que todos podem ser definidos em caso de formalização de novas heurísticas e/ou um ou alguns definidos em caso de adaptações.

Na adaptação, há a possibilidade de alterar um ou mais itens dependendo da necessidade de adaptação, por exemplo, alterar o exemplo de uma heurística para ficar mais coerente com um determinado contexto. As heurísticas são definidas usando os seguintes atributos:

- ID, Nome e Definição: identificador da heurística, nome e a sua definição.
- Explicação: explicar detalhadamente a heurística.
- Exemplos: citar exemplos de violação e conformidade da heurística.
- Benefícios: listar os benefícios esperados, quando a heurística é atendida.
- Problemas: descrever problemas projetados de incompreensão da heurística.

Ressalta-se que as etapas são numeradas indicando uma ordem de execução, mas existe a possibilidade da ordem ser alterada, por isso o relacionamento entre elas está apresentado na Figura 3 por meio de várias flechas entre si. Por exemplo, ao destacar as características importantes na Etapa 2, pode-se observar a necessidade de buscar por mais trabalhos

relacionados (Etapa 1); ou ao observar um estudo de caso (Etapa 3), identifica-se a necessidade de investigar novos conceitos relacionados a este estudo (Etapa 1); ou na Etapa 6, após o refinamento, pode ser necessário de uma nova validação (Etapa 5), tendo a possibilidade de ir pra qualquer outra etapa.

## 4 ELABORAÇÃO DE HEURÍSTICAS PARA TABLETOPS

Esse trabalho visa definir heurísticas para serem utilizadas desde o planejamento até a avaliação de sistemas para dispositivos do tipo tabletops. O contexto do sistema, apresentado neste trabalho, está relacionado com fins educacionais voltados para dispositivos tabletop, dispositivos de grande escala, auxiliando usuários no ensino/aprendizagem e proporcionando-os uma melhor experiência do usuário.

A seguir, são descritas as atividades realizadas em cada uma das etapas propostas na metodologia. A seção abaixo, descreve o levantamento bibliográfico no qual reúne trabalhos que relatam avaliações e adaptação de heurísticas de usabilidade e trabalhos relacionados a tabletops.

### 4.1 ETAPA 1 - EXPLORATÓRIA

#### 4.1.1 Dispositivos Tabletop

Neste trabalho, definimos tabletops como dispositivos computacionais com uma superfície multitoque integrada (um sensor multi-touch). Este sensor pode ser conectado ao monitor do computador, mas em alguns casos, não é necessário, pois o sensor já está acoplado ao monitor, por exemplo. Vários dispositivos se enquadram nessa definição como, smartphones, tablets interativos, notebooks e desktops multitouch. Tabletops são subtipos de telas interativas, bem semelhante a um dispositivo tablet. Embora ambos tenham um aspecto tecnológico parecido, o tablet é um dispositivo de menor escala, comparando a uma tabletop que é uma mesa interativa. A tabletop dificulta a mobilidade do usuário, pois só pode ser utilizada na horizontal e fixada em um ponto específico, ou seja, o usuário não consegue manusear a tabletop como um tablet.

#### 4.1.2 Adaptação das heurísticas de Nielsen

As heurísticas de Nielsen (1994) não são o único conjunto de diretrizes para avaliar o design e a usabilidade de interfaces. Com base nelas, outros pesquisadores elaboraram seus próprios conjuntos de heurísticas. A seguir são apresentadas adaptações de heurísticas feitas por diversos autores.

Shneiderman (2016) propôs um conjunto de 8 heurísticas (H) que podem ser reconhecidas em várias diretrizes de interface do usuário, podendo ser utilizada em quaisquer tipos de tecnologias interativas.

As heurísticas são: (H1) ofereça retorno informativo, (H2) cuide da usabilidade universal, (H3) suporte de controle interno, (H4) esforço e consistência, (H5) previna erros, (H6) reduza a carga da memória de curto prazo, (H7) projete os diálogos; (H8) permita fácil reversão de ações; e alguns pontos-chaves que devem ser evitados durante o projeto, derivadas da sua experiência, e aplicável na grande maioria dos sistemas interativos após serem devidamente refinados, estendidos e interpretados, notando uma grande semelhança entre este conjunto e o conjuntos elaborado por (NIELSEN, 1994).

Neto e José (2013) aborda a necessidade de avaliar as interfaces de dispositivos móveis, por isso, investigou o uso de heurísticas para avaliar interfaces tanto para smartphone, quanto para tablet. Por meio de técnicas como brainstorming, observação de uso dos sistemas e avaliações heurísticas, o mesmo identificou que as heurísticas de Nielsen não apontam de forma objetiva as especificidades de um contexto mais particular, como é o caso dos dispositivos móveis, pois dependem da experiência e conhecimento do avaliador para identificar alguns erros nestes dispositivos (NIELSEN, 1994).

Desta forma, eles propõe um novo conjunto de heurísticas para uma melhor avaliação dos sistemas nos dispositivos móveis. O conjunto proposto por Neto e José (2013) contém 11 heurísticas (H), que são: (H1) bom aproveitamento do espaço de tela, (H2) consistência e padrões de interface, (H3) visibilidade e acesso fácil a toda informação existente, (H4) adequação entre o componente e sua funcionalidade, (H5) adequação de mensagem à funcionalidade e ao usuário, (H6) prevenção de erros e retomada rápida ao último estado estável, (H7) facilidade de entrada de dados, (H8) facilidade de acesso às funcionalidades, (H9) feedback imediato e fácil de ser notado, (H10) ajuda e documentação e (H11) minimização da carga de memória do usuário. O autor utilizou como base as heurísticas elaboradas por (NIELSEN, 1994), fazendo modificações sutis para o seu contexto, mantendo algumas e criando outras heurísticas.

Para validar e verificar a eficiência do novo conjunto de heurísticas, os autores realizaram uma comparação com o conjunto proposto e as heurísticas de (NIELSEN, 1994) em um caso de teste utilizando um dispositivo móvel. Nessa validação, um grupo de avaliadores utilizou somente as heurísticas propostas pelo autor, outro grupo utilizou as heurísticas propostas por (NIELSEN, 1994). Como resultado, foi encontrado um número relativamente maior de problemas de usabilidade utilizando as heurísticas para dispositivos móveis touchscreen. No entanto, o autor destaca que ainda é preciso realizar mais experimentos para validação dos resultados. O autor destaca que embora o nome das heurísticas seja bastante semelhante com as heurísticas tradicionais, suas definições são significativamente diferentes.

D'Carlo, Barbosa e Oliveira (2017) apresentaram um conjunto de heurísticas específicas

para avaliar a usabilidade de dispositivos móveis educacionais. Os autores descrevem que sua proposta difere das demais, pelo fato de apresentar um conjunto de heurísticas específicas para avaliar e caracterizar a usabilidade de aplicativos móveis educacionais. O conjunto de heurísticas proposto pode ser utilizado tanto para avaliar aplicativos já desenvolvidos quanto os que estão em fase de desenvolvimento.

O conjunto contém um total de 14 heurísticas, sendo que 7 delas foram adaptadas, 6 novas heurísticas foram criadas e apenas uma heurística foi reutilizada. Para cada, foi denominado um código/nome, descrição e origem. A origem foi separada em três grupos: (1) Heurística Nova (HN): representa heurísticas criadas para o contexto de aplicativos educacionais; (2) Heurística Adaptada (HA): representa heurísticas genéricas adaptadas pelos autores para o contexto educacional; (3) Heurística Reutilizada (HR): estabelece que a heurística não foi alterada. As heurísticas são: (1) consistência e bom aproveitamento do espaço da tela (HA); (2) disponibilidade e portabilidade (HN); (3) facilidade de acesso às funcionalidades (HA); (4) resposta imediata e visibilidade (HA); (5) adequação de mensagem à funcionalidade e ao usuário (HA); (6) prevenção de erros e recuperação rápida ao último estado estável (HA); (7) aprendizado orientado a um objetivo (HN); (8) aprendizagem e recordação no processo de interação (HN); (9) controle de aprendizado e flexibilidade (HA); (10) disponibilizar diferentes experimentações de aprendizado, incluindo erros (HN); (11) aprendizado cooperativo/colaborativo (HN); (12) motivação (HA); (13) consolidação de novos aprendizados (HN); (14) ajuda e documentação (HR). A avaliação do conjunto proposto foi elaborada com a ajuda de especialistas da área e usuários. Os autores concluíram que foi possível evidenciar a eficácia e eficiência das heurísticas propostas avaliação da usabilidade de aplicativos sob o domínio educacional.

Humayoun et al. (2017) elaboraram um conjunto de 15 heurísticas para avaliação de gestos multi-touch em aplicativos móveis, destas 14 foram retiradas de heurísticas propostas por outros pesquisadores. Contudo, essas heurísticas foram adaptadas para avaliar gestos multi-touch em aplicativos móveis. As 15 heurísticas (H) são: (H1) visibilidade de estado do sistema, (H2) correspondência entre o sistema e o comportamento do mundo real, (H3) navegação e controle do usuário, (H4) consistência e padrões, (H5) gerenciamento de erros, (H6) permitir opções e atalhos de configuração, (H7) estética e design minimalista, (H8) ajuda e documentação, (H9) facilidade de utilização, (H10) apreensibilidade, (H11) carga cognitiva, (H12) fadiga, (H13) reconhecimento em vez de lembrar, (H14) não omitir informações do usuário e (H15) orientação de tela.

Como forma de avaliar as heurísticas propostas (HUMAYOUN et al., 2017), foram selecionadas 11 heurísticas para aplicativos móveis de (JOYCE; LILLEY, 2014), para comparar

com o conjunto proposto por Humayoun et al, (2017), investigando quantos problemas de usabilidade, que estão relacionados aos gestos multi-touch, podem ser encontrados ao usar ambos os conjuntos de heurísticas. As heurísticas (H) especificadas por (JOYCE; LILLEY, 2014) são: (H1) use mensagem de boas-vindas para novos usuários, (H2) forneça notificação imediata do status do aplicativo, (H3) crie ícones intuitivos, (H4) Permita opções de configuração e atalhos, (H5) use um tema e termos consistentes, bem como convenções e padrões familiares ao usuário, (H6) evite erros sempre que possível, (H7) facilite a entrada de dados sem esforço, (H8) projetar um caminho flexível e claro para a conclusão da tarefa, (H9) Empregue uma interface simples, focada, visualmente agradável e intuitiva, (H10) atender a diversos ambientes móveis, (H11) faça bom uso de sensores. Em um estudo de avaliação preliminar, cinco avaliadores participantes conseguiram descobrir mais problemas de usabilidade usando heurísticas propostas por (HUMAYOUN et al., 2017) em comparação com as heurísticas para aplicativos móveis propostas por (JOYCE; LILLEY, 2014).

Já Masip *et al.* (2011) mostraram a necessidade de adaptar heurísticas a sistemas interativos, porque a maioria das heurísticas não satisfazem os recursos de usabilidade de sistemas interativos ou porque as heurísticas definidas até agora não levam em consideração todas as partes de novas interfaces interativas. Ao todo, os autores perceberam que as heurísticas de (NIELSEN, 1994) não cobrem todas as características de usabilidade em algumas interfaces interativas, como assistentes virtuais e quiosques públicos. Consequentemente, as heurísticas não são o suficiente para avaliar sistemas interativos que são diferentes de websites. Sendo assim, analisaram por um longo período os recursos e definições de heurísticas de usabilidade, detectando dezesseis categorias distintas. Contudo, essas dezesseis categorias não são o suficiente para avaliar todas as características de sistemas interativos. Através de um experimento de avaliação heurística, foi realizada uma comparação entre as heurísticas, apresentando por meio de resultados qualitativos.

Chuan e colaboradores (2014) relatam que as heurísticas de usabilidade usadas para testes em geral, formalizadas por (NIELSEN, 1994), não podem ser adequadas para avaliar o vocabulário de gestos da interação tradicional, encontrada em dispositivos touchscreen. O objetivo deste estudo foi criar um conjunto de heurísticas específicas que complementam as heurísticas gerais de usabilidade existentes. Para isso, foi realizada uma revisão literária sobre a interação gestual e testes de usabilidade, buscando por heurísticas que avaliam os gestos durante a interação com o dispositivo. A partir da revisão literária, foram propostas 4 novas heurísticas específicas para interação gestual. As heurísticas são: (H1) Aprendizagem por gestos, (H2) Carga cognitiva por gestos, (H3) Adaptabilidade ao gesto e (H4) Ergonomia de gestos. O estudo reuniu seis modelos de heurísticas de usabilidade para criar as heurísticas propostas.

(TEHRANI; ZAINUDDIN; TAKAVAR, 2014) desenvolveram um protótipo que foi avaliado por seis especialistas, sendo que os dados da avaliação foram recolhidos a partir de um questionário chamado Heuristic Evaluation Questionnaire (HEQ), pelo autor. Este questionário foi dividido em 10 itens principais, inspirados nas 10 heurísticas de (NIELSEN, 1994), como: (1) visibilidade do estado do sistema; (2) relacionamento entre sistema e o mundo real; (3) controle do usuário e liberdade; (4) consistência e padrões para ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros; (5) prevenção de erros; (6) reconhecimento em vez de recall; (7) flexibilidade e design minimalista (8) estética e design minimalista (10) ajuda e documentação. Para cada item, foram elaboradas algumas questões específicas como: (1) Visibilidade do Estado do Sistema: a) O status de um ícone é claramente indicado? b) Cada exibição começa com um título ou cabeçalho que descreve o conteúdo da tela? c) Um ícone selecionado é claramente visível quando cercado por ícones não selecionados? d) Existe um esquema consistente de design de ícones em todo o aplicativo? (3) Controle do Usuário e Liberdade: a) Eu posso voltar facilmente a um menu anterior? b) Eu posso avançar e voltar entre campos ou opções de caixa de diálogo? c) Eu posso reverter facilmente suas ações?.

Cada especialista respondeu às questões baseadas em checklist. Para validar os estudos com relação às avaliações das heurísticas de usabilidade, foram escolhidos usuários leigos e também especialistas da área. O objetivo da escolha de dois conjuntos de avaliadores foi tentar encontrar mais problemas de usabilidade do que se fosse avaliado apenas por um grupo de avaliadores, porque nem todos os usuários possuem o mesmo conhecimento do que um especialista da área. Além disso, é possível identificar os pontos fortes e fracos das heurísticas.

(RUSU et al., 2011) propõem um conjunto de 12 heurísticas de usabilidade para avaliar aplicações de Grid Computing. Grid Computing é uma tecnologia de computação distribuída que é baseada no compartilhamento de diferentes tipos de recursos computacionais. As 12 novas heurísticas propostas pelos autores foram agrupadas em 3 categorias, que são: (1) Design e Estética, (2) Navegação e (3) Erros e Ajuda. As heurísticas são apresentadas por cada grupo. As heurísticas do Grupo 1 são: (H1) - clareza: a interface da aplicação deve ser de fácil compreensão; (H2) - metáforas: a aplicação deve usar metáforas apropriadas, tornando as possíveis ações de fácil compreensão, por meio de imagens e objetos familiares; (H3) - simplicidade: fornecer as informações necessárias para concluir uma tarefa de maneira clara e objetiva; (H4) - comentários: a aplicação Grid Computing deve manter os usuários informados sobre o andamento dos trabalhos de uma forma detalhada; (H5) - consistência: consiste na utilização de linguagens e conceitos. A forma da entrada de dados e de visualização dos resultados deve ser consistente. As heurísticas do Grupo 2 são: (H6) - atalhos: fornecer atalhos, abreviaturas ou linhas de comando para usuários mais experientes; (H7) - baixa carga de

memória: manter os comandos principais sempre disponíveis; (H8) - explorabilidade: minimizar a navegação e fornecer maneiras fáceis, claras e naturais para executar as tarefas; (H9) - controle sobre as ações: fornece maneiras de cancelar uma tarefa em execução ou processo, permitindo desfazer ou alterar as ações. As heurísticas do Grupo 3 são: (H10) - prevenção de erros: impedir que os usuários realizem ações que possam causar erros, evitando confusões durante o uso; (H11) - recuperando-se de erros: fornecer mensagens claras, indicando o erro esperado, causa e a solução de erros; (H12) - ajuda e documentação: fornecer uma documentação de fácil compreensão e completa para ajudar todos os tipos de usuários - experientes ou novatos.

Com a finalidade de adaptar e buscar reduzir problemas de usabilidade, o GQS (Grupo de Qualidade de Software da Universidade Federal de Santa Catarina (GQS/INSCoD/UFSC), elaborou um conjunto de heurísticas de usabilidade – a partir das 10 heurísticas de (NIELSEN, 1994) - e um checklist para avaliar a usabilidade de sistemas em celulares touchscreen (MATCH, 2017), (SALAZAR et al., 2012). Esse checklist possui, para cada questão três opções de resposta: Sim, Não e Não se aplica. O mesmo, foi validado através de um estudo empírico no qual foram verificados os resultados de 247 avaliações de heurísticas em aplicativos usando o checklist.

Ao analisar os trabalhos citados nesta seção, observou-se que as heurísticas têm potencial para serem aplicadas no contexto de tabletop. Contudo, para que esta aplicação fosse efetiva, a experiência do desenvolvedor seria importante, pois teria que entender e considerar as heurísticas que são descritas para outros dispositivos para tomar as decisões de design em tabletop, por isso, a possibilidade de adaptar as heurísticas foi escolhida, pois dessa forma, haveria a possibilidade de contextualizá-las, com informações específicas deste dispositivo para auxiliar desde o planejamento até os testes de sistemas. Logo, pelo fato de não identificar heurísticas específicas para o contexto da tabletop, obteve-se a necessidade de investigar trabalhos que relatam sobre o design de sistemas para este dispositivo, com o propósito de reunir informações e experiências.

#### **4.1.3 Design da Tabletop**

Trabalhos relacionados a design de interfaces de tabletops também foram explorados na Etapa 1 deste trabalho. A seguir uma breve descrição destes.

O GIS é uma plataforma tabletop que utiliza Sistemas de Informação Geográfica (YANG et al., 2014). O autor relata uma dificuldade na adequação da interface para realizar interações mais complexas, limitando a eficiência e a colaboração dos usuários. Contudo, foi realizada



uma análise dos requisitos a partir do ponto de vista da semântica operacional referindo-se à interação dos usuários a partir de sequências de operações, que resultaram em um modelo de gerenciamento de interfaces de usuários.

A partir desse modelo, foi criado um novo conjunto de interfaces direcionadas ao GIS, melhorando a usabilidade com ênfase na colaboração e na interação dos usuários. Com o intuito de estabelecer uma colaboração entre os usuários, foram definidos quatro tipos de interação, que são: global, colaborativa, pessoal e compartilhada. A operação global afetará o estado geral da exibição; na colaborativa, os usuários devem solicitar a colaboração da mesa ao usuário atual, não causando alteração na exibição global; a operação pessoal, um único estado é mantido; já na operação compartilhada, todos os usuários podem realizar operações ao mesmo tempo.

O trabalho colaborativo pode, por exemplo, facilitar o diagnóstico por imagem de um time de médicos em um único local, tendo em vista que vários usuários podem utilizar a tabletop ao mesmo tempo (MADNI et al., 2016). Foi realizado um estudo de usabilidade sobre as diferentes técnicas de orientação: manual, que trabalha com a orientação independente do conteúdo digital, possibilitando que o usuário tenha uma liberdade para selecionar e manipular as imagens desejadas; e a orientação global, que trabalha com um conjunto de imagens na mesma tela (simultaneamente) possibilitando que todas as imagens necessárias e as informações de texto possam ser apresentadas. Essa técnica também está associada aos mesmos controles interativos mencionados acima para a técnica de orientação manual.

Uma diferença entre as técnicas é que a manual possibilita a manipulação das imagens dinamicamente, facilitando a interação do usuário, e a global é restrita a esse tipo de operação. O autor relata que a orientação manual oferece uma melhor usabilidade do que a técnica global para orientar as imagens, dando a oportunidade para selecionar e manipular as imagens desejadas. Entretanto, a técnica de orientação global, facilita a manipulação de todo espaço de trabalho até mesmo, as imagens não desejadas.

Já Bortolaso e colaboradores (2013) apresentam uma aplicação de tabletop com um ambiente multi-display apoiando militares em treinamentos baseados em simulação. Considera-se que Ormis é uma das poucas aplicações tabletop para práticas de apoio e análise colaborativa, planejamento e interação, permitindo que pequenos grupos de usuários possam discutir, analisar e desenvolver estratégias utilizando mapas digitais. Ormis foi planejada utilizando um processo iterativo envolvendo observação de campo e testes com peritos da área.

A ideia-chave de design era de que esse processo era necessário para resolver a tensão entre simplicidade e funcionalidade, onde houve a necessidade de identificar e disponibilizar os recursos realmente necessários, mantendo a interface mais simples possível, e considerando que a colaboração em torno de mapas não pode ser adequadamente resolvida com uma única

forma de zoom.

Ainda assim, a tabletop compartilhada não é suficiente para apoiar as atividades onde usuários precisam visualizar diferentes partes do mapa em diferentes níveis de detalhe. Para melhorar estes requisitos, foi implementado um conjunto de técnicas de interação, cada uma adaptada a diferentes situações: o mapa principal - proporciona um espaço compartilhado para diversos usuários; lentes bifocais - proporcionam áreas circulares, que pode ser ampliada de forma independente do próprio mapa; viewports - fornecem uma área retangular que pode ser deslocada e ampliada independentemente do mapa principal; tablets - proporcionam janelas de exibição no mapa compartilhado que são exibidas num dispositivo portátil separado. Ormis foi projetado para substituir simulações em PC's, facilitando a aprendizagem e o trabalho colaborativo entre os usuários. Ormis foi avaliado por especialistas no domínio e por candidatos a oficial em uma universidade militar.

Tabela 2 - Comparação entre as características para interface tabletop

[Yang et al. 2014]	[Bortolaso et al. 2013]	[Mandini et al. 2016]
Características	Características	Características
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Interação simultânea e colaborativa</li> <li>● Utiliza uma mesa interativa Samsung SUR40</li> <li>● Blocos podem ser orientados dinamicamente</li> <li>● Possui menu radial</li> <li>● Pode ser utilizada em vários dispositivos simultaneamente</li> <li>● Trabalha com informações geográficas em diferentes ângulos e dimensões</li> <li>● Possibilita desenhar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Espaço compartilhado para diversos usuários</li> <li>● Possui uma tabletop 2D de 55 polegadas</li> <li>● Entradas multi-touch</li> <li>● Lentes Bifocais (Zoom)</li> <li>● Planejamento de rotas desenhando poli linhas (waypoint)</li> <li>● Pode ser utilizada em vários dispositivos simultaneamente</li> <li>● Utiliza cartas geográficas</li> <li>● Permite localizações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Manipulação de conteúdo digital e imagens</li> <li>● Utiliza uma mesa interativa Samsung SUR40</li> <li>● Espaço colaborativo</li> <li>● Visualização de informações 2D/3D</li> <li>● Interação multi-touch, objetos tangíveis, canetas ou mouse.</li> <li>● Possibilitar dar zoom nos objetos</li> <li>● Resolução de 1920x1080</li> <li>● Dimensões de 43.1 x</li> </ul>

áreas, linhas, medir  
ângulos e distância

futuras e passadas,  
linha de rastreio,  
visibilidade e alcance  
de uma unidade  
militar,

27.8 polegadas.

- Área touchscreen em uma tela de 40 polegadas

Fonte: Autor

## 4.2 ETAPA 2 - DESCRITIVA

Nesta etapa, foi realizada uma verificação das propostas encontradas nos trabalhos relacionados com adaptação de heurísticas de usabilidade, identificadas na etapa anterior e, comparou-se entre heurísticas propostas e as heurísticas elaboradas por Nielsen de forma parcial ou total, ou mesmo apresentando alguma inovação em relação às propostas de Nielsen. Com base nas comparações realizadas, houve a necessidade de identificar quais heurísticas seriam utilizadas para avaliar a tabletop e também uma possível adaptação das heurísticas.

### 4.2.1 Comparação entre as Heurísticas Identificadas

Conforme pode se observar na Tabela 3, todos trabalhos possuem suas heurísticas, que os diferem uns dos outros. Cada trabalho está especificado pela letra H (Heurística) seguida do número de cada heurística, se referindo ao trabalho relacionado na seção anterior.

Tabela 3 - Comparação entre as Heurísticas

Heurística de Nielsen	[A1]	[A2]	[A3]	[A4]	[A5]	[A6]	[A7]	[A8]
Visibilidade de Status do Sistema	(H1)	(H4)	(H2)	(H4)	(H1)	(H1)	(H9)	(H1)
Relacionamento entre a interface do sistema e o mundo real	(H2)	(H1)	-----	(H5)	(H2)	(H3)	(H5)	(H2)
Liberdade e controle do	(H3)	(H8)	-----	-----	(H3)	(H4)	(H8)	(H3)

usuário	(H9)	-----						(H6)
Consistência e Padronização	(H4)	(H5)	(H3)	(H1)	(H4)	(H5)	(H2)	(H4)
Prevenção de erros	(H5)	(H10)	-----	(H6)	(H5)	(H6)	(H6)	(H5)
Reconhecimento no lugar de lembrança	(H6)	(H7)	(H1)	(H8)	(H6)	-----	(H11)	(H11)
								(H13)
Flexibilidade e eficiência de uso	(H7)	(H6)	(H4)	(H3)	(H7)	(H7)	(H7)	(H9)
				(H9)		(H8)	(H1)	(H10)
Estética e design minimalista	(H8)	(H3)		-----	-----	(H9)	-----	(H7)
Ajudar usuários a reconhecer, diagnosticar e resolver erros	(H9)	(H11)		(H10)	(H8)	-----	(H4)	(H13)
Ajuda e documentação	(H10)	(H12)	-----	(H14)	-----	-----	(H10)	(H8)
-----	(H11)	-----	-----	(H11)	-----	(H11)	-----	-----
-----	-----	-----	-----	(H13)	-----	(H11)	-----	-----
-----	-----	-----	-----	(H2)	-----	-----	-----	(H12)
-----	-----	-----	-----	(H7)	-----	-----	-----	(H14)
-----	-----	-----	-----	(H12)	-----	-----	-----	(H15)

Legenda: Autores - [A1] INOSTROZA *et al.*; [A2] RUSU, C. TAPIA *et al.*; [A3] CHUAN *et al.*; [A4] D'CARLO *et al.*; [A5] SHNEIDERMAN, B; PLAISANT, C; [A6] JOYCE, G; LYLLEY, M; [A7] NETO, M; JOSÉ, O [A8] HUMAYOUN, S. R;

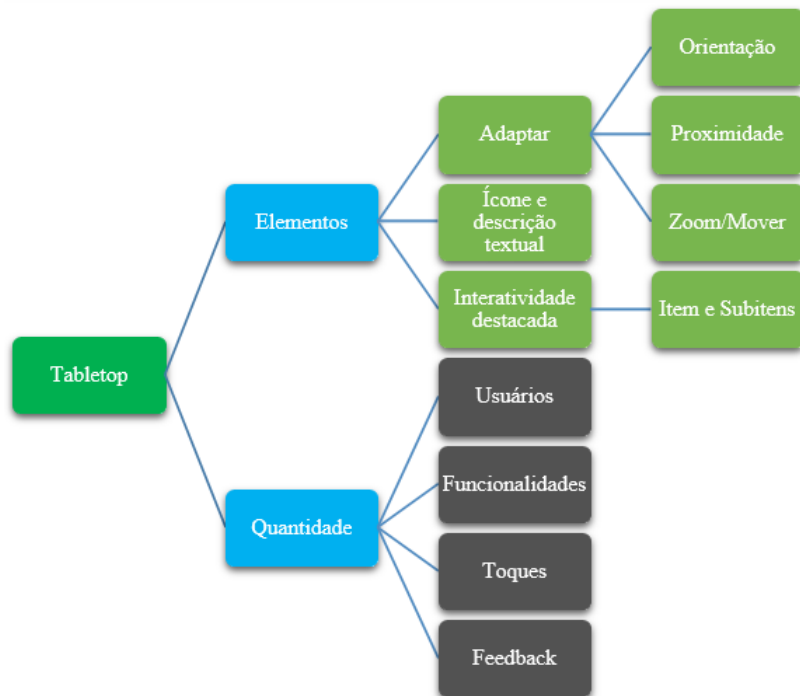
Fonte: Autor

A partir da Tabela 3 houve a necessidade de identificar quais heurísticas seriam utilizadas para avaliar a tabletop descrita neste trabalho, e optou-se por usar como base os trabalhos relacionados na tabela acima.

#### 4.2.2 Design de Sistemas Educacionais na Tabletop

Por ser um dispositivo de grandes dimensões e pensando na contribuição e auxílio para o desenvolvimento do design para tabletop e, a partir dos trabalhos relacionados, foi possível identificadas importantes características para o design em tabletop. Com base nessas informações, foi pensando em algumas características para facilitar o desenvolvimento da interface e a interação dos usuários. Na Figura 4 são descritas algumas características observadas.

Figura 4 - Características para apoiar o desenvolvimento do design para tabletop



Fonte: Autor

- a) Proximidade: todos elementos e opções de interação devem estar próximas ao usuário;
- b) Orientação: a interação da tabletop foi definida por meio de uma variante que determina a posição de entrada do usuário, a direção da disposição dos menus, fazendo com que a interface adapte-se à ele. Assim, o sentido de visualização dos elementos da interface sempre estará voltado para o usuário. Ou seja, toda ação realizada pelo usuário deve se voltar posicionada para ele e também ficar o mais próximo do seu alcance evitando que o elemento fique na posição oposta;
- c) Interatividade Destacada: elementos interativos devem estar claramente distintos dos demais. Indicar se um item tem subitens;
- d) Feedback: indicar se uma opção foi selecionada e quais opções podem ser utilizadas a partir de uma selecionada;
- e) Ícone e Descrição Textual: Cada item do menu deve possuir seu ícone e sua descrição textual de maneiras que o usuário possa identificar de maneira clara que o ícone e a descrição

representam o determinado item.

- f) Quantidade de Pessoas: Verificar o número de usuários que possam interagir ao mesmo tempo.
- g) com a interface, evitando que um usuário interfira na interação do outro.
- h) Multi-toque: Possibilidade de realizar mais de um toque na interface sem que modifique o estado/ação.
- i) Funcionalidades: Verificar a possibilidade de utilizar mais do que uma função ao mesmo tempo. Por exemplo: Abrir dois menus ao mesmo tempo.

### ETAPA 3 – CORRELACIONAL

Esta seção apresenta o projeto no qual foi utilizado para o desenvolvimento deste trabalho, descrição da tabletop no contexto do simulador virtual tático e uma observação de casos de uso com usuários.

#### 4.2.3 O Projeto SIS-ASTROS

O Projeto SIS-ASTROS é um projeto desenvolvido pela UFSM em parceria com o Exército Brasileiro (EB), que teve início no ano de 2014 e tem previsão de conclusão em 2019. É coordenado pela Profa. Dra. Lisandra Manzoni Fontoura, e tem o Prof. Dr. Mateus Beck Rutzig como coordenador técnico. O Programa Estratégico ASTROS 2020 (PrgEE ASTROS 2020) tem como objetivo modernizar a tecnologia de lançamento de foguetes existente (veículos lançadores, de planejamento e apoio, entre outros), dispor de sistema de Lançamento de Mísseis Táticos de Cruzeiro e munições guiadas de precisão e a implantação do Forte Santa Bárbara em Formosa, GO (UFSM, 2014).

O Simulador Virtual Tático tem como objetivo possibilitar o ensino de doutrinas militares relativas ao reconhecimento, escolha e ocupação de posição (REOP) de uma bateria de mísseis e foguetes para comandantes em todos os níveis de uma Bateria ASTROS. Este simulador será instalado no Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, no Forte Santa Bárbara, em Formosa – Goiás. Vale ressaltar que o Forte Santa Bárbara reúne todas as Unidades voltadas para o emprego de Mísseis e Foguetes do Exército Brasileiro.

A tabletop, descrita neste trabalho, é uma mesa digital sensível ao toque, elaborada a partir de TV de 84 polegadas e um sensor capacitivo, como pode ser visto na Figura 5. As interações dos usuários com o simulador são executadas a partir desse dispositivo, portanto é importante que a interação seja simples e intuitiva, possibilitando que os usuários se concentrem no aprendizado e no ensino da doutrina. O público-alvo são oficiais militares de diferentes

faixas etárias e níveis de conhecimento em computação.

Figura 5 - Mesa Tática 2D (Tabletop)



Fonte: Autor

No contexto da tabletop, um Simulador Virtual Tático é utilizado e é composto por: uma mesa tática 2D, na qual são executados os procedimentos táticos usando uma carta vetorial; um mosaico de telas verticais, denominado “Wall”, no qual são exibidas animações em 3D ilustrando as operações táticas realizadas na mesa; e uma estação de controle, denominada “Estação de Controle do Instrutor”, na qual são realizadas as configurações dos exercícios de treinamento. Sendo assim, o simulador virtual tático facilita o ensino e a aprendizagem dos instrutores, inovando nas técnicas de ensino.

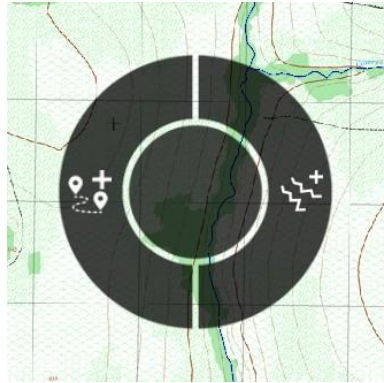
Este software possibilita a simulação de diferentes cenários de emprego de uma Bateria, a inserção de problemas militares simulados e a configuração de diferentes condicionantes de uma missão de tiro. Essas diferentes opções de configuração possibilitam adaptar o software às necessidades de treinamento de acordo com o público-alvo e o nível de conhecimento. A principal importância da tabletop é o apoio no ensino e planejamento tático onde, os militares utilizam grandes cartas topográficas sobre mesas com acetatos que mostram diferentes camadas para organizar os elementos da simulação.

No decorrer da implementação do simulador virtual tático, foram identificados inúmeros fatores que poderiam ser melhorados levando em consideração as heurísticas de usabilidade propostas por (NIELSEN, 1994) e a interação do usuário final com o simulador. O principal objetivo dessa etapa foi avaliar a qualidade da interface em termos de usabilidade, identificar problemas visando à melhoria e a adaptação das heurísticas para o contexto da tabletop.

Com base no estudo sobre técnicas e métodos de avaliação de interface e usabilidade, foi realizada uma observação com um grupo de 5 usuários. Enquanto os usuários interagem com o simulador, foram identificadas algumas dificuldades no decorrer da interação. A partir dessa observação, melhorias na interação foram propostas. Primeiramente, ao iniciar a interação, foram apresentados os menus e os elementos da interface.

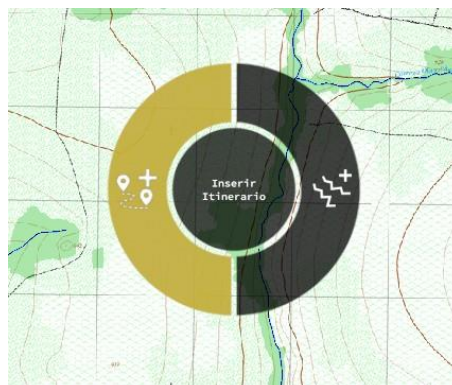
Caso 1: Na Figura 6 pode ser visualizado o menu com as suas respectivas opções. Durante a observação da interação dos usuários com o menu, ao selecionar uma das opções (Figura 7), os usuários ficaram um pouco confusos se a ação do menu era realizada na parte destacada ou se seria no meio do menu, no qual está descrito a opção selecionada.

Figura 6 – Menu com as opções



Fonte: Autor

Figura 7 - Menu com a opção selecionada e a sua descrição

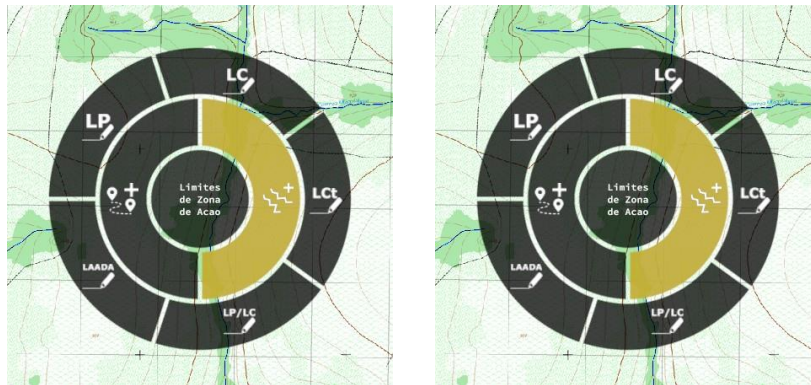


Fonte: Autor

Caso 2: Como o menu possui mais de um nível de opções, subitens (Figura 8), ao selecionar uma opção, seus subitens podem ser apresentados ao usuário. Primeiramente, o usuário não visualiza que alguma das opções do menu pode ter outros níveis com subitens, causando uma confusão na interação, sendo que algumas opções executam a ação e outras são expandidas para mais opções dos itens no menu.



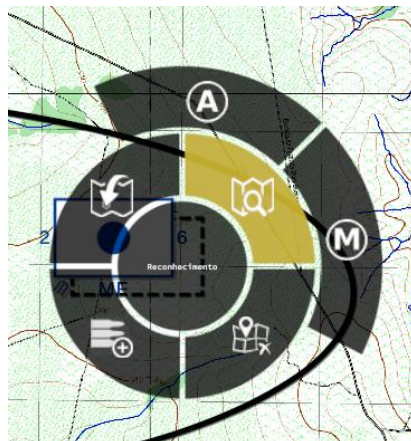
Figura 8 - Menu com subitens



Fonte: Autor

Caso 3: Outra questão é a sobreposição do menu nos elementos da interface, representada na Figura 7. Ao abrir o menu acima de outro elemento, o mesmo fica sobreposto, dificultando a visualização do elemento que está sendo sobreposto pelo menu.

Figura 9 - Sobreposição de elementos



Fonte: Autor

Caso 4: Os elementos apresentados para os usuários, na sua grande maioria são interativos, conforme a Figura 8. Ao observar alguns elementos, os usuários ficaram na dúvida se tinha alguma interação, opções de menu ou não.

Conforme os casos acima apresentados, houve a possibilidade de observar que algumas interações necessitam de adaptações para o contexto da tabletop. Caso 1: Uma possível modificação na questão dos itens do menu, na forma de apresentá-los, colocando a descrição do item do menu próximo do ícone, facilitando a visualização da opção selecionada de maneira que não ocorra a confusão do ícone com a sua descrição, pois como foi observado, se o nome do ícone aparece em outro lugar, o usuário tende a pensar que é preciso clicar sobre o nome para confirmar a ação, sendo que o necessário é clicar sobre o ícone. Caso 2: Cada item do

menu pode conter subitens. Para isso, uma melhoria na interface poderia ser adaptada, inserindo algum indicativo no item que possui mais de um subitem, diferenciando dos demais. Caso 3 Neste caso, os usuários apresentaram algumas dificuldades com a sobreposição do menu nos elementos da interface, atrapalhando a visualização da mesma. A sugestão durante a observação foi de abrir o menu sempre ao lado do elemento, sem dificultar a visualização do mesmo. Caso 4: Neste caso, os elementos apresentados deixaram os usuários sem identificar se existe alguma interação com o elemento. A sugestão foi criar algum indicativo, destaque para o elemento, indicando que é interativo, que possui alguma ação.

Esta etapa foi de suma importância pelo fato de ainda não ter heurísticas desenvolvidas para o contexto da tabletop e por meio da observação e feedback dos usuários, buscou-se formular e adaptar heurísticas.

#### 4.3 ETAPA 4 - EXPLICATIVA

A Etapa 4, após obter o feedback dos usuários na observação realizada na etapa descrita anteriormente, foi possível adaptar um checklist no contexto da tabletop, proposto por (MATCH, 2017) e (SALAZAR et al., 2012) para facilitar a avaliação das heurísticas. As heurísticas, descritas no checklist, são associadas a perguntas usadas para sua avaliação. A Tabela 4 apresenta algumas heurísticas adaptadas para o contexto da tabletop.

Tabela 4 - Checklist adaptado para o contexto da Tabletop

<b>Heurísticas</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não se Aplica</b>
<b>Visibilidade do status do sistema</b>			
a) Os componentes interativos selecionados são claramente distintos dos demais? Por exemplo, o estado de botões muda quando são pressionados e destaca a aba do menu, elemento que está sendo visualizada.			
b) As mensagens sobre o status do aplicativo possuem uma linguagem clara e concisa? Por exemplo, os títulos das telas e das mensagens de erro são de fácil compreensão.			
c) Para cada ação do usuário há um feedback na sua			

interação? Por exemplo: mudança de contraste nas cores da área selecionada

### **Mapeamento entre o sistema e o mundo real**

- a) Os ícones são autoexplicativos em relação a sua função?
- b) Os gestos necessários para manipular os objetos condizem com o modelo mental do usuário?
- c) Os comandos e ações são autoexplicativos em relação a sua função?

### **Controle e liberdade do usuário**

- a) As funcionalidades podem ser adaptadas para serem exibidas em diferentes ângulos? Por exemplo, girar uma opção 90° graus para ficar direcionada ao usuário, se por acaso, o direcionamento não for automático.
  - b) É possível identificar o número de passos necessários para a realização de uma tarefa? Por exemplo: a quantidade de toques ou passos que o usuário tem que fazer para chegar a uma funcionalidade
  - c) O usuário pode cancelar uma ação que está em execução? Por exemplo: cancelar alguma tarefa, funcionalidade que está em execução
- 

d) O simulador deixa claro qual o próximo passo para realizar a tarefa? Por exemplo: Após finalizar uma tarefa, a próxima tarefa é indicada

e) Controles e botões se distinguem do restante da interface, deixando evidente que são interativas? Por exemplo: Os elementos indicam que são interativos

### **Flexibilidade e eficiência de uso**

- a) É possível mais de um usuário utilizar a mesa ao mesmo tempo? Por exemplo: Dois usuários realizarem a mesma função, abrir o menu, por exemplo.
  - b) É possível mais de um toque na mesa? Por exemplo: Realizar dois toques na mesa sem interferir nas demais funcionalidades
  - c) É possível utilizar duas funcionalidades ao mesmo tempo? Por exemplo: Abrir dois menus simultaneamente.
  - d) As funcionalidades aparecem próximas do usuário que está interagindo? Por exemplo: Os elementos da interface aparecem perto do usuário que executou uma ação.
  - e) O usuário tem a flexibilidade para girar algum elemento na interface? Por exemplo: Se o menu aparece ao contrário, o usuário poderá girar para posição desejada
  - f) As funcionalidades aparecem direcionadas ao usuário que está interagindo? Por exemplo: Os elementos da interface se adaptam a posição do usuário
- 

### **Estética e design minimalista**

- a) A navegação do menu é intuitiva? Por exemplo: é fácil de chegar a opção desejada
- b) O menu é esteticamente simples e claro? Por exemplo: as opções são fáceis de encontrar, dispostas em uma ordem lógica e com títulos curtos
- c) Os botões, textos e cores possuem contraste em relação ao plano de fundo?

### **Reconhecer ao invés de lembrar**

a) Os elementos gráficos e textuais para apresentar cada funcionalidade estão próximos? Por exemplo: Se a funcionalidade tem um título e ícone, o ícone está próximo ao título que o descreve.

---

Fonte: Autor

#### 4.4 ETAPA 5 - VALIDAÇÃO

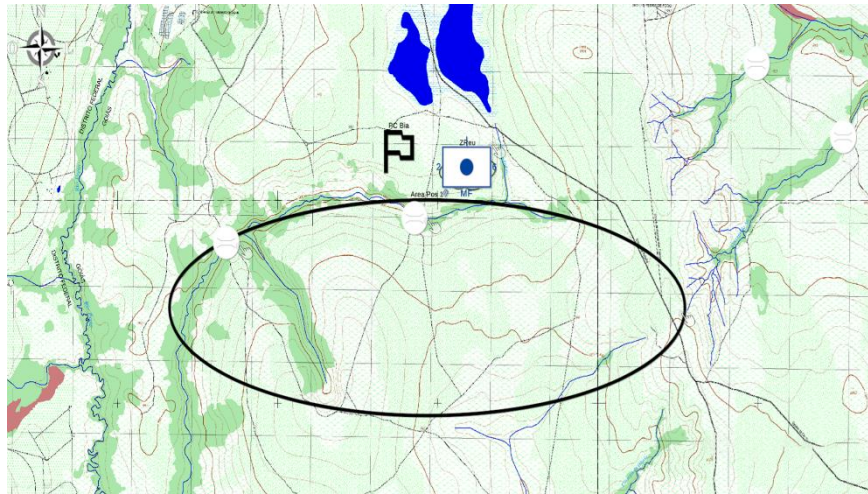
Visando validar as heurísticas propostas listadas no checklist, foi elaborado um protótipo com a finalidade de avaliar o design, validar a interface desenvolvida e testar as modificações com os usuários em um estudo de caso.

A prototipação permite a criação, avaliação e refinamento de opções de design, até que se alcance a usabilidade em um nível desejado. Há protótipos de baixa fidelidade, como também de alta fidelidade (PREECE et al. 2005). A primeira categoria é útil já que tende a ser simples, de baixo custo e rápida de produção. Pode ser ainda rapidamente modificada, oferecendo, portanto, suporte à exploração de designs e ideias alternativas. A prototipação de alta fidelidade, no entanto, utiliza materiais que se espera que estejam no produto final, levando assim, mais tempo para serem construídos. Na prática, diferentes protótipos e seus níveis associados de fidelidade podem fornecer tipos diversos de informação de design. Para este caso de teste, foi desenvolvido um protótipo de alta fidelidade, possibilitando a interação direta com o usuário com base em uma versão final do produto.

##### 4.4.1 Design do Protótipo

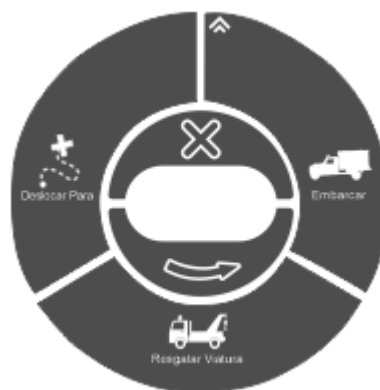
O protótipo foi desenvolvido para fins de observar a interação do usuário, qual o seu comportamento durante a interação e validar as heurísticas. Uma instância do simulador com várias telas foi criada para realizar os testes com os usuários. Primeiramente, foi exibida a interface com algumas interações e elementos na tela. Na Figura 10 é representada a interface do protótipo desenvolvida para ser utilizada nos testes de validação. Já na Figura 11 podem ser visualizados os menus de interação.

Figura 10 - Elementos da Interface



Fonte: Autor

Figura 11 - Menus de Interação (Menu Radial)



Fonte: Autor

Após analisar algumas características para facilitar no desenvolvimento e no design de interfaces voltado para tabletop, o protótipo foi desenvolvido com base nas características apontadas na Figura 2.

Ícone e descrição textual: com base nas características dos elementos da interface, podemos observar que para cada item do menu, o mesmo contém o ícone seguido da sua descrição propriamente dita. Interatividade destacada: o menu radial contém subníveis de interação, ou seja, cada item pode ter mais de um menu no mesmo item. Como uma forma de destacar a interatividade para o usuário de que um determinado item do menu possui subnível, um indicativo foi adicionado com o objetivo de informar que aquele item possui mais de um

nível de menu.

Outra característica importante é a proximidade do ícone com a sua descrição textual, facilitando a leitura e a compreensão do usuário. Podemos observar o menu radial na figura (B) com os ícones a suas respectivas descrições.

Para esta etapa, antes de interagir com o protótipo, foi mencionado aos usuários que as funcionalidades seriam limitadas, ou seja, esse protótipo tem por finalidade avaliar pontos específicos da interface e interação com os usuários.

De forma geral, por meio de questionamentos, foi informado a tarefa que deveria ser executada, sem explicar como realizá-la, pois o objetivo foi observar se os usuários reconheceriam pela interface o que poderiam fazer para executar a tarefa.

Houve alguns cuidados para evitar que algo pudesse interromper ou impedir a sequência da interação. Por exemplo, neste protótipo, apenas alguns elementos da interface possuíam algum tipo de interação. Caso o usuário tentasse tocar em áreas sem interação, poderia ficar confuso ou perguntar: “Nesse local não tem interação, não acontece nada”, para isso, o avaliador intervia na interação retomando a explicação de que apenas alguns elementos possui alguma ação.

#### **4.4.2 Estudo de Caso**

O estudo de caso é um dos tipos de pesquisa científica que permite um estudo aprofundado no contexto em que está sendo feita determinada investigação. O estudo de caso pode incluir evidências qualitativas bem como evidências quantitativas. A análise qualitativa procura responder às questões de pesquisas por meio de organização, interpretação e categorização dos dados, com finalidade de adquirir conhecimento e dar significado a uma determinada experiência (DIAS, 2000). Adotou-se a análise qualitativa dos dados obtidos através da realização do estudo de caso, pois levando em consideração a proposta deste trabalho, encontram-se, na estratégia de estudo de caso, as ferramentas necessárias para conduzir a pesquisa, uma vez que se deseja observar em contexto de um simulador tático virtual.

Prates e Barbosa (2003) recomendam que as tarefas iniciais a serem executadas pelos participantes sejam simples e fáceis para deixá-los mais seguros. Assim, as tarefas finais também deveriam ser simples e fáceis para que o participante termine os testes sentindo-se bem com a sua atuação.

Além da definição das tarefas e dos objetivos, é preciso convocar participantes para os testes. Para melhor obtenção de erros do projeto, é necessário um número considerável de avaliadores, podendo variar de 3 a 5 ou mais dependendo da necessidade de cada proposta. Esta

técnica assegura a imparcialidade e resultados mais confiáveis, visto que cada avaliador pode identificar cerca de 35% das falhas de usabilidade (NIELSEN, 1994).

#### **4.4.3 O Questionário**

Segundo Preece et al. (2005), um questionário é iniciado com perguntas sobre informações demográficas básicas e, posteriormente, perguntas sobre detalhes da experiência do usuário, tempo gasto na internet ou nível de experiência, a fim de descobrir a diversidade, agrupamento das perguntas e o perfil do entrevistado.

As perguntas de interesse e que buscam coletar dados para avaliação ou análise, geralmente, são genéricas para, posteriormente, serem perguntas específicas. Porém, é necessário atenção para que o questionário não fique longo e desmotive o entrevistado. Outras dicas dadas pelos autores é que as perguntas sejam claras, simples, fechadas e ordenadas cuidadosamente para não interferir nos resultados. Contudo, foi desenvolvido um questionário contendo perguntas abertas, onde o usuário retorna um feedback com as suas próprias palavras e, perguntas fechadas que são formadas por opções de respostas já preenchidas para o usuário escolher uma opção como: concordo plenamente, concordo parcialmente, não concordo nem discordo, discordo parcialmente, discordo plenamente.

#### **4.4.4 Público Alvo**

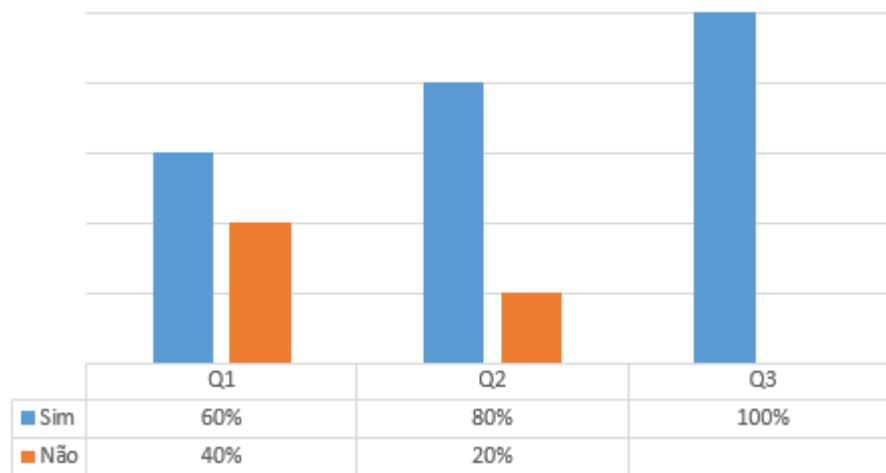
Para dar início ao procedimento do estudo de caso, foi convidado um grupo de usuários para realizar algumas tarefas no protótipo.

O teste de usabilidade foi realizado com cinco usuários, onde, cada um deles deveria responder certas perguntas, com a finalidade de traçar o perfil do público alvo e, por meio de suas respostas, definir uma estratégia de desenvolvimento de usabilidade e eventuais mudanças pois, é muito importante saber qual é o perfil dos usuários no qual o teste será aplicado porque pode-se ter diferentes tipos de usuários como: usuários com experiência e usuários com pouca ou nenhuma experiência.

Foram realizados três questionamentos, contendo duas alternativas cada um (Sim e Não), sendo eles: (Q1) Possui familiaridade com o simulador?; (Q2) Já utilizou o simulador em alguma oportunidade?; (Q3) Possui costume em utilizar aplicações touchscreen? Mediante isso, foi possível coletar algumas informações para fins de conhecer e direcionar melhor os estudos, de acordo com a descrição fornecida pelos entrevistados. A Figura 12 representa o perfil dos usuários com base nos dados coletados por meio do questionário.



Figura 12 - Coleta de dados: Perfil do Público Alvo



Fonte: Autor

Todos usuários possuem formação militar: três capitães sendo que, 2 são da arma de Artilharia (usuário 1 e 2) e 1 Engenheiro da Computação (usuário 3) e 2 sargentos da arma de Artilharia (usuário 4 e 5). Usuário 1: Capitão da Arma de Artilharia e utiliza o simulador com muita facilidade; Usuário 2: Capitão da Arma de Artilharia, tem familiaridade mas não utilizam com muita frequência; Usuário 3: Capitão Engenheiro da Computação e como o Usuário 2, tem familiaridade mas não utilizam com muita frequência. Os Usuários 4 e Usuário 5 nunca interagiram com o simulador. Logo, abrangemos todos os tipos de usuários, desde o que tem muita facilidade, outros nem tanto e por fim, usuários que nunca tiveram contato.

#### 4.4.5 Casos

No decorrer dos testes, foi avaliado se as tarefas foram concluídas com ou sem alguma dificuldade, observando a interação e o entendimento do usuário com as tarefas e os elementos dispostos na interface. Vale ressaltar que cada usuário, realizou as tarefas individualmente. Ao final, os usuários preencheram o questionário de pós-sessão com questões optativas e dissertativas, reportando suas dificuldades e algumas melhorias.

Dando início ao teste, solicitou-se que os avaliadores realizassem algumas tarefas iniciais que consiste em: Tarefa 1: identificar quais elementos na interface envolveriam algum tipo de interação; Tarefa 2: compreender o conteúdo de cada tela e qual a sua finalidade. Na Tarefa 1: os usuários (1,2,3,4), totalizando 80%, concordaram plenamente e o usuário (5), 20%, concordou parcialmente pelo fato de nunca ter utilizado o simulador. No entanto, esse usuário, comentou em ter um pouco de dificuldade para encontrar os elementos de interação pelo fato de não ter familiaridade com o simulador. Vale a pena ressaltar que o usuário (2), não tem

familiaridade com o simulador mas, em outra oportunidade, já viu outros usuários interagindo com o mesmo. Na Tarefa 2: os usuários (2, 4 e 5) concordaram plenamente, compreendendo a finalidade de cada tela apresentada. Já o usuário (1 e 2) concordaram parcialmente.

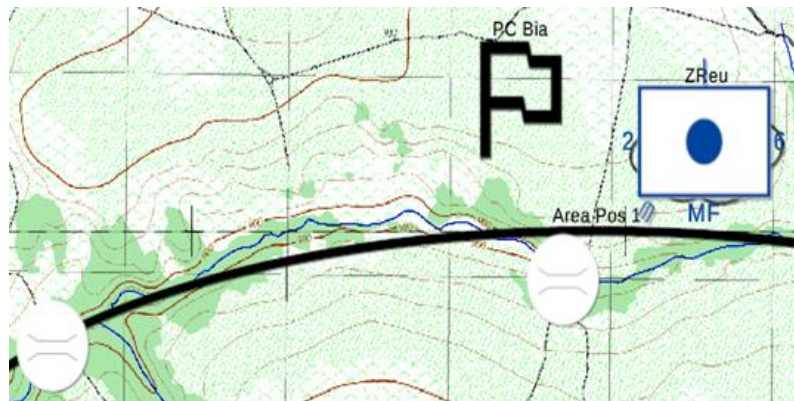
Na segunda tarefa, após a observação da interface, foram traçados outras metas que os usuários deveriam seguir e também, observar sua interação, tomada de decisão e a sua maneira de interagir. Os principais pontos a ser observado foram: Tarefa 4: verificar funcionalidades e objetivos dos menus; Tarefa 5: os ícones dos menus condizem com a finalidade propriamente dita; Tarefa 6: compreender o objetivo da aplicação e, por final, a Tarefa 7: identificar as dificuldades e facilidades encontradas.

Nas Tarefas 4 e 5, todos usuários concordaram plenamente com as funções, objetivos e os ícones apresentados no menu pois, todos nomes das funções estavam coerentes com os ícones apresentados. Por meio de duas questões dissertativas incluídas no questionário, foi possível obter um feedback apontando as facilidade e as dificuldades encontradas pelos usuários durante a interação com o simulador.

Pela questão da tabletop permitir multi-toques, o usuário (1) ressaltou que seria importante diferenciar qual ação seria realizada ao tocar uma ou mais vezes na tela e ou ao ficar pressionando-a. O menu principal do simulador, possui um formato radial e o mesmo possui subníveis e também, pode ser rotacionado para facilitar a interação com todos usuários que estiverem utilizando a mesa. Com o estudo feito anteriormente na Etapa 3, os usuários relataram uma certa dificuldade em fechar o menu principal. Para isso, neste protótipo, o menu foi modificado e inserido um botão central para fechar e rotacionar. Todos usuários concordaram com a alteração realizada mas, o usuário (3) relatou que a indicação de rotacionar o menu, o deixou um pouco confuso, pois o mesmo pode indicar ao usuário que esta ação pode representar a ideia de retornar ao menu anterior caso esteja em um subnível, com base nas características para apoiar o design para tabletop descritas na Figura 4 onde é possível verificar a como uma importante características a utilização do ícone e da sua descrição textual no. Já o usuário (5), relatou que a maior dificuldade foi não ter contato frequentemente com o simulador, dificultando o seu desenvolvimento com o mesmo. Os demais usuários, não tiveram dificuldades no decorrer do teste.

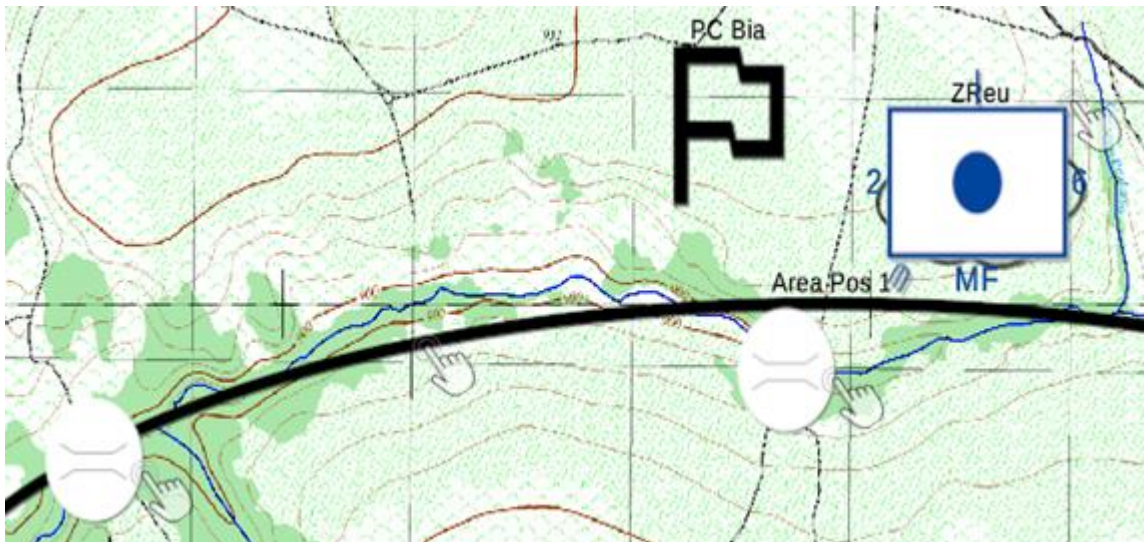
Após realizar todos os testes, foi apresentada uma tela alternativa para fins de solucionar a Tarefa 1 que diz respeito a "Identificar quais elementos na interface envolveriam algum tipo de interação" e coletar o feedback dos usuários a partir dessa melhoria. Comparando a Figura 13 e a Figura 14, pode se verificar que a Figura 14 apresenta indicativos de quais elementos possui interatividade, tendo em vista que, segundo as heurísticas de Nielsen, o usuário deve sempre reconhecer ao invés de memorizar alguma área ou função no sistema.

Figura 13 - Elementos da Interface sem indicativo



Fonte: Autor

Figura 14 - Elementos da Interface com indicativo de interação



Fonte: Autor

Após exibir a tela apresentada na Figura 14, algumas facilidades foram apontadas pelos usuários durante a interação. O usuário (1) descreveu sobre a importância de utilizar o indicador informando quais elementos são interativos ou não e mesmo para ele que tem familiaridade com o simulador, foi importante adicionar essa opção porque nem todos os usuários souberam quais elementos tinham interatividade e ações. Com isso, podemos validar uma das heurísticas apresentadas para tabletop, que é a Visibilidade do Status do Sistema, item (a).

Os usuários (2 e 4) relataram a similaridade entre o ícone e a função que descreve cada ação. Pois na primeira versão do menu, conforme relatado como uma dificuldade encontrada pelos usuários na Etapa 3, os menus tinham apenas os ícones e sem a descrição do mesmo logo abaixo. Logo, podemos validar outra heurística para tabletop que se refere ao Mapeamento entre

o Sistema e o Mundo Real, item (a). O usuário 5, de maneira geral, achou o teste com o protótipo uma forma produtiva de testar novas funcionalidades e corrigir interações, destacando que a utilização do simulador melhora o planejamento e a coordenação de uma missão.

No geral, os testes com usuários foram proveitosos porque tivemos contato com todos os tipos de usuários, desde o mais experiente até o iniciante, bem como suas dúvidas e observações acerca de toda a estrutura do simulador. Em momento algum sentiram falta de alguma informação durante a aplicação dos testes e, apenas o usuário (5), durante a interação, solicitou ajuda ao observador.

A principal vantagem da avaliação heurística é sua facilidade de preparação, baixo custo de realização e baixo tempo gasto durante todas as etapas.

#### 4.5 ETAPA 6 - REFINAMENTO

Ao validar algumas heurísticas na etapa anterior, após observar e coletar o feedback dos usuários, notou-se uma necessidade de acrescentar mais itens nas tabelas com as heurísticas, fazendo parte do refinamento. A Tabela 5 apresenta o refinamento das heurísticas.

Tabela 5 - Heurísticas refinadas

<b>Heurísticas</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não se Aplica</b>
<b>Visibilidade do status do sistema</b>			
a) Os componentes interativos selecionados são claramente distintos dos demais? Por exemplo, o estado de botões muda quando são pressionados e destaca a aba do menu, elemento que está sendo visualizada, <b>bloquear item do menu.</b>			
b) As mensagens sobre o status do aplicativo possuem uma linguagem clara e concisa? Por exemplo, os títulos das telas e das mensagens de erro são de fácil compreensão.			
c) Para cada ação do usuário há um feedback na sua interação? Por exemplo: mudança de contraste nas cores da área selecionada			

---

### **Mapeamento entre o sistema e o mundo real**

- a) Os ícones são autoexplicativos em relação a sua função?
- b) Os gestos necessários para manipular os objetos condizem com o modelo mental do usuário?
- c) Os comandos e ações são autoexplicativos em relação a sua função?

### **Controle e liberdade do usuário**

---

- a) As funcionalidades podem ser adaptadas para serem exibidas em diferentes ângulos? Por exemplo, girar uma opção 90° graus para ficar direcionada ao usuário, se por acaso, o direcionamento não for automático.
- b) É possível identificar o número de passos necessários para a realização de uma tarefa? Por exemplo: a quantidade de toques ou passos que o usuário tem que fazer para chegar a uma funcionalidade
- c) O usuário pode cancelar uma ação que está em execução? Por exemplo: cancelar alguma tarefa, funcionalidade que está em execução
- d) O simulador deixa claro qual o próximo passo para realizar a tarefa? Por exemplo: Após finalizar uma tarefa, a próxima tarefa é indicada
- e) Controles e botões se distinguem do restante da interface, deixando evidente que são interativas? Por exemplo: Os elementos indicam que são interativos, **possibilidade de inserir um indicativo de qual elemento possui alguma interatividade**

### **Flexibilidade e eficiência de uso**

a) É possível mais de um usuário utilizar a mesa ao mesmo tempo? Por exemplo: Dois usuários realizarem a mesma função, abrir o menu, por exemplo.

b) É possível mais de um toque na mesa? Por exemplo: Realizar dois toques na mesa sem interferir nas demais funcionalidades

---

c) É possível utilizar duas funcionalidades ao mesmo tempo? Por exemplo: Abrir dois menus simultaneamente.

d) As funcionalidades aparecem próximas do usuário que está interagindo? Por exemplo: Os elementos da interface aparecem perto do usuário que executou uma ação.

e) O usuário tem a flexibilidade para girar algum elemento na interface? Por exemplo: Se o menu aparece ao contrário, o usuário poderá girar para posição desejada

f) As funcionalidades aparecem direcionadas ao usuário que está interagindo? Por exemplo: Os elementos da interface se adaptam a posição do usuário

### **Estética e design minimalista**

a) A navegação do menu é intuitiva? Por exemplo: é fácil de chegar a opção desejada

b) O menu é esteticamente simples e claro? Por exemplo: as opções são fáceis de encontrar, dispostas em uma ordem lógica e com títulos curtos

c) Os botões, textos e cores possuem contraste em relação ao plano de fundo?

### **Reconhecer ao invés de lembrar**

a) Os elementos gráficos e textuais para apresentar cada funcionalidade estão próximos? Por exemplo: Se a funcionalidade tem um título e ícone, o ícone está próximo ao título que o descreve.

---

Fonte: Autor

Na heurística Visibilidade do status dos sistemas – item a), foi adicionado o seguinte texto na frase “bloquear o item do menu” . Como o menu radial possui várias interações/ações e, dependendo da ação que está sendo executada pode interferir em outra ação, ou seja, a ação precisa ser finalizada para que outra possa ser iniciada, esse item foi adicionado com o intuito de bloquear o item do menu, deixando-o inativo até a ação ser concluída. Já na heurística Controle e liberdade do usuário – item e), incluiu-se o texto “possibilidade de inserir um indicativo de qual elemento possui alguma interatividade” , conforme pode ser visualizado na Figura 14, a interface possui vários elementos interativos e muitas vezes, os usuários apresentavam uma certa dificuldade em identificar quais elementos são interativos. Então, foi adicionado um indicador nos elementos facilitando a identificação das interações.

Desta forma, ao finalizar a etapa do refinamento e absorver todos os feedbacks dos entrevistados, foram feitas modificações, visando uma melhoria na interação e no design da interface, possibilitando uma melhor experiência com os usuários.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, definir heurísticas de usabilidade para aplicações tabletop, é algo relativamente novo em comparação com as heurísticas propostas para web e para dispositivos móveis. Há uma necessidade de novos métodos de avaliação de usabilidade para dispositivo do tipo tabletop, pois suas características diferem dos demais, por exemplo, ao utilizar um smartphone ou tablet, o usuário tem a possibilidade de aproximar o dispositivo e ajustá-lo (na vertical ou horizontal) de acordo com a sua preferência; na tabletop, devido ao seu tamanho e peso, não há essa possibilidade, por isso, existe a necessidade de ter heurísticas que reportem a importância dos itens da interface aparecerem próximo ao usuário e em sua direção.

Contudo, o estudo propôs heurísticas de usabilidade e algumas observações que podem ser utilizadas no decorrer do desenvolvimento no design de interfaces interativas para o contexto da tabletop. Após a aplicação do questionário, a análise quantitativa e qualitativa das questões respondidas pelos usuários foi conduzida em busca de validar as heurísticas de usabilidades propostas para o contexto da tabletop.

Enfim, o objetivo deste trabalho foi identificar possíveis melhorias na usabilidade e interação do simulador tático virtual com o usuário, por meio da fundamentação teórica, aplicação da pesquisa e desenvolvimento. Contudo, embora haja este contexto, estas melhorias podem ser aplicadas em outros sistemas e em outras circunstâncias, diferente da educacional, pois houve a preocupação com a usabilidade para ensinar doutrinas aos militares, e esta preocupação pode ser aplicada para ensinar outras pessoas e outros conteúdos, pois o foco está em como apresentar as informações na interface. Por exemplo, em qualquer sistema para tabletop, como apresentar os elementos na interface e suas características. Assim, contribuindo com o campo de pesquisa de Interação Humano-Computador com uma nova e relevante proposta para resolução dos desafios já mencionados.

Como trabalhos futuros, propõem-se validar e refinar as heurísticas de usabilidade voltadas para tabletop de uma maneira geral seguindo o fluxo da metodologia adaptada para este contexto em diversos dispositivos, buscando acrescentar novos itens no checklist e refinar os existentes, que possam apoiar na interação e no design de sistemas educacionais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bortolaso, M.C. Oskamp, T. C. Graham, D. Brownl. **OrMiS: a tabletop interface for simulation-based training**. Proceedings - ACM Interactive Tabletops and Surfaces, pp. 145-154. 2013.
- CARVAJAL, R. I. **Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices**. Pontificia Universidad, [S.l.], 2012.
- CHUAN, N. K.; SIVAJI, A.; AHMAD, W. F. W. **Proposed Usability Heuristics for Testing Gestural Interaction**. In: ARTIFICIAL INTELLIGENCE WITH APPLICATIONS IN ENGINEERING AND TECHNOLOGY (ICAIET), 2014 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON. Anais. [S.l.: s.n.], 2014. p.233–238.
- COELHO, S. L. Estudo sobre a usabilidade dos portais corporativos. , [S.l.], 2017.
- D'CARLO, D; BARBOSA, G.A.R; OLIVEIRA, E.R. "**Proposta de Um Conjunto de Heurísticas para Avaliação da Usabilidade de Aplicativos Móveis Educacionais**."Abakós, Belo Horizonte,v. 5, n. 2, p. 16-35 - ISSN: 2316-9451. 2017.
- DA ROCHA, H. V.; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. [S.l.]: Unicamp, 2003.
- DIAS, C. "**Estudo de Caso: idéias importantes e referências**", 2000. Disponível no site: [http://www.geocities.com/claudiaad/case\\_study.pdf](http://www.geocities.com/claudiaad/case_study.pdf). Acesso em, [S.l.],
- FARIAS, C. R. G. de et al. **Aplicação de avaliação heurística no desenvolvimento de sistemas de informação em saúde**. Anais.. Bento Gonçalves:[sn], [S.l.], 2009.
- HERMAWATI, S.; LAWSON, G. **Establishing usability heuristics for heuristics evaluation in a specific domain: is there a consensus?** Applied ergonomics, [S.l.], v.56, p.34–51, 2016.
- HUMAYOUN, S. R. et al. **Heuristics for evaluating multi-touch gestures in mobile applications**. In: BRITISH COMPUTER SOCIETY HUMAN COMPUTER INTERACTION CONFERENCE (BCS-HCI 2017), University of Sunderland's St. Peter's Campus, July 3-6. 2017.
- INOSTROZA, R., RUSU, C., RONCAGLIOLO, S., JIMENEZ, C., RUSU, V. **Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices**. Proceedings - 9th International Conference on Information

Technology: New Generations (ITNG 2012), Las Vegas, Nevada, USA. IEEE Computer Society. pp. 662–667. ISBN: 978-0-7695-4654-4/12. 2012.

JOYCE, G.; LILLEY, M. **Towards the development of usability heuristics for native smartphone mobile applications.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF DESIGN, USER EXPERIENCE, AND USABILITY. Anais. . . [S.l.: s.n.], 2014. p.465–474.

LIMA, D. P. **Usabilidade na web.** Universidade do Estado de Santa Catarina. Departamento de Ciências da Computação, [S.l.], 2011.

MASIP, L.; GRANOLLERS, T.; OLIVA, M. **A heuristic evaluation experiment to validate the new set of usability heuristics.** In: INFORMATION TECHNOLOGY: NEW GENERATIONS (ITNG), 2011 EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON. Anais. . . [S.l.: s.n.], 2011. p.429–434.

MATCH. **MATch - Measuring Usability of Touchscreen Phone Applications.** , [S.l.], 2017.

NETO, M.; JOSÉ, O. **Usabilidade da interface de dispositivos móveis: heurísticas e diretrizes para o design.** 2013. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade de São Paulo.

NIELSEN, J. **Usability Inspection Methods.** In: CONFERENCE COMPANION ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, New York, NY, USA. Anais. . . ACM, 1994. p.413–414. (CHI '94).

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. **Avaliação de interfaces de usuário—conceitos e métodos.** In: JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA DO CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, CAPÍTULO. Anais. . . [S.l.: s.n.], 2003. v.6, p.28.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de interação.** [S.l.]: bookman, 2005.

PRESSMAN, R. S. **Software engineering: a practitioner's approach.** [S.l.]: Palgrave Macmillan, 2005.

RUSU, C. et al. **A methodology to establish usability heuristics.** In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON ADVANCES IN COMPUTER-HUMAN INTERACTIONS (ACHI 2011), IARIA. Proceedings. . . [S.l.: s.n.], 2011. p.59–62.

RUSU, C; TAPIA, G; RONCAGLIOLO, S; HAYVAR, D. “**Usability Heuristics for Grid Computing Applications**”. Proceedings - 4th International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2011), Gosier, France. 2011.

SALAZAR, L. H. A. et al. **Customizando heurísticas de usabilidade para celulares**. In: COMPANION PROCEEDINGS OF THE 11TH BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS. Anais. . . [S.l.: s.n.], 2012. p.37–38.

SHNEIDERMAN, B. et al. **Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction**. [S.l.]: Pearson, 2016.

TAROUCO, L. M. R. et al. **Jogos educacionais**. RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]. Porto Alegre, RS, [S.l.], 2004.

TEHRANI, S. E. M.; ZAINUDDIN, N. M. M.; TAKAVAR, T. **Heuristic evaluation for Virtual Museum on smartphone**. In: USER SCIENCE AND ENGINEERING (I-USER), 2014 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON. Anais. . . [S.l.: s.n.], 2014. p.227–231.

WINCKLER, M.; NEMETZ, F.; LIMA, J. d. **Interação entre aprendiz e computador: métodos para desenvolvimento e avaliação de interfaces**. Tecnologia Digital na Educação. Porto Alegre: Pós-Graduação em Informática na Educação, UFRGS, [S.l.], p.7–33, 2000.

WOHLIN, C. **Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering**. In: OF THE 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVALUATION AND ASSESSMENT IN SOFTWARE ENGINEERING. Proceedings. . . [S.l.: s.n.], 2014. p.38.