



UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO

DEINFO
Departamento de Estatística e Informática

Pedro Antônio Cavalcanti Leite

Métodos de Avaliação de Usabilidade para Dispositivos da Internet das Coisas.

Monografia

Recife

2017

Pedro Antônio Cavalcanti Leite

Métodos de Avaliação de Usabilidade para Dispositivos da Internet das Coisas

Monografia apresentada ao Curso de
Bacharelado em Ciência da Computação da
Universidade Federal Rural de Pernambuco
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência da Computação

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Estatística e Informática
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador: César França

Recife
2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE) BACHARELADO EM
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

<http://www.bccsufupe.br>

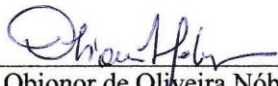
FICHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho defendido por Pedro Antonio Cavalcanti Leite às 11 horas do dia 30 de agosto de 2017, no Auditório do CEAGRI-02 — Sala 07, como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, intitulado Métodos de Avaliação de Usabilidade para Dispositivos da Internet das Coisas, orientado por Alberto Cesar Cavalcanti França e aprovado pela seguinte banca examinadora:


Alberto Cesar Cavalcanti França Alberto
Cesar Cavalcanti França

DEINFO/UFRPE


Roberta Macêdo Marques Gouveia
DEINFO/UFRPE


Obionor de Oliveira Nóbrega
DEINFO/UFRPE

**À minha família e a todos os meus amigos que dela fazem parte, por me apoiarem
no meu caminho.**

Agradecimentos

Agradeço a todos que participaram dessa conquista, direta ou indiretamente. Aos meus professores e orientador, César França, por me ajudarem a construir o conhecimento necessário para alcançar meus objetivos. Aos meus familiares, por me acolherem e acreditarem em mim, em todas as minhas escolhas. Aos meus amigos que fazem parte da minha família e aos que já passaram, pois cada um deles é responsável por um pouco do que sou hoje.

Agradeço à Bolha, ao B-Hash, a Sandra Xavier e a todas as pessoas de BCC que estiveram juntos comigo nessa luta de anos e greves, inventando, estudando, apoiando, brincando e construindo um curso mais caloroso e agradável durante toda essa fase que se encerra.

E agradeço também à Universidade Federal Rural de Pernambuco, por me dar as oportunidades que tive, como o acesso ao conhecimento e a chance de aprender mais sobre minha vocação, aqui e durante meu intercâmbio, onde também conheci pessoas e culturas maravilhosas.

"Até os melhores designers produzem produtos de sucesso apenas se seus projetos resolvem os problemas corretos. Uma interface maravilhosa para a funcionalidade errada falhará."

(Jakob Nielsen)

Resumo

A Internet das Coisas é uma área de crescente desenvolvimento que vem chamando a atenção de grandes empresas no contexto atual, prometendo um grande investimento de bilhões de dólares nos próximos anos. Contudo, a introdução de novas tecnologias acarreta em uma resistência do usuário às mudanças, sendo importante o estudo da usabilidade desses dispositivos tecnológicos, com o intuito de aumentar a aceitação dos usuários a essa nova tecnologia. Por isso, neste trabalho foi realizada uma revisão sistemática de técnicas para avaliação de usabilidade, para entender como esses métodos são utilizados nos dias atuais e sugerir as técnicas mais adequadas para a avaliação de usabilidade de dispositivos da Internet das Coisas. Através da pesquisa foi possível concluir que algumas técnicas de coleta de informação podem ser utilizadas nesse contexto, porém é importante o estudo e adaptação de novas técnicas específicas para o teste das interfaces desses dispositivos, que não é adequadamente abordado pelas técnicas atuais.

Abstract

The Internet of Things is an area of growing development that has attracted the attention of large companies in the current days, promising a large investment of billions of dollars over the next few years. However, an introduction of new technologies leads to a user resistance to changes and it is important to study the usability of technological devices in order to increase users' acceptance of this new technology. Therefore, a systematic review of usability assessment techniques was carried out to understand how these methods are used today and to suggest the most appropriate techniques for evaluating the usability of Internet of Things devices. Through the research it was possible to conclude that some information collection techniques can be used in this context, but it is important to study and adapt new techniques to test the interfaces of these devices, which is not adequately addressed by current techniques.

Lista de Figuras

Figura 1 – Investimento em Internet das Coisas até 2021, segundo a I-Scoop (I-Scoop, 2017).....	15
Figura 2 – Dispositivos Nest da Google	22
Figura 3 – Apple Watch, o smartwatch da Apple.....	23
Figura 4 – Resumo da revolução industrial até a indústria 4.0.....	24
Figura 5 - Gráfico relacionando margem de erro com o número de usuários utilizados para testes.....	26
Figura 6 – Dispositivos HydroPoint para monitoramento de fluxo de água.	39
Figura 7 – CURB monitor de consumo de energia.....	39
Figura 8 - Conceito do semáforo Control por YankoDesign.	39
Figura 9 – Sistema de ventilação Keen.....	40
Figura 10 - Aplicativo do TrackR bravo para encontrar objetos.....	41
Figura 11 – Fuz, smartlock para objetos.	41
Figura 12 – Kwikset Kevo, smartlock para portas.	41
Figura 13 - Interação com o termostato NEST da Google.	42
Figura 14 – Dispositivo Hiku para auxílio em listas de compras.....	43
Figura 15 – Copo Vessyl.	43
Figura 16 - Assistente Amazon Echo da Amazon.	44
Figura 17 – GeniCan, sensor de descartes.....	44
Figura 18 – Câmera de segurança, Cocoon.....	44

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1 – Desenvolvimento histórico das interfaces.	29
Tabela 1 – Distribuição inicial dos artigos pelas bases de dados.....	33
Tabela 2 – Distribuição após refinamento dos artigos pelas bases de dados.....	33
Quadro 2 – Lista de artigos por método de avaliação	34
Quadro 3 – Pontos fortes e fracos dos métodos em relação às categorias 1 e 2 de IoT.	45
Quadro 4 – Pontos fortes e fracos dos métodos em relação às categorias 3 e 4 de IoT.	46

Sumário

1.	Introdução.....	14
2.	Fundamentação Teórica.....	19
2.1.	Introdução.....	19
2.2.	Usabilidade.....	19
2.3.	Internet das Coisas.....	20
2.4.	Avaliação de Usabilidade.....	24
2.5.	Usabilidade em IoT.....	26
2.6.	Considerações Finais.....	27
3.	Trabalhos Relacionados.....	29
4.	Metodologia.....	32
5.	Resultado.....	33
6.	Discussão.....	45
7.	Conclusão.....	49
7.1.	Considerações Finais.....	49
7.2.	Trabalhos Futuros.....	50
	Referências.....	51
	APÊNCICE A – Lista de artigos revisados.....	55

1. Introdução

Com a crescente evolução da tecnologia, novos dispositivos e formas de acesso e obtenção de informação são criados e introduzidos a todo momento. A nova geração da computação se torna presente nas mais distintas formas, deixando de lado o computador de mesa (GUBBI, BUYYA, *et al.*, 2013). Hoje em dia as possibilidades de interação com os dispositivos tecnológicos têm crescido bastante. Antigamente dependia-se do teclado e de telas apenas com caracteres. Com a evolução do computador, mouse interfaces coloridas e amigáveis tornaram-se comuns. Mais tarde, com os smartphones, se tornou possível a interação com o toque na tela, facilitando o uso de aplicações diferenciadas. Atualmente, é possível encontrar dispositivos que entendem movimentos do corpo, faces, impressões digitais e batimentos cardíacos.

Através desta evolução surgiu a Internet das Coisas (IdC), mais conhecida como IoT (do inglês, Internet of Things), que trouxe a ideia da presença generalizada de dispositivos como sensores, atuadores e dispositivos inteligentes que se comunicam entre si e trocam informações na busca de alcançar um objetivo em comum (GIUSTO, IERA, *et al.*, 2010). Com o atual crescimento do interesse de grandes empresas e desenvolvedores sobre esse tema, a pesquisa e criação de novos dispositivos IoT encontra-se em alta e apresenta uma grande expectativa de crescimento até 2021, cerca de 1,4 trilhões de dólares, segundo as pesquisas da I-Scoop, em 2016 esse número já atingia 737 bilhões de dólares e em 2017 mais de 800 bilhões, como mostrado na Figura 1 (I-SCOOP, 2017).

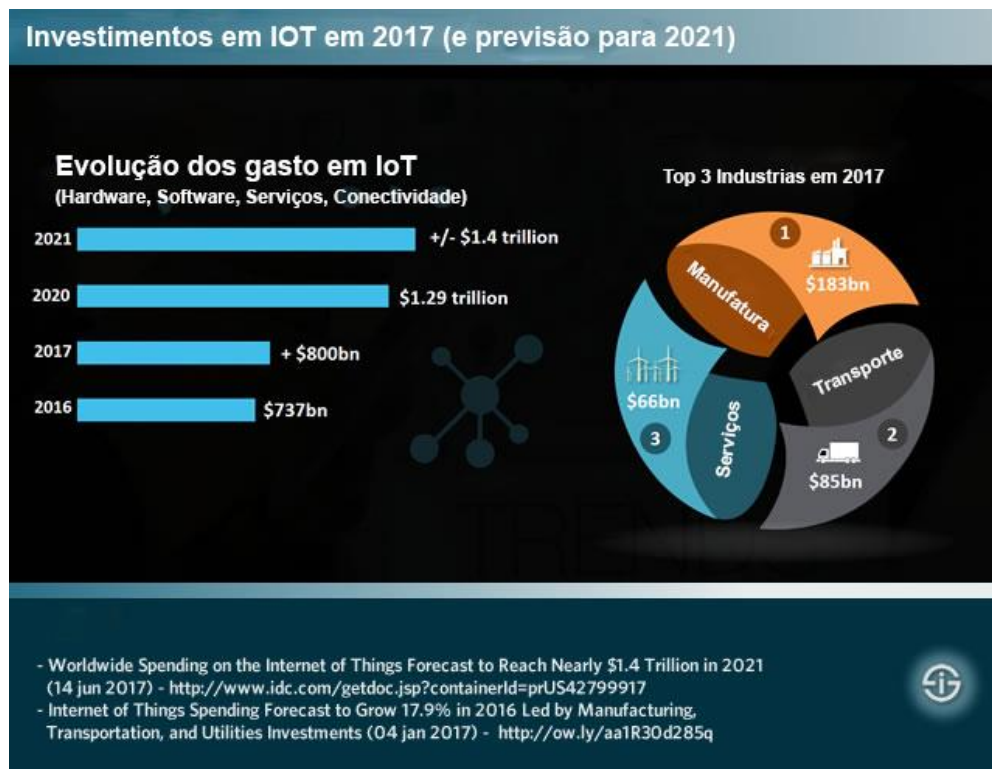


Figura 1 – Investimento em Internet das Coisas até 2021, segundo a I-Scoop (I-Scoop, 2017).

A Internet das Coisas estará cada vez mais presente no nosso dia-a-dia nas mais diversas áreas. Na medicina já existem aplicações que detectam quando o paciente tomou o medicamento através dos próprios comprimidos (PROTEUS, 2017). Na indústria, linhas de montagem totalmente automáticas e auto gerenciáveis (HINKS, 2015). Em casa, dispositivos inteligentes que aprendem sobre o comportamento dos moradores e preparam o ambiente perfeito. No meio rural sensores são capazes de monitorar grandes áreas agrícolas em relação a luminosidade, umidade e outras necessidades das plantações (TIBBO, 2017). E no dia-a-dia já é possível perceber a presença de *smartwatch* capazes de medir informações do estilo de vida em geral dos seus usuários.

Porém a introdução de novas tecnologias é sempre um desafio, visto que os consumidores tendem a resistir a mudanças (JANAWAY, 2016). No trabalho de Jiang, Muhanna e Klein eles apresentam um estudo sobre os aspectos que causam a resistência dos usuários às mudanças tecnológicas, um desses aspectos é a interação com o usuário. Eles realizaram uma pesquisa com 66 participantes, entre eles executivos,

gerentes, funcionários de suporte técnico e de negócios. A pesquisa foi realizada em forma de um questionário sobre resistência à mudança. Os resultados mostraram que cerca de 82% dos participantes já tiveram experiências de resistência a novas tecnologias. Uma forma de diminuir essa resistência é o estudo da usabilidade no processo de desenvolvimento.

A usabilidade é um ponto importante em relação à experiência do usuário, pela definição da ISO 9241-11 usabilidade é:

“A medida em que um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso especificado. (ISO 9241-11:1998, 1998).”

Sendo:

- Contexto do uso: o usuário, as tarefas, os equipamentos e o ambiente onde o sistema é usado;
- Eficácia: a precisão do usuário atingir resultados esperados;
- Eficiência: a precisão de atingir os objetivos utilizando o mínimo de recursos;
- Satisfação: o conforto e aceitabilidade do produto;

Usabilidade é um conceito que significa simplificar a vida do usuário, melhorando a eficiência dos dispositivos. Alguns pontos que podem representar esse conceito são:

- A execução de tarefas em um curto período de tempo ou menor número de passos;
- A facilidade de aprendizagem da nova tecnologia;
- O reconhecimento de funcionalidades através de padrões já definidos e utilizados no dia-a-dia;
- A ergonomia dos objetos para melhorar o conforto durante o uso e a facilidade de alcançar e realizar as funcionalidades mecânicas;
- A liberdade ao usuário de personalizar seus dispositivos;

Atualmente, os usuários estão acostumados com telas amigáveis e interativas, com *feedback* imediato e uso simples, este tipo de interação é algo que pode não estar

presente em todos os dispositivos de IoT. Esses novos dispositivos podem contar com uma interface simplificada, a fim de reduzir o gasto de baterias dos dispositivos que são apenas pequenos sensores conectados (ROWLAND, GOODMAN, *et al.*, 2015). Com esse desafio de criar “coisas” que consumam menos recursos, a interação com o usuário e a experiência de uso podem ser deixadas de lado na hora do projeto dos dispositivos, o que pode afetar a usabilidade dos objetos de IoT. Outro problema é que as formas de avaliação da usabilidade que existem hoje em dia foram feitas para as tecnologias atuais e precisam ser adaptados ao contexto de Internet das Coisas. Logo, é preciso saber: Como avaliar a usabilidade de objetos da Internet das Coisas utilizando métodos que se adequam melhor à realidade dessa nova tecnologia?

Pelas razões apresentadas, decidiu-se conduzir uma pesquisa com o objetivo de identificar e documentar as diferentes estratégias de avaliar a usabilidade com foco em objetos da Internet das Coisas.

- Mapear as formas de avaliação de usabilidade utilizadas nas tecnologias atuais.
- Adaptar os métodos de avaliação para o contexto de IoT.
- Desenvolver uma tipologia de IoT focada na forma de interação com o usuário.

Para atingir estes objetivos foram realizadas buscas com o objetivo de identificar os métodos de avaliação de usabilidade mais citados e utilizados hoje em dia e relacioná-los com categorias de dispositivos de IoT, identificadas e categorizadas de acordo com o tipo.

Os próximos capítulos estão estruturados da seguinte forma:

Capítulo 2 - Fundamentação Teórica, aborda os conceitos básicos para a compreensão do trabalho: Usabilidade; IoT; Avaliação de Usabilidade; Usabilidade em IoT; Tecnologias de Redes;

Capítulo 3 - Trabalhos Relacionados, apresenta os trabalhos de outros autores, que tenham relevância e relação com o tema abordado;

Capítulo 4 – Metodologia, apresentando detalhadamente a forma como a pesquisa foi conduzida.

Capítulo 5 - Resultados, mostra os resultados obtidos através da pesquisa;

Capítulo 6 - Discussão, discute o resultado encontrado no capítulo 5 à luz da fundamentação apresentada no Capítulo 2;

Capítulo 7 - Conclusão, apresenta as considerações finais sobre a pesquisa e os trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Introdução

Esse capítulo tem como objetivo fundamentar o leitor sobre os temas necessários para o entendimento do trabalho, nele serão abordadas as definições de Usabilidade e Internet das Coisas. Além da importância da Avaliação de Usabilidade no processo de desenvolvimento e mais especificamente no contexto de IoT.

2.2. Usabilidade

A ISO 9126 define Usabilidade em 5 sub-características (ISO/IEC 9126-1:2001, 2001):

Entendibilidade: A capacidade do usuário de entender facilmente qual a função de um determinado elemento.

Aprendibilidade: A capacidade do elemento de facilitar na aprendizagem do usuário, que pode ser verificado pelo tempo necessário para que o usuário realize a ação. Também relacionado à boa documentação do sistema.

Operabilidade: A capacidade do componente de permitir que o usuário consiga utilizá-lo com facilidade. O elemento deve ser uma boa opção para a ação, autoexplicativo, corresponder às expectativas do usuário e tolerar erros.

Atratividade: O componente deve ser atrativo ao usuário.

Conformidade de Usabilidade: A capacidade do componente de aderir a padrões e regulamentos de usabilidade.

Já Nielsen, criador de um dos métodos de avaliação de usabilidade mais citados atualmente, descreve usabilidade como um atributo de qualidade que indica quão fácil é para um usuário entender como se usa uma interface. Segundo ele, esse termo pode também ser utilizado para indicar o método para melhorar a facilidade do uso durante o processo de planejamento do projeto. Para Nielsen, a usabilidade é definida por 5 aspectos:

- Aprendizagem, que significa o quão fácil é de se concluir uma atividade básica do sistema, a partir do primeiro uso da interface;
- Eficiência, que mede quão rápido o usuário consegue completar uma funcionalidade do sistema depois de ter aprendido;
- Memorização, observa quão facilmente o usuário consegue voltar a usar bem um sistema após muito tempo sem contato;
- Erros, quantidade de erros cometidos, a severidade deles e quão fácil é de se recuperar de um erro.
- Satisfação, quão prazeroso é utilizar a interface. (NIELSEN, 2017).

A usabilidade é um ponto importante a se trabalhar, principalmente quando se trata do mercado. Para conquistar os usuários um sistema precisa ser amigável, fácil de usar e agradável. Um sistema com uma má usabilidade é será facilmente descartado pelos usuários, uma vez que eles não saberão como usar, é natural que eles procurem outras formas de realizar as tarefas mais facilmente. De acordo com Nielsen, hoje em dias é uma boa prática utilizar cerca de 10% do investimento do projeto em usabilidade. Além de consumidores finais e dispositivos para o mercado, a usabilidade também é de grande ajuda em sistemas internos. Uma boa usabilidade pode diminuir o tempo de aprendizagem do trabalhador e cortar os gastos com treinamentos. Uma vez que, o usuário terá uma maior facilidade de entender o sistema sem a necessidade de acompanhamento e cursos.

2.3. Internet das Coisas

A Internet das Coisa é a ligação entre objetos inteligentes, equipados com sensores e atuadores, que tem como objetivo realizar tarefas e ações para facilitar e melhorar a qualidade de vida ou de um serviço (MIORANDI, SICARI, *et al.*, 2012). Um dispositivo da Internet das Coisas tem como estrutura base um dispositivo dotado de sensores e/ou atuadores, uma conexão com a internet e um servidor em nuvem. Os sensores e atuadores tem como objetivo interagir diretamente com o usuário ou ambiente em que o dispositivo está inserido. Dessa forma é possível obter todo tipo de informação,

como pressão, temperatura, movimento, sinais vitais, presença de produtos químicos, umidade, entre outros dados. E é possível também, interagir e entregar respostas ao usuário, através de vibração, sinais de alerta, realização de alguma atividade, gerenciamento de um sistema, mudança de temperatura, localização e outras aplicações.

Através da conexão com a internet, e também a possível conexão local com outros objetos, um dispositivo tem a capacidade de trocar informações e agir como um sistema mais complexos, podendo interagir em ambientes como casas inteligentes, cidades, linhas de produção e lavouras. Além de se comunicar com o servidor, onde armazena informações coletadas e analisa com o objetivo de encontrar a melhor forma para agir no ambiente em que foi inserido.

É possível observar dentre muitas aplicações: (MIORANDI, SICARI, *et al.*, 2012):

Casas Inteligentes: Equipadas com várias tecnologias, como o conjunto de dispositivos Google Nest, mostrados na figura 2, que conta com o termostato que regula a temperatura da casa e aprende quando deve ligar ou desligar para economizar energia. O detector de fumaça que pode ligar e desligar objetos que apresentem risco de incêndio quando detecta fumaça. E câmeras que permitem o monitoramento remoto. Além da possibilidade de conectar-se com muitos outros dispositivos de outros fornecedores, que tornam a casa mais completa e podem ajudar a controlar o uso de recursos, tornar a casa mais segura e informar o usuário sobre o que acontece.



Figura 2 – Dispositivos Nest da Google

Cidades Inteligentes: Que administram a infraestrutura das cidades para o melhor uso, como o controle do trânsito, estacionamentos, emissão de gases e até monitoramento da segurança. Como os dispositivos da Thingworx, uma empresa que apresenta soluções de IoT para serviços urbanos, como sistema de distribuição de água, controle de ferrovias e trânsito.

Dispositivos de Saúde: Sensores podem monitorar vários aspectos da saúde do paciente e enviar relatórios prévios para médicos, agilizando consultas e diagnósticos de doenças. Além de monitorar as atividades do usuário e serem capazes de sugerir novas atividades interessantes ao usuário. Dispositivos comuns como *smartwatch*, mostrado na figura 3, e *wristbands* são capazes de medir toda a atividade diária de usuários, ajudando na qualidade de vida de pacientes que precisam de monitoramento e também de atletas que utilizam essa tecnologia para melhorar a experiência das corridas e prática de esportes.



Figura 3 – Apple Watch, o smartwatch da Apple.

Smart Business: Monitoramento de estoques, verificação da disponibilidade em tempo real de produtos. IoT nas indústrias podendo marcar produtos com identificadores únicos que podem ser úteis para identificar roubos ou coletar informações sobre o produto para o consumidor. É possível também monitorar toda a linha de montagem de uma fábrica, desde esteiras à equipamentos que precisam de atenção quanto à temperatura que podem alcançar. Essa revolução da indústria através da internet das coisas é o que vem sendo conhecido como Indústria 4.0 (SHROUF, ORDIERES e MIRAGLIOTTA, 2014). A figura 4 faz um resumo das mudanças que ocorreram durante as revoluções industriais.

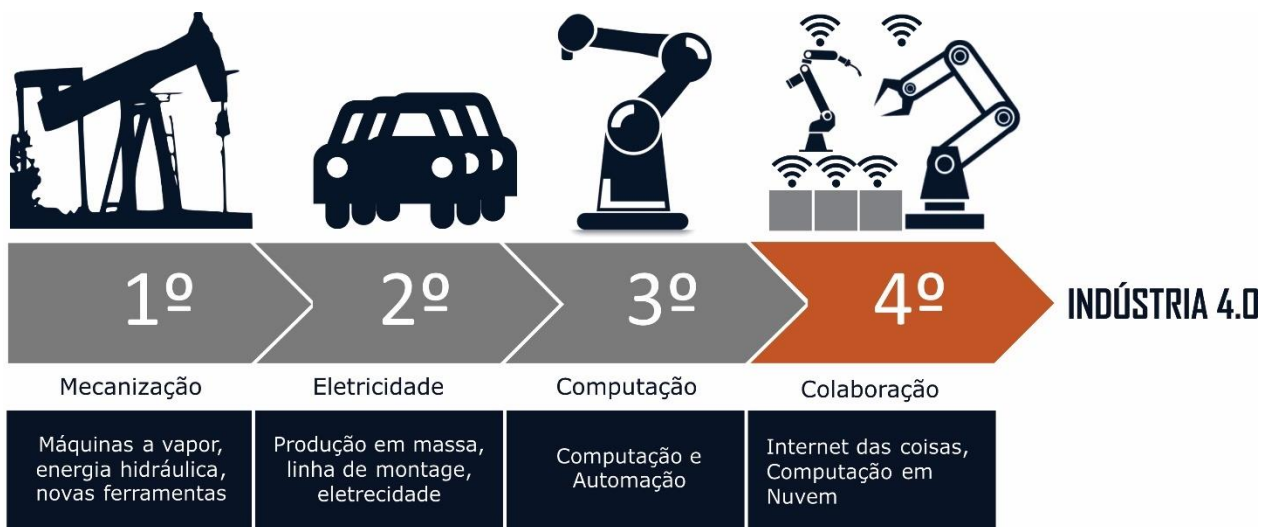


Figura 4 – Resumo da revolução industrial até a indústria 4.0

2.4. Avaliação de Usabilidade

No processo de desenvolvimento de software, a usabilidade assume um papel de importância no que diz respeito ao entendimento das necessidades do usuário e como essas necessidades podem ser atendidas de forma simples e intuitiva. Usabilidade vem para complementar o conceito de utilidade, que se refere a criar soluções para problemas reais, que necessitam da ferramenta desenvolvida. De forma que a utilidade por si só não é capaz de entender e atender às necessidades do usuário, visto que uma ferramenta poderosa tende a ser rejeitada quando apresenta uma complexidade alta na interação com o usuário e aprendizagem de uso (MICROSOFT CORPORATION, 2000). Através da avaliação de usabilidade durante o processo de desenvolvimento de software, os desenvolvedores são capazes de atender não só à utilidade da ferramenta, como também torna-la intuitiva e atrativa para o usuário final.

A avaliação de usabilidade é capaz de diminuir gastos com treinamentos de equipes e poupar recursos utilizados para suporte de sistemas. De acordo com a Microsoft, usabilidade pode aumentar a aceitação dos produtos, sendo capaz de tornar o usuário leal e disposto a recomendar o produto (MICROSOFT CORPORATION, 2000). A usabilidade de um sistema pode ser avaliada com o auxílio de diversas técnicas e métodos, que foram amplamente estudados para os dispositivos de hoje, como o computador ou o *smartphone*. Durante anos muitas técnicas foram desenvolvidas por estudiosos como Jakob Nielsen, que elaborou as heurísticas para uma boa usabilidade, que são utilizadas até hoje como uma forma de avaliação de usabilidade, são elas:

1. **Visibilidade de qual estado estamos no sistema:** O usuário precisa sempre saber onde está no sistema e o que está acontecendo;
2. **Correspondência entre o sistema e o mundo real:** O sistema deve usar uma interface que lembra interações e objetos do contexto real;

3. **Liberdade de controle fácil pro usuário:** O usuário deve sentir que tem escolhas no sistema;
4. **Consistência e padrões:** Os elementos do sistema devem ser consistentes e padronizados;
5. **Prevenção de erros:** Os erros devem ser prevenidos sempre que possível;
6. **Reconhecimento em vez de memorização:** O sistema deve ter elementos que lembrem ao usuário o que ele deve fazer, em vez de fazê-lo memorizar tudo que deve ser feito.
7. **Flexibilidade e eficiência de uso:** O sistema deve ser fácil para iniciantes, porém customizável para se tornar mais eficiente para usuários experientes;
8. **Estética e design minimalista:** É recomendado apresentar apenas o necessário na interface.
9. **Ajude os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros:** Erros amigáveis e sugestões para solução devem ser apresentados ao usuário;
10. **Ajuda e documentação:** O usuário deve sempre contar com uma documentação e outros meios, que ajudem a entender o funcionamento do sistema quando necessário.

A avaliação heurística, tem como base o conjunto dos nove princípios básicos da usabilidade, propostos e discutidos por Nielsen e Molich em seu trabalho. Através delas é possível identificar se um sistema possui uma boa usabilidade (NIELSEN e MOLICH, 1990). Os trabalhos de Nielsen são de grande valor para a análise de usabilidade, por isso devem ser considerados no momento de se decidir como realizar uma avaliação para melhorar esse aspecto em um dispositivo ou sistema.

Nielsen mostra uma outra forma de medir a usabilidade, de acordo com ele, a forma mais básica é baseada na definição de usabilidade como métrica de qualidade, o que leva em consideração: percentual de sucesso; tempo para executar uma tarefa; percentual de erros; e satisfação do usuário (NIELSEN, 2017). Em seus trabalhos, Nielsen recomenda que estudos quantitativos devem ser executados com, em média, 20 usuários para obter-se um bom resultado, tomando cuidado com os casos extremos, porém não eliminando eles por completo da seleção. De acordo com ele, um número maior de usuários é um gasto desnecessário no orçamento de um projeto de usabilidade

(NIELSEN, 2017). No experimento foram usadas 1520 medições, realizando 70 tarefas diferentes em sites variados, obtendo um desvio padrão de 52% em relação à média do tempo para completar as tarefas. Considerando a distribuição normal, Nielsen chegou ao gráfico mostrado na figura 5.

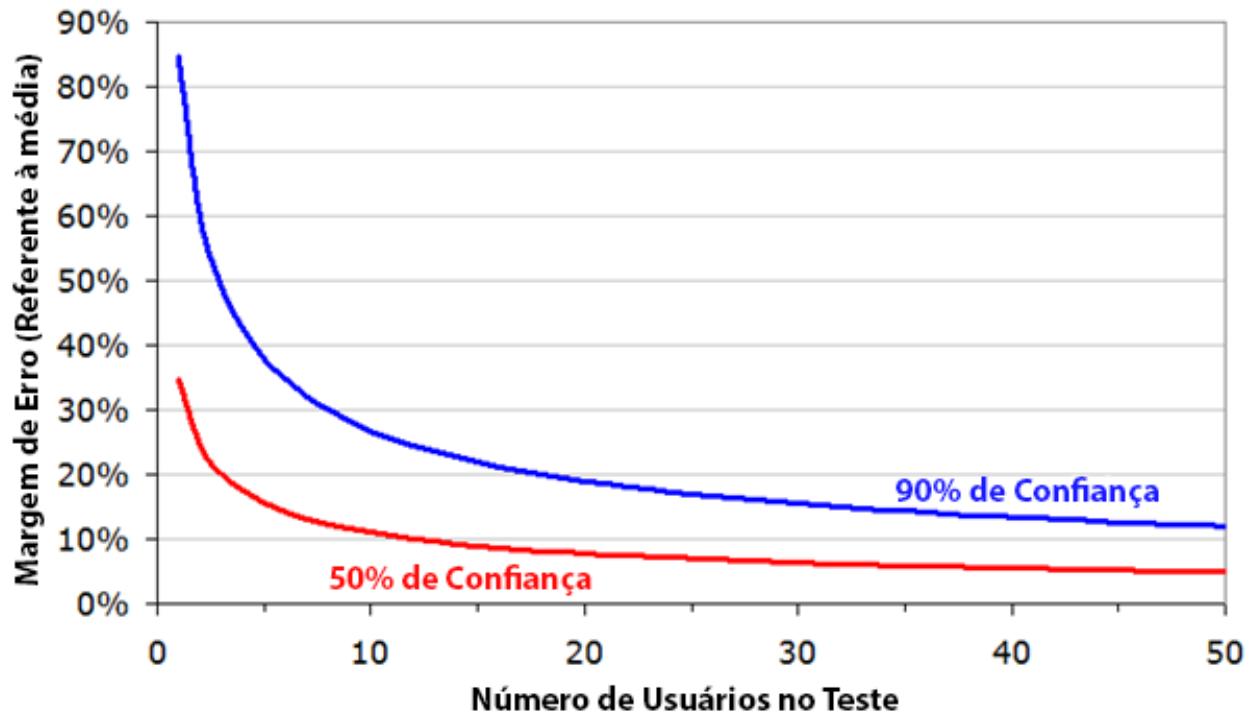


Figura 5 - Gráfico relacionando margem de erro com o número de usuários utilizados para testes.

Com isso ele conclui que, uma amostra de 20 usuários é capaz de obter um resultado com uma margem de erro de +/-19%, o que seria um número adequado para um teste. Visto que com menos usuários a taxa de erro pode ser muito alta e com mais usuários o custo benefício é baixo.

2.5. Usabilidade em IoT

O conceito de usabilidade não existe em absoluto, é necessário que exista um contexto onde se deseja avaliar e usar como referência (ISO 9241-11:1998, 1998). É possível avaliar a usabilidade em produtos do dia a dia, como uma cadeira, em relação a ergonomia, conforto, beleza e satisfação do usuário, por exemplo. Na computação a usabilidade é uma área que nasceu e emerge em um ambiente de computadores de

mesa, nos últimos anos a interação humano-computador tem mudado bastante, com a introdução de *smartphones*, TV inteligentes, *tablets*, entre outros (ROWLAND, GOODMAN, *et al.*, 2015). Porém com a internet das coisas a interação pode chegar a um novo nível de complexidade, visto que essa nova tecnologia engloba objetos que muitas vezes podem não apresentar uma interface gráfica tão amigável e conhecida como as tecnologias do nosso dia-a-dia. Além disso, a usabilidade de objetos da Internet das Coisas é algo que sofre com o impacto de todas as camadas do projeto, até mesmo as partes que não são visíveis para o usuário representam um forte impacto na experiência de uso (JANAWAY, 2016). IoT envolve toda a interação de objetos e servidores conectados através dos mais diversos meios, a escolha da tecnologia de rede, por exemplo, pode afetar na velocidade de resposta e até mesmo no sincronismo dos dados entre as diferentes interfaces (ROWLAND, GOODMAN, *et al.*, 2015). Como se sabe, os usuários tendem a resistir a mudanças, por IoT ser uma ideia que vem sendo introduzida há um tempo relativamente curto no dia a dia dos usuários, é natural que haja uma grande resistência ao uso dessa tecnologia (JIANG, MUHANNA e KLEIN, 2000), por isso é muito importante que esse ponto seja bem trabalhado para que haja uma melhor aceitação dos produtos. Como visto no trabalho de Vasughi (SUNDRAMOORTHY, LIU, *et al.*, 2010), um monitor de energia centrado no usuário, o trabalho de concepção executado paralelamente com a implantação de testes com usuários reais pode levar a resultados melhores em relação à adequação com as expectativas do usuário. Esse tipo de abordagem mostra ao desenvolvedor os pontos de maior interesse e necessidade dos usuários, além de apontar as necessidades de melhoria da implementação feita apenas com base nos conhecimentos e interesses do desenvolvedor, que muitas vezes tem um conhecimento mais aprofundado na área de tecnologia, tornando assim o produto mais amigável, mais fácil de usar e mais aceito pelo consumidor. A experiência de Vasughi mostrou até como um usuário satisfeito pode recomendar o produto a novos clientes interessados (SUNDRAMOORTHY, LIU, *et al.*, 2010).

2.6. Considerações Finais

A usabilidade busca atingir a satisfação do usuário em relação ao uso de ferramentas e dispositivos, tornando o usuário menos resistente a novas tecnologias,

como é o caso da Internet das Coisas, que cria o conceito da presença de objetos do dia-a-dia, dotados com sensores e atuadores para interagir com o usuário, o ambiente e outros dispositivos, a fim de melhorar a qualidade de vida do usuário. Através da avaliação de usabilidade durante o desenvolvimento de novos dispositivos tecnológicos, como os objetos da Internet das Coisas, é possível atingir uma maior aceitação do público alvo, desenvolvendo dispositivos que resolvem problemas reais de forma intuitiva.

3. Trabalhos Relacionados

No trabalho de Do Reis e Gonçalves (2016), foi realizada uma revisão sistemática sobre interfaces tangíveis com ênfase nos critérios de usabilidade. Que trata também do estudo da usabilidade em uma nova tecnologia com uma forma de interação não convencional, assim como a Internet das Coisas, as interfaces tangíveis são uma tecnologia emergente que proporciona ao usuário uma experiência de uso e interação diferente das tradicionais abordagens encontradas nos dispositivos atuais. No trabalho, eles conceituam interfaces tangíveis como o uso de realidade aumentada e realidade virtual para a interação com o mundo real. É utilizado um quadro para ilustrar os diferentes tipos de interfaces digitais através do desenvolvimento histórico da tecnologia, que é apresentado no Quadro 1 (DO REIS e GONÇALVES, 2016):

Quadro 1 – Desenvolvimento histórico das interfaces.

Tipo de interação	Descrição
Elétrica	No início, os primeiros computadores eram feitos de circuitos elétricos não-programáveis e a interação se dava apenas com a modelagem desses circuitos.
Simbólica	Com o surgimento de linguagens de programação, códigos surgem como forma de interação, permitindo programação mais complexa que as dos circuitos elétricos.
Textual	Com o surgimento dos primeiros monitores, toda a interface se dava através de textos dispostos na tela, bem como os comandos dos usuários também eram textuais.
Gráfica	O surgimento das interfaces gráficas permitiu uma interação mais intuitiva que a textual, incluindo dispositivos como o mouse. As interfaces demandam do usuário, fundamentalmente, a visão de uma tela e motricidade fina dos dedos para o controle do mouse e do teclado.

Interação Corporificada	Na atual fase de desenvolvimento da interação entre pessoas e computadores, a interação gráfica e vai além, envolvendo movimento corporal e controle espacial do usuário.
--------------------------------	---

Fonte: Desenvolvimento a partir de Dourish (DOURISH, 2004, cap. 3 apud DOS REIS, 2016)

A pesquisa foi dividida em duas revisões. Os resultados da primeira revisão realizada por Dos Reis e Gonçalves, sobre conceituação de interfaces tangíveis, resultaram em um total de 240 artigos encontrados, utilizando as bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*. Depois da eliminação de artigos repetidos e refinamento, através de filtros como artigos publicados nos 5 anos anteriores ao trabalho e revisão de pares, restaram apenas 51 publicações, catalogadas em relação aos temas mais recorrentes, autores com mais publicações e periódicos com mais publicações.

A segunda revisão abordou a usabilidade de interfaces tangíveis e resultou em um total de 749 artigos, foram utilizadas as mesmas bases de dados da primeira revisão, após refinados restaram apenas 21 artigos, que foram revisados em busca de temas, metodologias e resultados sobre avaliação de usabilidade, resultando em 10 artigos que foram base para a discussão e conclusão do trabalho (DO REIS e GONÇALVES, 2016).

Seguindo a ideia de Dos Reis e Gonçalves, é possível realizar um mapeamento sistemático sobre Internet das Coisas e técnicas de avaliação de usabilidade no intuito de explorar a atual realidade da usabilidade em uma tecnologia emergente, com o diferencial do foco em dispositivos de IoT e a adaptação dos métodos de avaliação de usabilidade para a tecnologia de IoT.

Na pesquisa realizada pelo Departamento de Energia & Mudanças Climáticas do governo do Reino Unido (DECC), foram realizados diversos testes com usuários para entender a dificuldade encontrada no uso de controles de aquecimento inteligentes. Participaram do teste 72 participantes, divididos em 2 grupos de 36, submetidos a testes de benchmark, onde foram estabelecidas metas a serem cumpridas, como o tempo para realização de funções específicas, quantidade de tarefas concluídas com sucesso e nível de satisfação. Com os testes foi possível concluir que a falta de usabilidade dos sistemas acarretou na frustração dos usuários, de forma que nenhuma das metas estabelecidas

foi atingida. O que foi enfatizado com os comentários negativos dos usuários, quanto à satisfação em relação ao uso dos sistemas (WALL e HEALY, 2013). Com os resultados obtidos, foi possível concluir a deficiência em questão de usabilidade encontrada nos dispositivos de IoT, dando foco à necessidade de se incorporar o estudo da avaliação de usabilidade no processo de desenvolvimento dessa tecnologia emergente.

A pesquisa apresentou um foco em apenas um tipo de dispositivo, com a intenção de medir a satisfação dos usuários e a eficácia dos dispositivos, porém não mostrou como a usabilidade poderia ser melhorada. O que pode ser feito através da execução de testes de usabilidade durante o desenvolvimento dos dispositivos.

No trabalho de Hom, algumas formas de avaliação de usabilidade podem ser encontradas, o trabalho consiste em um manual que reúne diversas metodologias utilizadas para medir uma boa usabilidade, como Pesquisa de Campo, Entrevistas, Avaliação Heurística, Inspeção de Padrões, entre outros (HOM, 2012). Em seu trabalho, Hom mostra o que é cada um dos métodos de avaliação, fazendo uma breve explicação sobre a ideia da técnica, como se utiliza, quando deve ser utilizado e como encontrar mais informações sobre ela.

O livro conta com um amplo conjunto de referências para apoiar no entendimento e aplicação dos métodos explanados. A visão das técnicas mostradas no trabalho trata de usabilidade de software em geral, tendo sido publicado no ano de 1998, antes da popularização do conceito da Internet das Coisas, e como dito anteriormente, não são necessariamente aplicáveis a IoT, ou podem ser melhoradas para o contexto.

4. Metodologia

A primeira parte da pesquisa consistiu em uma busca automática nas bases de dados da IEEEExplore, ACM Digital Library e Science Direct, que são algumas das principais bases de busca na área, utilizando os seguintes termos de busca: *Usability; Techniques; Methods*; outros termos foram excluídos da busca por não apresentarem resultados significativos para o tema, como o termo *approach*. A busca não contemplou também os termos relacionados a Internet das Coisas, pois não foi possível obter resultados que cruzassem ambos os temas em nenhuma das bases de pesquisa no momento em que foi realizada, período referente aos meses de junho e julho de 2017.

A busca contou apenas com os artigos publicados nos últimos 5 anos (2013 a 2017), para levar em consideração os artigos mais atualizados, na tentativa de evitar dados ultrapassados. Posteriormente, foi realizada uma análise detalhada dos artigos, onde foram analisados título, resumo, introdução, resultado e conclusão dos trabalhos, para verificar a relação com o tema abordado.

Além da busca automática, foi realizada também uma busca para complementar os métodos encontrados, a busca foi feita na ferramenta Google Acadêmico e também com o auxílio da pesquisa comum do Google, com a finalidade de entender os métodos citados e utilizados nos artigos encontrados.

Após obter os métodos de avaliação de usabilidade, foi feita uma busca, novamente no Google e Google Acadêmico, para encontrar tipos de dispositivos da Internet das Coisas existentes atualmente. Essa busca foi feita na tentativa de categorizar adequadamente os tipos de dispositivos com base na interação deles com os usuários. Com base nos tipos encontrados, foram criadas as categorias e relacionadas aos métodos, de forma que cada método apresenta uma breve descrição de como pode ser utilizado nas diferentes categorias de dispositivos de IoT.

Com o resultado das pesquisas foi possível listar as técnicas de usabilidade mais utilizadas atualmente e relacioná-las às categorias de dispositivos de IoT, de forma a sugerir o uso dos métodos nos diferentes dispositivos de forma adequada.

5. Resultado

O primeiro passo resultou em um total de 332 artigos nas bases de dados *ACM Digital Library*, *IEEE Explorer* e *Science Direct*, utilizando os termos de busca “*Usability*”, “*Method*” e “*Technique*”, a distribuição pode ser vista na tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição inicial dos artigos pelas bases de dados.

Base de Dados	Número de Artigos
<i>ACM Digital Library</i>	148
<i>IEEE Explorer</i>	106
<i>Science Direct</i>	78
TOTAL	332

Fonte: Dados de Pesquisa.

O resultado do primeiro passo da pesquisa foi refinado com um filtro para os últimos 5 anos, para levar em consideração os artigos mais atualizados, obtendo um resultado em um total de 100 artigos para serem analisados, os artigos estão distribuídos de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição após refinamento dos artigos pelas bases de dados.

Base de Dados	Número de Artigos
<i>ACM Digital Library</i>	36
<i>IEEE Explorer</i>	38
<i>Science Direct</i>	26
TOTAL	100

Fonte: Dados de Pesquisa.

Os artigos foram revisados, eliminando 3 artigos repetidos que foram encontrados em mais de uma base de dados e cerca de 70 artigos que não se aplicavam ao tema, o resultado obteve um total de 27 artigos apresentados no apêndice A, dentre as conferências onde os artigos foram publicados, apenas duas delas se repetiram nos resultados, sendo 3 artigos publicados no periódico *Journal of Usability Studies* da ACM e 3 publicados no periódico *Applied Ergonomics* da Elsevier.

Através da análise temática dos artigos, foi possível perceber os métodos de avaliação de usabilidade mais utilizados ou mencionados nos últimos 5 anos, que podem ser os métodos mais adequados a serem adaptados para novas tecnologias, como os dispositivos da Internet das coisas, uma vez que são amplamente discutidos hoje em dia, como mostra o Quadro 2, referente aos artigos listados no Apêndice A.

Quadro 2 – Lista de artigos por método de avaliação

Método	Qtd. de Artigos	Artigos
Teste Formal de Usabilidade	10	A1, A3, A5, A17, A18, A21, A22, A24, A25, A27
Avaliação Heurística	9	A1, A6, A8, A11, A15, A20, A22, A24, A27
Questionários	8	A5, A12, A16, A18, A21, A24, A25, A27
Protótipos	6	A1, A5, A7, A13, A17, A25
Passo a Passo Cognitivo	6	A1, A6, A7, A24, A25, A27
Entrevista	6	A3, A10, A16, A18, A24, A25
Pensando Alto	5	A1, A15, A16, A25, A26
Observação / Etnografia	4	A1, A24, A25, A26
Sessões Gravadas	4	A3, A6, A12, A19
Avaliações Automáticas	3	A1, A24, A25
Novos Métodos de Avaliação	3	A14, A20, A23
Avaliação de Métricas	2	A8, A25
Ordenação de Cartas	2	A1, A24
Rastreamento Ocular	2	A19, A26

Fonte: Pesquisa nas bases automáticas.

Outros métodos foram citados em apenas um artigo, como Mapa de Afinidade, Personas, Grupo Focal e Inspeções.

Para entender como os métodos de avaliação de usabilidade podem ser utilizados de maneira mais adequada nos dispositivos de IoT, é importante saber como cada um deles funciona, para isso, foi realizada uma busca manual, resultando em conceitos obtidos através do trabalho de James Hom (Hom, 2012) e sites de usabilidade como o NN Group de Nielsen e Usability.gov:

Teste Formal de Usabilidade

Trata da execução de métodos de avaliação de usabilidade, observando o usuário interagir com o produto, para coletar dados e analisar os problemas encontrados em comum com vários usuários durante o experimento. É necessário determinar o que precisa saber, quais os usuários a serem analisados, tomando cuidado com o público alvo a ser atingido. É importante que o usuário se sinta confortável, para interagir de maneira mais natural com a aplicação. Deve ser evitado ao máximo interferir na interação do usuário, porém é permitido fazer perguntas ao longo do teste, caso seja necessário entender algo.

Avaliação Heurística

Baseado nas 10 heurísticas de Nielsen, especialistas devem avaliar cada heurística em relação à solução. Os especialistas reportam seus feedbacks para que sejam trabalhados. Pode ser feito a qualquer momento, inclusive sem a aplicação estar pronta. Precisa apenas das especificações do design como entrada mínima, podendo ser feito em protótipos e, claro, na solução em si.

Questionários

São conjuntos de perguntas, preferencialmente com o auxílio de ferramentas *on-line*, que tem como finalidade obter dados do maior número possível de respondentes. O pesquisador muitas vezes não tem contato com o usuário que responde o questionário, e por isso as perguntas devem ser cuidadosamente trabalhadas para eliminar ambiguidade e obter uma boa clareza.

Protótipos

É o uso de exemplos do sistema, funcionais ou não. Podendo ser inclusive o sistema parcialmente desenvolvido. Existem diversos níveis de prototipação, sendo eles usados para software ou hardware. São eles:

Protótipo Rápido: criados rapidamente para avaliar a aplicação e depois descartados quando o sistema apresenta novas alterações.

Protótipo Reusável: São protótipos que são modificados à medida que a aplicação evolui. Através dele já pode ser feito parte do sistema real.

Protótipo Modular: Que vão sendo incrementados à medida que o sistema vai aumentando e sendo desenvolvido.

Protótipo Horizontal: Que abrange uma grande quantidade de funcionalidades, mas que não é realmente funcional. Muito usado para testar a interface do projeto, sem as funções implementadas.

Protótipo Vertical: É o protótipo de uma funcionalidade individual do sistema, sem levar em consideração o resto da aplicação.

Protótipo de Baixa Fidelidade: Protótipos que não tem exatamente a identidade do sistema, mas expressam as mesmas funcionalidades. São baratos para construir e podem ser usados para fazer testes com usuários no início do desenvolvimento. Muitas vezes feitos de lápis e papel, podem imitar o funcionamento e dar ideias para elaboração do design e das funcionalidades.

Protótipo de Alta Fidelidade: é um protótipo que segue a risca o design da aplicação, e simula as funcionalidades, sem realmente estar programado, ou seja, as entradas vão ter sempre as mesma saídas, apenas para o entendimento de como será a implementação. É importante para testes de aceitação e encontrar problemas na interface final do sistema.

Passo a Passo Cognitivo

Especialistas devem utilizar um protótipo da solução, no intuito de realizar todas as funcionalidades esperadas e identificar se existe algum elemento faltando para a conclusão das atividades. Esse teste é feito no início do desenvolvimento, para validar que todos os fluxos necessários foram pensados e nada foi esquecido.

Entrevista

Consiste em um encontro formal com o usuário, onde o pesquisador fará perguntas que podem ter sido elaboradas anteriormente. A entrevista pode ser de três tipos, não estruturada, onde o roteiro de perguntas não é preparado anteriormente e a conversa vai fluindo de acordo com o decorrer. A semiestruturada onde um roteiro é preparado, mas a conversa pode desviar do fluxo caso necessário. E a totalmente

estruturada, onde o pesquisador deve seguir o roteiro de pesquisa, sem desviar o fluxo da entrevista.

Pensando Alto

Essa técnica é muito utilizada nos testes de usabilidade, deve se pedir ao usuário para que ele vocalize o que ele está pensando, porque ele está executando cada ação, o que ele acha que vai acontecer. Para que possa entender como o usuário pensa ao interagir com a aplicação e como ele acha que funciona.

Observação / Etnografia

Nesse método, devem ser coletados artefatos e observado cada detalhe, como a organização do local, as relações entre as pessoas, o que tem de informação a amostra. Esse tipo de pesquisa leva muito tempo, devem ser feitas muitas visitas, para entender cada um dos envolvidos. É mais usada quando não se tem uma ideia desenvolvida e se precisa saber muito sobre o que pode ser feito com sua ideia. A etnografia é um tipo de observação mais ligado à etnia e características antropológicas.

Sessões Gravadas

Esse método permite que as pesquisas de usabilidade sejam feitas em locais remotos. O usuário recebe um protótipo da solução com tarefas a serem realizadas. Uma ferramenta de monitoramento deve ser executada durante o uso do produto, gravando cada movimento que o usuário faz. Outro caso é o auto registro onde o usuário deve fazer comentários sobre todo o processo de testes, satisfação em realizar as tarefas, o que precisa mudar, onde teve dificuldade e sugestões.

Ordenação de Cartas

É um método onde os usuários devem organizar tópicos referentes ao sistema em categorias que façam sentido para eles. Os tópicos são entregues ao usuário em forma de cartas, pode ser do tipo aberto, onde o usuário cria o nome das próprias categorias, ou fechado onde as categorias já estão predefinidas. O usuário deve juntar as cartas em grupos, de acordo com as categorias as quais ele acredita que façam parte. Dessa forma é possível identificar como o usuário entende o sistema e suas funcionalidades.

Rastreamento Ocular

É uma técnica que consiste em rastrear o olhar do usuário enquanto ele interage com o sistema, para identificar os pontos de maior interesse do usuário. Pode ajudar a entender quais as funcionalidades e pontos mais chamativos do sistema, para que possa ser organizado de uma maneira mais eficiente para o uso.

Através de uma busca manual utilizando o Google e Google Acadêmico realizada para identificar os dispositivos de IoT existentes no mercado, foi possível categorizar os dispositivos em 4 grandes grupos, levando em consideração a forma como o usuário interage com os objetos. A busca foi realizada durante os meses de abril a junho de 2017, onde foram analisadas listas de dispositivos da Internet das Coisas existentes no mercado.

Primeiramente os resultados da busca foram separados por semelhança na forma de interação com o usuário, através dessa separação foi possível entender melhor o que os dispositivos tinham em comum e nomear as categorias. As categorias encontradas foram:

Categoria 1 - Dispositivos Puramente Informativos: Nessa categoria a parte do sistema que entra em contato direto com o usuário não tem uma interação do usuário com o dispositivo. Eles apenas apresentam informações para o usuário sobre dados coletados por outra parte do sistema, por isso devem ter foco na relação com o mundo real, parecendo ao máximo com objetos e interações já conhecidas. Como os monitores de fluxo de água e energia ou sinais de trânsito inteligentes, que obtêm informações da via e da internet e apenas informam ao usuário o que eles devem fazer. Como mostram as figuras 6, 7 e 8.



Figura 6 – Dispositivos HydroPoint para monitoramento de fluxo de água.



Figura 7 – CURB monitor de consumo de energia.

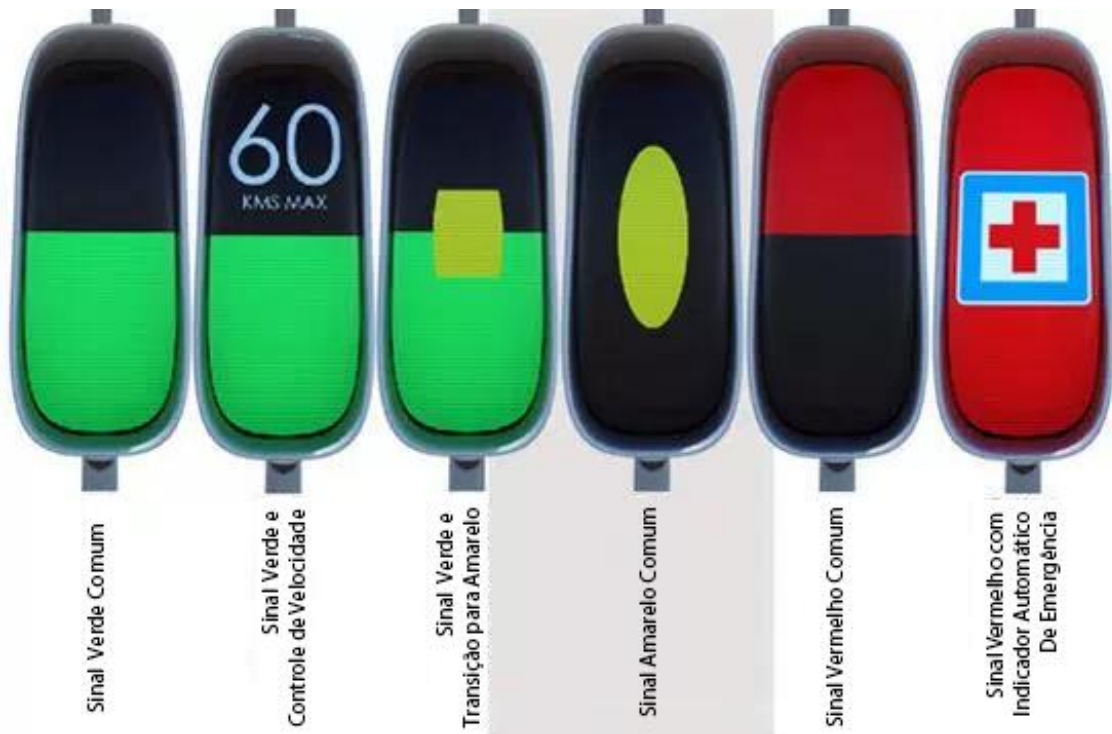


Figura 8 - Conceito do semáforo Control por YankoDesign.

Categoria 2 - Dispositivos que interagem por interface remota visual: Essa categoria de dispositivos conta com aplicativos que controlam o sistema remotamente

através de outros dispositivos onde podem ser instalados. Toda a interação, pós-instalação, é feita através dessas aplicações, por isso esses dispositivos devem ter foco na usabilidade do aplicativo de controle. Como é o caso de *tags* de rastreamento, que interagem apenas através de aplicativos para informar onde o objeto, ou até mesmo o animal de estimação se encontra, *smartlocks* para segurança de objetos e portas, e dispositivos para controle de sistemas de ventilação. Como mostram as figuras 9, 10, 11 e 12 (onde os dispositivos das Figuras 11 e 12 podem também ser alocados na categoria 4).

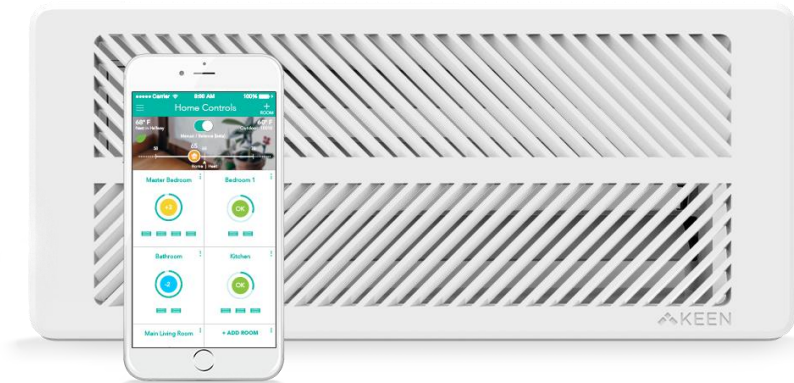


Figura 9 – Sistema de ventilação Keen.

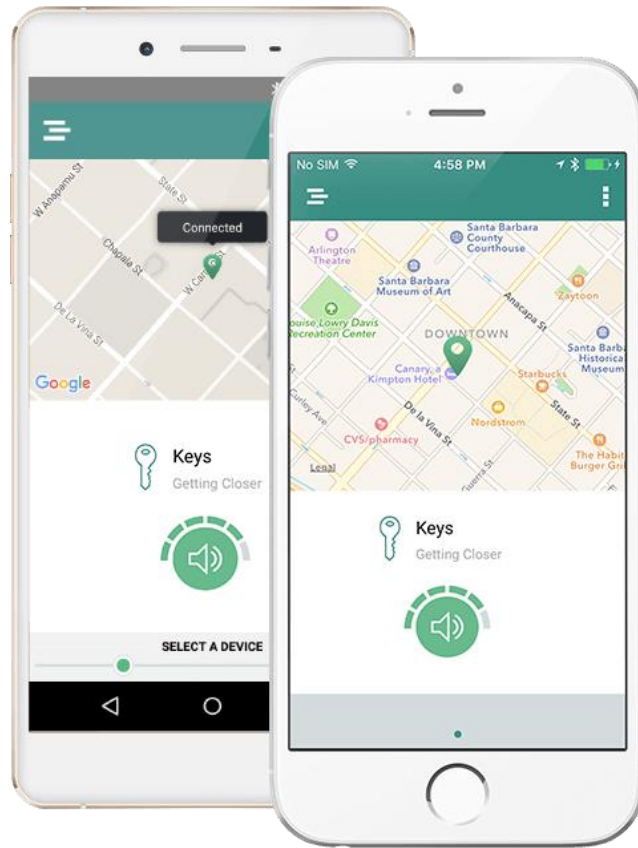


Figura 10 - Aplicativo do TrackR bravo para encontrar objetos.



Figura 11 – Fuz, smartlock para objetos.



Figura 12 – Kwikset Kevo, smartlock para portas.

Categoria 3 - Interação com a interface física: Essa categoria engloba dispositivos que apresentam uma interação com a interface física do sistema, como botões e alavancas. Esses dispositivos apresentam formas diferenciadas de interação em relação às aplicações web e móveis, por isso necessitam de uma atenção maior no momento de projetar a interface e a interação com o sistema. É o caso do termostato NEST, onde o usuário pode interagir diretamente com o termostato para mudar a temperatura. Hiku, um dispositivo que facilita o gerenciamento de compras e Vessyl, um copo que monitora o que o usuário consome. Como mostra a figura 13, 14 e 15.



Figura 13 - Interação com o termostato NEST da Google.



Figura 14 – Dispositivo Hiku para auxílio em listas de compras.



Figura 15 – Copo Vessyl.

Categoria 4 - Interação por sensores: Essa categoria trata de dispositivos que interagem com o usuário através de sensores, ou seja, muitas vezes o usuário não precisa nem mesmo tocar no objeto para interagir. A diferença dessa categoria para a categoria 1 (Dispositivos Puramente Informativos) é que, neste caso, o usuário tem interação direta com o sistema, não apenas o consumo de informações. É o caso de assistentes domésticos como o Amazon Echo que interage através de comandos de voz. GeniCan, um lixeiro que identifica os itens que precisam ser comprados observando o

que é descartado. E a câmera de segurança Cocoon que monitora toda a casa e notifica o usuário em caso de movimentação suspeita. Mostrados nas figuras 16, 17 e 18.



Figura 16 - Assistente Amazon Echo da Amazon.



Figura 17 – GeniCan, sensor de descartes.



Figura 18 – Câmera de segurança, Cocoon.

6. Discussão

Encontradas as categorias de interação com os dispositivos, foram elaborados os Quadros 3 e 4, identificando como cada um dos métodos de avaliação podem ser usados em relação as 4 categorias.

Os métodos de avaliação foram separados em técnicas de coleta de informações e técnicas de avaliação. As técnicas de coleta identificadas na pesquisa foram Questionário, Entrevista, Observação e Etnografia. Que não foram adicionadas nos quadros, por serem técnicas que podem ser usadas sem nenhuma adaptação, já que o foco é em coletar informações com usuários e não através da interação. Enquanto as técnicas de avaliação são listadas nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Pontos fortes e fracos dos métodos em relação às categorias 1 e 2 de IoT.

	Categoria 1 Puramente Informativa	Categoria 2 Interfaces Visuais Remotas
Testes de Usabilidade	Nesta categoria, o teste de usabilidade pode ser utilizado apenas com foco em como a informação pode ser mais atrativa para o usuário.	Nesta categoria, o foco é na interface visual remota, que pode ser utilizada em dispositivos que os usuários já estão familiarizados, podendo ser aplicado normalmente.
Heurísticas de Nielsen	Nesta categoria, algumas heurísticas podem ser aplicadas, como a visibilidade do sistema, consistência e padrão, design minimalista e ajuda, enquanto as outras podem não fazer sentido em uma interface sem a interação com o usuário.	As heurísticas podem ser aplicadas nessa categoria da mesma forma que são aplicadas em aplicações comuns dos dias de hoje.
Protótipos	Um protótipo nessa categoria seria capaz de demonstrar de maneira clara e simples para os usuários como a informação será exibida, uma vez que apenas a parte informativa do dispositivo terá contado com o usuário.	Protótipos de aplicações podem ser feitos de maneira simples com auxílio de ferramentas visuais, ou até mesmo protótipos de papel, para expressar as funcionalidades da interface de interação com dispositivos desta categoria.

Passo a Passo Cognitivo	Esse método pode ser útil para identificar erros nos dados exibidos, porém é pouco útil para esta categoria, visto que raramente alguma interação é feita com este tipo de dispositivo.	Um passo a passo neste tipo de dispositivo é uma forma útil de garantir que todas as funcionalidades da aplicação estão funcionando corretamente. Sendo útil para detectar possíveis fluxos esquecidos ou implementados de forma incorreta.
Pensando Alto	Nesta categoria não existe grande interação do usuário com o dispositivo, de forma que este método pode não ser muito útil no sentido de identificar as dificuldades do usuário de interagir com o dispositivo.	Esse tipo de teste é útil nesta categoria, para que possamos identificar como o usuário entende a aplicação, de forma a minimizar as dificuldades de um usuário comum, não encontradas pelos desenvolvedores.
Sessões Gravadas	Nesta categoria não existe grande interação do usuário com o dispositivo, de forma que este método pode não ser muito útil no sentido de identificar as dificuldades do usuário de interagir com o dispositivo.	Esse tipo de teste é útil nesta categoria, para que possamos identificar como o usuário entende a aplicação, de forma a minimizar as dificuldades de um usuário comum, não encontradas pelos desenvolvedores.
Ordenação de Cartas	Este método pode ser muito útil para identificar a forma como o usuário espera que as informações sejam organizadas na interface do dispositivo. Ajudando a melhorar a disposição da informação a ser exibida.	Com essa técnica é possível perceber as funcionalidades e informações que o usuário entende como relativas, de forma a se construir uma aplicação mais intuitiva para o usuário.
Rastreamento Ocular	Nesta categoria é muito útil se identificar os pontos de maior atenção para os usuários, de forma que se possa perceber como a informação deve estar distribuída na interface de modo a exibir o que é mais importante para o usuário nas áreas de maior atenção.	Nesta categoria é útil se identificar os pontos de maior atenção para os usuários, de forma que se possa perceber como as funcionalidades devem estar dispostas na aplicação.

Fonte: Pesquisa nas bases automáticas.

Quadro 4 – Pontos fortes e fracos dos métodos em relação às categorias 3 e 4 de IoT.

	Categoria 3 Interfaces Físicas	Categoria 4 Sensores
Testes de Usabilidade	Nesta categoria o teste de usabilidade pode ser utilizado de forma a focar na interação com a interface e extrair informações do usuário com as técnicas mais adequadas.	Nesta categoria o teste de usabilidade pode ser utilizado de forma a focar na interação com os sensores e entender a forma como os usuários interagem com o sistema.
Heurísticas de Nielsen	As heurísticas podem ser adaptadas para este tipo de dispositivos, como a visibilidade do sistema, através de botões e luzes. Enquanto outras devem receber uma atenção especial para facilitar o entendimento do usuário, como a ajuda e documentação e a correspondência com o mundo real.	É importante dar atenção a algumas das heurísticas, para que a interação do usuário seja mais clara com dispositivos desta categoria, como a visibilidade do sistema, através de luzes e até mesmo respostas sonoras, e a prevenção de erros, visto que o usuário normalmente vai interagir com os dispositivos a distância e pode não notar os erros que ocorrem e necessitam de atenção.
Protótipos	Este método se faz útil para entender melhor a ergonomia e design dos dispositivos desta categoria, visto que a parte física destes dispositivos é muito importante na interação.	Um protótipo para esta categoria pode resultar em algo muito custoso, porém importante para entender como a interação será feita da melhor maneira, podendo utilizar materiais mais baratos na concepção dos mesmos.
Passo a Passo Cognitivo	É importante que todas as funcionalidades possam ser garantidas em um dispositivo como este, visto que atualizações em interfaces físicas podem não ser viáveis.	Nesta categoria, é importante que as funcionalidades sejam revisadas, de forma a verificar se as informações são captadas de maneira correta e a interação é realizada da melhor forma.
Pensando Alto	Esse método é útil para identificar as dificuldades que o usuário pode ter para interagir com o dispositivo, visto que este tipo de interface não é tão comum, e a disposição dos componentes pode deixar o usuário confuso.	Esse método é importante para identificar como o usuário espera que ocorra a interação com este tipo de dispositivo. Visto que a interação com sensores é algo incomum nos dispositivos dos dias atuais.
Sessões Gravadas	Este método pode ser útil para identificar que tipo de dificuldade o	Dependendo da disposição dos sensores, este método pode se tornar complicado,

	usuário pode encontrar em utilizar um dispositivo através da interface física, sendo necessária a gravação externa ao dispositivo, para que possa ser observada a forma como o usuário manuseia o produto.	em relação a forma como a interação do usuário será gravada. O que pode depender também do tipo de sensor usado, para que se possa saber o tipo de informação a ser coletada.
Ordenação de Cartas	Este método pode ser útil para identificar a forma como as funcionalidades podem ser melhor agrupadas na interface do dispositivo, de acordo com a categorização dos usuários.	Este método pode ajudar a entender que tipo de informação deve ser captada pelo sistema e que tipo de sensores podem ser utilizados.
Rastreamento Ocular	Este método pode não ser útil nesta categoria, dependendo da forma como o usuário interage e tamanho do dispositivo, sendo difícil de rastrear a movimentação ocular do usuário.	Nesta categoria, a movimentação ocular do usuário podem não ser relevante para a forma como os sensores captam informação para interagir com o sistema.

Fonte: Pesquisa nas bases automáticas.

7. Conclusão

7.1. Considerações Finais

Através das pesquisas realizadas, foi possível identificar as técnicas de avaliação de usabilidade mais citadas e utilizadas atualmente na literatura. Além de categorizar os dispositivos de IoT de acordo com o modo de interação com o usuário. Desta forma foi possível também a elaboração de uma relação entre os métodos e as categorias, de forma a identificar a forma mais adequada de se utilizar cada método nas diferentes categorias.

Para atingir estes resultados foi realizada uma pesquisa sobre técnicas de avaliação de usabilidade, através de uma busca automática nas bases de dados da IEEEExplore, ACM Digital Library e Science Direct, que são algumas das principais bases de busca na área, utilizando os seguintes termos de busca: *Usability; Techniques; Methods.*

Além da busca automática, foi realizada também uma busca manual, em julho de 2017, para complementar os métodos encontrados, a busca resultou em outros artigos e sites referentes a usabilidade, como o NNGroup, dos pesquisadores Jakob Nielsen e Don Norman, referências na área de avaliação de usabilidade. Após obter os métodos de avaliação de usabilidade, foi feita outra busca manual para encontrar tipos de dispositivos da Internet das Coisas existentes atualmente, durante o período de abril a junho de 2017. Com base nos tipos encontrados, foram criadas as categorias e relacionadas aos métodos, de forma que cada método apresenta uma breve descrição de como pode ser utilizado nas diferentes categorias de dispositivos de IoT.

Algumas limitações foram encontradas na execução da pesquisa, como a falta de acesso a alguns artigos pagos, a não possibilidade de executar um estudo de caso com algum dispositivo de IoT, pela dificuldade e custos atribuídos à aquisição dos dispositivos necessários durante a execução do trabalho. Outra limitação foi a falta de artigos

específicos sobre usabilidade em dispositivos da Internet das Coisas, que mostra uma carência de estudos relacionados a essa área.

7.2. Trabalhos Futuros

Com as limitações encontradas possíveis trabalhos futuros foram identificados, como a realização de estudos de caso, utilizando diferentes categorias de dispositivos de IoT para a execução de diferentes técnicas de avaliação de usabilidade. Com a finalidade de validar as técnicas que se mostram mais adequadas para cada contexto em que os dispositivos podem ser aplicados, ou até mesmo a adaptação dos métodos para a criação de técnicas novas para o contexto da Internet das coisas.

Referências

- CHANG, J. et al. Development of a usability evaluation method using natural product-use motion. **Applied Ergonomics**, 60, April 2017. 171-182.
- CHOI, Y. M.; JINGTIAN, L. Usability evaluation of a new text input method for smart TVs. **Journal of Usability Studies**, p. 110-123, 2016.
- CHYNAŁ, P.; JANUSZ, S. **Statistical Verification of Remote Usability Testing Method**. Proceedings of the Multimedia, Interaction, Design and Innovation. New York: ACM. 2015. p. 7.
- CLARK, L. N. et al. Usability evaluation of an emergency department information system prototype designed using cognitive systems engineering techniques. **Applied Ergonomics**, 60, April 2017. 356-365.
- DECKER-MAURER, H. Method madness: a usability testing pilot research case study. **Communication Design Quarterly Review**, v. 13, n. 1, p. 14-18, March 2012.
- DO REIS, A. V.; GONÇALVES, B. D. S. Interfaces Tangíveis: Conceituação e Avaliação. **Estudos em Design**, p. 24, 2016.
- DORRINGTON, P. et al. User-centered design method for the design of assistive switch devices to improve user experience, accessibility, and independence. **Journal of Usability Studies**, p. 66-82, 2016.
- ELBERKAWI, E. K. et al. **Usability evaluation of web-based systems: A new method and results**. International Conference on Engineering & MIS. Agadir: IEEE. 2016. p. 1-5.
- FERNANDEZ, A.; ABRAHÃO, S.; INSFRAN, E. Empirical validation of a usability inspection method for model-driven Web development. **Journal of Systems and Software**, v. 86, n. 1, p. 161-186, 2013.
- GEORGSSON, M.; STAGGERS, N. An evaluation of patients' experienced usability of a diabetes mHealth system using a multi-method approach. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 59, p. 115-129, 2016.
- GIUSTO, D. et al. The Internet of Things. **Tyrrhenian Workshop on Digital Communications**, 2010. 442.
- GOH, K. N. et al. **A Comparison of Usability Testing Methods for an E-Commerce Website: A Case Study on a Malaysia Online Gift Shop**. International Conference on Information Technology: New Generations. Las Vegas: IEEE. 2013. p. 143-150.
- GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, p. 1645-1660, 2013.

HEUWING, B.; MANDL, T.; WOMSER-HACKER, C. **Evaluating a tool for the exploratory analysis of usability information using a cognitive walkthrough method.** Proceedings of the 5th Information Interaction in Context Symposium. New York: ACM. 2014. p. 243-246.

HINKS, J. 5 things you should know about Industry 4.0. **Tech Radar**, 2015. Disponível em: <<http://www.techradar.com/news/world-of-tech/future-tech/5-things-you-should-know-about-industry-4-0-1289534>>. Acesso em: 3 Agosto 2017.

HOM, J. The usability methods toolbox handbook, 23 September 2012. Disponível em: <<http://www.idemployee.id.tue.nl/gwmrauterberg/lecturenotes/UsabilityMethodsToolboxHandbook.pdf>>.

HUANG, P.-H.; CHIU, M.-C. Integrating user centered design, universal design and goal, operation, method and selection rules to improve the usability of DAISY player for persons with visual impairments. **Applied Ergonomics**, 52, 2016. 29-42.

I-SCOOP. IoT investments – outlook per industry and use case: update 2017-2021. **I-Scoop**, 19 Setembro 2017. Disponível em: <<https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/iot-investments-2017-2021/>>. Acesso em: 2 Agosto 2017.

ISO 9241-11:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability, 1998.

ISO/IEC 9126-1:2001. Software Engineering—Product Quality—Part 1: Quality model, June 2001.

JANAWAY, M. 7 UX challenges and opportunities facing IoT designers., 23 September 2016. Disponível em: <<http://www.geektime.com/2016/04/13/7-ux-challenges-and-opportunities-facing-iot-designers>>.

JIANG, J. J.; MUHANNA, A. W.; KLEIN, G. User resistance and strategies for promoting acceptance across system types. **Information & Management**, v. 37, n. 1, p. 25-36, Janeiro 2000.

JOYCE, G. **Adaption of usability evaluation methods for native smartphone applications.** International conference on Human-computer interaction with mobile devices & services. New York: ACM. 2014. p. 409-410.

MADNI, T. M. et al. **Usability evaluation of orientation techniques for medical image analysis using tabletop system.** International Conference on Computer and Information Sciences. Kuala Lumpur: IEEE. 2016. p. 477-482.

MAJID, E. S. A.; KAMARUDDIN, N.; MANSOR, Z. **Adaptation of usability principles in responsive web design technique for e-commerce developmen.** International Conference on Electrical Engineering and Informatics. Denpasar: IEEE. 2015. p. 726-729.

- MARTINS, A. I. et al. **Usability evaluation of ambient assisted living systems using a multi-method approach**. International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion. New York: ACM. 2016. p. 261-268.
- MCGINN, J. J.; ANA, C. R. RITE+Krug: a combination of usability test methods for agile design. **Jornal of Usability Studies**, p. 61-68, 2013.
- MICROSOFT CORPORATION. Usability in Software Design. **Developer Network**, 2000. Disponivel em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms997577.aspx>>. Acesso em: 7 Agosto 2017.
- MIORANDI, D. et al. Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad Hoc Networks**, p. 1497-1516, 2012.
- NIELSEN, J. Quantitative Studies: How Many Users to Test? **NN Group**, 16 January 2017. Disponivel em: <<https://www.nngroup.com/articles/quantitative-studies-how-many-users/>>.
- NIELSEN, J. Usability 101: Introduction to Usability. **NN Group**, 19 May 2017. Disponivel em: <<https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>>.
- NIELSEN, J. Usability Metrics. **NN Group**, 16 January 2017. Disponivel em: <<https://www.nngroup.com/articles/usability-metrics/>>.
- NIELSEN, J.; MOLICH, R. **Heuristic evaluation of user interfaces**. SIGCHI conference on Human factors in computing systems. [S.I.]: ACM. 1990. p. 249-256.
- PAZ, F.; POW-SANG, J. S. **Current Trends in Usability Evaluation Methods: A Systematic Review**. International Conference on Advanced Software Engineering and Its Applications. Haikou: IEEE. 2014. p. 11-15.
- PROTEUS, D. H. Proteus Digital Health. **Proteus Digital Health**, 2017. Disponivel em: <<http://www.proteus.com/>>. Acesso em: 3 Agosto 2017.
- RACHE, A.; LESPINET-NAJIB, V.; ANDRÉ, J. M. **Use of usability evaluation methods in France: The reality in professional practices**. International Conference on User Science and Engineering. Shah Alam: IEEE. 2014. p. 180-185.
- ROWLAND, C. et al. **Designing connected products: UX for the consumer Internet of Things**. [S.I.]: O'Reilly Media, Inc., 2015.
- SALVADOR, C.; NAKASONE, A.; POW-SANG, J. A. **A systematic review of usability techniques in agile methodologies**. Euro American Conference on Telematics and Information Systems. New York: ACM. 2014. p. 6.

- SEDLÁK, P. et al. **Usability evaluation methods for spatial information visualisation**: Case study: Evaluation of tourist maps. International Joint Conference on Software Technologies. Colmar: IEEE. 2015. p. 1-7.
- SHROUF, F.; ORDIERES, J.; MIRAGLIOTTA, G. **Smart factories in Industry 4.0**: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. Industrial Engineering and Engineering Management. [S.l.]: IEEE. 2014. p. 697-701.
- SOLANO, A.; COLLAZOS, C. A.; RUSU, C. **Study of collaborative usability evaluation methods in transactional web area**. Computing Colombian Conference. Pereira: IEEE. 2014. p. 7-13.
- SUNDRAMOORTHY, V. et al. **DEHEMS**: A user-driven domestic energy monitoring system. Internet of Things. [S.l.]: IEEE. 2010. p. 1-8.
- TIBBO. Sensor Networks. **AggreGate**, 2017. Disponível em: <<http://aggregate.tibbo.com/solutions/sensor-network.html>>. Acesso em: 3 Agosto 2017.
- TONBULOĞLU, İ. Using Eye Tracking Method and Video Record in Usability Test of Educational Softwares and Gender Effects. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 86, n. 1, 2013. 1288-1294.
- VAN ENGEN-VERHEUL, M. M. et al. Optimizing the user interface of a data entry module for an electronic patient record for cardiac rehabilitation: A mixed method usability approach. **International Journal of Medical Informatics**, v. 86, p. 15-26, 2016.
- VEPSÄLÄINEN, J. et al. **Personal Device as a Controller for Interactive Surfaces**: Usability and Utility of Different Connection Methods. International Conference on Interactive Tabletops & Surfaces. New York: ACM. 2015. p. 201-204.
- WALJI, M. F. et al. Are three methods better than one? A comparative assessment of usability evaluation methods in an EHR. **International Journal of Medical Informatics**, v. 83, n. 5, p. 361-367, 2014.
- WALL, S.; HEALY, F. **Usability testing of smarter heating controls**. Department for Energy and Climate Change. Amberlight. 2013.
- WIJESINGHE, N. et al. **Usability evaluation of Electronic Health Records using user integrated Heuristic Walkthrough method**. International Conference on Information and Digital Technologies. Rzeszow: IEEE. 2016. p. 305-310.

APÊNCICE A – Lista de artigos revisados

Artigo	Título
A1	SALVADOR, C.; NAKASONE, A.; POW-SANG, J. A. A systematic review of usability techniques in agile methodologies. Euro American Conference on Telematics and Information Systems. New York: ACM. 2014. p. 6.
A2	MCGINN, J. J.; ANA, C. R. RITE+Krug: a combination of usability test methods for agile design. Jornal of Usability Studies , p. 61-68, 2013.
A3	CHOI, Y. M.; JINGTIAN, L. Usability evaluation of a new text input method for smart TVs. Journal of Usability Studies , p. 110-123, 2016.
A4	CHYNAI, P.; JANUSZ, S. Statistical Verification of Remote Usability Testing Method. Proceedings of the Multimedia, Interaction, Design and Innovation. New York: ACM. 2015. p. 7.
A5	DECKER-MAURER, H. Method madness: a usability testing pilot research case study. Communication Design Quarterly Review , v. 13, n. 1, p. 14-18, March 2012.
A6	WIJESINGHE, N. et al. Usability evaluation of Electronic Health Records using user integrated Heuristic Walkthrough method. International Conference on Information and Digital Technologies. Rzeszow: IEEE. 2016. p. 305-310.
A7	HEUWING, B.; MANDL, T.; WOMSER-HACKER, C. Evaluating a tool for the exploratory analysis of usability information using a cognitive walkthrough method. Proceedings of the 5th Information Interaction in Context Symposium. New York: ACM. 2014. p. 243-246.
A8	MAJID, E. S. A.; KAMARUDDIN, N.; MANSOR, Z. Adaptation of usability principles in responsive web design technique for e-commerce developmen. International Conference on Electrical Engineering and Informatics. Denpasar: IEEE. 205. p. 726-729.
A9	VEPSÄLÄINEN, J. et al. Personal Device as a Controller for Interactive Surfaces: Usability and Utility of Different Connection Methods. International Conference on Interactive Tabletops & Surfaces. New York: ACM. 2015. p. 201-204.
A10	DORRINGTON, P. et al. User-centered design method for the design of assistive switch devices to improve user experience, accessibility, and independence. Journal of Usability Studies , p. 66-82, 2016.
A11	JOYCE, G. Adaption of usability evaluation methods for native smartphone applications. International conference on Human-computer interaction with mobile devices & services. New York: ACM. 2014. p. 409-410.
A12	MARTINS, A. I. et al. Usability evaluation of ambient assisted living systems using a multi-method approach. International Conference on Software Development and

	Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion. New York: ACM. 2016. p. 261-268.
A13	CLARK, L. N. et al. Usability evaluation of an emergency department information system prototype designed using cognitive systems engineering techniques. Applied Ergonomics , 60, April 2017. 356-365.
A14	CHANG, J. et al. Development of a usability evaluation method using natural product-use motion. Applied Ergonomics , 60, April 2017. 171-182.
A15	VAN ENGEN-VERHEUL, M. M. et al. Optimizing the user interface of a data entry module for an electronic patient record for cardiac rehabilitation: A mixed method usability approach. International Journal of Medical Informatics , v. 86, p. 15-26, 2016.
A16	GEORGSSON, M.; STAGGERS, N. An evaluation of patients' experienced usability of a diabetes mHealth system using a multi-method approach. Journal of Biomedical Informatics , v. 59, p. 115-129, 2016.
A17	HUANG, P.-H.; CHIU, M.-C. Integrating user centered design, universal design and goal, operation, method and selection rules to improve the usability of DAISY player for persons with visual impairments. Applied Ergonomics , 52, 2016. 29-42.
A18	WALJI, M. F. et al. Are three methods better than one? A comparative assessment of usability evaluation methods in an EHR. International Journal of Medical Informatics , v. 83, n. 5, p. 361-367, 2014.
A19	TONBULOĞLU, İ. Using Eye Tracking Method and Video Record in Usability Test of Educational Softwares and Gender Effects. Procedia - Social and Behavioral Sciences , 86, n. 1, 2013. 1288-1294.
A20	FERNANDEZ, A.; ABRAHÃO, S.; INSFRAN, E. Empirical validation of a usability inspection method for model-driven Web development. Journal of Systems and Software , v. 86, n. 1, p. 161-186, 2013.
A21	MADNI, T. M. et al. Usability evaluation of orientation techniques for medical image analysis using tabletop system . International Conference on Computer and Information Sciences. Kuala Lumpur: IEEE. 2016. p. 477-482.
A22	SEDLÁK, P. et al. Usability evaluation methods for spatial information visualisation: Case study: Evaluation of tourist maps . International Joint Conference on Software Technologies. Colmar: IEEE. 2015. p. 1-7.
A23	ELBERKAWI, E. K. et al. Usability evaluation of web-based systems: A new method and results . International Conference on Engineering & MIS. Agadir: IEEE. 2016. p. 1-5.
A24	RACHE, A.; LESPINET-NAJIB, V.; ANDRÉ, J. M. Use of usability evaluation methods in France: The reality in professional practices . International Conference on User Science and Engineering. Shah Alam: IEEE. 2014. p. 180-185.

A25	PAZ, F.; POW-SANG, J. S. Current Trends in Usability Evaluation Methods: A Systematic Review . International Conference on Advanced Software Engineering and Its Applications. Haikou: IEEE. 2014. p. 11-15.
A26	GOH, K. N. et al. A Comparison of Usability Testing Methods for an E-Commerce Website: A Case Study on a Malaysia Online Gift Shop . International Conference on Information Technology: New Generations. Las Vegas: IEEE. 2013. p. 143-150.
A27	SOLANO, A.; COLLAZOS, C. A.; RUSU, C. Study of collaborative usability evaluation methods in transactional web area . Computing Colombian Conference. Pereira: IEEE. 2014. p. 7-13.

Fonte: Pesquisa nas bases automáticas.