

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Programa de Pós-Graduação em Computação



Dissertação

Avaliação da Perspectiva do Usuário em Interfaces Tangíveis: um Estudo Comparativo em Sistemas Baseados em Hardware Específico e Sistemas Mediados por Software

Lucas Barreiro Agostini

Pelotas, 2020

Lucas Barreiro Agostini

Avaliação da Perspectiva do Usuário em Interfaces Tangíveis: um Estudo Comparativo em Sistemas Baseados em Hardware Específico e Sistemas Mediados por Software

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Profa. Dra. Tatiana Aires Tavares
Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Ribeiro Corrêa

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

A275a Agostini, Lucas

Avaliação da perspectiva do usuário em interfaces tangíveis : um estudo comparativo em sistemas baseados em hardware específico e sistemas mediados por software / Lucas Agostini ; Tatiana Aires Tavares, orientadora ; Guilherme Ribeiro Corrêa, coorientador. — Pelotas, 2020.

126 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Interface de usuário tangível. 2. Design de sistemas. 3. Experiência de usuário. I. Tavares, Tatiana Aires, orient. II. Corrêa, Guilherme Ribeiro, coorient. III. Título.

CDD : 005

Lucas Barreiro Agostini

Avaliação da Perspectiva do Usuário em Interfaces Tangíveis: um Estudo Comparativo em Sistemas Baseados em Hardware Específico e Sistemas Mediados por Software

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação, Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 3 de abril de 2020

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Tatiana Aires Tavares (orientador)

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Prof. Dr. Adenauer Correa Yamin

Doutor em Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Profa. Dra. Isabel Dillmann Nunes

Doutora em Computação pela Universidade Federal de Campina Grande.

Prof. Dr. Rafael da Cunha Cardoso

Doutor em Computação pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico este trabalho a minha família, que esteve sempre presente e auxiliando em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos pesquisadores do nosso grupo de pesquisa, que auxiliaram nos estudos de caso, disciplinas e em diversos outros momentos. Além disso, agradeço a Monalisa por me ajudar quando precisei de silêncio para escrever, a Giorgia por ser uma motivação a mais, não me deixando desistir nunca. A minha orientadora, que muitas vezes nos recebeu em sua casa para orientar, ao co-orientador que revisou o trabalho mesmo estando afastado e, por fim mas não menos importantes, os meus pais que, seja através de conhecimento, orientação ou paciência, foram os grandes responsáveis por este trabalho ter sido finalizado.

São as nossas escolhas que revelam o que realmente somos, muito mais do que as nossas qualidades.

— ALVO DUMBLEDORE

RESUMO

AGOSTINI, Lucas Barreiro. **Avaliação da Perspectiva do Usuário em Interfaces Tangíveis: um Estudo Comparativo em Sistemas Baseados em Hardware Específico e Sistemas Mediados por Software**. Orientadora: Tatiana Aires Tavares. 2020. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O objetivo principal deste trabalho é comparar como diferentes formas de construção dos sistemas que utilizam interfaces de usuário tangíveis (TUIs) impactam a experiência do usuário ao utilizá-las. Para tal, dois sistemas são propostos, um deles com uso de hardware dedicado e o outro com uso de um sistema embarcado em conjunto com um computador. Após o desenvolvimento e adequação dos dois sistemas propostos, foram realizados testes com usuários, levando em consideração a usabilidade e a experiência de usuário (UX). A usabilidade foi testada com intuito de garantir que os dois sistemas apresentassem funções semelhantes e, com isso, dar ênfase nas diferenças do ponto de vista da UX em si. Além disso, este trabalho apresenta duas revisões sistemáticas da literatura (RSL) em seu embasamento teórico, feitas com escopos e objetivos diferentes. Uma revisão foi feita para explorar a forma de construção dos sistemas que possuem TUI em sua entrada e/ou saída. Esta revisão foi realizada no começo do mestrado com objetivo principal de delimitar o foco deste trabalho. Já a segunda RSL foi realizada no último semestre do mestrado, com objetivo de mapear a relação entre duas áreas, a computação pervasiva e a área de interação humano-computador, do ponto de vista do uso de diferentes interfaces. Como resultado de nosso estudo de caso, foi possível perceber que, do ponto de vista do usuário, ter uma construção que faz uso de hardware dedicado é melhor do que outra que seja mediada por software no nosso estudo de caso.

Palavras-chave: Interface de Usuário Tangível. Desenvolvimento de Sistemas. Experiência de Usuário.

ABSTRACT

AGOSTINI, Lucas Barreiro. **An User's Evaluation on Tangible Interfaces: a comparative study on specific hardware based systems and software based systems**. Advisor: Tatiana Aires Tavares. 2020. 126 f. Dissertation (Masters in Computer Science) – Technology Development Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020.

The main goal of this work is to evaluate if different ways of constructing systems that use tangible user interfaces (TUIs) interfere in user's experience. To do so, we propose two systems, one of them makes use of dedicated hardware while the other uses an embedded system with a computer. After the development and adequacy of both proposed systems, we executed user tests, taking into account the usability and user experience (UX). Usability was tested with the intent of assuring that both systems had similar functionalities and, with this aspect in mind, focusing primarily on the UX itself. Besides that, this research presents two systematic literature reviews (RSL) in its theoretical foundation, that were made with different objectives and scopes. One of this reviews was made to explore how systems that use TUI in their input or output are built. This review was done on the beginning of this master's course and had the goal of limiting the focus of this master thesis. Meanwhile, the second review was done on the last semester of this master's course, with the main goal of mapping the relation between two areas, pervasive computing and human computer interaction, focusing specifically on the interfaces used. As a result of the case study, was possible to realize that, considering the user's point of view, having a dedicated hardware system is better than a system that is based on software.

Keywords: Tangible User Interface. System Design. User Experience.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Passos de realização de um MS segundo Afonso.	21
Figura 2	Ordem de execução de uma RSL.	23
Figura 3	Nuvem de palavras resultante dos artigos selecionados.	30
Figura 4	(a)Exemplo básico de arquitetura; (b) ARSandbox segundo o trabalho de Darley;	34
Figura 5	Makey Makey vendido pela Joy Labz.	41
Figura 6	Exemplo de código desenvolvido no Scratch.	42
Figura 7	Diversos bits disponíveis no kit Littlebits.	43
Figura 8	Sistema utilizando Littlebits construído para os testes.	44
Figura 9	Sistema do Makey Makey construído para os testes.	45
Figura 10	Resultado de usabilidade dos sistemas utilizando SUS.	49
Figura 11	Análise dos pares de palavras do Attrakdiff.	50
Figura 12	Análise dos valores médios do Attrakdiff.	52
Figura 13	Análise dos portfólios do Attrakdiff.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Formas de interação de entrada × formas de interação de saída . .	29
Tabela 2	Distribuição dos artigos encontrados e selecionados no MS de acordo com os veículos de publicação	30
Tabela 3	Distribuição dos artigos encontrados e selecionados na RSL de acordo com os engenhos de busca	33
Tabela 4	Comparativo das interfaces de usuário dos trabalhos descritos . . .	38
Tabela 5	Tabela comparando as arquiteturas dos trabalhos descritos	39
Tabela 6	Comparação de usabilidade e UX entre os dois sistemas;	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACMUbiComp	International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing
ATT	Atratividade do Sistema
GUI	Interface Gráfica de Usuário
HQ-I	Qualidade Hedônica de Identidade
HQ-S	Qualidade Hedônica de Estimulação
IHC	Interação Humano-Computador
MS	Mapeamento Sistemático
Percom	IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications
Pervasive	IEEE Pervasive Computing
PQ	Qualidade Pragmática
RS	Revisão Sistemática
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
StArt	State of the Art through Systematic Review
TUI	Interface de Usuário Tangível
UX	Experiência de Usuário

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	17
1.2	Contribuição Principal	18
1.3	Organização do Texto	18
2	METODOLOGIA	19
2.1	Levantamento Bibliográfico	21
2.1.1	Mapeamento Sistemático	21
2.1.2	Revisão Sistemática da Literatura	22
2.2	Experimentos	24
2.2.1	Aspectos de Avaliação	24
2.2.2	Instrumentos de Avaliação	26
3	ESTADO DA ARTE	28
3.1	Visão Geral	28
3.2	Aspectos Construtivos de Sistemas com TUIs	33
3.3	Trabalhos Relacionados	35
3.3.1	TUIs em Serious Game	35
3.3.2	Dispositivos Móveis e Ambientes Físicos	36
3.3.3	TUIs e Mapas	36
3.3.4	TUIs e IA	36
3.3.5	TUIs e Mesa de Pinos	37
3.3.6	Controle de Ambientes	38
3.3.7	Análise Comparativa	38
4	DESENVOLVIMENTO	40
4.1	Instrumentos utilizados	40
4.1.1	Makey Makey	41
4.1.2	Scratch	42
4.1.3	Littlebits – Synth Kit	43
4.2	Cenário de Uso – Piano Musical	44
4.3	Preparação e Realização dos Experimentos	45
4.3.1	Realização dos testes	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	Resultados de Usabilidade	47
5.2	Resultados de UX	48
5.3	Análise Comparativa	49

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	55
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE A PASSO A PASSO DE UMA RSL	62
APÊNDICE B PASSO A PASSO DE UM MS	66
APÊNDICE C FORMULÁRIO DE USABILIDADE DO LITTLEBITS	69
APÊNDICE D RESULTADOS DE USABILIDADE DO LITTLEBITS	74
APÊNDICE E FORMULÁRIO DE USABILIDADE DO MAKEY MAKEY	79
APÊNDICE F RESULTADOS DE USABILIDADE DO MAKEY MAKEY	84
APÊNDICE G FORMULÁRIO DE UX DO MAKEY MAKEY	89
APÊNDICE H RESULTADOS DE UX DO MAKEY MAKEY	97
APÊNDICE I FORMULÁRIO DE UX DO LITTLEBITS	108
APÊNDICE J RESULTADOS DE UX DO LITTLEBITS	116

1 INTRODUÇÃO

A Interação Humano-Computador (IHC) é uma área multidisciplinar que se preocupa em oferecer diretrizes projetuais aos desenvolvedores que criam suas aplicações, de forma a suprir às necessidades e às expectativas dos usuários. Com isso, a IHC compreende o projeto, a implementação e a avaliação da interação entre os seres humanos e os sistemas computacionais (MARSH, 1990).

As interfaces são o meio de comunicação entre os usuários e os computadores e é através dela que ocorrem as interações (THONG; HONG; TAM, 2002). As mais amplamente utilizadas são as interfaces presentes no computador e no celular, em que se tem uma tela na qual são apresentados ícones, janelas e menus, e o usuário, por meio de mouse, teclado ou toque na tela, interage com estes elementos (objetos de interface).

As interfaces existem para facilitar o processo de troca de informação. Dispositivos de entrada e saída dão forma à interação. Para executar ações nas interfaces de usuário gráficas (GUIs), o usuário digita no teclado, clica e arrasta ícones na tela e assim, além de se situar no sistema, ele vai ter o retorno da sua ação. Neste caso, os dispositivos para entrada e saída são o monitor, o mouse e o teclado, que acabam distanciando o usuário da informação com que ele quer interagir.

O desenvolvimento de novas tecnologias potencializou o surgimento e a popularização de novas formas de interação, em especial, aquelas que utilizam-se de dispositivos eletrônicos. Para desenvolver aplicações que permitem interagir com o ambiente real, foi necessária a evolução dos dispositivos eletrônicos para que, com isso, fosse possível controlar e identificar situações no cenário, através do uso de câmeras e de sensores de movimento, de som, de emissão de luz, de infravermelho e de hardware dedicado para a aplicação (ISHII et al., 2012).

Uma tendência em termos de desenvolvimento de estilos de interação é o aspecto tangível presente nas interfaces de usuário. Em um contexto massivamente pautado em interfaces gráficas, as interfaces tangíveis despontam como uma oportunidade para interatividade (REIS; SANTOS GONÇALVES, 2016).

A tangibilidade em sistemas computacionais não é um conceito novo na litera-

tura (ISHII; ULLMER, 1997). No entanto, o avanço de diversas áreas da Computação e o desenvolvimento de novos dispositivos, impulsionaram a consolidação das ideias propostas por Ishii, possibilitando novas formas de construir sistemas que fazem uso de TUIs (ISHII; ULLMER, 1997; ISHII, 2008; ISHII et al., 2004). No seu formato mais genuíno, as interfaces de usuário tangíveis (TUIs) fazem uso de entrada e saída de dados de forma tangível, isto é, concreta na perspectiva do usuário (ISHII; ULLMER, 1997).

Dessa forma, o processo de desenvolvimento de TUIs é um processo desafiador para designers e desenvolvedores. Do ponto de vista projetual a tangibilidade representa um formato de interação que rompe a fronteira dos "bits plotados"(ISHII, 2008) e exige um conhecimento que faz avançar o campo da construção do hardware da interface.

Algumas situações inclusive permitem a interação tangível quando muitas vezes o usuário nem percebe que este tipo de interação é necessária para ele (HORN, 2018, 2013). Horn (2013,2018) usa como exemplo a situação de largar um pedaço de corda em uma sala com crianças. Não há como saber o que as crianças farão com a corda, porém, se em vez de largar um simples pedaço de corda, o mesmo tiver manoplas nas pontas, a probabilidade de as crianças na sala pularem corda aumenta. Com interfaces tangíveis ocorre o mesmo, o usuário não se dá conta da necessidade dela, mas a forma de interação muda ao adicionarmos TUIs ao cotidiano das pessoas.

Outra subárea da Computação que teve uma grande expansão nos últimos dez anos (SILVA et al., 2012) é a área da computação pervasiva ou computação ubíqua (WEISER, 2002). A computação pervasiva é a onipresença da informática no cotidiano de todos. Conectado a este conceito está a forma como os seres humanos interagirão com estes sistemas, por exemplo, uma interação mais natural tende a ser preferida pelos seres humanos, em detrimento a uma interação como a utilização de teclado e mouse (PIUMSOMBOON et al., 2014). Essa característica dos sistemas computacionais pode ser útil para tornar acessível a informação em uma parada de ônibus para usuários não videntes, por exemplo (AGOSTINI et al., 2016). Ou ainda para estabelecer novas relações de uso através de formas de interação mais sofisticadas como a interação natural como é apresentado em (PIUMSOMBOON et al., 2014). Neste trabalho foram realizados testes de performance e experiência de usuário (do inglês *user experience* (UX)) em videogames utilizando interação natural e com controles tradicionais, e foi comprovado que usuários se sentiam melhor e apresentavam melhor desempenho ao realizar as tarefas com interfaces que exploravam a interação natural.

Neste sentido, o emprego de TUIs tem atraído a atenção de desenvolvedores, designers e usuários. Um exemplo é o trabalho de Rocha Falcão (2007) que aborda o uso de TUIs para potencializar o aprendizado de jovens e adolescentes durante o

ensino fundamental. Outra oportunidade explorada nas TUIs são os aspectos avaliativos. O trabalho de Reis e outros (2016) explora protocolos de avaliação focados em usabilidade no contexto de simuladores que disponibilizam dispositivos de interação tangível. O trabalho de Darley e outros (2017) também explora aspectos avaliados, no entanto, utiliza o aspecto de avaliação centrado na perspectiva do usuário, a experiência de usuário (UX), para analisar a interação de estudantes com uma mesa tangível no estilo caixa de areia aplicada no contexto de simulação de curvas de nível.

Fazendo uso das definições de Ishii, que diz que sistemas tangíveis servem apenas para aplicações específicas (ISHII et al., 2012), podemos considerar a utilização de desenvolvimento de hardware específico para construção este tipo de aplicação. É sabido que, ao utilizar hardware específico, as aplicações tem ganhos no consumo de energia e dissipação de potência, além de diminuir o custo de produção e reduzir a quantidade necessária de hardware para funcionamento do sistema. Indo de encontro a estes conceitos, buscamos realizar a avaliação da perspectiva do usuário de sistemas construídos desta forma.

No presente trabalho, também são explorados aspectos de avaliação como a usabilidade e a experiência de usuário no contexto de TUIs. O objetivo é fazer uma análise comparativa da perspectiva dos usuários em duas interfaces tangíveis que compartilham um mesmo cenário de uso, mas envolvem aspectos construtivos diferentes. Uma das soluções adota hardware específico e a outra é mediada por software. A intenção é investigar se a mediação de software pode impactar na experiência interativa proporcionada aos usuários.

1.1 Objetivos

Este trabalho teve seus objetivos divididos entre objetivo principal e objetivos específicos, que são definidos abaixo:

Objetivo Principal:

- Avaliar, na perspectiva do usuário, interfaces tangíveis com diferentes métodos construtivos.

Objetivos Específicos:

- Realizar revisão da literatura para melhor contextualizar o trabalho.
- Desenvolver os estudos de caso e aplicar os instrumentos de avaliação.
- Gerar publicações científicas com os resultados atingidos.
- Disseminar o aprendizado legado através de publicações científicas.

1.2 Contribuição Principal

A principal contribuição desta dissertação demonstra que na perspectiva do usuário final a **forma construtiva** de sistemas que fazem uso de TUIs **pode ser feita através de hardware específico, sem impacto ao usuário**. Fato que corrobora para a oportunidade de outros paradigmas construtivos para o desenvolvimento de sistemas que não precisem fazer uso de camada de software ("softwareless") e que abre portas para investigação de arquiteturas e objetos de interface mais adequados a essa perspectiva (AGOSTINI; TAVARES, 2019) .

Além disso, apresenta contribuições nos seguintes itens:

- Revisão Sistemática de Literatura, fazendo um levantamento de como sistemas com interfaces tangíveis são construídos;
- Adaptação dos instrumentos de avaliação necessários para testes com interfaces tangíveis (COSTA et al., 2019).
- Demonstração, através de um estudo de caso, que (ou se) a forma de construção consolidada não impacta a percepção do usuário.

1.3 Organização do Texto

No Capítulo 2 está apresentada a metodologia científica aplicada para o desenvolvimento deste trabalho, incluindo a forma de realização das duas revisões sistemáticas da literatura, das entrevistas e dos testes com os usuários. Já no Capítulo 3 é apresentado o estado da arte da área pesquisado ao longo deste trabalho para as subáreas já citadas anteriormente, incluindo as metodologias de avaliação do usuário e os diferentes instrumentos que podem ser utilizados nas mesmas.

No Capítulo 4 estão apresentados os detalhes da realização das entrevistas, peculiaridades que precisaram ser alteradas nos questionários e o detalhamento técnico do hardware utilizado e desenvolvido para ambos os sistemas. Logo em seguida, no Capítulo 5 são apresentados os resultados dos testes de usabilidade e UX realizados com os usuários, bem como a análise e discussão dos mesmos.

Por fim no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões desta dissertação, incluindo um apanhado de todo o conteúdo desenvolvido neste trabalho e apontando quais os possíveis trabalhos futuros que podem ser realizados nesta área.

2 METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho se apresenta em duas frentes. A primeira trata da pesquisa do estado da arte, e se deu através de duas metodologias de pesquisa tradicionais na literatura, um Mapeamento Sistemático (MS) e uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Em um segundo momento, foram necessários experimentos que foram realizados de acordo com diferentes abordagens como usabilidade e experiência de usuário. Por fim, foi realizada uma análise dos resultados obtidos que serão apresentados no Capítulo 5.

O MS é uma revisão bem ampla dos estudos primários existentes em uma área de pesquisa específica. Normalmente, este mapeamento visa identificar uma evidência para realização de uma determinada pesquisa (ALMEIDA FALBO, 2018).

Os resultados apresentados por um MS contribuem para identificar as lacunas que podem existir nesta área e com isso identificar informações pertinentes para sugerir pesquisas futuras e ao mesmo tempo prover um guia teórico para novas atividades de pesquisa (KEELE et al., 2007).

A RSL é um tipo de estudo secundário que é menos abrangente que um MS, normalmente ela é feita quando já temos uma ideia do que desejamos pesquisar e queremos coletar resultados, boas práticas e outras informações que nos auxiliem com a nossa pesquisa.

Tangente aos objetivos, as RSLs integram estudos primários baseadas em seus resultados e, além disso, permitem analisar se os resultados são consistentes com o esperado. As Revisões Sistemáticas de Literatura têm como objetivo, portanto, consolidar evidências (PETERSEN et al., 2008). Já os Mapeamentos Sistemáticos têm como objetivo principal prover uma visão ampla de um tópico de pesquisa e identificar subtópicos em que mais estudos primários podem ser desenvolvidos para que se amplie o conhecimento acerca do tema.

Segundo (DA SILVA et al., 2011), tanto as RSLs quanto os MSs são tipos de revisões da literatura. De acordo com eles, a principal diferença é que enquanto a RSL agrega resultados relacionados a uma questão de pesquisa específica, um MS tem como objetivo a busca e a classificação de estudos primários em um determinado

tópico. Deste forma, MSs costumam ter questões mais abrangentes e podem ser usadas em conjunto com RSLs para identificar os principais estudos de uma determinada literatura antes de se realizar uma RSL. Normalmente, MSs utilizam as mesmas ferramentas de extração de dados e busca que as RSLs, porém se apoiam mais na tabulação dos estudos primários em categorias definidas (ALMEIDA FALBO, 2018).

Portanto, tanto a RSL quanto o MS são estudos secundários¹ e ambos auxiliam na identificação e na integração das evidências disponíveis para tratar as **questões de pesquisa**.

Uma grande diferença prática se dá na forma como os estudos primários são avaliados. Em uma RSL, os estudos são lidos em detalhes, para analisar e contrastar todas as evidências necessárias, enquanto em um MS a leitura tende a ser mais superficial, tendo como objetivo classificar cada estudo primário em uma das categorias que estão sendo levadas em consideração.

Algumas das razões de se realizar um MS são descritas em (ARKSEY; O'MALLEY, 2005), como:

- examinar a extensão e a natureza de uma atividade de pesquisa;
- avaliar o valor de se realizar uma RSL completa, determinando o potencial esforço necessário para tal;
- sumarizar a pesquisa feita em um determinado tópico, o que é fundamental para compreender o estado da arte da área onde os estudos secundários estão sendo feitos;
- **identificar lacunas existentes em um tópico de pesquisa, normalmente apontando para subtópicos promissores para um projeto de pesquisa.**

O MS, realizado no escopo deste trabalho, enquadra-se no último item desta lista e mais detalhes são tratados na Seção 2.1.1.

Além dos estudos secundários, foram realizados também experimentos com o objetivo de analisar o impacto, na perspectiva do usuário, do uso de hardware dedicado ou software na construção dos sistemas. Para realizar esta análise comparativa, foi feito um estudo de caso e aplicamos diferentes métodos e instrumentos para avaliar o ponto de vista do usuário com relação a quesitos de usabilidade e UX. Mais detalhes sobre este experimento estão descritos na Seção 2.2, onde exploramos com mais detalhes a metodologia aplicada nesta análise.

¹Estudos que abrangem apenas a leitura e pesquisa de estudos primários, com o objetivo de responder uma ou mais questões de pesquisa.

2.1 Levantamento Bibliográfico

2.1.1 Mapeamento Sistemático

Conforme explanado anteriormente, o MS tem algumas diferenças com relação à RSL, e para realizar o MS foram seguidos os passos apresentados na Figura 1 (AFONSO et al., 2014).

Este Mapeamento foi realizado dentro de uma das disciplinas do PPGC, denominada “Sistemas Sensíveis ao Contexto, Adaptativos e Ubíquos”, e que tinha como produto final um MS que deveria incluir a área de computação ubíqua. Nesta subseção traremos um resumo de como foi realizado o MS, mais detalhes da realização podem ser encontrados no Apêndice B.

Este MS foi baseado em um outro artigo que fez uma busca similar, e portanto não fez uso de uma string de busca (SILVA et al., 2012). Com isso buscamos não só atualizar o estudo realizado como também realizar uma conexão entre a área de Ubicomp e IHC para, com este trabalho, analisar possíveis nichos que poderiam ser explorados em trabalhos futuros.

Figura 1 – Passos de realização de um MS segundo Afonso.



Fonte: Afonso (2014).

A Figura 1 apresenta, em cinza, as etapas do processo e, em preto, os artefatos gerados por estas etapas. Na primeira etapa é definido o protocolo que será utilizado, no MS desenvolvido nesse trabalho, o seguinte protocolo foi seguido:

- considerar apenas **artigos completos** em eventos e periódicos;
- considerar apenas publicações dos últimos **três anos**;
- considerar os artigos publicados apenas nos três maiores e mais importantes veículos de publicação da área de Computação Ubíqua (UbiComp): o periódico *IEEE Pervasive Computing* (Pervasive) e os eventos *ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (ACMUbiComp) e *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications* (Percom);

- considerar apenas artigos que relatassem uma aplicação, como critério de inclusão.

Com o protocolo definido, passamos à segunda etapa do MS, que é a definição das questões de pesquisa. Para este MS as questões levantadas foram:

- **Como são as interfaces com o usuário das aplicações na área de UbiComp?**
- **Dado que UbiComp é uma área que utiliza tecnologias inovadoras, será que o uso de interfaces inovadoras também ocorre?**

Com essas questões definidas, foi determinado o escopo do estudo secundário e foi possível começar a condução da pesquisa. A busca nestes três veículos resultou em 453 artigos pré-selecionados.

2.1.2 Revisão Sistemática da Literatura

Para a realização de uma revisão sistemática da literatura, alguns passos devem ser seguidos conforme apresentados na Figura 2 (PETERSEN et al., 2008).

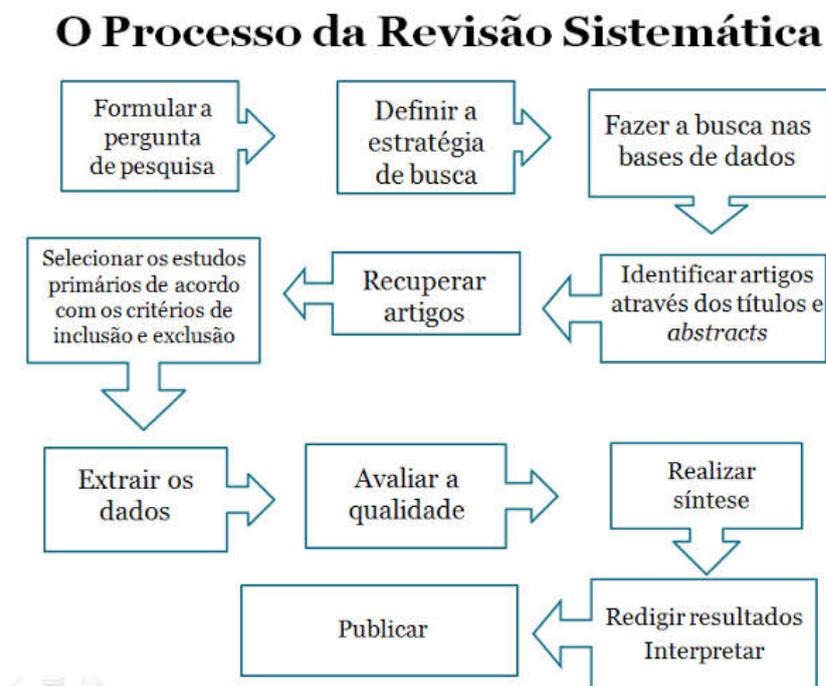
Um dos fatores importantes em uma RSL é o escopo temporal. Como esta RSL foi desenvolvida no primeiro semestre de 2018, os artigos selecionados ficaram restritos até aquele momento. Nesta subseção traremos um resumo de como foi realizada a RSL, mais detalhes da realização podem ser encontrados no Apêndice A.

No primeiro passo, foram construídas as questões de pesquisa que nortearam esta RSL. Como citado anteriormente, a mesma foi realizada no primeiro semestre de 2018 e, naquele momento, os principais focos eram centrados nas perguntas:

- Como eram as arquiteturas (formas de construção) dos sistemas que envolvem TUIs?
- Existem soluções puramente baseadas no hardware da interface (sem camada de software intermediária)?

Para construir respostas a estas duas questões, foi levantado, em conjunto com o grupo de pesquisa, o fato de que alguns sistemas que possuíam TUIs apresentavam dificuldades em seu uso, pois estes sistemas dependem de algum tipo de hardware extra (como por exemplo um computador) ou de uma pessoa auxiliando os usuários em sua utilização. Portanto, a ideia inicial era verificar se existia algum sistema na literatura que apresentasse o uso de TUI e não necessitasse de uma camada de software, rodando puramente em hardware embarcado. Além disso, para embasar o desenvolvimento de novos sistemas com TUIs no futuro, torna-se relevante analisar como estes sistemas são construídos.

Figura 2 – Ordem de execução de uma RSL.



Fonte: Afonso (2014).

Com isso, partiu-se para o segundo ponto da RSL, definir as estratégias de busca que seriam realizadas e, com isso, definir quais indexadores e termos seriam utilizados na pesquisa.

Em conjunto com outros pesquisadores do grupo, definimos que a busca seria realizada em quatro bases de indexação, **Springer**², **ACM**³, **IEEE Explorer**⁴ e **Science Direct**⁵.

Quatro pesquisadores foram responsáveis por esta RSL, entre alunos de graduação e pós-graduação e foram buscados apenas artigos completos publicados nos últimos cinco anos. Com isso determinamos, em conjunto, uma *string* de busca que fosse aceita nos quatro indexadores e pode ser observada a seguir:

("TUI" or "tangible user interface" or "tangible interface") AND ("hardware design" or "specific hardware" or "vhdl").

Cada *or* representa diversos termos que podem ser encontrados pelo indexador dentro de um mesmo escopo, que é separado pelos *AND*, que forçam que pelo menos um dos termos tenha que ser encontrado pelo indexador. Por exemplo, se tivermos um trabalho que trate de "TUI" mas não fale nem de "*hardware design*", nem de "*specific hardware*" e nem de "VHDL", o mesmo não será selecionado pelo indexador.

²<http://link.springer.com/>

³<http://dl.acm.org>

⁴<http://ieeexplore.ieee.org>

⁵<http://www.sciencedirect.com>

Determinada a *string* de busca, foi realizada a busca nos indexadores, conforme dita o passo três da RSL e, para sumarizar os resultados e organizá-los de maneira mais estruturada, foi utilizada a ferramenta chamada StArt (*State of the Art through Systematic Review*).⁶. Esta ferramenta contribuiu provendo uma forma sistematizada de fazer a revisão, além de possibilitar diversas análises através de sub-ferramentas como “análise de palavras-chave” ou “nuvem de palavras”.

Definidos estes pontos, a busca foi realizada e foram encontrados 51 artigos nos quatro indexadores que atendem à *string* definida. Normalmente, quando se realiza uma RSL, dependendo da área de busca e dos termos utilizados, um número maior de artigos é encontrado. Uma justificativa para um número baixo de artigos pode ser que poucas pessoas no mundo trabalhem com desenvolvimento de hardware dedicado para sistemas com interfaces inovadoras como TUIs.

O passo 4 determina a identificação dos artigos através de títulos e de abstract e o passo 5 prevê a recuperação dos mesmos. Com o download dos 51 artigos realizado, foi realizado o próximo passo, que determina a seleção dos estudos primários de acordo com os critérios de inclusão e exclusão pré-determinados.

Para esta RSL, os critérios de inclusão e exclusão utilizados foram:

- só aceitar artigos completos;
- recusar artigos publicados há mais de cinco anos;
- só aceitar artigos que tenham especificamente uma aplicação que possua uma interface tangível e faça uso de hardware específico ou dedicado.

2.2 Experimentos

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho inclui uma fase experimental. Dessa forma, após realizar os estudos secundários, foram desenvolvidos os sistemas necessários para realizar os experimentos. Para realizar cada experimento, foi necessário, primeiramente, identificar os aspectos de avaliação e, então elencar os instrumentos utilizados. Esta sessão detalha estes conceitos e ferramentas.

2.2.1 Aspectos de Avaliação

Uma interface de usuário pode ser analisada através de diferentes olhares ou diferentes aspectos de avaliação. O mais comum é a **usabilidade**. Segundo (BARBOSA; SILVA, 2010) a usabilidade é o critério de qualidade de uso mais conhecido e, por conseguinte, o mais frequentemente considerado. Dado que a avaliação de usabilidade tem foco em descobrir problemas funcionais dos sistemas, conforme Nielsen

⁶Ferramenta que dá suporte ao planejamento e execução de Revisões Sistemáticas. Disponível em: <http://lapes.dc.ufscar.br/tools/>

(1994), seria possível, através deste tipo de avaliação, corrigir quaisquer problemas que pudessem interferir no uso dos sistemas pelos usuários.

Nielsen (1993) citado em (BARBOSA; SILVA, 2010) define o critério de usabilidade como um conjunto de fatores que qualificam quão bem uma pessoa pode interagir com um sistema interativo. Esses critérios estão relacionados com a facilidade e o esforço necessários para os usuários aprenderem e utilizarem um sistema. Desse modo, a usabilidade endereça principalmente a capacidade cognitiva, perceptiva e motora dos usuários empregada durante a interação. Os fatores de usabilidade por ele considerados são: facilidade de aprendizado (*learnability*), facilidade de recordação (*memorability*), eficiência (*efficiency*), segurança no uso (*safety*) e satisfação do usuário (*satisfaction*).

Neste trabalho a utilização do aspecto de usabilidade se deve ao fato de balizar uma análise comparativa de dois sistemas interativos. Dessa forma, é possível mensurar aspectos funcionais dos sistemas a fim de comprovar sua equivalência funcional.

Uma faceta que por vezes a usabilidade passou a englobar é o aspecto emocional envolvido na interação. Aspecto que é relacionado com os sentimentos e emoções dos usuários e é denominada de **experiência do usuário** ou **UX** (do inglês: *user experience*) (Sharp et al., 2007). Enquanto a usabilidade analisa questões funcionais do sistema, a UX tem como objetivo analisar como o usuário se sente ao utilizar o sistema em questão (HASSENZAHN; TRACTINSKY, 2006).

Este fator é importante pois a percepção do usuário é o que o faz querer ou não continuar utilizando um sistema, e através da UX, é possível captar detalhes que muitas vezes um teste de usabilidade não consegue captar. Como exemplo, pode-se considerar um site que tenha todas as suas funcionalidades, mas cujo layout não seja agradável. Este site teria uma nota de usabilidade alta, porém poderia comprometer a experiência do usuário.

Então a análise de UX tenta captar um outro lado da experiência deste usuário utilizando o sistema, focando mais em emoções e percepções do usuário do que em funcionalidades propriamente ditas.

(BARBOSA; SILVA, 2010) destaca alguns aspectos importantes para experiência do usuário a serem considerados durante o (re)projeto de um sistema interativo, como, por exemplo, atenção, ritmo, divertimento, interatividade, controle consciente e inconsciente, envolvimento e estilo de narrativa. Neste trabalho, por se tratar da análise da perspectiva do usuário, a UX é crucial para essa estabelecer essa comparação. Dessa forma, nos será permitido capturar diferentes olhares e impressões dos sistemas, uma vez que, cada usuário é um indivíduo com necessidades e capacidades particulares que influenciam na percepção e, conseqüentemente, na interação com o sistema.

2.2.2 Instrumentos de Avaliação

Existem diversas formas de se avaliar a usabilidade, dentre eles a forma selecionada foi a aplicação de questionários. O instrumento a ser utilizado para avaliar um sistema depende muito dos usuários que testarão o mesmo. Se, por exemplo, crianças forem os usuários nos testes, dificilmente elas conseguirão preencher longos questionários (DARIN; COELHO; BORGES, 2019), porém, como nossos usuários não eram crianças e todos tinham possibilidade de os responder, seu uso se fez uma alternativa possível.

Dentre os questionários disponíveis na literatura, optou-se pelo uso do *System Usability Scale* (SUS) (BROOKE et al., 1996), que é um questionário originalmente desenvolvido para avaliação de web-sites. Com as devidas adaptações, é possível usar esse questionário para fazer a avaliação de diversos tipos de sistemas. Existem diversas razões para o uso deste instrumento de avaliação: disponibilidade online, qualidade dos resultados, possibilidade de comparação entre sistemas, entre outras. Além disso, a familiaridade do grupo com este instrumento também foi importante (DARIN; COELHO; BORGES, 2019).

O SUS apresenta, como resultado principal, uma nota, chamada de SUS Score, que determina a qualidade do sistema sendo avaliado. Esta nota pode ser de 0 a 100 e tem como média o número 68. Se um sistema possui nota acima de 68, pode ser considerado com uma usabilidade acima da média. Quanto maior for sua nota, maior será a usabilidade deste sistema. Esta nota ajuda a compararmos diferentes sistemas e, por ser o principal objetivo deste trabalho, este sistema demonstrou ser a ferramenta adequada à esta investigação, conforme poderá ser observado nos capítulos a seguir.

Assim como na avaliação de usabilidade, optou-se pela utilização de um questionário como instrumento de avaliação de UX. O instrumento selecionado foi o *Attrakdiff* (HASSENZAHN; BURMESTER; KOLLER, 2003), que é uma ferramenta disponível online e de forma gratuita para avaliações com até 20 usuários por sistema. Esta ferramenta foi selecionada por sua robustez de resultados, oferecendo a possibilidade de comparar diferentes sistemas de forma quantitativa.

O *Attrakdiff* se baseia em pares de adjetivos opostos, por exemplo bonito e feio, e o usuário opta de 1 (mais bonito) até 7 (mais feio) em uma escala linear, em que 4 é o ponto neutro. O instrumento possui 28 pares de adjetivos que são subdivididos em quatro grupos que avaliam diferentes aspectos: atratividade (ATT), qualidade pragmática (PQ), qualidade hedônica de identificação (HQ-I) e qualidade hedônica de estimulação (HQ-S).

A ATT é um julgamento subjetivo da atratividade de um produto, ou seja, é uma nota global baseada na percepção de qualidade que o usuário tem do produto. Já a PQ é uma característica que tenta trazer um pouco da usabilidade do produto, analisando se o usuário consegue atingir seus objetivos com o sistema. As qualidades

hedônicas têm como função indicar qual extensão das funções de um produto estimulam o usuário ou comunicam uma identidade particular. Elas são subdivididas em HQ-I, que serve para analisar o quanto um usuário se identifica com o produto, e HQ-S, que analisa o quanto o usuário se sente estimulado pelo sistema. Este instrumento possibilita a inserção das respostas em um site próprio e gera os resultados comparativos entre os dois sistemas propostos.

Ambos os instrumentos de avaliação já haviam sido testados e utilizados pelo grupo de pesquisa em experimentos anteriores.

3 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo é apresentado o estado da arte em termos de trabalhos que relacionados com o tema de pesquisa explorado neste trabalho. Para tanto, como apresentado anteriormente nos aspectos metodológicos (Capítulo 2), foram executados um Mapeamento Sistemático e uma Revisão Sistemática de Literatura.

No Capítulo 2, também explicamos a diferença entre os dois tipos de estudos secundários. Um MS é um estudo secundário mais abrangente, e no escopo desta dissertação foi feito originalmente como um trabalho de disciplina, porém devido ao fato de os resultados serem interessantes, resolvemos tratar deste estudo.

O MS mostrou que, apesar do fato de estarmos na área de IHC, é possível publicar e expandir a pesquisa integrando a mesma com outras áreas, como a computação ubíqua.

Como o MS é mais abrangente e a leitura dos artigos é feita de forma mais superficial, os trabalhos relacionados foram os encontrados na realização da RSL. Estes estão explicitados na seção 3.3, onde são tratados com maiores detalhes

3.1 Visão Geral

Uma visão geral da área foi explorada através da realização de um mapeamento sistemático que procurou revelar aspectos mais específicas de dispositivos e formas de interação da área de IHC e suas relações. (BARBOSA; SILVA, 2010) destaca que a forma como as pessoas se comunicam e interagem, entre si e com outros artefatos, também influencia a interação humano-computador, pois elas tendem a continuar utilizando essas mesmas formas de interação quando lidam com um sistema computacional interativo. Então como tornar formas de interação "inovadoras" mais convidativas e atraentes e, ao mesmo tempo, seguras e transparentes na perspectiva do usuário. Para tanto, é necessário entender as relações entre as formas de interação de entrada e de saída tipicamente identificadas em TUIs. Como resultado o MS nos mostra a Tabela 1 tem, em suas linhas, as formas de interação de entrada e, em suas colunas, a forma de interação de saída dos sistemas apresentados por artigo.

Tabela 1 – Formas de interação de entrada × formas de interação de saída

	GUI PC	GUI Outros	Tangível	Sonora	Visual	Pervasiva
GUI PC	1					
GUI Outros	2	3				
Tangível	1	1	3	1	1	
Sonora	1	2				1
Visual	2	1				
Pervasiva	24	7		3	1	3

Para esta classificação foram utilizadas seis formas de interação, denominadas: GUI PC, GUI Outros, Tangível, Sonora, Visual e Pervasiva.

A forma de interação GUI PC foi utilizada para classificar todo e qualquer sistema com o qual o usuário interagisse diretamente com um computador através de mouse e teclado. Já a GUI Outros é uma forma de interação utilizada para classificar quaisquer sistemas que fizessem uso de uma interface de usuário gráfica, porém a interação com o usuário fosse de outras formas que não a citada na GUI PC. Por exemplo, o uso de interação através do toque em telas *touchscreen*.

A Interação Tangível foi considerado quando o usuário manipula a informação de um sistema computacional através do toque direto, conforme já explicado anteriormente nesta dissertação.

Foi utilizada também a classificação de interfaces Sonoras, para todo sistema que interagisse com o usuário apenas através de sons.

Enquanto isso, a forma de interação Visual se deu através de estímulos visuais aos usuários, como luzes coloridas e outras formas de interação. É importante ressaltar que todo tipo de tela não foi classificado como Visual, e sim dentro das formas de interação GUI PC ou GUI Outros.

Por último, a forma de interação chamada de Pervasiva. Apesar de “interface pervasiva” não ser um termo usual dentro de IHC, definimos este tipo de interface como todo e qualquer sistema que o usuário não saiba que faz uso do mesmo. Se considerarmos, por exemplo, um sistema inteligente de ar-condicionado que conte o número de pessoas na sala e determine a necessidade de maior ou menor ventilação baseado nesta informação, o usuário não perceberá que está fornecendo uma informação ao sistema, pois a mesma é adquirida de forma imperceptível do ponto de vista do usuário.

Como relatado no capítulo anterior conduziu a 453 artigos pré-selecionados, conforme já relatado. Estes artigos foram classificados e estão distribuídos conforme a Tabela 2. O processo de seleção dos artigos de interesse foi realizado por dois pesquisadores da pós-graduação e levou em consideração o critério de inclusão citado anteriormente: se o artigo tratava de uma aplicação. Este critério de inclusão foi utilizado, já que era imprescindível que houvesse uma aplicação para que se pudesse

avaliar o tipo de interface do mesmo. Com este critério, restaram 58 artigos que passaram por todo processo de seleção e que também estão apresentados na Tabela 2. Após a extração dos dados destes artigos, estes foram classificados de acordo com o tipo de interação com o usuário final. Os resultados desta classificação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 2 – Distribuição dos artigos encontrados e selecionados no MS de acordo com os veículos de publicação

Veículo de Publicação	Resultado	Selecionados
PerCom	104	16
Pervasive	157	19
UbiComp	192	23
Total	453	58

Além disso, foram geradas outras classificações, a fim de realizar um mapa sistemático completo. Foi gerada uma nuvem de palavras, baseada no número de ocorrências de cada palavra ao longo dos 58 artigos selecionados, que está representada na 3.

Figura 3 – Nuvem de palavras resultante dos artigos selecionados.



Fonte: Autor, 2019

Com a ocorrência de palavras, foi possível realizar, também, algumas subclassificações. Para realizar estas subclassificações, utilizamos as palavras que mais aparecem na nuvem de palavras da Figura 3, com o objetivo de compreender melhor quais os tópicos eram os mais interessantes de serem analisados.

Outra visão interessante fornecida pelo MS são as classificações adicionais que nos propiciam analisar as formas de interação e sua relação com a área de aplicação, os dispositivos e/ou sensores utilizado. Neste tipo de avaliação, a soma total pode ser diferente dos 58 artigos, pois se um mesmo sistema utiliza computadores e celulares, por exemplo, ele será marcado em ambos dispositivos.

Abaixo está a classificação quanto a área de aplicação:

- Salas Inteligentes (Smart Room): 15

- Dispositivos Vestíveis (Wearable): 12
- Cidades Inteligentes (Smart City): 10
- Outros: 22

As áreas que mais apareceram foram salas inteligentes (*Smart Room*), dispositivos vestíveis (*Wearable*) e cidades inteligentes (*Smart City*). Na categoria “outros”, foram classificados os sistemas diversos para subáreas com menos artigos publicados. É importante destacar que esta classificação traz um panorama da área de Computação Ubíqua como um todo, dado que, no momento, as aplicações que vêm sendo desenvolvidas estão dentro destas subáreas. Assim, com essa avaliação é possível perceber quais são os principais locais onde as aplicações desenvolvidas estão sendo aplicadas na área de computação ubíqua.

Outra classificação foi quanto aos dispositivos utilizados e os resultados estão apresentados abaixo:

- Celular: 28
- Hardware embarcado: 20
- Computador: 10
- Relógio: 1
- Outros: 10

Pode-se perceber, nesta análise, que os dispositivos mais utilizados foram celulares, hardware embarcado e computadores, colaborando com os resultados apresentados na Tabela 1, que mostra que diversos sistemas faziam uso de GUIs para computador e para celulares. Outro ponto interessante desta análise diz respeito ao fato dos dispositivos utilizados, em sua grande maioria, serem aqueles disponíveis comercialmente para os pesquisadores, como, por exemplo, computadores e celulares, ou ainda sistemas embarcados como Arduino. O que foi possível perceber é que **não é usual os pesquisadores desenvolverem nenhum tipo de hardware dedicado para suas aplicações.**

A última classificação que foi realizada considerou o sensor utilizado e os resultados estão apresentados abaixo:

- Luminosidade: 6
- Geolocalização: 6
- Temperatura: 3

- Outros: 38

Neste caso específico, verifica-se que existe uma diversidade muito grande de sensores sendo utilizados nos diferentes trabalhos, com maior destaque para os sensores de luminosidade, de geolocalização e de temperatura. Na categoria “outros”, estão incluídos sensores wi-fi, infravermelho e diversos outros. Com esta classificação, pode-se perceber que há um avanço também na área de eletrônica e de sensores que são usados nos sistemas pervasivos. Ao analisar outros estudos secundários, como de Silva e outros (2012), pode-se perceber como os sensores utilizados nos trabalhos citados naquele estudo são diferentes dos encontrados no Mapeamento Sistemático, demonstrando a diversificação dos mesmos.

Com este estudo secundário foi possível responder às questões de pesquisa apresentadas na sessão 2.1.1 dessa dissertação.

Foi possível perceber que existem diversos tipos de interfaces que são utilizados nas mais diversas aplicações, porém, foi possível observar um grande número de GUIs presentes em sistemas pervasivos. Nestes casos em específico temos algum tipo de entrada ou saída de dados pervasivos, porém a outra forma de interação se dá através de uma tela de computador.

Com o MS identificou-se que a grande maioria dos trabalhos fazia uso de algum tipo de interface de entrada inovadora, normalmente fazendo uso da pervasividade e do conceito de *distraction-free* (GARLAN et al., 2002). Por outro lado, as interfaces de saída ainda pecam muito no uso de tecnologias diferenciadas. Isso se dá, em parte, devido aos sistemas fazerem algum tipo de leitura de dados sem uma resposta concreta ao usuário final, ou seja, os dados do usuário são lidos e isso é usado para algum tipo de cálculo ou mapeamento teórico que não retorna para o usuário.

Outra conclusão que foi possível chegar neste MS é que os artigos mais recentes (do ano de 2019) possuem interfaces consideradas mais inovadoras, permitindo inferir que, de forma gradual, o uso de interfaces inovadoras está sendo adotado nos sistemas pervasivos, principalmente devido aos avanços nas áreas de IHC e desenvolvimento de interfaces.

Esta conclusão permite identificar uma tendência de que TUIs serão cada vez mais utilizadas no futuro, tanto em trabalhos de pesquisa quanto em produtos comerciais, o que serve como motivação a trabalhos futuros no tema. Além disso, revela que se as TUIs são “transparentes” na visão dos usuários ainda oferecem muitos desafios para quem as desenvolve. Em outras palavras, evidencia um desafio para investigação na área no que tange os aspectos de construção dessas interfaces, o qual é explorado no tópico seguinte.

3.2 Aspectos Construtivos de Sistemas com TUIs

Com o intuito de verificar de forma mais específica como aspectos de construção podem influenciar nos processos de interação com TUIs foi realizado uma revisão sistemática da literatura que conduziu a 51 artigos pré-selecionados, conforme já relatado no capítulo anterior. Estes artigos foram classificados de acordo com cada um dos indexadores previamente apresentados e estão distribuídos conforme a Tabela 3. A apresentação de quantos artigos foram encontrados por indexador foi explicitada para mostrar que, apesar de uma *string* de busca aparentemente abrangente ter sido utilizada, poucos artigos foram encontrados.

Tabela 3 – Distribuição dos artigos encontrados e selecionados na RSL de acordo com os engenhos de busca

Engenho de Busca	Resultado	Selecionados
ACM Digital Library	7	1
IEEE Xplore	5	5
Science Direct	18	3
Springer	21	4
Total	51	13

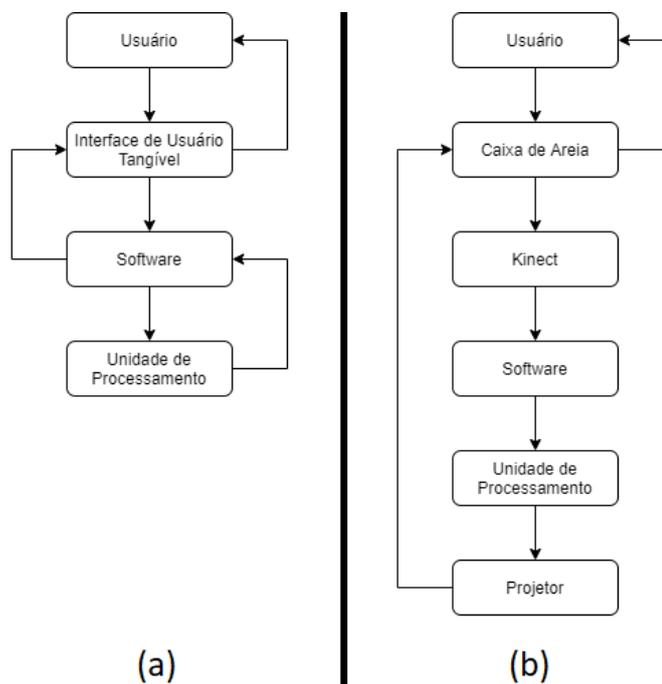
Com os critérios apresentados anteriormente, restam um total de 13 artigos selecionados conforme apresentado na Tabela 3. Apesar de a IEEE Xplore ter retornado o menor número de trabalhos, todos eles se enquadraram no estudo realizado, o que pode indicar que esta base de dados seja mais pertinente aos estudos com esta temática. A partir da análise destes 13 foram retirados os dados necessários para responder às questões de pesquisa.

Sobre a questão relativa à forma construtiva das arquiteturas dos sistemas, a RSL foi capaz de demonstrar que todos os sistemas destes 13 artigos usavam uma mesma arquitetura genérica, definida na Figura 4(a).

Alguns sistemas possuem algumas peculiaridades, mas no geral, se enquadram neste modelo básico, representado na figura mencionada acima. Este modelo possui quatro elementos que se comunicam. Inicialmente, o usuário realiza uma ação executada em uma TUI e essa ação é a entrada do sistema. Esta TUI normalmente passa por uma GUI, que é processada e executada por um processador. Depois que os dados são processados e uma resposta é computada, essa resposta passa para a TUI (normalmente com algum feedback na GUI), para então a TUI responder aos estímulos do usuário.

Como exemplo, apresenta-se o trabalho de Darley e outros (2017), no qual a arquitetura do sistema segue a Figura 4(b). Este sistema possui uma caixa de areia, que o usuário utiliza como entrada para criar mapas topográficos, e os mapas são projetados na areia. Para funcionar, o sistema realiza a leitura da altura da areia em cada ponto

Figura 4 – (a)Exemplo básico de arquitetura; (b) ARSandbox segundo o trabalho de Darley;



Fonte: Autor, 2019.

da caixa através do Kinect e, com isso, consegue projetar um mapa de relevo que se adéque a topografia construída pelo usuário. Pode-se simplificar a arquitetura citada pela arquitetura genérica da Figura 4(a). Para fazer esta simplificação, simplesmente considerar o computador, Kinect e projetor como unidade de processamento, a GUI é também utilizada por um intermediário que controla o uso do sistema, a caixa de areia em si é a nossa TUI.

O trabalho usado como exemplo é apenas um dos trabalhos relacionados, mas essa situação ocorre nos outros 12 trabalhos selecionados, sendo possível simplificar a arquitetura de todos eles àquela apresentada na Figura 4(a).

Sobre a questão de pesquisa relacionada à existência de soluções que não fazem uso de alguma camada de software, segundo o que pesquisamos, não foi possível determinar nenhum sistema que não fizesse uso de alguma camada de software. Esta camada aparece de diversas formas como, por exemplo, através do uso de Arduino, ou até mesmo do uso de um computador ou celular.

Dadas as respostas às questões de pesquisa iniciais, foi possível continuar os passos da metodologia RSL. O passo seguinte dita que se deve avaliar a qualidade dos trabalhos e dados extraídos, o que foi feito através da leitura completa dos artigos e verificação do meio em que estes foram publicados. Além disso, foi realizada a verificação de se os artigos possuíam citações e também foi verificado quem eram os autores e, com isso, foi possível constatar, por exemplo, que um dos 13 artigos era

baseado em uma tese de doutorado.

3.3 Trabalhos Relacionados

Como apresentado na sessão anterior, a RSL resultou em 13 artigos diretamente relacionados ao trabalho desenvolvido nesse mestrado. Foram selecionados seis desses artigos para serem brevemente discutidos nessa sessão do texto.

Foram utilizados apenas seis artigos, pois são os que possuem as mais diversas formas de interação dentre os encontrados na RSL. Os outros sete artigos repetem as formas de interação destes seis que foram selecionados. Para selecionar, entre mais de um artigo que possui a mesma forma de interação, foi utilizado como critério o maior número de citações.

3.3.1 TUIs em Serious Game

Em Hossain e outros (2016) é apresentado um *framework* para *serious games* (MICHAEL; CHEN, 2005) com objetivo de auxiliar pessoas que sofreram derrame cerebral e estão em recuperação. com objetivo de auxiliar pessoas que sofreram derrame cerebral e estão em recuperação. A proposta faz uso de realidade aumentada como tecnologia motivadora, objetivando que estas pessoas se sintam mais envolvidas em sua reabilitação.

A ideia deste trabalho foi, através do uso de objetos de uso cotidiano em conjunto com realidade aumentada (RA), fazer com que os usuários realizassem tarefas utilizando gamificação (HORSEMAN et al., 2014). A ideia deste trabalho foi desenvolver um framework e, para testar o mesmo, os pesquisadores desenvolveram uma aplicação que fez uso de um objeto físico desenvolvido especialmente para eles, que auxiliasse no reconhecimento dos tokens utilizados na RA. Além deste objeto, este trabalho utilizou uma câmera filmando o ambiente de trabalho do usuário e colocou a camada de RA em uma tela fixa em uma parede a frente do usuário.

Com isso, foi possível perceber que os autores utilizam uma entrada tangível, através do objeto de entrada, porém sua saída para o usuário é em uma tela, utilizando uma GUI e, portanto, não tangível (HOSSAIN et al., 2016). A arquitetura do framework é caracterizada por diversas camadas, várias delas em software e algumas utilizando GUIs, já que este trabalho tem como objetivo que apenas a entrada seja tangível.

Na arquitetura de TUI que foi utilizada é possível perceber que as camadas de software utilizadas de forma intermediária poderiam não ser necessárias, caso uma solução que utilizasse design de hardware fosse implementada (HOSSAIN et al., 2016). Isso se dá pois o usuário não tem contato direto com nenhuma camada de software, sendo elas então abstraídas pelo usuário no uso da TUI.

3.3.2 Dispositivos Móveis e Ambientes Físicos

Em Kubitzka (2016) é apresentada uma ideia de aplicativos inteligentes para uso em ambientes. Nesta proposta, os usuários, ao utilizarem dispositivos vestíveis (wearables) em conjunto com quaisquer outros dispositivos que possuam, enviariam dados que seriam coletados por um servidor que controla um "Smart Space App". Estes dispositivos podem ser, por exemplo, o termostato da casa, as lâmpadas da casa, ou qualquer outro tipo de dispositivo que esteja conectado com a internet.

Os dispositivos utilizados na leitura de dados nesta aplicação se concentram em um telefone celular, dispositivos vestíveis, um servidor e quaisquer outros que utilizem IoT (GUBBI et al., 2013). Os dados são coletados por um smartphone e enviados à internet, em que um servidor faz uso deles para determinar as ações que serão tomadas pelo aplicativo. Um exemplo citado seria quando o usuário recebe uma notificação em uma rede social. Com estes aplicativos, seria possível fazer com que a saída fosse uma lâmpada RGB trocando de cor, desde que esta esteja conectada à internet.

Portanto, no trabalho é possível verificar que tanto a entrada, quanto a saída, poderiam ser tangíveis, cabendo ao desenvolvedor do "Smart Space App" decidir sua forma de entrada e saída (KUBITZA, 2016). Esta solução faz uso de uma GUI intermediária, na qual é realizada a configuração do aplicativo. Na proposta inicial, ele faz uso de um leitor NFC e de sensores como acelerômetro, para fazer com que o ambiente interaja de forma inteligente com o usuário final.

3.3.3 TUIs e Mapas

Em Darley e outros (2017) e em Reed e outros (2014) são apresentadas formas de utilização de mapas topográficos e hidrográficos através de TUIs. A ideia dos pesquisadores foi utilizar uma caixa de areia cinética para moldar o relevo e, através da uma projeção sobre esta areia, é possível visualizar o mapa em 3D.

Estas soluções utilizam um projetor, um Kinect, um computador e a própria caixa de areia. O computador é utilizado para controlar e processar os dados enviados pelo Kinect e, após o processamento, o computador é quem envia o mapa a ser projetado ao projetor.

Nestes trabalhos, é possível verificar que a entrada é claramente tangível, porém, há dúvidas sobre esta saída ser ou não tangível, pois é uma projeção 2D (uma tela) em uma estrutura 3D (areia). Para todos os efeitos, neste trabalho considerou-se que a saída é tangível. Ao mesmo tempo, existe uma GUI que não fica visível ao usuário, mas sim ao controlador da aplicação, que serve para configurar o dispositivo.

3.3.4 TUIs e IA

Em Liu e London (2016), é apresentada uma interface tangível para uma Inteligência Artificial (AI), nomeada de Tangible Artificial Intelligence (TAI). A TAI é um periférico

para celular com a capacidade de alterar sua forma de acordo com as informações passadas em tempo real por um agente de conversação de AI baseado em texto, durante uma conversa via celular.

O hardware desenvolvido é apresentado na forma de uma capa de celular com bolsas de elastômero. Uma microbomba de baixa voltagem e três válvulas solenoides são usadas para controle de ar. Cada bolsa de elastômero tem sua própria válvula para ser controlada independentemente para a deflação e a inflação. O hardware é controlado de acordo com o estado emocional apresentado pela AI, que é um Chatbot personalizado, acessado através de sua API web. Foi criada uma aplicação para Android para integrar a conversa entre a AI e o usuário, para a detecção de emoções e para o controle de interação física.

As experiências utilizando a TAI, conforme os autores, demonstram que o usuário, através de uma entrada não-tangível, recebe uma resposta tangível gerada pela TAI, que indica o estado emocional do agente (LIU; LONDON, 2016). A arquitetura aplicada consiste em uma aplicação Android receber entradas textuais do usuário, que são passadas para a AI que, após processar os dados de entrada, responde de acordo com suas emoções e, dependendo do estado emocional, será gerada uma reação física no dispositivo TAI.

3.3.5 TUIs e Mesa de Pinos

É apresentado em Maia, Araujo e Castro (2017) um protótipo de TUI formada por uma plataforma com pinos que se movem, mudam de cor e podem ler o toque do usuário. A plataforma possui sua própria API, permitindo a gravação de diferentes programas, gerando assim experiências únicas aos usuários.

O protótipo gerado pelos pesquisadores é formado por 4 pinos. Cada pino possui um LED RGB, para que possa mudar de cor. Para que haja o movimento, foi usado um potenciômetro deslizante equipado com um motor DC. Também foi escrita uma biblioteca com funções básicas para a utilização do dispositivo.

Com isso, foi possível perceber que o dispositivo apresentado (MAIA; ARAUJO; CASTRO, 2017), utiliza TUIs para entrada e saída no formato Tabletop (KALTENBRUNNER et al., 2005), e possui as LEDs para complementar a informação tangível através do estímulo visual. Sua arquitetura está evidenciada no texto, e explica que o usuário deve utilizar a biblioteca criada para gerar novas aplicações para a plataforma. O diferencial deste trabalho se encontra na possibilidade da reprogramação do dispositivo através das entradas tangíveis, sem a necessidade de uma camada que utilizasse GUIs para sua programação.

3.3.6 Controle de Ambientes

m Yeo, Nanayakkara e Ransiri (2013) é apresentado o StickEar, um sistema que consiste em uma rede sem fio de nodos adesivos interconectados. Cada StickEar possui um microfone e uma caixa de som, sendo capazes de realizar entrada e saída à base de som. A ideia por trás desses dispositivos é permitir que as pessoas possam deixar informações acústicas em qualquer objeto ou espaço.

O conjunto consiste em vários nodos de sensores StickEar na configuração mestre/escravo (PEI et al., 2004), para que um StickEar fique responsável por retransmitir possíveis mensagens de sensores para outros dispositivos externos.

Os sensores possuem, em seu hardware, um microcontrolador, uma bateria, um microfone, um codificador rotativo, um botão de pressão e um acelerômetro. Um LED de três cores e um alto-falante são usados para feedback visual e de áudio, respectivamente. A conectividade sem fio entre nós sensores é fornecida por um transceptor de rádio.

O StickEar mestre, ainda que tenha uma construção semelhante aos nós escravos, usa um transceptor com um amplificador de potência e uma antena de RF mais potente para uma ampla faixa de comunicação com outros nós de sensores StickEar. Um módulo bluetooth no StickEar mestre permite a comunicação com um dispositivo de computação habilitado para bluetooth.

As aplicações desenvolvidas demonstram a usabilidade do dispositivo e seu potencial (YEO; NANAYAKKARA; RANSIRI, 2013). A arquitetura do StickEar é baseada em receber uma programação do usuário e, a partir do momento em que for posicionado e acionado, aguardar por uma entrada sonora que corresponda com a programada para realizar uma saída também sonora, ou através do LED.

3.3.7 Análise Comparativa

Tabela 4 – Comparativo das interfaces de usuário dos trabalhos descritos

	Input	Output	GUI
(DARLEY et al., 2017)	Tangível - Areia	Tangível - Projeção 3D	Intermediária
(LIU; LONDON, 2016)	Não-Tangível - Tela	Tangível - Controle Específico	Usuário
(HOSSAIN et al., 2016)	Tangível - Objetos Inteligentes	Tangível e Não-Tangível - Tela e objetos	Usuário
(MAIA; ARAUJO; CASTRO, 2017)	Tangível - <i>Tabletop</i>	Tangível - <i>Tabletop</i>	-
(YEO; NANAYAKKARA; RANSIRI, 2013)	Tangível - <i>StickEar</i>	Não-Tangível - LEDs	-
(KUBITZA, 2016)	Tangível - Wearables	Tangível e Não-Tangível - Tela e IoT	Intermediária

A Tabela 4 apresenta uma comparação dos seis trabalhos escolhidos considerando a forma de interação, o método de entrada, o método de saída e se faz uso de algum tipo de GUI.

Pode-se observar, através desta análise, que apenas dois trabalhos possuem entradas e saídas puramente tangíveis, enquanto os outros quatro fazem uso de algum tipo de interação não tangível com o usuário. A forma de entrada e saída é diver-

Tabela 5 – Tabela comparando as arquiteturas dos trabalhos descritos

	Hardware do sistema	Camada de Software
(DARLEY et al., 2017)	Projetor, computador e Kinect	X
(LIU; LONDON, 2016)	Controle Específico	X
(HOSSAIN et al., 2016)	LCD, objetos reativos, computador	X
(MAIA; ARAUJO; CASTRO, 2017)	Pixel tangível em mesa	X
(YEO; NANAYAKKARA; RANSIRI, 2013)	ATMega, microfone, LEDs	X
(KUBITZA, 2016)	Arduíno, celular, <i>wearables</i>	X

sificada entre as soluções, pois cada uma faz uso da interface adequada para seu propósito específico.

Quanto ao uso de GUIs, pode-se classificar os trabalhos em dois tipos: àqueles trabalhos em que o usuário utiliza a GUI, como em Liu e London (2016) e Hossain e outros (2016), e àqueles em que a GUI vai ser utilizada apenas por quem está mediando o uso da aplicação, que chamamos de GUI intermediária, já que o usuário final não faz uso da mesma, como em Darley (2017) e Kubitza (2016).

A Tabela 5 apresenta uma comparação sobre qual hardware é utilizado em cada uma das soluções, se existe uma arquitetura apresentada de forma clara e também se alguma camada de software é utilizada em algum ponto das soluções. Nesta comparação é possível perceber que **todas as aplicações fazem uso de camada de software**, seja por meio de GUIs ou por programas executando em microcontroladores, como em Yeo, Nanayakkara e Ransiri (2013).

No caso de Darley e outros (2017), a camada de software é responsável por fazer a leitura do relevo, processar os dados e enviar para o projetor. Em Liu e London (2016), a camada de software é responsável por ler o que o usuário digita, enviar para a AI, que vai processar os dados, e retornar para o controle na capa do celular.

Em Hossain e outros (2016), a camada de software é responsável por ler o ambiente e processar os dados que serão apresentados na tela em uma RA. Já em Maia, Araujo e Castro (2017), a camada de software é responsável, assim como em Yeo, Nanayakkara e Ransiri (2013) e em Kubitza (2016), por processar os dados dentro de um microcontrolador. Em Kubitza (2016) ainda há uma outra camada de software: um aplicativo que é responsável por exibir a interface gráfica na tela do smartphone.

Considerando as soluções que apresentam GUI intermediária, que são Darley e outros (2017) e Kubitza (2016), fica visível o impacto da camada de software na experiência com a interface, já que em ambos os casos é necessário um mediador, utilizando GUI, para controlar a TUI que o usuário final está usando.

4 DESENVOLVIMENTO

Com a RSL e o MS realizados, foi possível observar alguns nichos de pesquisa que acabaram por se tornar foco desta dissertação de mestrado. Os dois principais nichos surgem a partir das observações de que **na RSL realizada não aparecem estudos acerca de sistemas que não fazem uso de camada de software** e que os estudos demonstram que os **sistemas com TUIs estão sendo progressivamente mais utilizados**.

Com o objetivo de realizar os objetivos do trabalho, foram adaptados dois sistemas, um com uso de hardware específico e outro mediado por software para testar o impacto do ponto de vista do usuário de utilizar ou não software.

4.1 Instrumentos utilizados

Para construir os dois sistemas propostos, um que faça uso de software e outro que não o faça, foram necessários o uso de dois dispositivos de hardware diferentes, bem como um software específico chamado Scratch (LAMB; JOHNSON, 2011). Com isso, chegamos a três instrumentos necessários para realização do experimento, um chamado Makey Makey (COLLECTIVE; SHAW, 2012), que foi combinado com o software Scratch, e outro chamado Littlebits Synth Kit (BROWN, 2018; BDEIR, 2009), que chamaremos apenas de Littlebits para fins de simplificação.

O sistema que é mediado por software é uma combinação dos instrumentos Makey Makey e Scratch, enquanto o sistema baseado em hardware específico é o que faz uso do instrumento Littlebits.

Estes instrumentos foram selecionados por alguns fatores, dentre eles a familiaridade com os mesmos, que vinham sendo utilizados no âmbito do grupo de pesquisa. Após certa reflexão, concluiu-se que um piano seria uma solução simples que contemplaria os objetivos da investigação.

A determinação de utilizar um piano musical se deu por alguns fatores, em primeiro lugar foi pelo fato de instrumentos musicais que possuem processadores digitais são inerentemente TUIs, pois através de seu tato o usuário interage com um sistema que

é capaz de transformar os toques em sons. O segundo grande fator, que foi determinante na construção do piano, é a simplicidade de construir um piano, seja através de hardware dedicado ou com auxílio de software.

Para o sistema mediado por software ser utilizado, foi necessário encontrar um dispositivo que tivesse funcionalidade similar à combinação do Makey Makey com o Scratch, porém, sem o uso de software. Em um primeiro momento, parecia ser necessário desenvolver o sistema que utilizasse hardware dedicado para esta função, porém, após pesquisa, foi possível identificar sistema comercial que serviria ao propósito, chamado Littlebits.

A seguir, serão explicados em maiores detalhes cada um dos três instrumentos usados no desenvolvimento dos experimentos: Makey Makey, Scratch e Littlebits.

4.1.1 Makey Makey

O Makey Makey é um produto desenvolvido por uma empresa chamada Joy Labz, e ele possui uma placa que realiza a comunicação entre um computador e quaisquer objetos que o usuário deseje conectar ao mesmo, tornando possível uma interação tangível com os sistemas (COLLECTIVE; SHAW, 2012).

A forma como o Makey Makey se comunica com o computador é bem simples, através da porta USB, utiliza uma interface de mouse e teclado, assim, cada contato do Makey Makey é mapeado para uma tecla do teclado, clique do mouse ou movimento do mouse.

Figura 5 – Makey Makey vendido pela Joy Labz.



Fonte: Autor, 2019.

Conforme podemos ver na Figura 5, o Makey Makey é uma placa pequena que possui diversos contatos. Na parte superior da placa, pode-se observar as quatro di-

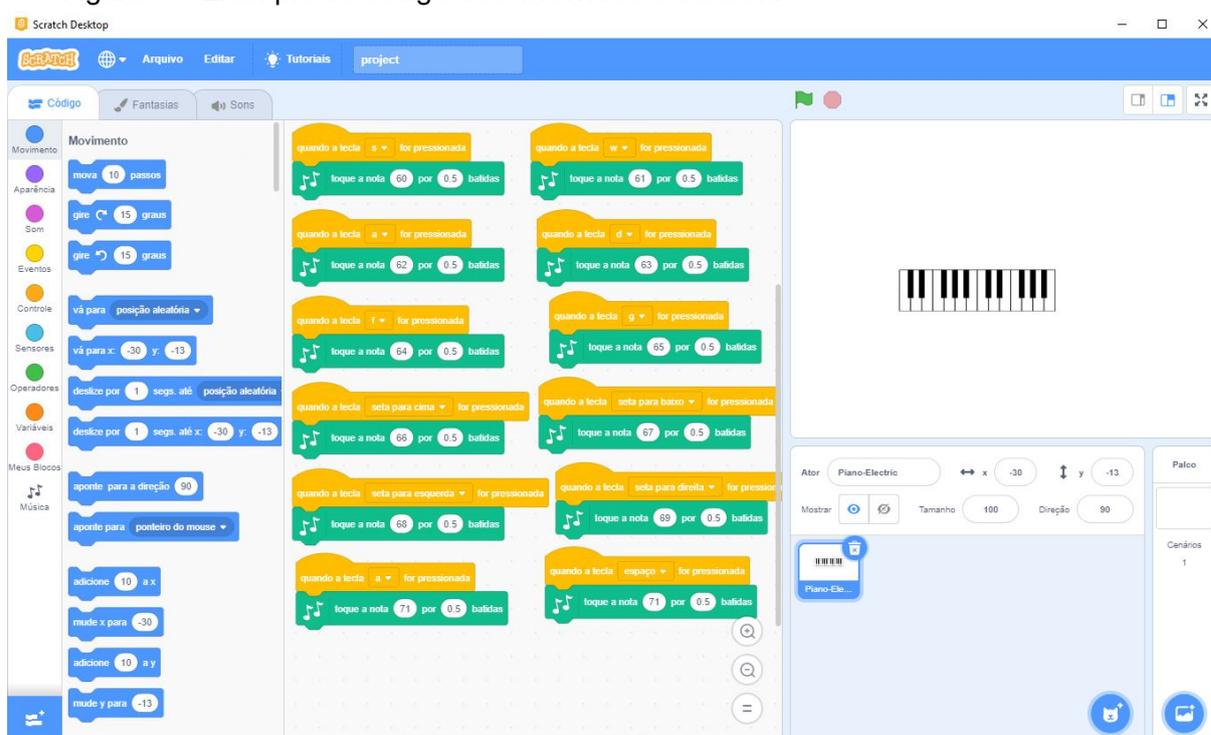
reções conforme as setas do teclado, um contato para a barra de espaço e outro para o click do mouse. Apesar de parecer limitado, na parte inferior, é possível ter acesso a diversos outros pontos de conexão da placa, conseguindo atingir 13 diferentes conexões com apenas uma placa.

4.1.2 Scratch

A linguagem Scratch foi desenvolvida no MIT com o intuito de facilitar a programação para crianças e/ou pessoas sem a familiaridade com linguagens de programação (LAMB; JOHNSON, 2011).

Ela é uma linguagem que, junto com seu compilador, é toda gráfica, com menus de fácil compreensão e com diversos tutoriais e videoaulas que ensinam como fazer uso dos mesmos.

Figura 6 – Exemplo de código desenvolvido no Scratch.



Fonte: Autor, 2019.

Como se pode observar na Figura 6, são utilizados blocos que estão subdivididos de acordo com suas funções. No menu lateral esquerdo, estão presentes as diferentes categorias de comandos que podem ser utilizados, divididos com cores para determinar sua função. Estas funções podem ser de movimento (no caso de termos um *sprite*¹ que desejamos movimentar), de aparência, de eventos, de sons, entre diversas opções que possibilitam exercer a criatividade com a ferramenta.

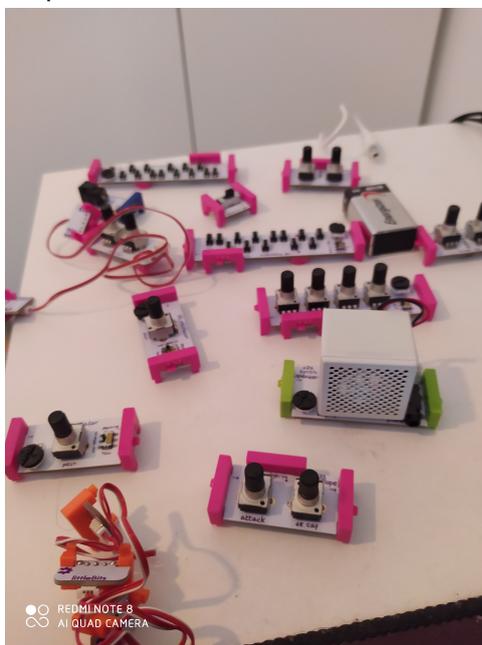
¹Um Sprite é um objeto, tanto bidimensional quanto tridimensional, que se move em uma tela sem deixar rastros de sua passagem.

No caso específico da Figura 6, pode-se identificar, na caixa da direita, um sprite de um piano elétrico e, no bloco central, os comandos de controle e sons utilizados.

4.1.3 Littlebits – Synth Kit

O segundo dispositivo utilizado se chama Synth Kit, de uma empresa chamada Littlebits (BDEIR, 2009; BROWN, 2018). O Synth Kit é um instrumento musical comercial, na forma de um sintetizador com diversos componentes editáveis chamados bits. Estes bits são independentes entre si e podem ser arranjados de muitas formas diferentes como na Figura 7. Inclusive é possível juntá-los de tal forma a se obter um piano musical.

Figura 7 – Diversos bits disponíveis no kit Littlebits.



Fonte: Autor, 2019.

O Synth Kit possui algumas funcionalidades a mais que o Makey Makey, como por exemplo a possibilidade de modificar a frequência de cada tecla (alterando o som do piano). Também há a opção de alterar o volume, bem como de ligar e desligar o dispositivo.

Na Figura 8, pode-se observar o arranjo realizado para o experimento em questão, que possui placa de alimentação (em azul), placa com as teclas do piano (em rosa), placa para gerar a frequência base do piano (em rosa - menor) e caixa de som com volume ajustável e saída para fones de ouvido (em verde). Todos os bits se conectam com uso de ímãs, fazendo com que quase nenhum fio seja necessário.

O diferencial deste produto com relação a outros do mercado é que faz uso de uma mistura entre hardware analógico e digital em toda sua construção e execução, levando a um sistema que não possui software em nenhuma etapa. Por isso ele se

Figura 8 – Sistema utilizando Littlebits construído para os testes.



Fonte: Autor, 2019.

enquadra no critério de sistema sem software que é foco de estudo dessa dissertação.

4.2 Cenário de Uso – Piano Musical

O cenário de uso definido para realização dos experimentos foi o de um piano musical. Essa decisão foi tomada, já que instrumentos musicais, que fazem uso de algum tipo de processamento, são formas de interação tangível que podem ser replicadas de maneira simples sem o uso de software.

A forma de interação é tangível através de uma entrada tátil baseada em botões. A resposta do sistema utiliza tanto o retorno tátil dos botões como a resposta sonora do áudio que é reproduzido.

Dados os instrumentos necessários para montagem do piano, foi usada a versão 2 do compilador do Scratch, pois essa versão possui a funcionalidade de adicionar notas sustentadas ou bemol e essa funcionalidade foi excluída em versões mais recentes do compilador.

Conforme podemos ver na Figura 6, foram mapeadas diferentes teclas do teclado para notas de um piano e, quando a tecla é pressionada, uma nota é tocada por um pequeno tempo. Com o software em Scratch pronto, conectou-se o Makey Makey ao computador e foram ajustadas algumas falhas no código (LEE et al., 2014).

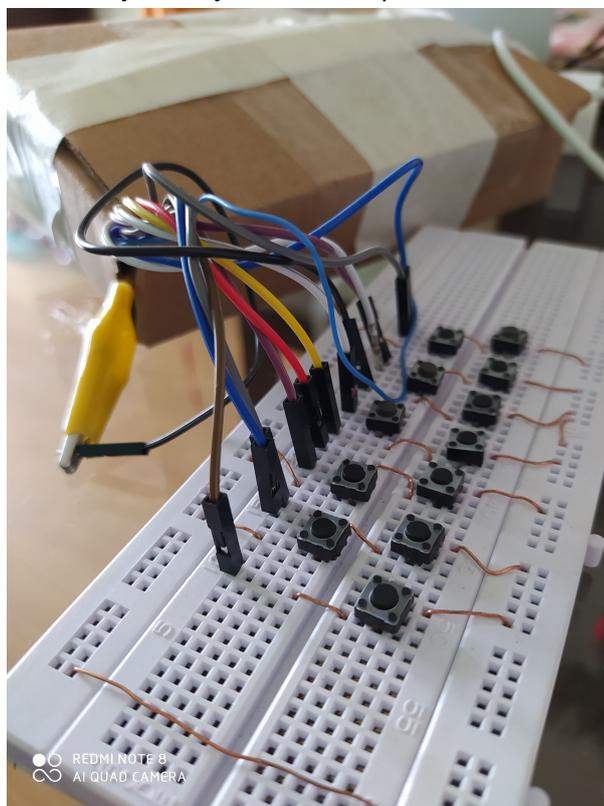
Com o código pronto, foi utilizada uma matriz de contatos com push buttons para servirem de teclas do piano. Essa matriz, apresentada na Figura 9, foi conectada à placa do Makey Makey.

Como existiam algumas diferenças na interface do Makey Makey e do Littlebits, já que o Makey Makey possui LEDs que acendem quando as teclas são pressionadas, uma parte do sistema com Makey Makey foi alocado em uma caixa fechada de papelão para esconder os LEDs do usuário, conforme pode ser visto na Figura 9. Assim, sistema estava pronto para ser utilizado pelos usuários.

Após a montagem do sistema do Makey Makey, foram arranjados os bits do Little-

bits de forma a montar um piano, como apresentado na Figura 8.

Figura 9 – Sistema do Makey Makey construído para os testes.



Fonte: Autor, 2019.

Por fim, foram realizados ajustes no sistema para ter certeza que ambos estavam configurados de forma correta, fazendo com que o volume, a frequência e outras funcionalidades estivessem similares em ambos os sistemas.

4.3 Preparação e Realização dos Experimentos

Para preparação dos testes, os instrumentos que seriam aplicados aos usuários foram traduzidos, adaptados e inseridos em um formulário online. Com isso, quatro formulários diferentes foram criados, dois utilizando o SUS e dois fazendo uso do Attrakdiff.

Cada formulário serve para avaliar um sistema, por isso, foram criados dois para usabilidade e dois para UX. A única diferença entre os formulários de cada sistema é o título do mesmo, com objetivo de evidenciar ao usuário qual sistema estava sendo avaliado naquele momento.

Conforme explicado anteriormente, o SUS foi criado para avaliar sistemas computacionais clássicos, mas apesar deste fato, não foi necessária uma adaptação do instrumento para que o mesmo se aplicasse a sistemas que fazem uso de TUIs. Em contrapartida, o Attrakdiff é formado por pares de adjetivos, muitos dos quais não são

usados comumente na língua portuguesa, portanto alguns pares de adjetivos tiveram de ser adaptados para uma palavra que se adequasse corretamente ao cenário e características locais. Os formulários utilizados estão apresentados nos Apêndices C, E, G e I desta dissertação

Com os formulários prontos, foram montados, em uma mesa, os dois sistemas e o notebook no qual os usuários avaliariam os mesmos.

4.3.1 Realização dos testes

Para realização dos testes, foram buscados dez especialistas do ramo da música e da computação para avaliar os sistemas. Não foi informado aos especialistas o que estava sendo testado para não os influenciar e nem alterar suas percepções.

Segundo a literatura, cinco usuários são suficientes para percebermos mais de 80% das falhas de um sistema, sejam elas de usabilidade ou de experiência de usuário (JACOBSEN; HERTZUM; JOHN, 1998; NIELSEN, 2000). Mesmo assim, o número de testes foi ampliado como forma de evitar possíveis erros, alguns já apontados em outros trabalhos da literatura, tomando cuidado para não prejudicar os resultados destes testes (WOOLRYCH; COCKTON, 2001).

O teste foi realizado individualmente, seguindo os seguintes passos:

- Primeiramente, foi explicado que haveria dois sistemas para serem utilizados de forma livre por cinco minutos e ambos foram nomeados. Como forma de evitar que os usuários confundissem os sistemas nas etapas seguintes, seus nomes foram afixados nos mesmos.
- A seguir, o usuário respondeu os questionários em um notebook na seguinte ordem: UX do Makey Makey, UX do Littlebits, SUS do Makey Makey, SUS do Littlebits.
- Após os quatro questionários serem respondidos, o usuário era liberado e só então o próximo usuário entrava no ambiente e interagia com o sistema.

O número total de usuários que realizaram os testes foi de 10 pessoas, foram tanto homens quanto mulheres, com idade que variou entre 23 e 74 anos e foi formada por especialistas da área de computação, especialistas da área de música e não especialistas. Foram quatro mulheres e seis homens, dos quais havia uma pessoa que não é especialista em nenhuma das duas áreas, oito especialistas em computação e destes oito que são especialistas em computação, dois também eram especialistas na área de música.

Algumas limitações podem não ter aparecido nos testes, dado que o mesmo foi realizado com 10 usuários variados, além do fato das ferramentas não considerarem ergonomia e tampouco considerarem os aspectos físicos de ambos os sistemas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste Capítulo exploramos os resultados de usabilidade e UX e, logo em seguida, comparamos os resultados de cada sistema. Em conjunto com os resultados, temos uma discussão de cada um dos principais pontos encontrados ao longo deste estudo de caso.

5.1 Resultados de Usabilidade

A ideia inicial do teste de usabilidade foi o de garantir que os sistemas tivessem funcionalidades idênticas. Dado que este teste foca mais no produto em si do que na percepção do mesmo pelo usuário, esta é uma forma de avaliar se os sistemas eram compatíveis para serem, posteriormente, comparados em função da experiência de usuário.

O instrumento utilizado foi o SUS, conforme citado anteriormente, e o mesmo foi traduzido para português em livre interpretação, conforme apresentado no Apêndice A e no Apêndice C. Os resultados completos desta avaliação estão disponíveis no Apêndice B e no Apêndice D.

Uma comparação mais completa entre os dois sistemas será apresentada na Seção 5.3, mas uma breve análise mostra que todas as perguntas de usabilidade tiveram respostas positivas. Por exemplo, todos os usuários responderam “Concordo” para a questão se a maioria das pessoas conseguiria utilizar este sistema rapidamente, isso para os dois sistemas. Na questão sobre se o usuário precisou aprender muitas coisas antes de utilizar o sistema, todos os usuários responderam “Discordo” considerando ambos sistemas.

No geral, todas as respostas foram positivas, com exceção de uma questão que perguntava se as funções do sistema eram bem integradas. Nesta pergunta específica, quando avaliando o sistema Makey Makey, um usuário deu uma resposta negativa, dizendo que discordava da afirmação. Pode-se atribuir isso a uma dificuldade encontrada na utilização do Scratch integrado ao Makey Makey, pois a placa permitia utilizar apenas 12 teclas do teclado e eram necessárias 13. Assim, a solução cons-

truída foi o uso de um clique de mouse para um dos sons, o que resultou em uma resposta mais lenta do sistema e possivelmente fez o usuário marcar a opção citada.

Além disso, foi possível perceber, durante a realização do teste com o primeiro usuário, que o sistema da Littlebits possuía funcionalidades extras com relação ao Makey Makey. O sistema da Littlebits possui outros botões, além dos específicos para as teclas do piano, e se o usuário fizesse uso dos mesmos, teria algumas funcionalidades que não estão presentes no sistema que fez uso do Makey Makey. Para prevenir os usuários de fazerem uso destas funcionalidades e manter os sistemas semelhantes, foi informado aos mesmos que não deveriam mexer em certos aspectos do sistema.

Apesar destes problemas, os resultados foram suficientes para dar continuidade à pesquisa e realizar a próxima análise e comparação, que era de UX.

5.2 Resultados de UX

Enquanto o teste de usabilidade foi realizado para garantir a similaridade dos dois sistemas, o teste de UX foi o principal ponto de apoio para a comparação e geração de resultados desta pesquisa.

Através da UX, é possível perceber a experiência de um usuário ao utilizar um produto ou sistema e, com isso, pode-se avaliar o impacto do ponto de vista do usuário de quaisquer aspectos do sistema.

O instrumento utilizado para avaliar a UX foi o Attrakdiff, como já citado, traduzido e validado no âmbito do grupo de pesquisa e apresentado no Apêndice E e no Apêndice G.

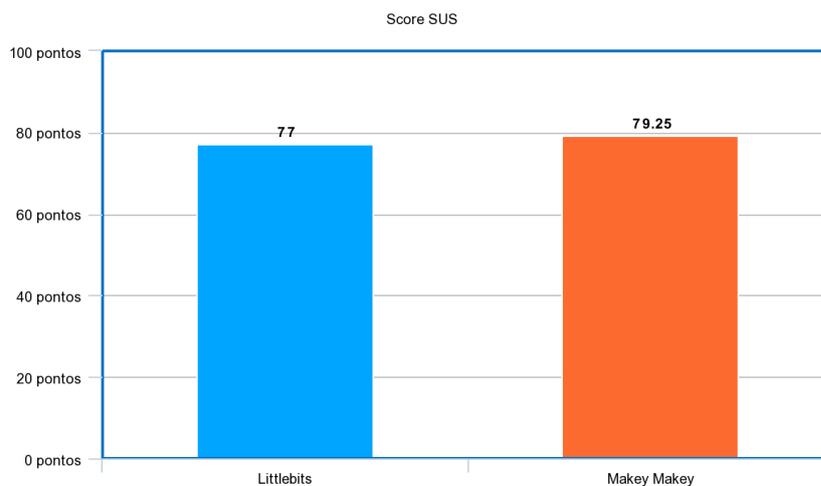
Os resultados completos por pergunta do questionário podem ser observados no Apêndice F para o Makey Makey e no Apêndice H para o littlebits.

Neste questionário, alguns aspectos são importantes de serem ressaltados. Em primeiro lugar, o teste é composto de diversos pares de adjetivos, os quais nem sempre tem uma tradução direta e literal fácil de ser atingida, como já comentado. Além disso, várias perguntas parecem utilizar palavras similares, o que leva, muitas vezes, o usuário a ficar confuso no momento de responder todas as perguntas.

No geral, as respostas da grande maioria das perguntas foi positiva para ambos os sistemas, podendo evidenciar os pares "Fácil-Desafiador", para o qual todos os usuários acharam os sistemas fáceis de usar e também o par "Simples-Complicado", em que todos os usuários acharam os sistemas simples.

Neste último par, inclusive, foi possível perceber que a tradução influenciou o resultado negativamente. O par em inglês é "Undemanding - Challenging", a nossa tradução tratou como "Fácil-Desafiador", como o sistema não era complexo em seu uso, os usuários entenderam que este era o questionamento feito neste par, quando

Figura 10 – Resultado de usabilidade dos sistemas utilizando SUS.



Fonte: Autor, 2019.

na realidade a ideia era testar se o sistema é tedioso ou motiva e desafia a continuar utilizando o sistema.

Outros pares, como por exemplo o par "Desobediente-Obediente", tiveram respostas muito variadas, levando a crer que a percepção dos sistemas por diferentes especialistas foi bem diversa.

A comparação detalhada é apresentada na Seção 5.3 junto com os gráficos gerados pelo Attrakdiff.

5.3 Análise Comparativa

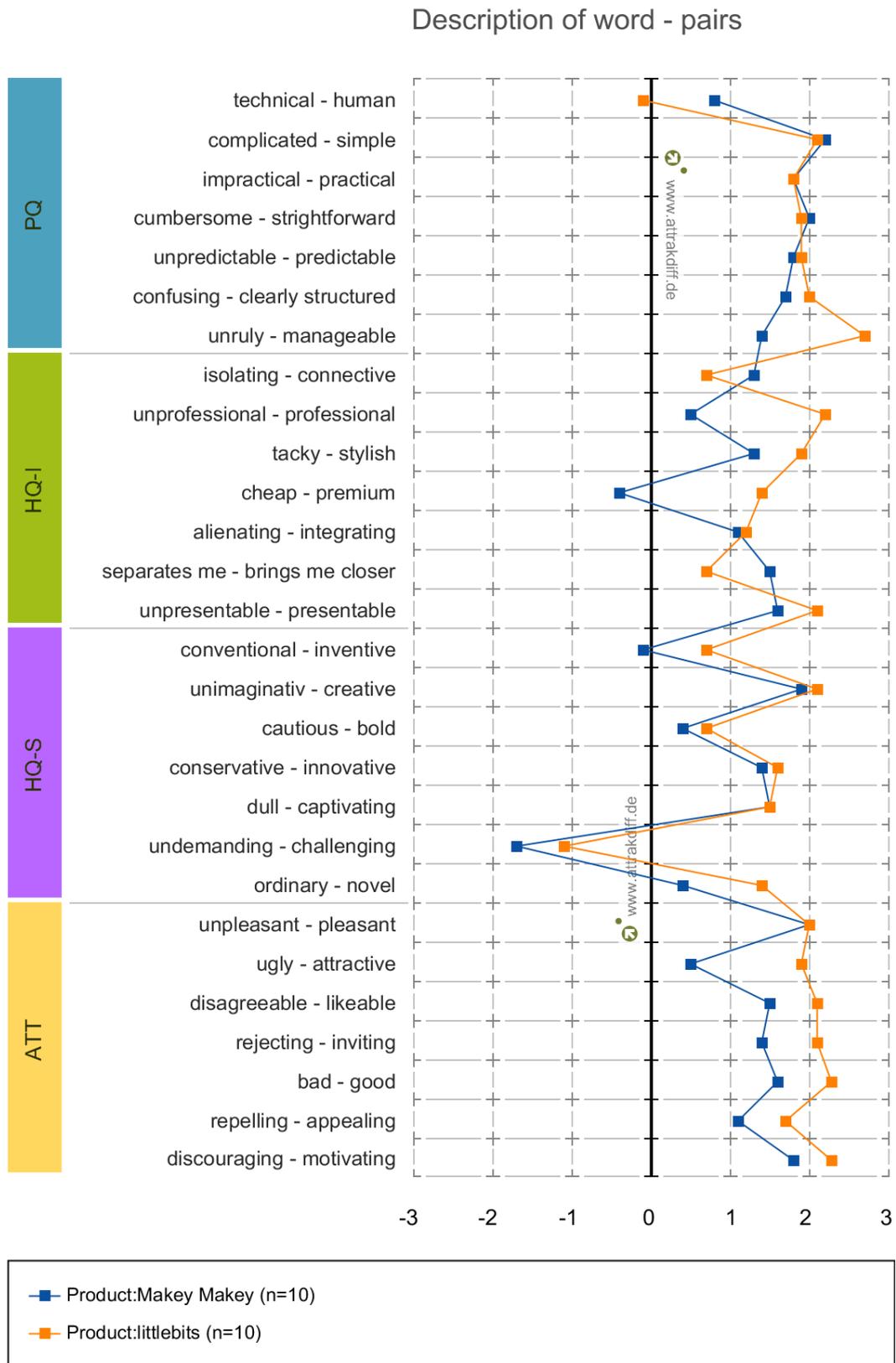
Nesta seção é apresentada uma comparação entre os dois sistemas, evidenciando, principalmente, as suas diferenças e fazendo uma análise da comparação como um todo.

Pode-se verificar que, do ponto de vista de usabilidade, os dois sistemas apresentaram resultados muito similares, com a maior diferença ocorrendo principalmente nas questões que tangenciam a resposta e/ou integração das funções do sistema. Conforme explanado anteriormente, credita-se isso à limitação do Makey Makey e, portanto, não seria possível contornar este problema.

Apesar desta limitação, conforme explicitado anteriormente, pode-se observar que os resultados de usabilidade foram satisfatórios, o que permite concluir que **não existem diferenças de funcionalidades entre os sistemas**. Os resultados estão expressos na Figura 10.

Então foi realizada a avaliação sobre a importância, para o usuário, do uso ou não de software no sistema. Para realizar tal comparação utilizamos o próprio site do Attrakdiff, que gera resultados gráficos como os apresentados nas Figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 – Análise dos pares de palavras do Attrakdiff.



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 11 mostra todos os pares de adjetivos do questionário tradicional, em inglês, e o valor médio que cada um dos sistemas obteve no par em si. Em laranja temos o sistema do Littlebits e, em azul, o sistema que fez uso do Makey Makey. Os pares traduzidos se encontram nos Apêndices G e I.

Vale evidenciar que em apenas quatro pares de adjetivos o sistema com Makey Makey teve um desempenho superior ao do Littlebits. Um deles foi o par "Isolating - Connective", onde o resultado foi cerca de meio ponto inferior apenas. Esse resultado, provavelmente aconteceu porque o Littlebits possui teclas menores e por não estar conectado a um computador.

Outro ponto importante de ser ressaltado nas Figuras 11 e 12 é a divisão clara entre os quatro aspectos considerados importantes pelo método, que são:

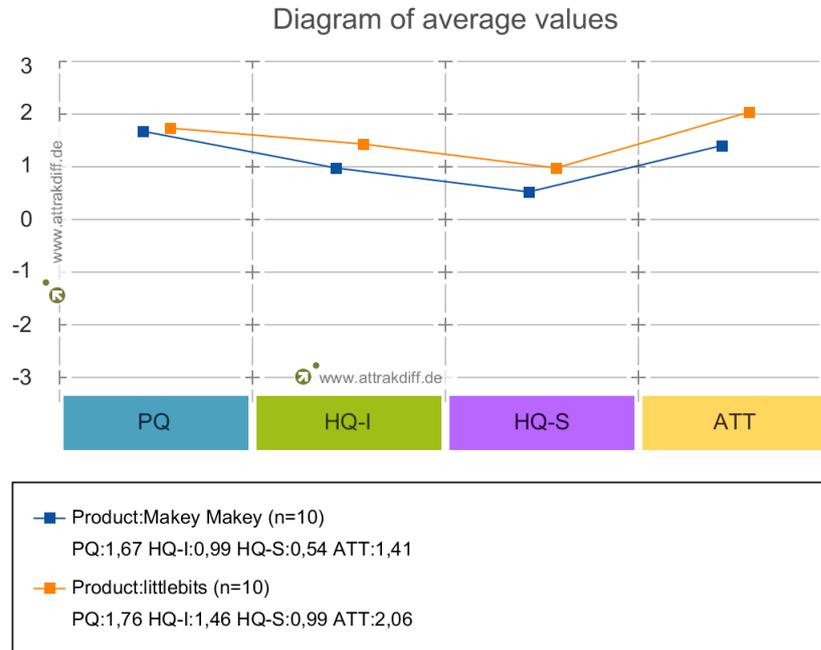
- Qualidade Pragmática (PQ) - Representada em azul.
- Qualidade Hedônica de Identidade (HQ-I) - Representada em verde.
- Qualidade Hedônica de Estimulação (HQ-S) - Representada em roxo.
- Atratividade do Sistema (ATT) - Representada em bege.

Um fator importante de ser percebido é que em **nenhum dos pares de adjetivos** de um sistema foi dado como positivo enquanto o outro foi dado como negativo, ou seja, ambos os sistemas tiveram percepções positivas, neutras ou negativas nos mesmos aspectos. Apesar disso, alguns pares de palavras possuíram distâncias maiores que outros. Podemos citar como exemplo o par "Unruly - Manageable" (traduzido como "Desobediente - Obediente") que possuiu uma diferença de mais de dois pontos entre os dois sistemas. Acreditamos que isso se deu pois a resposta do sistema que usou o Makey Makey era um pouco mais lenta, além do mesmo tocar a nota desejada por um tempo musical em vez de tocar até o usuário soltar a tecla.

A Figura 12 apresenta o gráfico com a média de todos os valores agrupados por característica principal. Na Figura 12, na parte inferior da imagem, ainda temos uma última informação que podemos analisar que é os respectivos valores numéricos de cada ponto do gráfico, escrita na parte inferior da imagem e que facilita a visualização em caso de dúvidas caso o gráfico não possua clareza suficiente em algum dos pontos.

É muito importante salientar que é comum em comparações de sistemas que os gráficos de média fiquem com formato muito diferente entre os dois sistemas comparados. Isso normalmente indica que os sistemas possuem algum tipo de funcionalidade muito diferente ou que alguma coisa pode estar errada com algum deles. No caso em teste, isso não aconteceu, pois foram tomadas precauções de realizar os testes de usabilidade em conjunto com a UX.

Figura 12 – Análise dos valores médios do Attrakdiff.



Fonte: Autor, 2019.

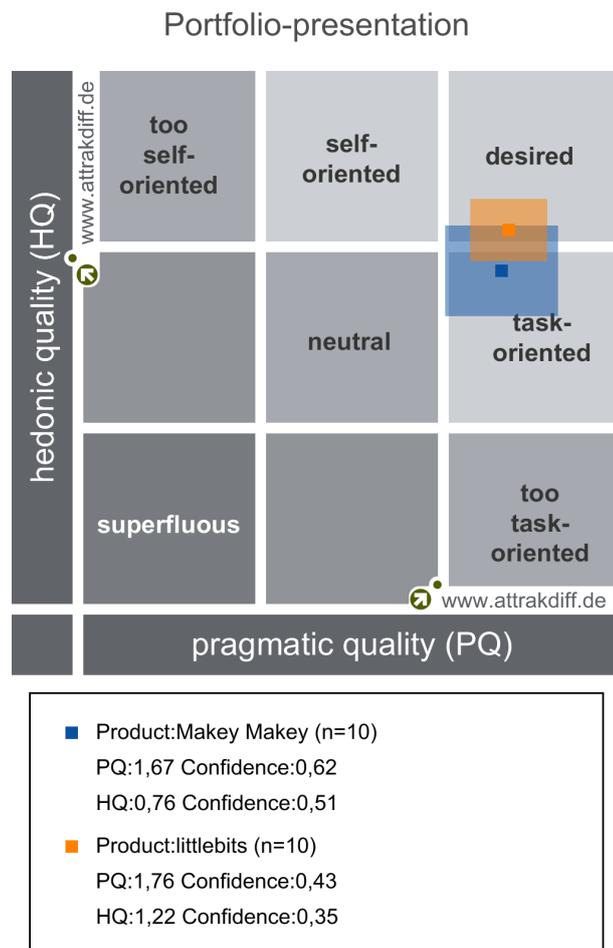
A análise deste gráfico é importante, pois com ele fica evidenciado que um dos sistemas obteve resultado melhor que o outro. O sistema que não fez uso de software teve um desempenho superior ao que fez uso de software por cerca de meio ponto. Em uma escala de apenas sete pontos isso é cerca de 8% melhor, em média, com a PQ sendo a única característica que possuiu diferença menor no valor.

Uma outra constatação importante é que as características ligadas às HQ-S foram as que apresentaram pior desempenho e isso se dá, principalmente, devido ao par de adjetivos "Undemanding – Challenging" com a tradução não-satisfatória, conforme citado anteriormente, ter tido uma nota muito ruim. A nota do Makey Makey neste par foi cerca de -1.8 e a nota do littlebits foi de cerca de -1.1.

O último resultado gerado pela ferramenta Attrakdiff está apresentado na Figura 13. Essa figura relaciona dois eixos importantes na construção do sistema: a Qualidade Hedônica e a Qualidade Pragmática. Ela coloca um ponto de uma cor sólida no gráfico onde o respectivo sistema se localiza baseado em suas médias e depois cria um retângulo na volta deste ponto. Este retângulo determina a imprecisão, informando que o ponto poderia se localizar em qualquer local deste retângulo, e quanto menor este retângulo, maior a precisão da resposta obtida pelo método. Ou seja, quanto mais respostas diferentes um determinado par de palavras obtém, maior a imprecisão e maior o retângulo gerado.

Neste gráfico, quanto mais próximo o sistema estiver do canto superior direito e quanto menor for o quadrado de incertezas gerado, mais confiável é o resultado e

Figura 13 – Análise dos portfólios do Attrakdiff.



Fonte: Autor, 2019.

melhor é o sistema. Esse é o caso do sistema com Littlebits, por exemplo. Já o Makey Makey, devido à grande imprecisão, ficou um pouco mais abaixo e para o centro do gráfico, determinando que o sistema é um pouco mais orientado a tarefas do que o Littlebits. Conforme explicado anteriormente, este fato pode ter sido ocasionado pois o Makey Makey tocava a nota desejada por um tempo pré-determinado, ou seja, é um sistema que pode não ter se comportado da forma que os usuários esperavam.

Com estas comparações, foi possível perceber que mesmo que sejam dois sistemas que seguiram diferentes formas construtivas, um utilizando um computador e outro apenas hardware dedicado, ambos os sistemas se comportaram de forma similar do ponto de vista da usabilidade. Enquanto isso, do ponto de vista do usuário, a experiência com os sistemas também foi similar, com uma pequena vantagem para o sistema que usava hardware dedicado em detrimento ao que fez uso de um computador e software.

Um resumo dos resultados está apresentado na Tabela 6. Vale ressaltar que enquanto a avaliação do Attrakdiff tem um resultado entre -3 e 3, o SUS tem um resultado que varia entre 0 e 100, tornando a diferença entre os resultados muito pequena.

Tabela 6 – Comparação de usabilidade e UX entre os dois sistemas;

	UX	usabilidade
Makey Makey	PQ=1,67 HQ=0,76	SUS=79,25
Littlebits	PQ=1,76 HQ=1,22	SUS=77

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foram realizados um mapeamento sistemático e uma revisão sistemática da literatura, que serviram como base teórica de todo o trabalho aqui apresentado.

Com nichos de pesquisa encontrados no estado da arte, foi possível chegar no tema deste trabalho de mestrado, que é analisar o impacto do uso de software em sistemas que façam uso de TUIs, do ponto de vista do usuário.

Os estudos secundários realizados neste trabalho foram publicados no HCII, no artigo "*Designing and Developing Architectures to Tangible User Interfaces: A "Softwareless" Approach*" (AGOSTINI; TAVARES, 2019).

Para realizar esta análise, foram selecionados dois sistemas diferentes, o Makey Makey e o Littlebits. O Makey Makey foi utilizado em conjunto com outro instrumento denominado Scratch e, com ambos, foi possível desenvolver um piano musical funcional. Em paralelo, através da junção de bits do sistema Littlebits, foi possível desenvolver um piano musical similar, mas sem uso de software.

Dados os dois sistemas, foram realizados testes de usabilidade e de experiência de usuário - UX para verificar diferentes aspectos construtivos dos sistemas. A usabilidade foi analisada para garantir que os dois sistemas possuíssem funcionalidades similares, enquanto a UX foi utilizada para analisar como o usuário se sentia ao utilizar ambos os sistemas.

Para medir a usabilidade, foi utilizado o instrumento SUS e para medir a UX, a ferramenta Attrakdiff. Apesar de apenas cinco usuários serem necessários para detectar mais de 80% dos problemas de um sistema, foram realizados testes com dez usuários diferentes para consolidar os resultados obtidos.

Os resultados obtidos mostraram que, para os dois sistemas analisados, a experiência do usuário foi melhor para o sistema que não possuía uma camada de software. O sistema usando o Littlebits teve resultados de qualidade pragmática médio de 1,76, enquanto o sistema usando o Makey Makey teve sua qualidade pragmática média avaliada em 1.67, ou seja, a experiência do usuário foi um pouco melhor ao não utilizar software.

De forma similar, as qualidades hedônicas possuíram valores de 0,76 para o sistema com Makey Makey e 1,22 para o sistema com o Littlebits e, como já discutido anteriormente, os números foram inferiores devido à interpretação errônea da tradução do questionário Attrakdiff. Mesmo assim, o sistema usando Littlebits teve desempenho superior ao do sistema usando Makey Makey do ponto de vista de qualidades hedônicas.

Já o score SUS dos sistemas teve desempenho similar, com o sistema com littlebits marcando dois pontos a menos do que o sistema com o Makey Makey, porém os dois tiveram resultados positivos.

A principal contribuição deste trabalho é investigar a possibilidade de construção de sistemas que façam uso de TUIs, sem a necessidade de utilizar software em nenhum ponto da construção. Através dessa ideia e dos testes realizados, foi possível observar que a forma construtiva aplicada ao sistema tem impacto na experiência do usuário, com a versão que não faz uso de software apresentando um melhor resultado no caso de teste realizado.

Com o estudo de caso apresentado nesse trabalho de mestrado, uma porta se abre para a construção de sistemas computacionais que façam uso de TUIs sem software, uma vez que esse tipo de solução parece ter impacto positivo do ponto de vista do usuário. Esta forma de construção quebraria um paradigma que é dominante, principalmente devido à formação e à experiência dos profissionais da área de IHC.

Os desafios de construção dos sistemas propostos não são muito diferentes dos desafios que existiam quando os sistemas começaram a ser construídos com software, porém, enfrentá-los pode trazer vantagens, tais como a simplificação do sistema, a não necessidade de um intermediador que auxilie o usuário no uso do sistema, entre diversos outros apontados em outros trabalhos citados anteriormente.

Um dos trabalhos futuros que podem ser realizados é construir uma hipótese em cima do experimento e replicar a mesma avaliação para outros sistemas com diferentes funcionalidades. Alguns outros aspectos ficaram evidenciados quanto à utilização dos questionários, como por exemplo o fato de nenhum deles ter sido desenvolvido especificamente para TUIs. Apesar de sucessivas buscas a diversos mecanismos ao longo dos últimos anos, não foi possível encontrar uma metodologia específica para a avaliação de sistemas computacionais que fizessem uso de TUIs, ficando esta oportunidade de pesquisa aberta para ser explorada, no futuro, por outros pesquisadores.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, R. A. et al. Mapeamento Sistemático de Informática Médica para Cidades Inteligentes. **XIV Congresso Brasileiro em Informática em Saúde À CBIS**, New York, p.1–7, 2014.
- AGOSTINI, L. B.; TAVARES, T. A. Designing and Developing Architectures to Tangible User Interfaces: A “Softwareless” Approach. **International Conference on Human-Computer Interaction**, New Mexico, p.469–475, 2019.
- AGOSTINI, L. et al. Smart Station: Um sistema pervasivo de notificação em paradas de ônibus para pessoas com deficiência visual. **Revista de Informática Aplicada**, São Paulo, v.12, n.2, 2016.
- ALMEIDA FALBO, R. de. **Mapeamento Sistemático**. v.7. Acessado em Outubro/2019.
- ARKSEY, H.; O’MALLEY, L. Scoping studies: towards a methodological framework. **International journal of social research methodology**, Abingdon, v.8, n.1, p.19–32, 2005.
- BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação Humano-Computador**. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2010.
- BDEIR, A. Electronics as material: littleBits. **Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction**, New Mexico, p.397–400, 2009.
- BROOKE, J. et al. SUS-A quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, United Kingdom, v.189, n.194, p.4–7, 1996.
- BROWN, S. . Big Impact with littleBits. **Library Technology Reports**, New Mexico, v.54, n.4, p.28–31, 2018.
- COLLECTIVE, B. M.; SHAW, D. Makey Makey: improvising tangible and nature-based user interfaces. **Proceedings of the sixth international conference on tangible, embedded and embodied interaction**, New Mexico, p.367–370, 2012.

COSTA, V. K. da et al. The Potential of User Experience (UX) as an Approach of Evaluation in Tangible User Interfaces (TUI). **International Conference on Human-Computer Interaction**, New Mexico, p.30–48, 2019.

DA SILVA, F. Q. et al. Six years of systematic literature reviews in software engineering: An updated tertiary study. **Information and Software Technology**, Amsterdam, v.53, n.9, p.899–913, 2011.

DARIN, T.; COELHO, B.; BORGES, B. Which instrument should I use? Supporting decision-making about the evaluation of User Experience. **International Conference on Human-Computer Interaction**, New Mexico, p.49–67, 2019.

DARLEY, N.; TAVARES, T.; COLLARES, G.; COSTA, V. Interfaces Tangíveis: Uma Análise da Experiência de Usuário Utilizando o Projeto AR Sandbox. **Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**, São Paulo, p.16, 2017.

GARLAN, D.; SIEWIOREK, D. P.; SMAILAGIC, A.; STEENKISTE, P. Toward distraction-free pervasive computing. **IEEE Pervasive computing**, New York, v.1, n.2, p.22–31, 2002.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future generation computer systems**, Amsterdam, v.29, n.7, p.1645–1660, 2013.

HASSENZAHN, M.; BURMESTER, M.; KOLLER, F. AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. **Mensch & Computer 2003**, New Mexico, p.187–196, 2003.

HASSENZAHN, M.; TRACTINSKY, N. User experience-a research agenda. **Behaviour & information technology**, London, v.25, n.2, p.91–97, 2006.

HORN, M. S. The role of cultural forms in tangible interaction design. **Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction**, New York, p.117–124, 2013.

HORN, M. S. Tangible Interaction and Cultural Forms: Supporting Learning in Informal Environments. **Journal of the Learning Sciences**, London, 2018.

HORSEMAN, S. et al. Gamefication of Health, Safety and the Environment HSE: An Avatarial Solution. **American Society of Safety Engineers 11th Professional Development Conference & Exhibition, Bahrain**, New York, p.1–10, 2014.

HOSSAIN, M. S. et al. AR-based serious game framework for post-stroke rehabilitation. **Multimedia Systems**, Amsterdam, v.22, n.6, p.659–674, 2016.

ISHII, H. The tangible user interface and its evolution. **Communications of the ACM**, New Mexico, v.51, n.6, p.32–36, 2008.

ISHII, H. et al. Bringing clay and sand into digital design—continuous tangible user interfaces. **BT technology journal**, Amsterdam, v.22, n.4, p.287–299, 2004.

ISHII, H.; LAKATOS, D.; BONANNI, L.; LABRUNE, J.-B. Radical atoms: beyond tangible bits, toward transformable materials. **interactions**, New Mexico, v.19, n.1, p.38–51, 2012.

ISHII, H.; ULLMER, B. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. **Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems**, New Mexico, p.234–241, 1997.

JACOBSEN, N. E.; HERTZUM, M.; JOHN, B. E. The evaluator effect in usability tests. **CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems**, New York, p.255–256, 1998.

KALTENBRUNNER, M. et al. TUIO: A protocol for table-top tangible user interfaces. **Proc. of the The 6th Int'l Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation**, New York, p.1–5, 2005.

KEELE, S. et al. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. New York: Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE, 2007.

KUBITZA, T. Apps for Environments: Running Interoperable Apps in Smart Environments with the meSchup IoT Platform. **International Workshop on Interoperability and Open-Source Solutions**, New York, p.158–172, 2016.

LAMB, A.; JOHNSON, L. Scratch: computer programming for 21st century learners. **LNCS**, New York, v.1, p.1–10, 2011.

LEE, E.; KAFAI, Y. B.; VASUDEVAN, V.; DAVIS, R. L. Playing in the arcade: Designing tangible interfaces with MaKey MaKey for Scratch games. In: . New Mexico: Springer, 2014. p.277–292.

LIU, X.; LONDON, K. TAI: A Tangible AI Interface to Enhance Human-Artificial Intelligence (AI) Communication Beyond the Screen. **Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems**, New Mexico, p.281–285, 2016.

MAIA, R. F.; ARAUJO, S. R. F. de; CASTRO, A. F. de. Tangible User Interface as Input and Output Device. **IEEE Latin America Transactions**, New York, v.15, n.1, p.154–159, 2017.

MARSH, S. Human Computer Interaction: An Operational Definition. **SIGCHI Bull.**, New York, NY, USA, v.22, n.1, p.16–22, June 1990.

MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. **Serious games**: Games that educate, train, and inform. New York: Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.

NIELSEN, J. **Why you only need to test with 5 users**. New York: Useit. com Alertbox, 2000.

PEI, Y.; JIANG, G.; YANG, X.; WANG, Z. Auto-master-slave control technique of parallel inverters in distributed AC power systems and UPS. **Power Electronics Specialists Conference, 2004. PESC 04. 2004 IEEE 35th Annual**, New York, v.3, p.2050–2053, 2004.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic Mapping Studies in Software Engineering. **EASE**, New York, v.8, p.68–77, 2008.

PIUMSOMBOON, T. et al. Grasp-Shell vs gesture-speech: A comparison of direct and indirect natural interaction techniques in augmented reality. **2014 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)**, New York, p.73–82, 2014.

REIS, A. V. dos; SANTOS GONÇALVES, B. dos. Interfaces Tangíveis: Conceituação e Avaliação. **Estudos em Design**, São Paulo, v.24, n.2, 2016.

SILVA, T. H.; CELES, C.; MOTA, V.; LOUREIRO, A. Overview of ubicomp research based on scientific publications. **Proceedings of IV Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva, SBCUP**, São Paulo, 2012.

THONG, J. Y.; HONG, W.; TAM, K.-Y. Understanding user acceptance of digital libraries: what are the roles of interface characteristics, organizational context, and individual differences? **International journal of human-computer studies**, Amsterdam, v.57, n.3, p.215–242, 2002.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **IEEE pervasive computing**, New York, v.1, n.1, p.19–25, 2002.

WOOLRYCH, A.; COCKTON, G. Why and when five test users aren't enough. **Proceedings of IHM-HCI 2001 conference**, Toulouse, FR, v.2, p.105–108, 2001.

YEO, K. P.; NANAYAKKARA, S.; RANSIRI, S. StickEar: making everyday objects respond to sound. **Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology**, New Mexico, p.221–226, 2013.

Apêndices

APÊNDICE A – Passo a Passo de uma RSL

Metodologia - RSL

April 30, 2020

Seguindo os passos da Figura 2, de forma detalhada temos que:

1. Formular a pergunta de pesquisa:

Em conjunto com os pesquisadores do grupo e baseados em experiências anteriores, desenvolvemos as perguntas de pesquisa que nortearam a RSL, foram elas: "Como eram as arquiteturas (formas de construção) dos sistemas que envolvem TUIs?" e "Existem soluções puramente baseadas no hardware da interface (sem camada de software intermediária)?".

2. Definir a estratégia de busca:

No segundo ponto da RSL, é necessário a definição de qual estratégia de busca será aplicada a RSL. Em nossa pesquisa, optamos por utilizar os quatro principais indexadores de trabalhos da área de IHC, foram eles: *Springer*, *IEEE Explorer*, *ACM*, *Science Direct*. Além disso, neste ponto se determinam critérios para a busca nestes indexadores, além de construir uma string de busca para ser utilizada.

Os filtros que refinaram a nossa busca nos indexadores foram: artigos publicados nos últimos cinco anos, artigos completos publicados tanto em eventos quanto em periódicos e artigos em inglês ou português.

A string utilizada foi:

("TUI" or "tangible user interface" or "tangible interface") AND ("hardware design" or "specific hardware" or "vhdl").

Onde cada termo utilizado foi estudado cuidadosamente para efetuar uma função agregadora de resultados pertinentes, vale ressaltar que alguns sinônimos foram adicionados com o objetivo de aumentar o número de trabalhos que apareceram nos resultados.

3. Fazer a busca nas bases de dados:

Realizamos então a busca nos quatro indexadores, para organizar os resultados obtidos foi utilizada a ferramenta StArt. Esta ferramenta foi desenvolvida especificamente para dar suporte a RSLs, com todo o aporte de funções como inclusão ou exclusão de artigos em duas etapas (para realizar a etapa 4 e 6 da RSL) e importando abstract e título dos artigos além de diversas outras funções.

Nesta fase também, por utilizar o StArt, adicionamos os critérios de inclusão e exclusão que seriam utilizados, no caso dessa RSL em específico utilizamos como critério de inclusão o fato do artigo ter muitas citações (mesmo sendo anterior a 5 anos) e como critérios de exclusão determinamos que todos os artigos que não possuísem aplicação seriam excluídos.

Nesta fase, chegamos a 51 artigos encontrados nos indexadores e que foram importados para a ferramenta.

4. Identificar artigos através dos títulos e abstracts:

A ferramenta StArt divide nossa classificação de artigos em duas fases, na primeira, chamada de Seleção podemos aceitar ou rejeitar os artigos baseados no título e abstract, podendo inclusive marcar se consideramos que o artigo em questão tem prioridade de leitura alta, baixa, média, etc.

Esta etapa de classificação é o quarto passo de uma RSL, e no nosso caso chegamos a 13 artigos.

5. Recuperar artigos:

Esta etapa consiste em, através de links institucionais, fazer download do arquivo de todos os artigos que estão até então selecionados. Ela se faz necessária pois nem sempre através do abstract e título temos todas as informações necessárias para responder nossas questões de pesquisa, e com ela realizada podemos passar ao passo número 6 da RSL.

No nosso caso, como alguns pesquisadores trabalham no IFSul e outros na UFPel, tivemos acesso a todas as bases de dados necessárias para download dos arquivos.

6. Selecionar os estudos primários de acordo com os critérios de inclusão e exclusão:

Este é o ponto mais crítico de uma RSL, em nossa opinião, pois ele consiste de ler todos os artigos que foram pré-selecionados, um por um e com profundidade, para conseguirmos excluir os artigos que não são pertinentes. Os artigos nesta fase estão na fase denominada de Extração pela ferramenta StArt, e uma vez aceitos na fase de extração serão os trabalhos relacionados que serão usados na próxima etapa da RSL.

Na nossa RSL, devido ao fato de termos poucos artigos aceitos na fase anterior, não foram excluídos artigos nesta etapa da RSL.

7. Extrair os dados:

Nesta etapa pegamos os dados brutos que são necessários para nossa pesquisa e fazemos uma lista com os dados extraídos por artigo, esta lista serve como um panorama geral dos resultados extraídos e ela é importante pois nem sempre todos os dados retirados dos artigos serão utilizados, principalmente por questão de qualidade, análise estatística, entre outros fatores que podem influenciar os dados que serão utilizados.

Nesta etapa realizamos a extração de todas as arquiteturas que eram utilizadas nos sistemas propostos, e com estas arquiteturas foi possível realizar uma comparação entre os trabalhos.

8. Avaliar a qualidade:

Esta é uma etapa onde analisamos os artigos que foram selecionados e avaliamos a qualidade dos resultados dos mesmos. Um dos fatores que é levado em consideração é a qualidade do evento ou periódico onde o trabalho foi publicado, outro fator que pode ser levado em consideração é como os dados foram obtidos, ou se a análise deles está de acordo com os dados brutos. Artigos que não cumprem os critérios de qualidade são excluídos, para termos uma RSL robusta.

Com isso, descobrimos que alguns dos trabalhos eram estudos primários publicados em eventos bem qualificados, outros eram publicados em periódicos bem qualificados e alguns eram inclusive dissertações e teses.

9. Realizar a síntese: Esta etapa é onde faremos um resumo de todos os resultados qualificados que obtivemos até então, sejam eles qualitativos ou quantitativos. Nesta etapa devemos chegar a um conjunto de dados que consigam responder de forma objetiva as nossas perguntas de pesquisa, e que podem inclusive serem utilizados como comparação para trabalhos futuros.

Através desta síntese que foi possível construir a Figura 4, e com isso realizar uma análise aprofundada do que estava acontecendo na área de pesquisa.

10. Redigir resultados / Interpretar: Esta é a etapa na qual chegamos aos resultados de nossa RSL, com as informações obtidas até então devemos ser capazes de responder as questões de pesquisa e nos aprofundar no tema, bem como encontrar possíveis lacunas que podem ser exploradas em trabalhos futuros.

11. Publicar:

A última etapa de uma RSL consiste em sua publicação, e ela é muito importante pois, ao publicarmos a RSL, estamos poupando outros pesquisadores de um trabalho massante, além de divulgarmos os resultados obtidos com nossas questões de pesquisa em específico.

Nossa RSL foi publicada no evento 21 International conference on Human-Computer Interaction em 2019, com respostas positivas tanto dos avaliadores quanto do público presente.

APÊNDICE B – Passo a Passo de um MS

Metodologia - MS

May 1, 2020

Seguindo os passos da Figura 1, de forma detalhada temos que:

1. Definição do protocolo:

No nosso trabalho, seguimos um artigo âncora que determinou muito de como nosso protocolo seria implementado. Nossa ideia era repetir o trabalho feito no artigo (que é de 2012) no ano de 2019 e verificar quais seriam os resultados, além de fazer a conexão com a área de IHC.

Com isso, nosso protocolo determinou que considerariamos apenas artigos completos publicados nos três maiores veículos da área de UbiComp nos últimos três anos. Para realizar a conexão com a área de IHC, adicionamos um critério extra que foi apenas considerar estudos primários que possuem uma aplicação.

2. Definir as questões de pesquisa:

Com o protocolo definido, passamos à segunda etapa do MS, que é a definição das questões de pesquisa. Para este MS as questões levantadas foram:

- Como são as interfaces com o usuário das aplicações na área de UbiComp?
- Dado que UbiComp é uma área que utiliza tecnologias inovadoras, será que o uso de interfaces inovadoras também ocorre?

3. Condução da Pesquisa:

Nesta etapa fizemos a busca de acordo com os critérios pré estabelecidos, como a ideia foi buscar em dois eventos e um periódico, não foi necessária a construção de uma string de busca e nem da utilização de múltiplos indexadores.

Chegamos a um total de 453 artigos, e com os metadados dos artigos, fizemos a importação para o StArt e dividimos eles entre os múltiplos pesquisadores para avaliação e seleção.

4. Seleção dos artigos:

Aplicamos a primeira fase, denominada extração, utilizando apenas o título e o abstract dos artigos. Os artigos em que ficamos na dúvida

se possuíam ou não aplicação, aprovamos para a próxima etapa onde foi feita a leitura de todo o artigo.

Com isso, foi possível eliminar artigos duplicados e fazer a primeira filtragem dos artigos.

Na segunda etapa, denominada etapa de extração, lemos os artigos completos para nova filtragem, e aplicando os critérios de inclusão e exclusão chegamos a um total de 58 trabalhos, que foram utilizados para as próximas etapas do MS.

5. Identificação dos tópicos relevantes:

Selecionados os 58 artigos, existem diversas análises que podem ser feitas em cima dos mesmos. Nosso trabalho tinha como foco analisar a forma de interação de entrada e de saída de cada sistema, mas além desta análise utilizamos a funcionalidade "Nuvem de Palavras" que o StArt possui e decidimos adicionar mais análises a nossa pesquisa.

Dadas as palavras que apareceram, percebemos a importância de um mapeamento de alguns outros aspectos, foram eles: Área de Aplicação, Dispositivos Utilizados e Sensores Utilizados. Com esta análise foi possível mapear alguns aspectos da área, bem como criar uma taxonomia para os trabalhos.

6. Extração dos dados e mapeamento:

Extraímos então os dados para classificação em nossa taxonomia, classificando os trabalhos de acordo com a forma de interação de entrada e de saída, e também fizemos uma classificação de acordo com os tópicos previamente citados.

Com isso, temos uma grande mapa da conexão entre a área de UbiComp e IHC nos principais meios de publicação internacionais da área de UbiComp, além disso foi possível analisar as formas construtivas dos sistemas e quais dispositivos são os mais utilizados na área.

APÊNDICE C – Formulário de usabilidade do Littlebits

Usabilidade do littlebits

*Obrigatório

1. Email address *

2. Eu acho que gostaria de utilizar este sistema frequentemente

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

3. Achei o sistema desnecessariamente complexo

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

4. Achei que o sistema era fácil de usar

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

5. Eu acho que precisaria de suporte técnico para fazer uso deste sistema

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

6. Várias funções deste sistema são bem integradas

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

7. Eu achei que este sistema apresenta muitas inconsistências

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

8. Eu acho que a maioria das pessoas conseguiria utilizar este sistema rapidamente

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

9. Eu achei este sistema muito esquisito de usar

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

10. Eu me senti muito confiante utilizando este sistema

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

11. Eu precisei aprender muitas coisas antes de começar utilizar este sistema

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

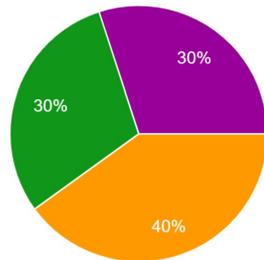
APÊNDICE D – Resultados de usabilidade do Littlebits

Usabilidade do littlebits

10 respostas

Eu acho que gostaria de utilizar este sistema frequentemente

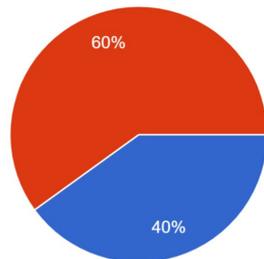
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Achei o sistema desnecessariamente complexo

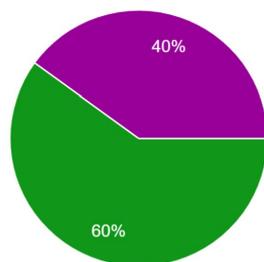
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Achei que o sistema era fácil de usar

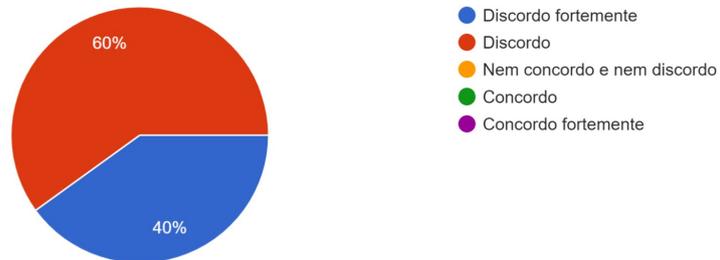
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

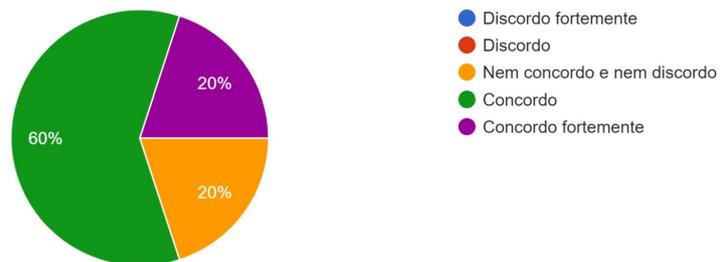
Eu acho que precisaria de suporte técnico para fazer uso deste sistema

10 respostas



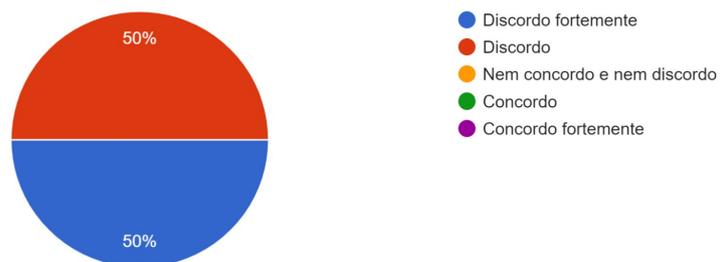
Várias funções deste sistema são bem integradas

10 respostas



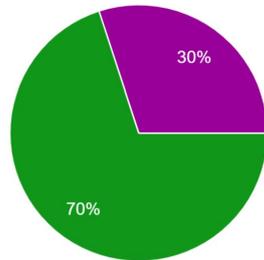
Eu achei que este sistema apresenta muitas inconsistências

10 respostas



Eu acho que a maioria das pessoas conseguiria utilizar este sistema rapidamente

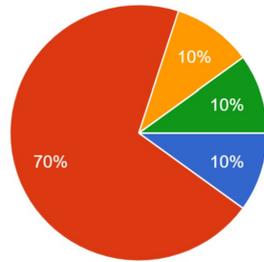
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Eu achei este sistema muito esquisito de usar

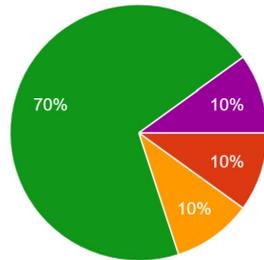
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Eu me senti muito confiante utilizando este sistema

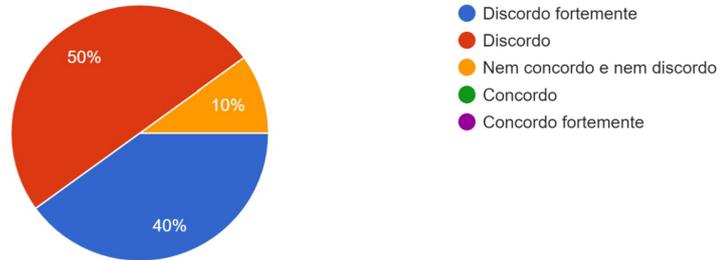
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Eu precisei aprender muitas coisas antes de começar utilizar este sistema

10 respostas



APÊNDICE E – Formulário de usabilidade do Makey Makey

Usabilidade do Makey Makey

*Obrigatório

1. Email address *

2. Eu acho que gostaria de utilizar este sistema frequentemente

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

3. Achei o sistema desnecessariamente complexo

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

4. Achei que o sistema era fácil de usar

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

5. Eu acho que precisaria de suporte técnico para fazer uso deste sistema

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

6. Várias funções deste sistema são bem integradas

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

7. Eu achei que este sistema apresenta muitas inconsistências

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

8. Eu acho que a maioria das pessoas conseguiria utilizar este sistema rapidamente

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

9. Eu achei este sistema muito esquisito de usar

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

10. Eu me senti muito confiante utilizando este sistema

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
 Discordo
 Nem concordo e nem discordo
 Concordo
 Concordo fortemente

11. Eu precisei aprender muitas coisas antes de começar utilizar este sistema

Marcar apenas uma oval.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

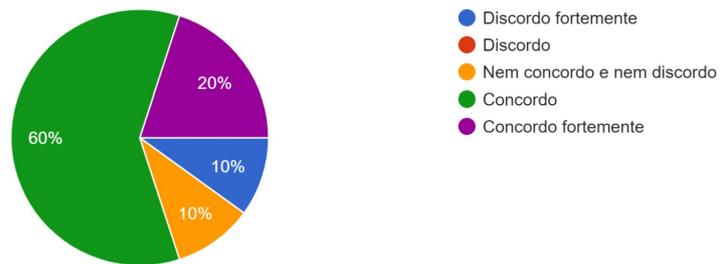
APÊNDICE F – Resultados de usabilidade do Makey Makey

Usabilidade do Makey Makey

10 respostas

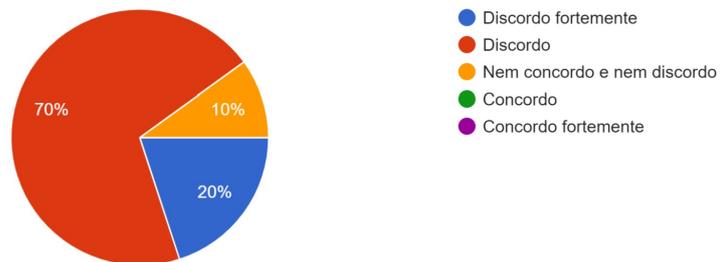
Eu acho que gostaria de utilizar este sistema frequentemente

10 respostas



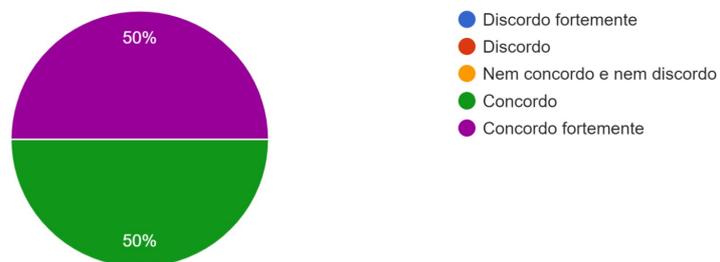
Achei o sistema desnecessariamente complexo

10 respostas



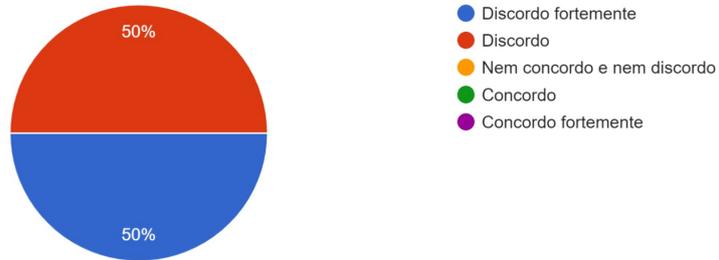
Achei que o sistema era fácil de usar

10 respostas



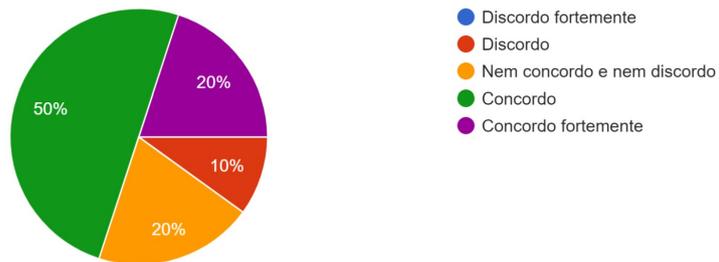
Eu acho que precisaria de suporte técnico para fazer uso deste sistema

10 respostas



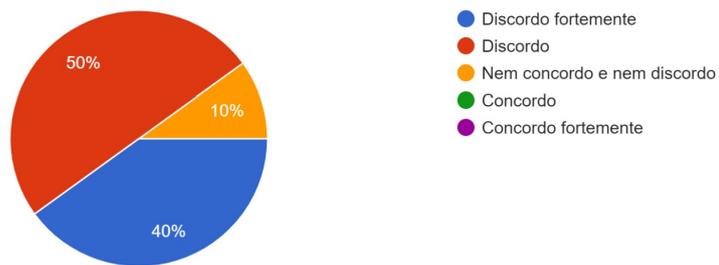
Várias funções deste sistema são bem integradas

10 respostas



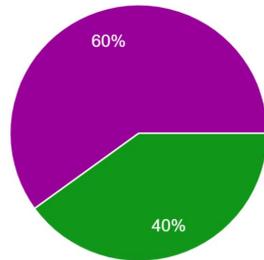
Eu achei que este sistema apresenta muitas inconsistências

10 respostas



Eu acho que a maioria das pessoas conseguiria utilizar este sistema rapidamente

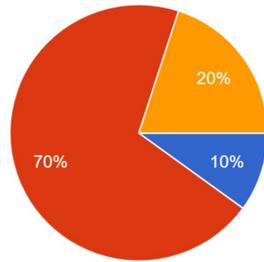
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Eu achei este sistema muito esquisito de usar

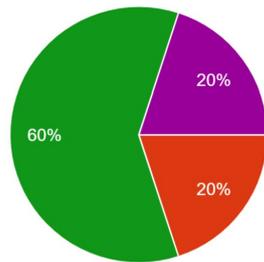
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Eu me senti muito confiante utilizando este sistema

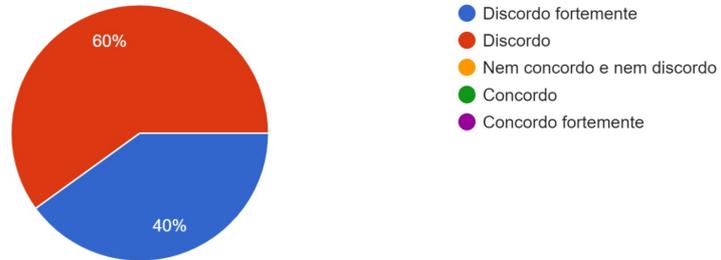
10 respostas



- Discordo fortemente
- Discordo
- Nem concordo e nem discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Eu precisei aprender muitas coisas antes de começar utilizar este sistema

10 respostas



APÊNDICE G – Formulário de UX do Makey Makey

20. Atratividade: "Ruim - Bom" *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Ruim	<input type="radio"/>	Bom						

21. Qualidades Pragmáticas: "Confuso - Bem Estruturado" *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Confuso	<input type="radio"/>	Bem Estruturado						

22. Atratividade: "Enjoativo - Viciante" *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Enjoativo	<input type="radio"/>	Viciante						

23. Qualidades Hedônicas -S: "Cauteloso - Ousado" *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Cauteloso	<input type="radio"/>	Ousado						

24. Qualidades Hedônicas -S: "Convencional - Inovador" *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Convencional	<input type="radio"/>	Inovador						

25. Qualidades Hedônicas -S: "Entediante - Cativante" *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7		
Entediante	<input type="radio"/>	Cativante						

26. Qualidades Hedônicas -S: "Fácil - Desafiador" *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7		
Fácil	<input type="radio"/>	Desafiador						

27. Atratividade: "Desencorajador - Motivador" *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7		
Desencorajador	<input type="radio"/>	Motivador						

28. Qualidades Hedônicas -S: "Comum - Único" *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7		
Comum	<input type="radio"/>	Único						

29. Qualidades Pragmáticas: "Desobediente - Obediente" *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7		
Desobediente	<input type="radio"/>	Obediente						

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

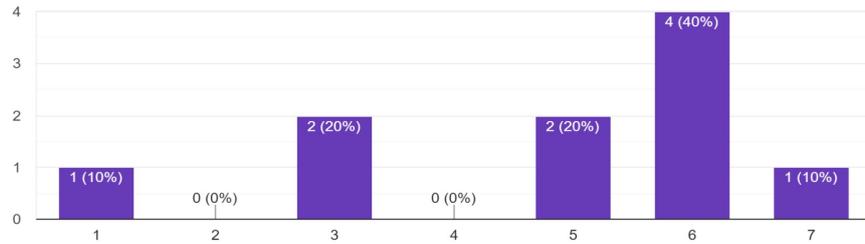
APÊNDICE H – Resultados de UX do Makey Makey

UX do Makey Makey

10 respostas

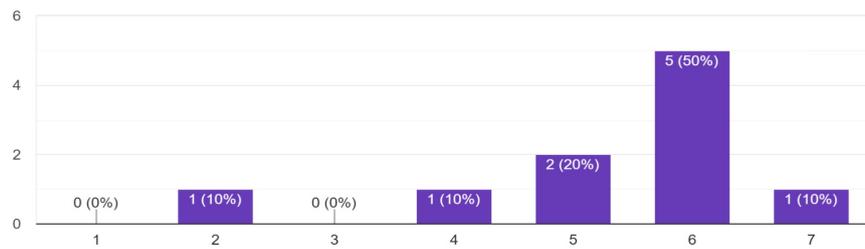
Qualidades Pragmáticas: "Técnico - Humanizado"

10 respostas



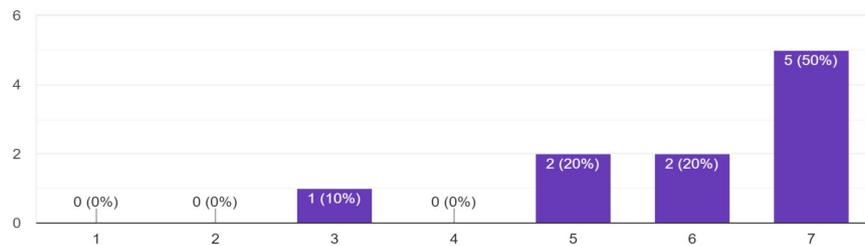
Qualidades Hedônicas -I: "Isolado - Conectado"

10 respostas



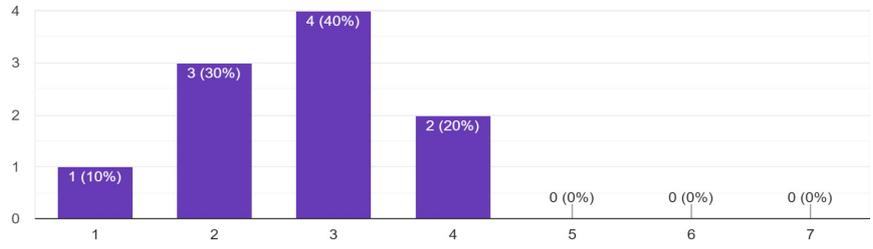
Atratividade: "Desagradável - Agradável"

10 respostas



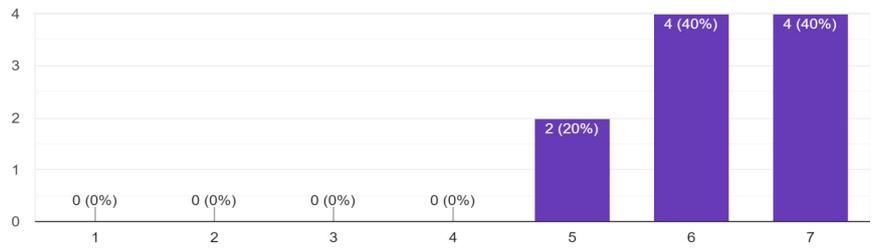
Qualidades Hedônicas -S: "Estrutura Simples - Estrutura Sofisticada"

10 respostas



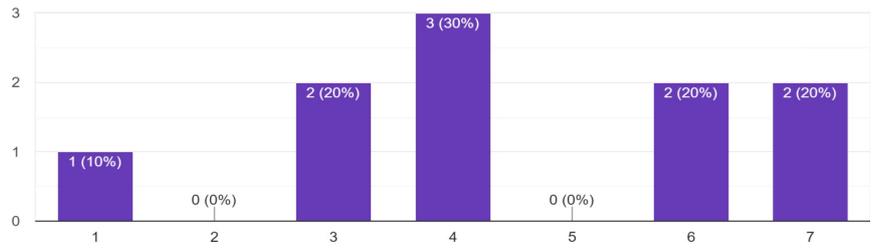
Qualidades Pragmáticas: "Complicado - Simples"

10 respostas



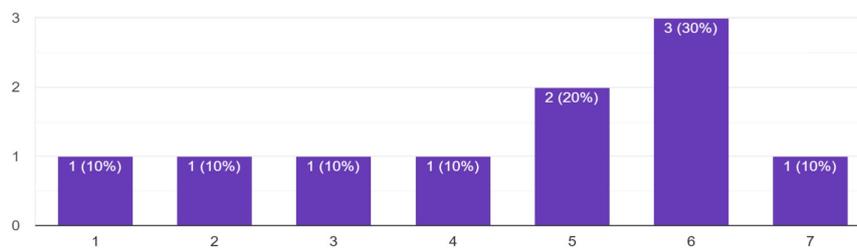
Qualidades Hedônicas -I: "Amador - Profissional"

10 respostas



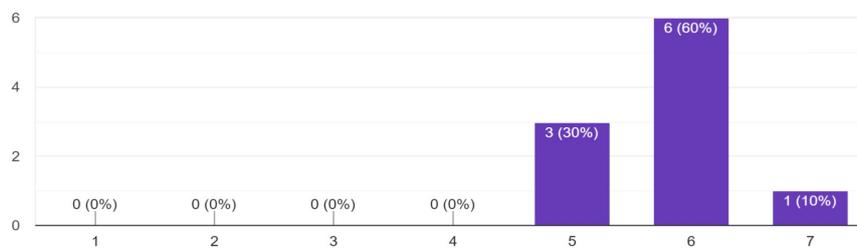
Atratividade: "Feio - Bonito"

10 respostas



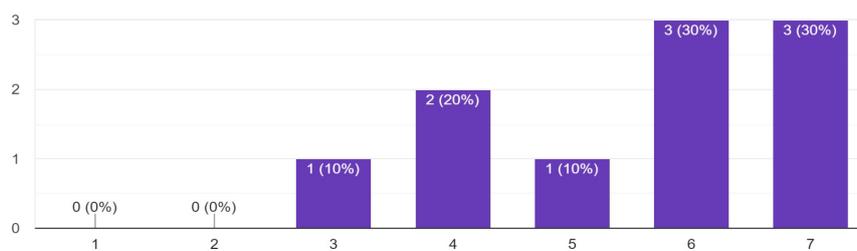
Qualidades Pragmáticas: "Não Prático - Prático"

10 respostas



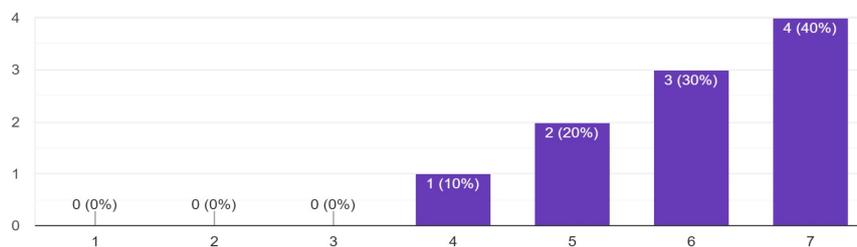
Atratividade: "Não Amigável - Amigável"

10 respostas



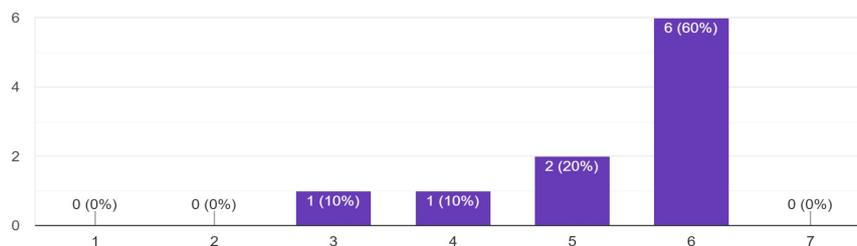
Qualidades Pragmáticas: "Não Objetivo - Objetivo"

10 respostas



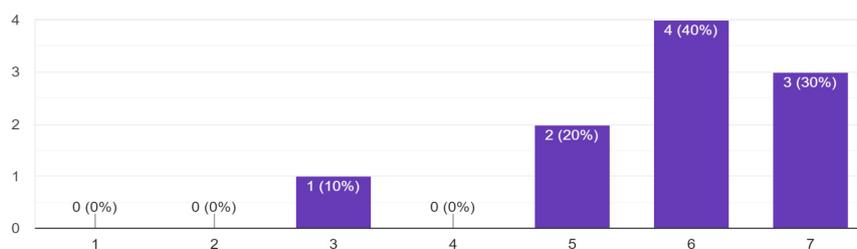
Qualidades Hedônicas -I: "Deselegante - Elegante"

10 respostas



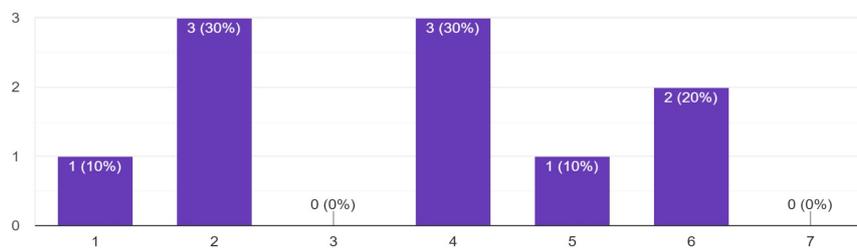
Qualidades Pragmáticas: "Imprevisível - Previsível"

10 respostas



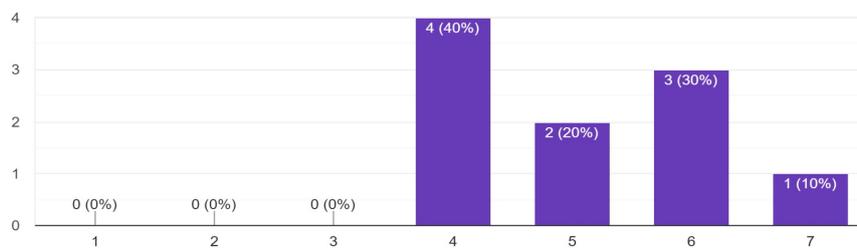
Qualidades Hedônicas -I: "Barato - Caro"

10 respostas



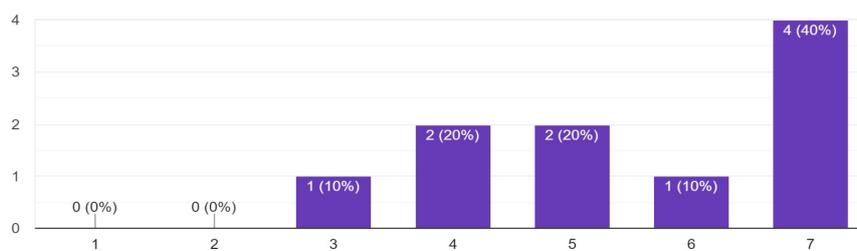
Qualidades Hedônicas -I: "Alienante - Integrador"

10 respostas



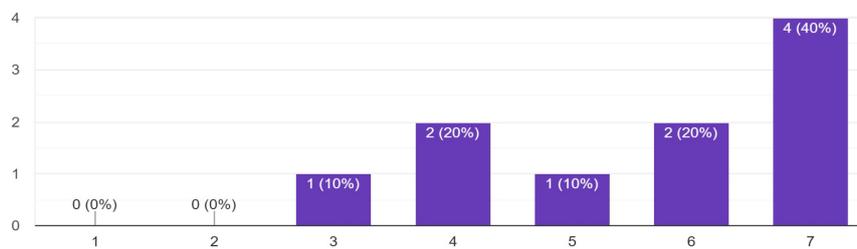
Qualidades Hedônicas -I: "Me separa das pessoas - Me aproxima das pessoas"

10 respostas



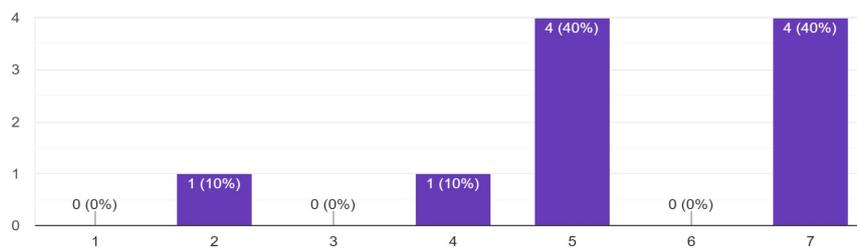
Qualidades Hedônicas -I: "Não Apresentável - Apresentável"

10 respostas



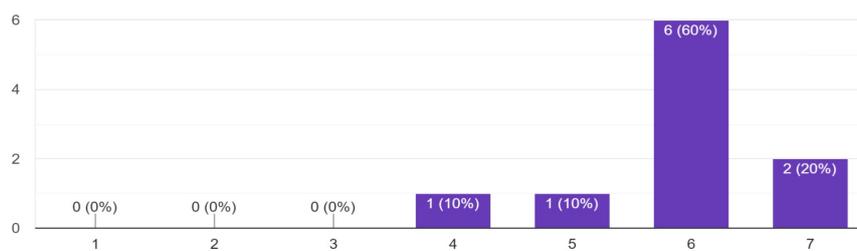
Atratividade: "Pouco Atraente - Convidativo"

10 respostas



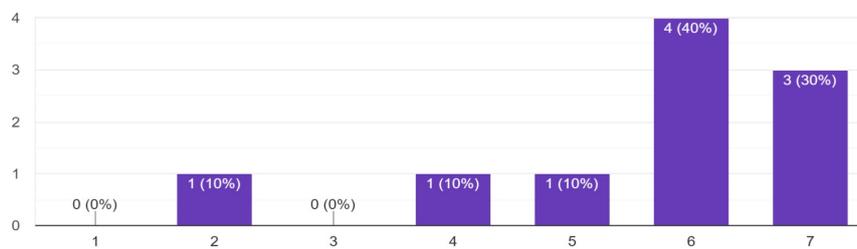
Qualidades Hedônicas -S: "Sem imaginação - Criativo"

10 respostas



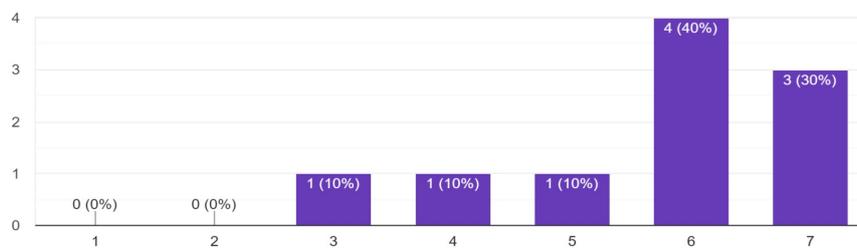
Atratividade: "Ruim - Bom"

10 respostas



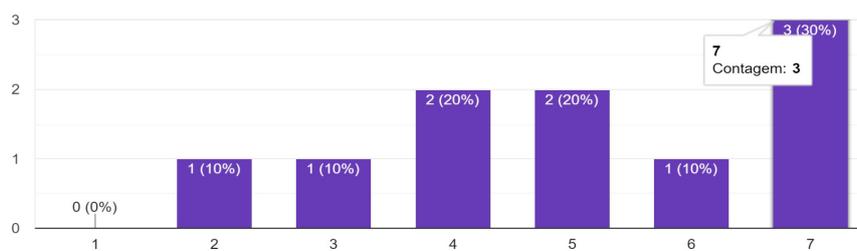
Qualidades Pragmáticas: "Confuso - Bem Estruturado"

10 respostas



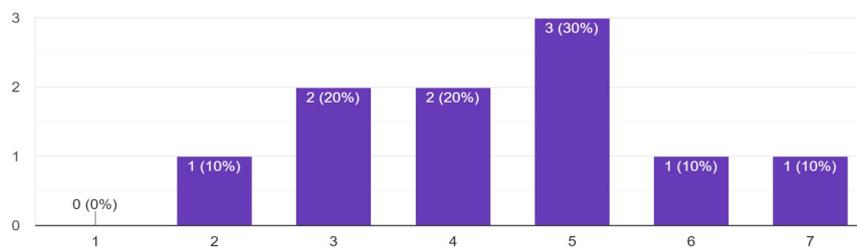
Atratividade: "Enjoativo - Viciante"

10 respostas



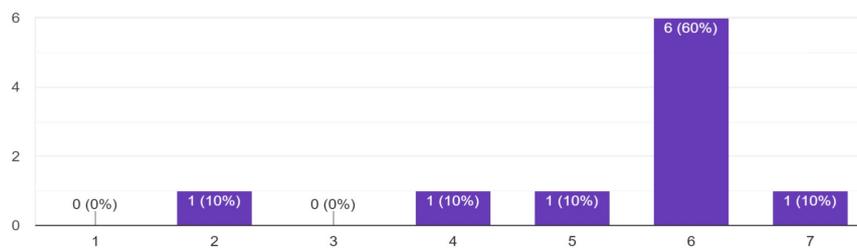
Qualidades Hedônicas -S: "Cauteloso - Ousado"

10 respostas



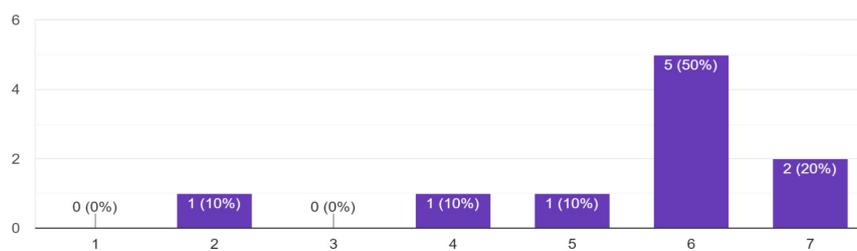
Qualidades Hedônicas -S: "Convencional - Inovador"

10 respostas



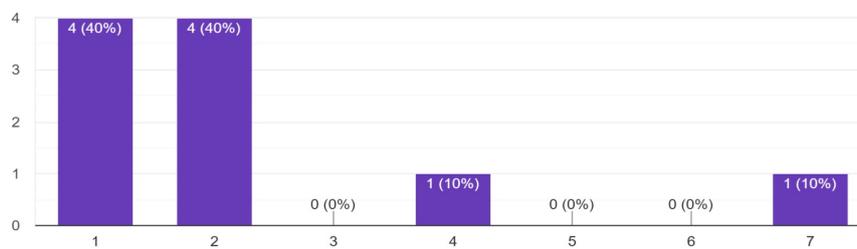
Qualidades Hedônicas -S: "Entediante - Cativante"

10 respostas



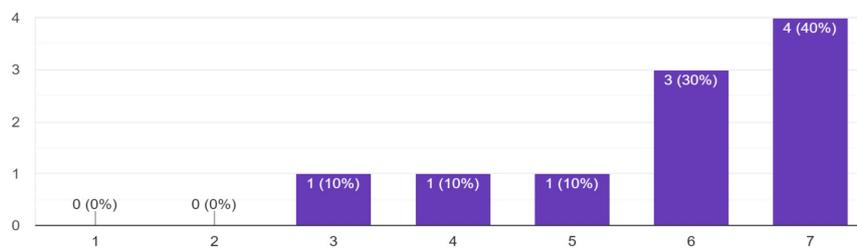
Qualidades Hedônicas -S: "Fácil - Desafiador"

10 respostas



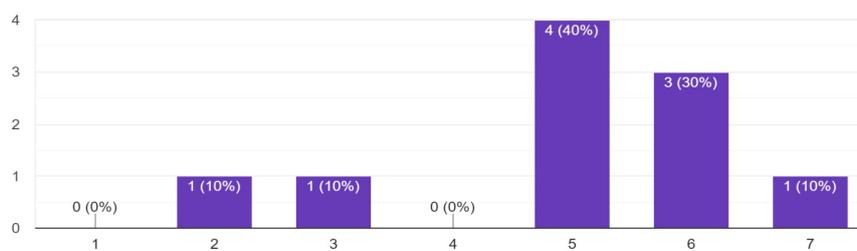
Atratividade: "Desencorajador - Motivador"

10 respostas



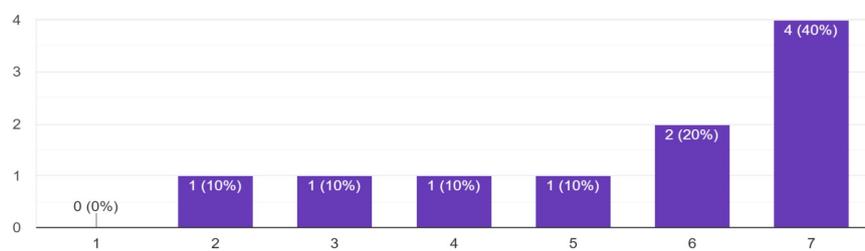
Qualidades Hedônicas -S: "Comum - Único"

10 respostas



Qualidades Pragmáticas: "Desobediente - Obediente"

10 respostas



APÊNDICE I – Formulário de UX do Littlebits

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

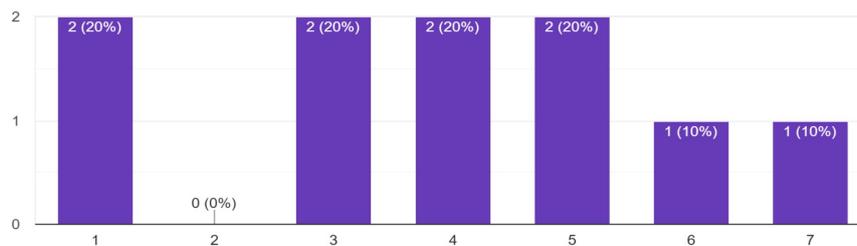
APÊNDICE J – Resultados de UX do Littlebits

UX do littlebits

10 respostas

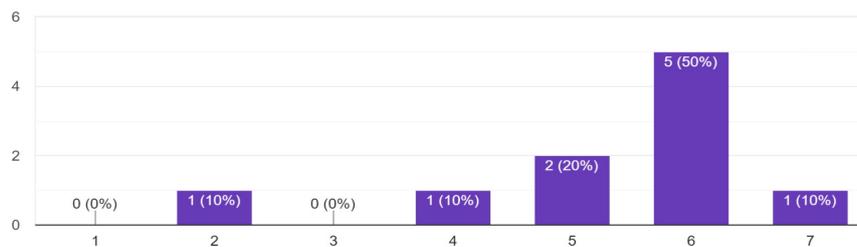
Qualidades Pragmáticas: "Técnico - Humanizado"

10 respostas



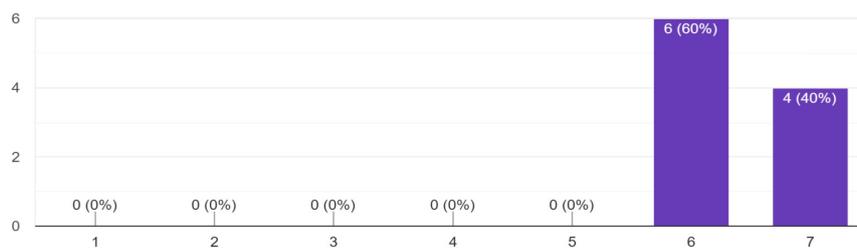
Qualidades Hedônicas -: "Isolado - Conectado"

10 respostas



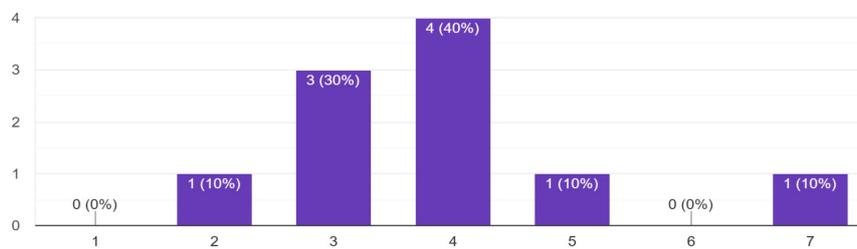
Atratividade: "Desagradável - Agradável"

10 respostas



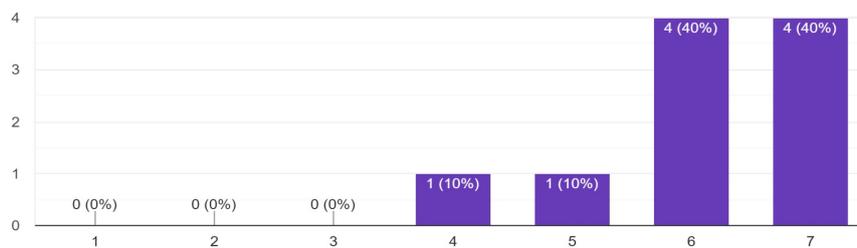
Qualidades Hedônicas -S: "Estrutura Simples - Estrutura Sofisticada"

10 respostas



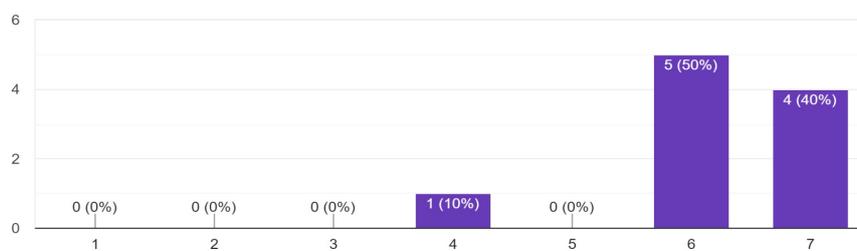
Qualidades Pragmáticas: "Complicado - Simples"

10 respostas



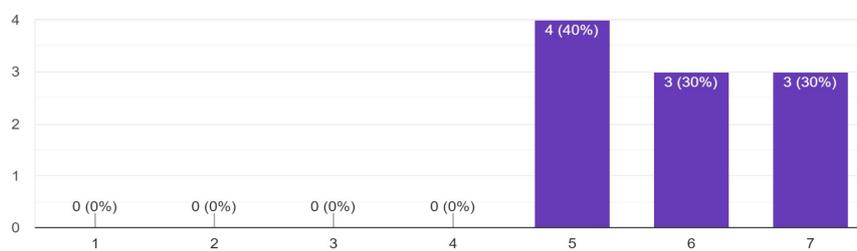
Qualidades Hedônicas -I: "Amador - Profissional"

10 respostas



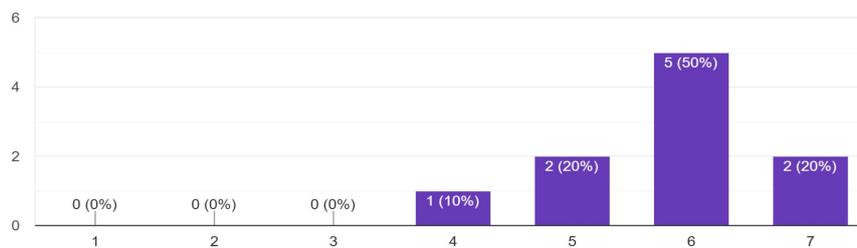
Atratividade: "Feio - Bonito"

10 respostas



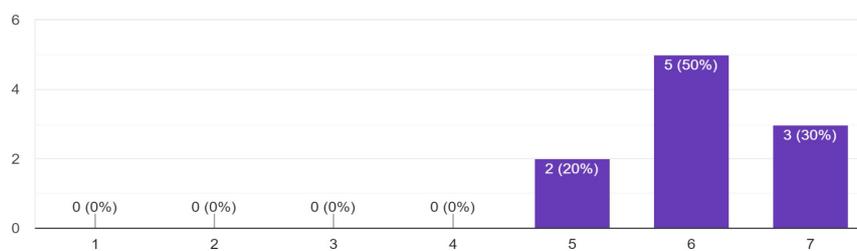
Qualidades Pragmáticas: "Não Prático - Prático"

10 respostas



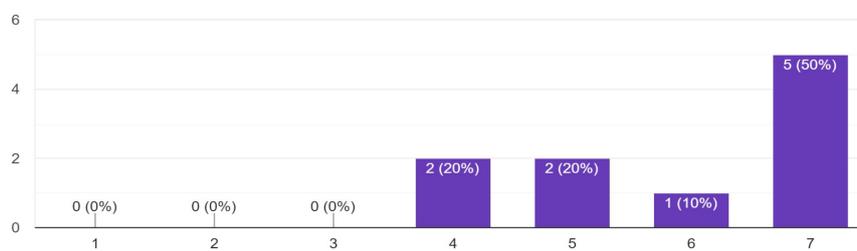
Atratividade: "Não Amigável - Amigável"

10 respostas



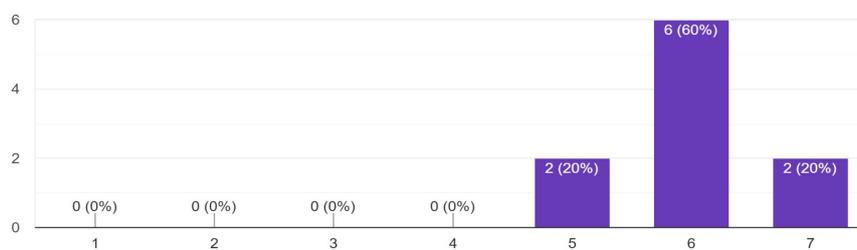
Qualidades Pragmáticas: "Não Objetivo - Objetivo"

10 respostas



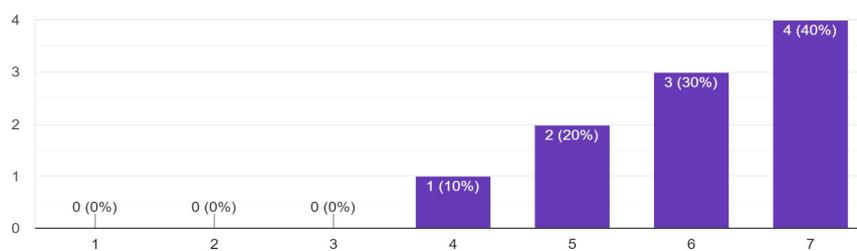
Qualidades Hedônicas -I: "Deselegante - Elegante"

10 respostas



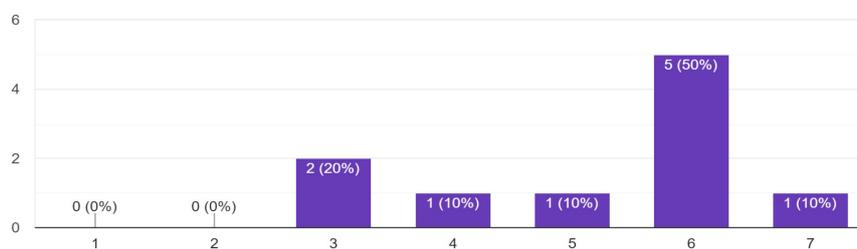
Qualidades Pragmáticas: "Imprevisível - Previsível"

10 respostas



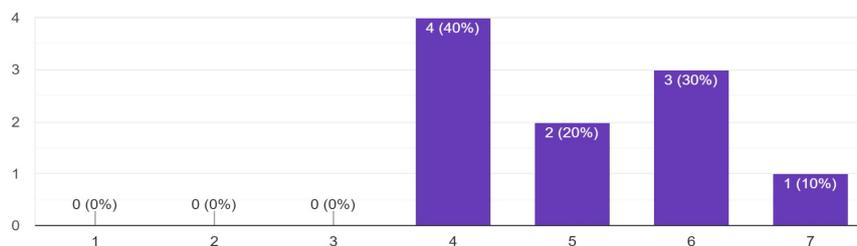
Qualidades Hedônicas -I: "Barato - Caro"

10 respostas



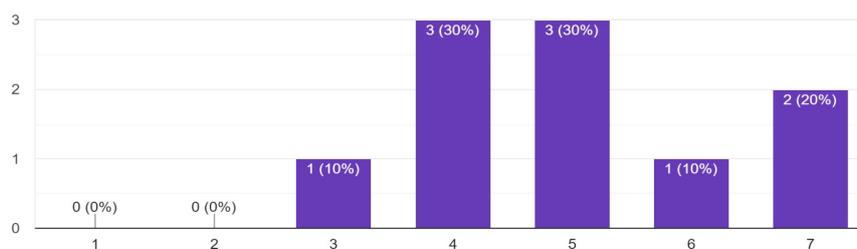
Qualidades Hedônicas -I: "Alienante - Integrador"

10 respostas



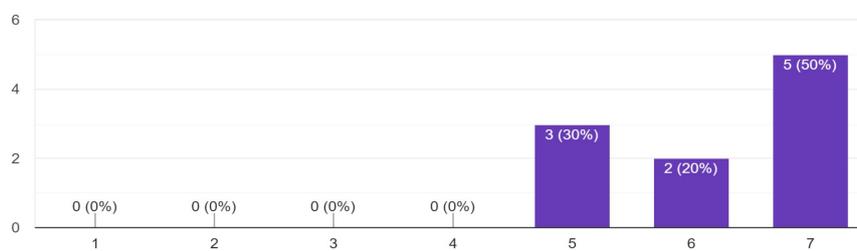
Qualidades Hedônicas -I: "Me separa das pessoas - Me aproxima das pessoas"

10 respostas



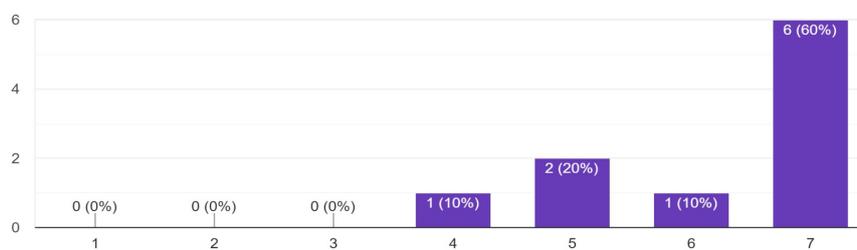
Qualidades Hedônicas -I: "Não Apresentável - Apresentável"

10 respostas



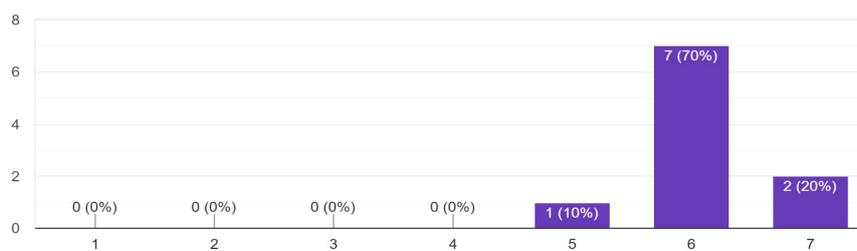
Atratividade: "Pouco Atraente - Convidativo"

10 respostas



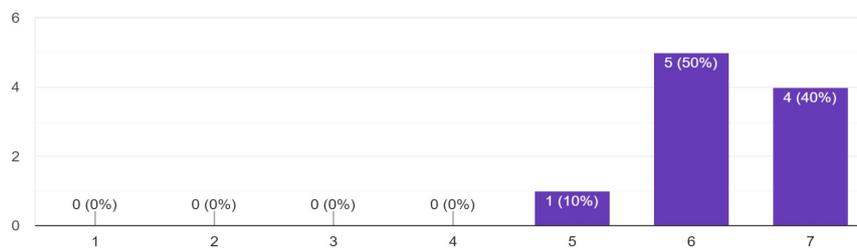
Qualidades Hedônicas -S: "Sem imaginação - Criativo"

10 respostas



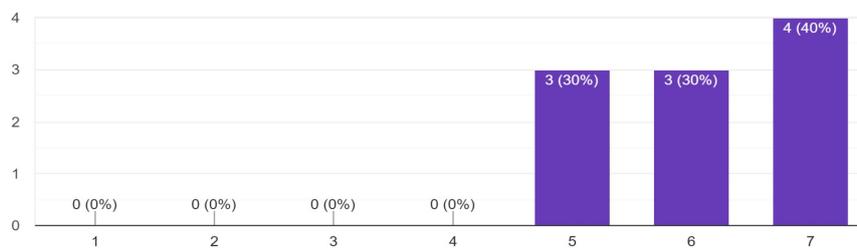
Atratividade: "Ruim - Bom"

10 respostas



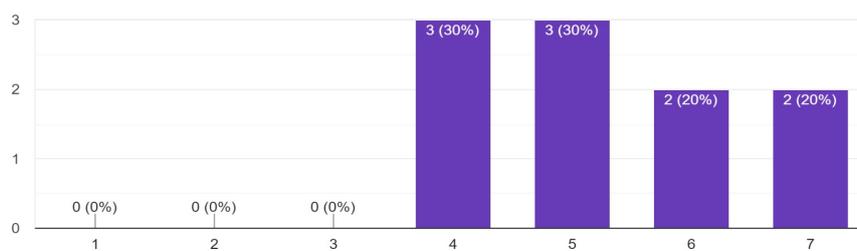
Qualidades Pragmáticas: "Confuso - Bem Estruturado"

10 respostas



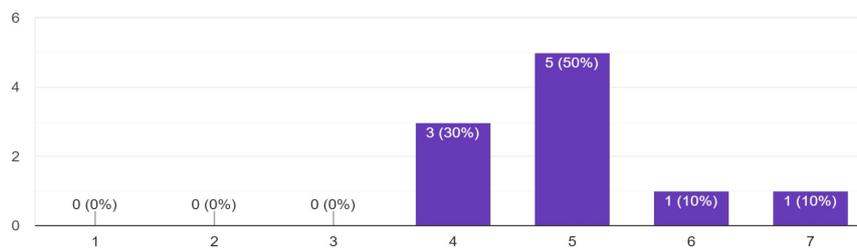
Atratividade: "Enjoativo - Viciante"

10 respostas



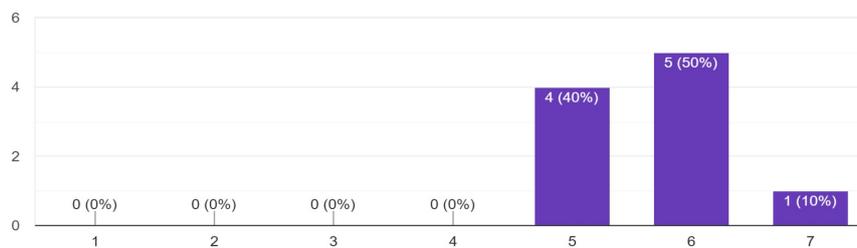
Qualidades Hedônicas -S: "Cauteloso - Ousado"

10 respostas



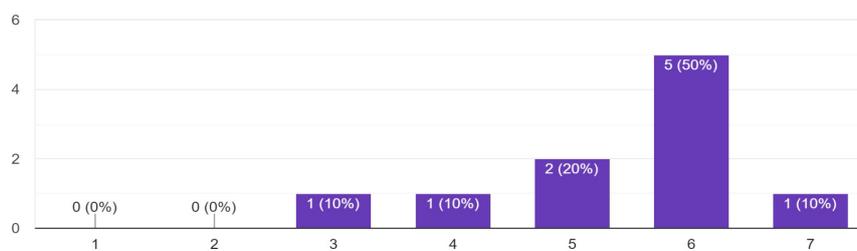
Qualidades Hedônicas -S: "Convencional - Inovador"

10 respostas



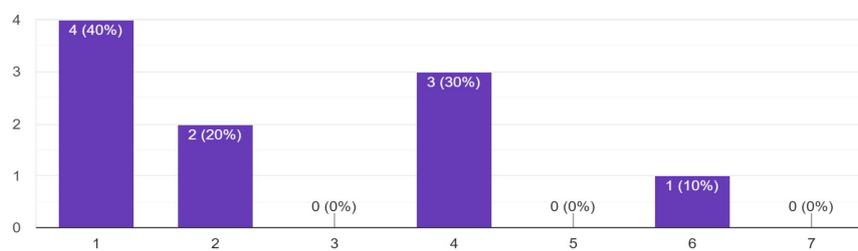
Qualidades Hedônicas -S: "Entediante - Cativante"

10 respostas



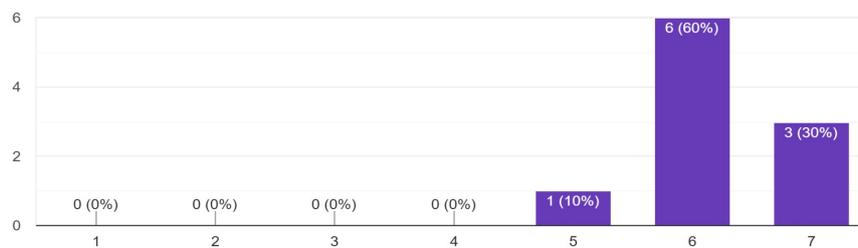
Qualidades Hedônicas -S: "Fácil - Desafiador"

10 respostas



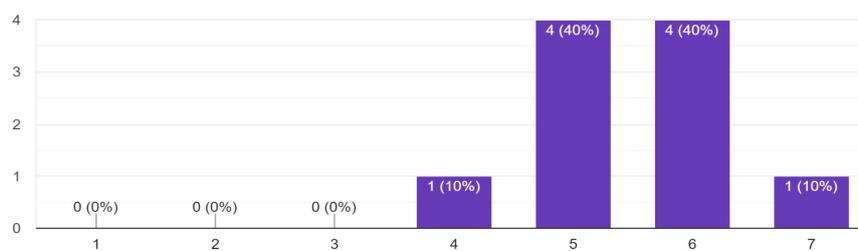
Atratividade: "Desencorajador - Motivador"

10 respostas



Qualidades Hedônicas -S: "Comum - Único"

10 respostas



Qualidades Pragmáticas: "Desobediente - Obediente"

10 respostas

