

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**UM MODELO DE INTERAÇÃO PARA
A PROGRAMAÇÃO DE DISPOSITIVOS POR
CRIANÇAS NA ERA DA INTERNET DAS COISAS**

BENEDITO RIBEIRO DA SILVA NETO

ORIENTADORA: PROF.^a. DR.^a. VÂNIA PAULA DE ALMEIDA NERIS

São Carlos - SP
Dezembro/2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**UM MODELO DE INTERAÇÃO PARA
A PROGRAMAÇÃO DE DISPOSITIVOS POR
CRIANÇAS NA ERA DA INTERNET DAS COISAS**

BENEDITO RIBEIRO DA SILVA NETO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração: Interação Humano-Computador.
Orientadora: Dr^a. Vania Paula de Almeida Neris

São Carlos - SP
Dezembro/2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

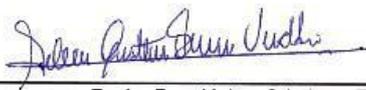
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Benedito Ribeiro da Silva Neto, realizada em 20/12/2018:



Profa. Dra. Vânia Paula de Almeida Neris
UFSCar



Profa. Dra. Kelen Cristiane Teixeira Vivaldini
UFSCar

Profa. Dra. Taciana Pontual da Rocha Falcão
UFPE

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Taciana Pontual da Rocha Falcão e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.

Dn

Para Nicolas e Lia.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelas oportunidades que tem colocado em meu caminho.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe Ana Maria, que com muito amor e dedicação nunca mediu esforços pela minha educação e a minha esposa Ana Cláudia, por todo carinho, companheirismo e compreensão, essenciais para enfrentar este desafio.

Agradeço a todos os professores do PPGCC, em especial minha orientadora Profa. Dra. Vânia Paula de Almeida Neris pela confiança, paciência, dedicação e conhecimento compartilhando, sem os quais não seria possível concluir este trabalho.

Agradeço também a todos meus colegas do LIFES e do PPGCC, com os quais compartilhei momentos de muito estudo e descontração durante este período.

RESUMO

A Internet das Coisas permitiu a criação de um conjunto de sistemas computacionais embutidos em objetos cotidianos, como roupas, brinquedos e eletrodomésticos. Alguns desses sistemas não são apenas para uso, mas oferecem possibilidades de personalização através de programação. No entanto, especialmente para públicos específicos, como crianças pequenas (4 a 6 anos), esse universo de interações diferenciadas, no qual diferentes dispositivos inteligentes com especificações particulares coexistem, pode exigir maior esforço cognitivo, dificultando o uso de funcionalidades de programação. Neste cenário, este trabalho apresenta um modelo de interação para orientar a oferta de programação para crianças em dispositivos físicos. Para a construção deste modelo, especificado e representado na Escada Semiótica de Stamper, foram realizados um levantamento do estado da arte sobre a programação de dispositivos físicos por crianças na primeira infância e um estudo de caso utilizando técnicas de Design Participativo com a participação de crianças entre 4 e 6 anos de idade. Um estudo de viabilidade realizado por meio de um protótipo de ambiente de programação em papel, indicou que crianças podem controlar dispositivos a partir de ambientes de programação construídos seguindo o modelo especificado.

Palavras-chave: Interação Humano-Computador, Modelo de Interação, Interface de Usuário, Internet das Coisas, crianças, primeira infância, programação, *End-User-Development*.

ABSTRACT

The Internet of Things allowed the creation of a set of computer systems embedded in everyday objects such as clothes, toys and home appliances. Some of these systems are not just for use but offer possibilities for customization through programming. However, especially for specific audiences, such as small children (4 to 6 years), this universe of differentiated interactions, in which different intelligent devices with particular specifications coexist, may require greater cognitive effort, making it difficult to use programming functionalities. In this scenario, this work presents an interaction model to guide the provision of programming devices for children. For the construction of this model, specified and represented in the Stamper's Semiotic Ladder, a state-of-the-art survey was performed on the programming of physical devices by infants in early childhood and a case study using Participatory Design techniques with the participation of children between 4 and 6 years old. A feasibility study conducted with a paper-based prototype indicated that children can control devices from programming environments built following the model.

Keywords: *Human-Computer Interaction, Interaction Model, User Interface, Internet of things, children, early childhood, Programming, End-User-Development*

LISTA DE FIGURAS

Figura 2: Sphero Mini, exemplo de smart device voltado para o público infantil	22
Figura 3 - Conjunto de peças <i>littlebits</i> para o ensino de conceitos de IOT.....	23
Figura 4 - Cubos interativos da ferramenta ConnectUS	24
Figura 5 - Instrumento mediando a interação entre usuário e objeto de domínio.....	29
Figura 6 - Notação do Diagrama de interação da linguagem MoLIC.....	30
Figura 7 - Exemplo diagrama CTDM.....	31
Figura 8 - Os quatro papéis que as crianças podem ter no design de novas tecnologias	35
Figura 9 - Sessão de Design utilizando o <i>Cooperative Inquiry</i> com crianças	36
Figura 10 - Escada Semiótica Aplicada a Sistemas Interativos.....	38
Figura 11 - Interfaces gráfica e tangível da ferramenta CHERP	54
Figura 12 - Robô móvel controlado a partir da plataforma UNC++Duino	56
Figura 13 - Dispositivo Robótico TITIBOTS e Ambiente de Programação	58
Figura 14 - Protótipos de Dispositivos Programáveis utilizados	62
Figura 15 - Atividade “O Mestre Mandou”, contribuiu para a consolidação de conceitos de controle e programação.....	65
Figura 16 - Grupo G1 durante atividade Controlando o Dispositivo	67
Figura 17 - Atividade Desenhando a Interação	69
Figura 18 - Dificuldades Apresentadas na confecção dos desenhos	71
Figura 19 - Representação da Participação de Adultos no uso do ambiente de Programação.....	72
Figura 20 - Representação dos Dispositivos Programáveis	74
Figura 21 - Representação do Uso de Botões como elemento de interface	76
Figura 22 - Desenhos confeccionados pelas Cuidadoras	78
Figura 23 - Desenhos representaram funções a serem programadas em módulos..	83
Figura 24. Alteração do ícone de upload após PC e Teste de Usabilidade com usuários (antes e depois).....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Golfos e etapas do Modelo de Norman	27
Tabela 2 - Exemplo de uso do Modelo de Norman	28
Tabela 12 - Transcrição de Diálogo Pesquisador/Participante	69
Tabela 13 - Transcrição de Diálogo Pesquisador/Participante	70
Tabela 14. Transcrição Diálogo Pesquisador/Participante	72
Tabela 15 - Transcrição diálogo pesquisador/participante - Representação gráfica do dispositivo programável.....	74
Tabela 16 – Transcrições onde os participantes indicam o uso de botões na interface de programação	76
Tabela 17. Representação do Modelo de Interação.....	80
Tabela 18 - Transcrição de Diálogo Pesquisador/Participante - Uso de texto na Interface	84
Tabela 19. Descrição do Cenário de Uso.....	88
Tabela 20. Recomendações do MI contempladas no protótipo.....	89
Tabela 21. Descrição do Percurso Cognitivo	92
Tabela 22 - Resultados do Percurso Cognitivo realizado pelo analista (autor)	93
Tabela 23 - Resultados dos Testes Realizados com as Crianças.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACM** - *Association for Computing Machinery*
- ADI** - Auxiliar de Desenvolvimento Infantil
- CHERP** - *Creative Hybrid Environment for Robotic Programming*
- CTDM** - *Comprehensive Task and Dialog Modelling*
- CTT** - *Concur Task Trees*
- DP** - Design Participativo
- ES** - Escada Semiótica
- FBI** - *Federal Bureau of Investigation*
- GPS** - *Global Positioning System*
- IHC** - Interação Humano Computador
- IOT** - *Internet of Things*
- IEEE** - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
- MI** - Modelo de Interação
- NCC** - *Norwegian Computing Centre*
- PC** - Percurso Cognitivo
- RFID** - *Radio Frequency Identification*
- SO** - Semiótica Organizacional
- TAG** - *Task-Action Grammar*
- UAN** - *User Action Notation*
- WIMP** - *Windows, Icons, Menus, Pointer*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1.1 Contexto, Motivação e Problemática	13
1.2 Objetivos e Metodologia da Pesquisa	16
1.3 Organização do Trabalho	17
CONCEITOS FUNDAMENTAIS E REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	19
2.1 A Internet das Coisas	19
2.1.1 Internet das Coisas e Crianças	22
2.1.2 Controladores Universais para IOT	24
2.1.3 Reflexões sobre IOT	25
2.2 Modelos de Interação.....	26
2.2.1 Considerações Finais desta seção	31
2.3 Design Participativo	32
2.3.1 Design Participativo e Crianças	34
2.3.2 Reflexões sobre DP	37
2.4 Semiótica Organizacional	37
PROGRAMAÇÃO DE DISPOSITIVOS FÍSICOS POR CRIANÇAS	41
3.5 O que é programar?	41
3.6 Trabalhos Relacionados	43
3.7 Metodologia.....	45
3.7.1 Seleção das Bases de Dados	47
3.7.2 Seleção dos Critérios de Inclusão e Exclusão	47
3.7.3 Seleção das Questões Norteadoras da Revisão Sistemática	47
3.7.4 <i>String</i> de Busca Padrão e Quantidade de Trabalhos Retornados.....	48
3.8 Resultados	49
3.8.1 Dados Obtidos a Partir das Questões Norteadoras	53
3.9 Limitações e Conclusões	58
ESTUDO DE CASO	60

4.1	Participantes	60
4.2	Protótipos Programáveis.....	61
4.3	Descrição das Atividades.....	62
4.3.1	Dinâmica de Grupo 1 - O Mestre Mandou	64
4.3.2	Dinâmica de Grupo 2 - Controlando o Dispositivo	66
4.3.3	Dinâmica de Grupo 3 - Desenhando a Interação	68
4.4	Análise dos Dados Coletados	71
4.4.1.	Participação de Adultos	71
4.4.2	Representação Gráfica dos Dispositivos Programáveis e Suas Funções...73	
4.4.3	O uso de Botões Para Controle dos Dispositivos.....	76
4.5	Reflexões sobre o Estudo de Caso.....	77
REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE INTERAÇÃO.....		80
5.1	Meio Físico.....	82
5.2	Empírica.....	82
5.3	Sintática	83
5.4	Semântica	84
5.5.	Pragmática	85
5.6	Mundo Social	85
5.7	Considerações Sobre o MI	86
AVALIAÇÃO DO MODELO DE INTERAÇÃO.....		87
6.1	Solução de Design	88
6.1.1	Cenário de Uso	88
6.1.2	Confecção do Protótipo.....	89
6.2	Avaliação do Protótipo	91
6.2.1	Percurso Cognitivo.....	91
6.2.2	Executando a Avaliação: PC.....	92
6.2.3	Executando a Avaliação: Testes Com Os Usuários.....	94
6.3	Análise dos Resultados.....	96
CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....		98
7.1	Limitações do Trabalho.....	98
7.2	Trabalhos Futuros.....	99
7.3	Considerações Finais.....	99

TELAS DO PROTÓTIPO	112
DESENHOS CONFECCIONADOS NO ESTUDO DE CASO	114

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto, Motivação e Problemática

Em um mundo marcado pela presença crescente das tecnologias de informação e comunicação, são cada vez mais comuns as influências e o uso dessas no cotidiano de crianças na primeira infância¹. Uma pesquisa realizada pela *AVG Technologies* (2014), com famílias de todo o mundo, mostrou que 66% das crianças entre 3 e 5 anos de idade conseguia usar jogos de computador, 47% sabia usar um *smartphone*, mas apenas 14% era capaz de amarrar os sapatos sozinha (SANTOS, 2015).

As crianças recebem a tecnologia como parte de sua vida e rapidamente aprendem a usá-la. Bebês começam a experimentá-la assim que a percebem sendo utilizada ao seu redor, na manipulação de brinquedos que imitam as coisas reais utilizadas pelos adultos. À medida que crescem são capazes de, em casa, programar uma máquina de lavar, a televisão, o forno de microondas; ou na rua, apertar um botão para fechar o sinal e atravessar uma via, ou quando visitam um aeroporto e são introduzidas a telas digitais e placas eletrônicas de chegada e partida (KENNINGTON, 2011).

¹ 0 a 6 anos de idade FMCSV (2013)

Segundo o Eriksson Institute (2016), 86% dos pais com crianças abaixo de 6 (seis) anos estavam satisfeitos em como essas usam a tecnologia, relacionando esse uso com o desenvolvimento e a alfabetização das crianças. Em contrapartida, esse mesmo estudo indicou que 72% dos pais têm preocupações sobre o uso da tecnologia por crianças pequenas, especificamente sobre o tempo em frente às telas, o possível contato com conteúdo inapropriado e como o uso de *gadgets*² pode substituir atividades ao ar livre.

A partir desse cenário, surge uma série de dúvidas, como: “A partir de que idade e de que forma o uso do computador deve ser introduzido?” ou, “O uso de *gadgets* por crianças é benéfico ou atrapalha o seu desenvolvimento?”. Diferentes trabalhos buscam respostas a essas perguntas propondo abordagens variadas (Straker, Howie, 2017; Radesky, Schumacher, Zuckerman, 2017) em comum, há consenso ao concordarem sobre a inevitabilidade da atuação de recursos tecnológicos no cotidiano das crianças, desde o nascimento, mesmo que de forma indireta. O crescimento da pervasividade e onipresença da computação, com o advento de novos paradigmas, como a Internet das Coisas (IOT)³, computação móvel, computação vestível e realidade aumentada intensifica essa influência (RODRIGUES, 2009).

Especificamente sobre a IOT, destaca-se o seu crescimento no mercado, que apenas no Brasil, movimentou US\$ 1,35 bilhão no ano passado, e há uma projeção de progresso significativo nos próximos 5 anos, que deve alcançar receitas de US\$ 3,29 bilhões. Essa estimativa de faturamento se refere a *hardware* (módulo de conectividade e outros componentes), *software* e serviços diretamente ligados a soluções IOT (IDGNOW, 2017).

Segundo Lydil (2015), as inovações trazidas pela IOT tem se voltado cada vez mais para o desenvolvimento de produtos e serviços específicos, que beneficiam públicos distintos. No que se refere às crianças, são três os mercados que se destacam tanto em crescimento, como em benefícios para o bem-estar deste público: segurança, educação e entretenimento (BOECKL, 2015).

Tratando da progressão da IOT, que influencia no crescimento da onipresença da computação em nosso cotidiano, Burnett-Kulesza (2015) propõe a seguinte

² Um pequeno dispositivo ou máquina com propósito específico Amaral (2009)

³ Abreviatura para *Internet of Things*. (trad. livre)

questão: “Como podemos habilitar os usuários comuns para personalizar, controlar e “consertar” aplicações da IOT, que estão tentando ajudá-los, e fazê-lo de maneiras que permitem que os sistemas sejam inclusivos tanto para homens quanto para mulheres?”. Indo além da questão do gênero, podemos repetir a mesma pergunta, aplicando-a a uma variedade de outros perfis de *end-users*⁴, como por exemplo, ao de crianças na primeira infância: “Como podemos habilitar crianças pequenas, para que elas sejam e se sintam capazes de personalizar e controlar aplicações IOT?”

Além da especificidade de cada perfil de usuário, um importante ponto a se considerar é que junto com os *smart devices*⁵ e os novos padrões que surgem dentro do contexto de IOT, manifesta-se todo um universo de interações diferenciadas. Essas interações diferenciadas muitas vezes refletirão em curvas de aprendizado, mais ou menos complexas, e que requerem todo um cuidado especial em termos de usabilidade (ALBUQUERQUE, 2017).

O fato de não termos padrões de interação consolidados dentro do cenário da IOT, faz com que cada dispositivo possa reagir um tipo de comando próprio e ter uma área de entrada particular, mesmo quando temos vários produtos integrados (ALBUQUERQUE, 2017). Portanto, uma mesma aplicação pode funcionar de formas diversas em diferentes dispositivos, ainda não existindo um controlador geral ou um padrão entre os comandos de diferentes equipamentos, mesmo eles estando conectados entre si.

Dessa forma, considerando o uso de um ambiente por uma criança pequena, no qual coexistem diferentes dispositivos inteligentes, com especificações particulares, para o envio e recebimento de informação e configurações, é pertinente pensar na construção de um modelo de interação (MI). Segundo Beaudouin-Lafon (2000), um MI consiste em um conjunto de princípios, regras e propriedades que orientam o design de interfaces. Ambientes de programação baseados em um MI, facilitarão o controle, personalização e configuração pelos usuários, considerando características próprias desse público, como a dificuldade de abstração, representação, comunicação e noções de espaço/tempo (PIAGET, 1971).

⁴ Usuários finais (trad. Livre)

⁵ Dispositivo eletrônico, geralmente conectado a outros dispositivos através de diferentes protocolos sem fio. Poslad (2009)

1.2 Objetivos e Metodologia da Pesquisa

Considerando a necessidade de facilitar a interação de crianças com dispositivos IOT na primeira infância, este projeto de mestrado possui como objetivo principal especificar um MI que apresente um conjunto de recomendações a serem utilizadas por designers. O MI tem a proposta de auxiliar na construção de interfaces que permitam ao público infantil a programação de dispositivos inseridos no contexto da IOT. Além disso este projeto busca:

- Investigar como se dão os processos de programação de dispositivos físicos, considerando o perfil de crianças pequenas como *end-users* e averiguando a participação de adultos neste processo como possíveis intermediadores;
- Avaliar o MI especificado, com a participação dos potenciais usuários, através da instanciação de um protótipo de ambiente de programação que considere as recomendações elencadas no MI;

O ponto de partida desta pesquisa foi a realização de um levantamento bibliográfico, a fim de identificar o estado da arte no que se refere às Linguagens e Ferramentas para a Programação de dispositivos por crianças na primeira infância. Com este objetivo foi realizada uma Revisão sistemática (RS), um tipo de investigação focada em uma questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis (GALVÃO; PEREIRA 2014).

Além de buscar a identificação de modelos de interação dentro do contexto deste trabalho, esta revisão buscou identificar os seguintes aspectos:

- Plataformas utilizadas;
- Paradigmas e Tipos de Linguagem;
- Intervenção de adultos no processo de utilização das ferramentas;
- Dispositivos que foram programados;
- Referencial teórico considerado para o *design* da ferramenta.

Além das referências encontradas na literatura, definiu-se como parte da metodologia para o desenvolvimento do MI o uso do Design Participativo (DP). De acordo com Melo *et al.* (2008), considerando as abordagens que envolvem maior envolvimento de crianças no processo de design, tem destaque o uso de adaptações de técnicas do DP. Esse cenário foi confirmado em alguns dos trabalhos selecionados

na revisão bibliográfica, os quais mostraram a participação de crianças no processo de design, utilizando técnicas de DP.

Para Melo *et al.* (2008), o DP auxilia o designer a investigar e a entender melhor a relação da criança com a tecnologia que é desenvolvida para o seu uso, a partir da colaboração da própria criança. Neste trabalho, a aplicação de técnicas de DP com a participação de crianças entre 4 e 6 anos de idade em um estudo de caso foi realizada e contribuiu para a construção do MI.

O MI, formado pelo conjunto de recomendações identificadas com o apoio da revisão sistemática e do estudo de caso, foi representado utilizando a Escada Semiótica (ES) de Stamper, um artefato da Semiótica Organizacional (SO). Segundo Neris *et al.* (2010), a escada, composta por seis degraus, abrange os aspectos necessários para a eliciação de todo o ciclo de requisitos de um sistema de comunicação. O uso da ES permitiu que fossem descritos em cada camada da escada, diferentes aspectos de como deve ocorrer a interação entre os atores e dispositivos computacionais envolvidos.

Após a representação do MI, um estudo de viabilidade foi realizado. Para tanto, foi confeccionado um protótipo em papel de um ambiente de programação e utilizado um método de inspeção, o Percurso Cognitivo (PC), que busca avaliar a facilidade de aprendizado (WHARTON *et al.*, 1994). Para Barbosa e Silva (2010), métodos de inspeção permitem ao avaliador explorar as tarefas dos usuários, com um determinado perfil, para identificar possíveis problemas que eles possam encontrar ao interagirem com o sistema e os métodos de interação que o sistema oferece para ajudá-los a eliminar as barreiras. A facilidade de aprendizado, foco do PC, refere-se ao tempo e esforço necessários para que o usuário aprenda a utilizar o sistema com determinado nível de competência e desempenho (Barbosa e Silva, 2010). Além do PC, testes de usabilidade foram realizados com usuários.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está estruturado em sete capítulos:

- O Capítulo 2 apresenta conceitos fundamentais e o referencial teórico metodológico, iniciando com exposição sobre a IOT e a pesquisa que

envolve a relação desse paradigma com o público infantil. Neste capítulo também são abordados conceitos de DP com exemplos de alguns de seus métodos adaptados às crianças, além de referencial teórico sobre MI e SO.

- O Capítulo 3 apresenta um levantamento bibliográfico sobre a programação de dispositivos por crianças de 0 a 6 anos, aspectos como plataformas utilizadas, paradigmas computacionais e tipos de linguagem, intervenção de adultos no processo de utilização de ferramentas e dispositivos que foram programados e considerados na pesquisa.
- O capítulo 4 descreve o Estudo de Caso que utilizou técnicas de DP e teve o envolvimento de 4 adultos e 30 crianças entre 4 e 6 anos de idade.
- O capítulo 5 apresenta o MI com o seu conjunto de características representadas na ES de Stamper.
- O capítulo 6 descreve o estudo de viabilidade com a construção de um protótipo em papel de um ambiente de programação que considerou as recomendações do MI e sua aplicação com o PC.
- No Capítulo 7 é apresentada uma síntese das contribuições, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS E REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Neste capítulo, são apresentados conceitos fundamentais e referenciais teórico-metodológicos que nortearam o desenvolvimento desta proposta.

No primeiro tópico é feita a exposição de conceitos sobre a IOT, que é o ponto de partida para a contextualização do projeto. Considerando que a formalização de um MI dentro do contexto de programação de dispositivos por crianças é a principal contribuição a ser desenvolvida, fundamentos sobre essa temática são abordados.

O Design Participativo, metodologia a ser adotada para a estruturação do referido modelo e a Semiótica Organizacional, área da qual deriva a Escada Semiótica de Stamper, artefato utilizado para a formalização do Modelo de Interação, também são apresentados.

2.1 A Internet das Coisas

Um termostado inteligente que com base nas escolhas do usuário, sabe qual temperatura a casa deve estar pela manhã, durante o dia e a noite. Uma pulseira que registra os movimentos do usuário e é capaz de fazer avaliações sobre atividades físicas, enviar lembretes e ideias de exercícios. Uma mesa que aprende o comportamento do usuário e, ao longo do dia, se movimenta para tirar o trabalhador

da mesma posição. Uma fechadura inteligente, que transforma seu *smartphone* em uma chave para abrir a porta, que tranca a porta automaticamente e manda alertas quando essa é destrancada. Esses são apenas alguns dos produtos que demonstram o potencial da IOT e comprovam como ela já está acontecendo (NUNES, 2014).

É atribuído ao pesquisador britânico Kevin Ashton (2009) o primeiro uso do termo IOT. O termo se refere a processos que envolvam objetos conectados em rede, que enviam e coletam dados mutuamente, através do uso de sensores, produzindo e/ou processando informação de forma autônoma. Essa rede de objetos pode se referir a um sistema restrito em local específico até a um conjunto de sistemas de alcance global.

Satcher (2017) define IOT como uma rede de sensores e atuadores que é usada para medir respostas do ambiente e reagir a esses estímulos. Essas reações podem variar do envio de mensagens sobre dados do ambiente (temperatura, som e/ou interação do usuário), até o envio de mensagens sobre o estado dos próprios sensores. Essa interação para detectar o ambiente e atuar sobre os estímulos cria um ambiente ubíquo onde a tecnologia não é perceptível.

A IEEE Internet Initiative (2015) caracteriza a IOT como um domínio de aplicação, que integra diferentes campos, em diferentes níveis e cobrindo muitas áreas, como por exemplo, aspectos sociais, que estão relacionados dentre outras características a aceitação dos usuários e a democratização e controle de infraestrutura pelos usuários, tópicos aos quais esta pesquisa está relacionada.

Apesar de não terem utilizado o termo IOT, trabalhos anteriores apresentam ideias semelhantes, como em Weiser (1991), que denomina como computação ubíqua a onipresença dos computadores e a característica destes estarem presentes nos objetos que nos cercam. Outro exemplo é o trabalho de Venkatesh e Davis (1996), que previa o surgimento de uma computação também presente fora dos ambientes de trabalho, citando como possibilidade futura o surgimento de casas inteligentes, onde tarefas domésticas seriam realizadas automaticamente.

Atualmente, existe uma multiplicidade de termos que se referem a ideia de objetos em rede, conectados e trocando informações, como *smart objects*, *smart grid* e *cloud computing*, dentre outros que surgem acompanhando o lançamento de *gadgets* pela indústria, como *ambient intelligence*, *calm computing*, *ubicomp*, e *pervasive computing* (SINGER, 2012).

Ao longo da última década, o surgimento de uma gama de plataformas pôde ajudar pesquisadores e hobistas a prototipar novos conceitos no domínio da computação ubíqua. Tais plataformas, incluindo *Arduino* e *Raspberry Pi*, reduzem a barreira para a entrada na construção de dispositivos eletrônicos personalizados e facilitam a criação de protótipos *plug-and-play*. Eles também trazem ferramentas de *software* sofisticadas e abstrações comuns do desenvolvimento de *software* para *desktops*, para o universo dos embarcados, permitindo que *end-users* criem dispositivos com comportamentos complexos de forma rápida e fácil (Hodges *et al.* 2012).

A *International Communication Union* (2013), apresenta em seu relatório sobre padrões de comunicação para IOT as tecnologias que possibilitam a construção de soluções nessa área. Essas tecnologias são:

- RFID⁶, para identificação de dispositivos;
- a tecnologia dos sensores para a captura de dados dos ambientes, usuários e outros dispositivos;
- tecnologias inteligentes para fazerem as coisas “pensarem”;
- nanotecnologia para diminuir os dispositivos.

Com base na revisão de uma variedade de arquiteturas de IOT sugeridas por projetos acadêmicos e comerciais, em seu documento *Towards a definition of the Internet of Things a IEEE, (2015)* definiu os componentes arquitetônicos mínimos que um sistema deve possuir, sendo esses inseridos em alguma das categorias abaixo:

- Sensores/atuadores;
- Unidades de processamento;
- Unidades de armazenamento;
- Unidades de comunicação.

Em Casagras (2009), o cenário de um ambiente IOT é definido por uma entidade usuário que precisa interagir com uma entidade física. Portanto, entidade física e usuário são as duas participantes chaves da IOT, além dos dispositivos que

⁶ *Radio-Frequency IDentification*

são utilizados para prover a associação entre o usuário e a entidade física, que podem ser identificadores, leitores, atuadores e sensores.

2.1.1 Internet das Coisas e Crianças

O mercado produz e lança uma série de produtos que entram no *hall* da IOT tendo como foco as crianças. Um exemplo é o relógio FILIP voltado para crianças de 4 a 11 anos. Esse relógio permite que pais liguem e mandem mensagens para os filhos, vejam onde eles estão, estabeleçam zonas de segurança e acessem medidas de emergência (FURIA, 2014).

O FILIP é um exemplo de *gadget* que apresenta uma característica comum em relação a outros produtos IOT voltados para o público infantil. O controle dos dispositivos pelas crianças em geral não é considerado, sendo essas apenas influenciadas pelo funcionamento das soluções. Portanto, os produtos que utilizam tecnologias de IOT, tendo como foco o público infantil, são na verdade produtos para os pais e responsáveis que controlam e configuram o seu funcionamento. Exceções a essa regra são *gadgets* que possuem tecnologias associadas à IOT e têm um caráter educativo, como por exemplo o Sphero (Figura 2).

O Sphero é um brinquedo dotado de uma série de sensores que permitem determinar sua localização relativa, rumo, velocidade, temperatura e aceleração vertical, além de possuir um alto-falante que pode gerar sons com base em certas ações (IOANNOU; BRATITSIS, 2017).

Figura 1: Sphero Mini, exemplo de smart device voltado para o público infantil



Fonte: Ioannou; Bratitsis (2017)

Slavin (2015), ressalta que ao mesmo tempo que dispositivos interconectados trazem uma série de benefícios para crianças, é crescente a preocupação para que

as mesmas estejam protegidas de possíveis vulnerabilidades. Segundo Furia (2014), o crescimento do número de iniciativas acadêmicas, que buscam informar e orientar as futuras gerações em relação a IOT, é um reflexo dessas preocupações.

Um exemplo de iniciativa acadêmica relacionada à preocupação em formar crianças no que se refere a IOT, é o projeto *littlebits*⁷, que tem como objetivo iniciar as crianças nesse universo, consistindo em uma série de kits coloridos com peças magnéticas eletrônicas que permitem a criação de relógios, carros e brinquedos (Figura 3).

Figura 2 - Conjunto de peças *littlebits* para o ensino de conceitos de IOT



Fonte: Furia (2014)

Outro trabalho que se preocupa com a formação de crianças para o uso da IOT é o de Gennari *et al.*, (2017), ao propor a inserção do *design* de dispositivos IOT para alunos de ensino fundamental e seus professores. Nesse artigo *Workshops* são propostos, em que as crianças, em conjunto com professores, constroem protótipos de papel, utilizando Cartões *Tiles*⁸ e progressivamente são introduzidos a programação dos dispositivos pensados pelos próprios alunos.

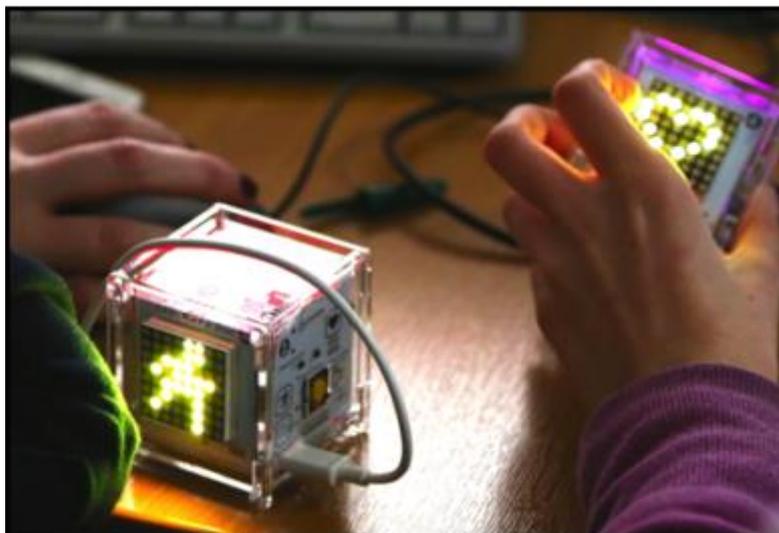
Como ratificado pela revisão sistemática a ser apresentada no próximo capítulo, dentre as iniciativas de introdução da IOT para crianças, poucas são voltadas para aquelas na primeira infância. Uma exceção é o projeto *ConnectUS*, um kit de

⁷ <https://littlebits.cc/>

⁸ Conjunto de cartas com descrições simples de componentes para o *design* colaborativo de dispositivos IOT.

ferramentas para introduzir crianças pequenas a IOT, consistindo em um conjunto de cubos interativos dotados de sensores (LECHELT *et al.*, 2016). O uso da ferramenta *ConnectUS* busca ensinar conceitos avançados de IOT, para crianças de até 6 anos de idade, sem experiência com programação ou protocolos de comunicação (Figura 4).

Figura 3 - Cubos interativos da ferramenta ConnectUS



Fonte: Lechelt *et al.* (2016)

No próximo tópico apresentamos alguns exemplos de trabalhos que propõem ambientes de programação para dispositivos IOT. Os ambientes apresentados são denominados como controladores universais por terem como característica principal a possibilidade de oferecer uma interface única de configuração para dispositivos com diferentes funções.

2.1.2 Controladores Universais para IOT

Duas características comuns aos controladores universais apresentados neste tópico é o fato de serem voltados para públicos específicos e a circunstância de considerarem que os dispositivos a serem controlados estão inseridos em um ambiente doméstico. Entretanto na busca por trabalhos relacionados, não foram identificadas soluções que tenham como foco o público infantil, ou que utilizem um modelo que defina aspectos a serem contemplados nos ambientes de programação/configuração relacionados a esses dispositivos. O controle de

dispositivos via comandos de voz, aplicações para dispositivos móveis e gestos, são os tipos de interação mais comuns encontrados.

Um exemplo de controlador universal é o desenvolvido por Porter et al. (2013), denominado *Sweet-Home Project*, cujo público alvo são idosos e tem como objetivo o desenvolvimento de uma interface para a automação doméstica oferecendo três interfaces de programação: o uso de dispositivos móveis (*tablet*), comandos de voz ou interface tátil clássica. O sistema de automação apresentado é voltado para idosos que possuam autonomia, mas é capaz de adaptar-se caso os usuários apresentem algum tipo de dependência como dificuldade de locomoção ou limitação cognitiva.

Outro exemplo é o trabalho de Fitriyah et al. (2016), que apresenta um controlador universal com uma interface tátil e auxiliada por uma tela LCD com o objetivo de reduzir botões. A solução é apresentada pelo autor como a alternativa a grande parte de outros dispositivos desse segmento, que segundo o autor geralmente utilizam interfaces *mobile/touchscreen*, que se caracterizam por serem mais caras e frágeis. O controle apresentado é denominado universal, já que controla diferentes dispositivos em um ambiente doméstico e tem como público alvo cidadãos indonésios e adultos, sendo utilizado para operações simples de ligar e desligar.

Algumas soluções para o controle de *smart homes* também já estão disponíveis no mercado e de maneira geral fazem uso dos tipos de interação mais comuns anteriormente citados como o uso de interfaces táteis e comandos de voz (Ribeiro, 2017).

Em geral o design desses controladores universais não conta com a participação dos potenciais usuários no processo de construção das soluções apresentadas, sendo que a participação desses ocorre apenas em uma fase de avaliação das ferramentas propostas.

2.1.3 Reflexões sobre IOT

Neste tópico, foi apresentada uma visão geral sobre IOT e suas características, além de apresentar a relação desse paradigma com o público infantil, ilustrada com o uso de exemplos de produtos voltados para crianças pequenas advindos de iniciativa acadêmica ou de mercado. Os exemplos ilustram que apesar do interesse crescente no desenvolvimento de produtos e projetos voltados para o público infantil, a faixa etária de 0 a 6 anos ainda é pouco contemplada. As iniciativas apresentadas para

crianças na primeira infância têm em geral viés educativo ou têm como foco o entretenimento e não consideram a possibilidade de que as crianças controlem seu funcionamento de maneira efetiva, programando o comportamento desses produtos. Esta pesquisa tem como objetivo contribuir para que *designers* desenvolvam produtos que possibilitem as crianças serem capazes de programar dispositivos inseridos no contexto da IOT, através da formalização de um MI.

A partir do que foi exposto, o próximo tópico deste capítulo tem o objetivo de esclarecer a definição de MIs, assim como exemplificá-los e discutir sua formalização.

2.2 Modelos de Interação

Um MI é um conjunto de princípios, regras e propriedades que orientam o *design* de uma interface. Isto é, descreve como combinar técnicas de interação em uma forma significativa e consistente e define o "olhar" e "sentir" da interação sob a perspectiva do usuário. Propriedades do MI podem ser utilizadas para avaliar projetos de interação específicos (BEAUDOUIN-LAFON, 2000).

Os MIs focam no *design* da interface de sistemas interativos e como eles irão responder e se comunicar reciprocamente com o usuário, de modo a permitir que ele realize as tarefas de modo fácil, intuitivo e eficiente. A partir do modelo, define-se como a condução para a realização dessas tarefas deve ser projetada na interface para permitir que seja eficiente e de fácil utilização. Na definição de Salgado (2010), o MI é a lógica da conversa entre o "preposto do designer" (sistema) e o usuário.

Segundo Daroko (2014), MIs são influenciados pela ergonomia, que se refere às características físicas da interação, estilos de interação, que tratam da natureza do diálogo entre usuário e sistema, contexto e características do usuário. O modelo de Norman é o mais influente na área de Interação Humano Computador (IHC) e provê um *framework* para examinar a interação tendo como foco a visão da interface pelo usuário (DAROKO, 2014).

O modelo de Norman descreve a interação entre usuário e sistema sendo realizada em sete etapas e com dois objetivos a serem atingidos. Esses objetivos são definidos como Golfo da Execução e Avaliação. O primeiro envolve todo o esforço mental do usuário para planejar sua ação diante dos comandos e funções percebidos

no sistema. Já o Golfo de Avaliação, envolve o momento em que o usuário coloca o planejamento da sua ação em prática (NORMAN, 1986).

Para atravessar os golfos, o usuário deve realizar os sete estágios ou etapas descritas na Tabela 1:

Tabela 1 - Golfos e etapas do Modelo de Norman

1. Usuário estabelece o objetivo geral da ação	
Golfo da Execução	2. Usuário estabelece uma intenção imediata
	3. Usuário especifica ações na interface para realizar intenção imediata
	4. Usuário executa as ações da sequência estabelecida
Golfo da Avaliação	5. Usuário percebe o estado do Sistema
	6. Usuário interpreta o estado do Sistema
	7. Usuário avalia o estado do Sistema de acordo com o objetivo geral

Fonte: Norman, (1986)

Como descrito na Tabela 1, o usuário define um objetivo geral e, a partir dessa etapa, realiza os estágios que compõem o Golfo da Execução (etapas 2, 3 e 4). Logo após, realiza as etapas que compõem o Golfo da Avaliação (etapas 5, 6 e 7).

Ao avaliar se a intenção imediata foi atingida (etapa 7), caso essa não tenha sido atingida, deve-se gerar uma intenção imediata diferente (etapa 2), que pode ser uma intenção para desfazer ou substituir o efeito que não o satisfaz. Quando a intenção imediata é atingida (etapa 7), temos o final da iteração das etapas (Souza, 2013). Na Tabela 2 é apresentado um exemplo de descrição utilizando o modelo de Norman. São descritas as ações do usuário, considerando o objetivo geral de fazer uma animação para uma apresentação *Power Point*.

Tabela 2 - Exemplo de uso do Modelo de Norman

1. Fazer animação para uma apresentação Power Point	
Golfo de Execução	2. [Criar um arquivo PPT com o personagem] ... [Simular a animação]
	3. [1. Abrir um arquivo novo, 2. Escolher o personagem, 3. Associar efeito de animação]
	4. [1. Clicar no ícone de novo documento, 2. Clicar no layout desejado, 3. Incluir figura contendo o personagem, 4. Associar efeito de se movimentar em determinada trajetória ao personagem]
Golfo de Avaliação	5. [Reconhecer comandos, observar animação]
	6. [Reconhecer animação desejada]
	7. [Reconhecer etapa cumprida]

Fonte: Benyon, (2011)

Outro exemplo de MI é denominado Interação Instrumental⁹, que estende e generaliza princípios da manipulação direta e abrange diferentes estilos de interação, como interfaces do tipo WIMP¹⁰ e realidade aumentada (BEAUDOUIN-LAFON, 2000). A Interação Instrumental tem como foco o *design* do que o autor denomina como interfaces de usuário do tipo *Post-Wimp*, se referindo àquelas que se aproveitam de novas técnicas de interação (Figura 5).

O Modelo Interação instrumental é baseado em como os seres humanos usam ferramentas (ou instrumentos) naturalmente para manipular objetos de interesse no mundo físico. No modelo, os objetos de interesse são chamados objetos de domínio e são manipulados com artefatos computacionais denominados instrumentos de interação, uma referência a ferramentas e instrumentos que os seres humanos utilizam no mundo real para interagir com elementos físicos.

⁹ Tradução Livre do inglês *Instrumental Interaction*

¹⁰ *Windows, Icons, Menus, Pointers*

Figura 4 - Instrumento mediando a interação entre usuário e objeto de domínio



Fonte: Adaptado de BEAUDOUIN-LAFON, (2000)

A qualquer momento, uma interface provê um número potencialmente grande de instrumentos, entretanto, o usuário pode manipular apenas alguns deles ao mesmo tempo, normalmente apenas um, devido ao pequeno número de dispositivos de entrada.

A modelagem de interação é uma boa maneira de identificar e localizar problemas de usabilidade com o uso de uma ferramenta, através de um mapeamento das tarefas na interface. Vários métodos existem e as técnicas de modelagem são prescritivas na medida em que visam capturar o que os usuários provavelmente farão (QUEEN, 2006).

A MoLIC, Paula *et al.* (2003) é uma linguagem para a modelagem da interação usuário-sistema por *designers* de IHC. A MoLIC foi desenvolvida para apoiar os designers no planejamento da interação, encorajando sua reflexão sobre a resolução de problemas dos usuários e estratégias a serem apoiadas pela interface, a fim de que esses alcancem seus objetivos (SANTANA DA SILVA; DINIZ, JUNQUEIRA E BARBOSA, 2007).

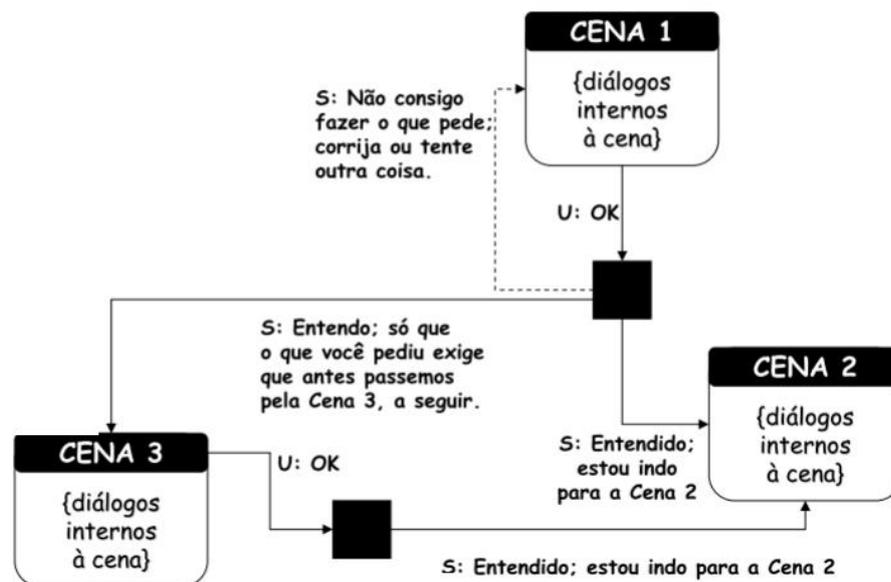
A MoLIC tem como base teórica a Engenharia Semiótica, área que trata do processo de construção, emissão e recepção da mensagem de metacomunicação do designer por meio de signos computacionais (DE SOUZA, 2005).

Na MoLIC, as interações usuário-sistema são representadas como uma metáfora da conversa que pode ocorrer entre o usuário e o sistema. Além disso, com a MoLIC, pode-se representar todos os caminhos de interação, incluindo os caminhos alternativos para o usuário alcançar um mesmo objetivo (PAULA *et al.*, 2003).

A linguagem é composta por quatro artefatos Barbosa; De M. Gonçalves (2013) (Figura 6):

- Diagrama de metas, que representa os objetivos dos usuários;
- Esquema conceitual de signos, que define e organiza os conceitos relacionados com a interface do usuário;
- Diagrama de interação, que representa a interação como uma conversa entre o usuário e o designer;
- Descrição textual, que complementa o diagrama de interação.

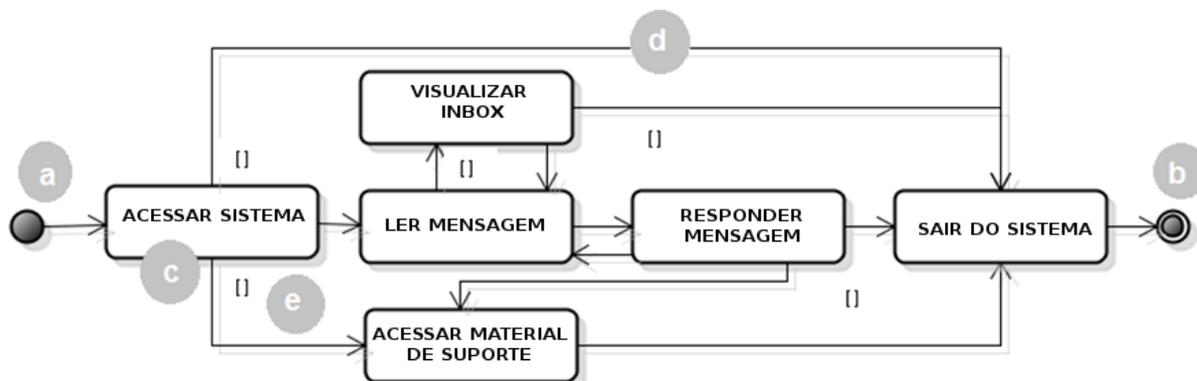
Figura 5 - Notação do Diagrama de interação da linguagem MoLIC



Fonte: (Santana da Silva; Diniz Junqueira Barbosa, 2007)

Outra técnica de modelagem de interação é a denominada CTDM, proposta por López-Jaquero; Montero (2007) (Figura 7), que tem como foco a representação de tarefas que o usuário pode realizar no sistema, enriquecido com anotações que representam o diálogo entre o sistema e o usuário. Tendo como base o modelo de tarefas CTT, a CTDM foi proposta com o objetivo de complementar a visão proporcionada por modelos de tarefas na criação de interfaces. Os elementos básicos da notação são semelhantes aos empregados no diagramas de transição de estados do UML (Marques; Barbosa, 2016).

Figura 6 - Exemplo diagrama CTDM



Fonte: Marques; Barbosa (2016)

De acordo com Santana da Silva; Diniz Junqueira Barbosa (2007), cenários e modelos de atividades, como o TAG proposta por Payne; Green (1986) e o UAN de Hartson *et al.* (1990), são utilizados na fase de análise, quando os *designers* buscam compreender quem são os usuários, o que fazem e como fazem, porém, essas ferramentas não são capazes de apresentar uma compreensão global da aplicação, o que dificulta a tomada de decisões. Dessa forma, se justifica o uso de modelos de interação, a fim de se complementar as informações obtidas através do uso de cenários e modelos de atividades, de forma a facilitar a representação e, conseqüentemente, o reconhecimento de padrões na interação, além da possível relação entre objetivos distintos.

2.2.1 Considerações Finais desta seção

Neste tópico, foi apresentada uma visão geral sobre Modelos de Interação, definidos como um conjunto de princípios, regras e propriedades que orientam o *design* de uma interface. Foram destacados dois exemplos: o Modelo de Norman (1986) e o Interação Instrumental de Beaudouin-Lafon (2000). Também foram citadas duas linguagens para a Modelagem de Interação: a MoLIC proposta por Paula *et al.* (2003), baseada na Engenharia Semiótica, e a CTDM de López-Jaquero; Montero (2007), baseada no modelo de tarefas CTT.

Na medida que pretendemos definir um conjunto de recomendações que orientem designers para a construção de interfaces de programação, que amenizem

o esforço cognitivo relacionado ao controle de diferentes dispositivos em um contexto de IOT, nossa proposta se caracteriza como um MI. A especificação deste modelo foi norteada pelos resultados obtidos em levantamento bibliográfico, referencial teórico e experimentos de DP, metodologia descrita no próximo tópico deste capítulo.

2.3 Design Participativo

O DP se constitui em uma abordagem e uma visão que defende a participação de pessoas afetadas por tecnologias em seu design (Hakken, 1989). As motivações para adotar uma abordagem participativa são variadas e partem da necessidade de aumentar e ajustar os recursos tecnológicos aos requisitos dos usuários e, também, de demandas relacionadas a empoderar as pessoas e democratizar a inovação (Kyng, 2010).

O DP é usualmente uma metodologia que envolve o usuário ao longo de todo o processo de design, não restringindo a presença desses aos estágios de Prototipação ou Avaliação (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Segundo Benkler (2006), o DP não apresenta esquemas hierárquicos ou ordens de comando, mas valoriza a inclusão e o compartilhamento de saberes, possuindo duas características principais: processos sociais criativos pautados na descentralização do poder e a motivação dos colaboradores. Essa característica de produção colaborativa oportuniza a inovação, pois promove o diálogo entre os agentes envolvidos, a troca de conhecimento e a profusão de ideias.

O DP surgiu na Escandinávia no final dos anos 60 e início dos anos 70, sendo que os primeiros projetos foram conduzidos pelo *Norwegian Computing Centre* (NCC). O trabalho conduzido junto a sindicatos tinha como objetivo promover conhecimento sobre como o uso das novas tecnologias da informação poderia afetar as condições de trabalho e como sua introdução poderia afetar seus interesses, além de encorajar o desenvolvimento e implementação de atividades e políticas próprias de controle da tecnologia pelos sindicatos (CLEMENT; VAN DEN BESSELAAR, 1993).

O NCC, em seu trabalho, apoiou grupos no design de sistemas, que estivessem em sintonia com situações locais específicas, sendo que os primeiros projetos foram conduzidos na indústria (metal e produtos químicos) e, mais tarde, na administração

pública e assistência médica. Esses trabalhos inspiraram uma série de outros projetos de DP na Escandinávia e são considerados precursores no processo de pesquisa em sistemas computacionais, principalmente no envolvimento de pessoas no processo (KIRA; MERKLE, 2016).

Segundo Grein; Abrahão (2015), dentre os primeiros projetos de DP se destaca o Utopia, que foi uma parceria entre várias instituições de pesquisa escandinavas e o Sindicato Nórdico dos Gráficos. O objetivo desse projeto foi desenvolver uma tecnologia que contribuísse para a produção de produtos gráficos de alta qualidade, promoção do trabalho especializado e sua organização democrática. Embora as soluções propostas pelo projeto não tenham produzido produtos comerciais, inúmeras técnicas e ferramentas voltadas para a participação do trabalhador foram criadas, como *mock-ups* e *design-by-doing* (BJERKNES; BRATTETEIG, 1995).

O livro *Scandinavian Challenge*, que foi publicado a partir do projeto Utopia, e propunha uma série de perspectivas e práticas para aumentar o papel dos usuários nos processos de *design* de tecnologias computacionais com impacto no ambiente de trabalho, foi um marco para a popularização e o surgimento de diferentes projetos com o uso do DP fora da Escandinávia (SPINUZZI, 2002).

Segundo Spinuzzi (2005), são três os estágios básicos que aparecem na maioria das pesquisas relacionadas ao DP. O primeiro estágio diz respeito à exploração inicial do trabalho, na qual os designers conhecem os usuários e se familiarizam com a maneira com que os usuários interagem entre si. No segundo estágio, chamado de processo de descoberta, os designers e usuários procuram entender e priorizar o trabalho a ser realizado. Nesse estágio são definidos os objetivos finais do que está em desenvolvimento. No estágio três ou Prototipação, os designer e usuários trabalham com ferramentas para gerar o que foi definido no segundo estágio.

Os métodos em DP se caracterizam pelo uso de técnicas simples e pouco comprometimento com recursos tecnológicos, sendo que alguns deles podem ser utilizados em diferentes momentos do processo de design e desenvolvimento do *software*; as técnicas de *brainstorming*, *storyboarding* e de *workshops* são bastante utilizadas (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Um exemplo de técnica em DP é o *Picture Card*, utilizado na fase de análise de requisitos, em situações nas quais os usuários finais e profissionais de design e desenvolvimento do *software* não compartilham, ainda, a mesma linguagem. Eles se

comunicam usando cartões pictóricos para desenvolver a representação do trabalho. Cartões contendo figuras de objetos e eventos do mundo de trabalho do usuário são utilizados (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

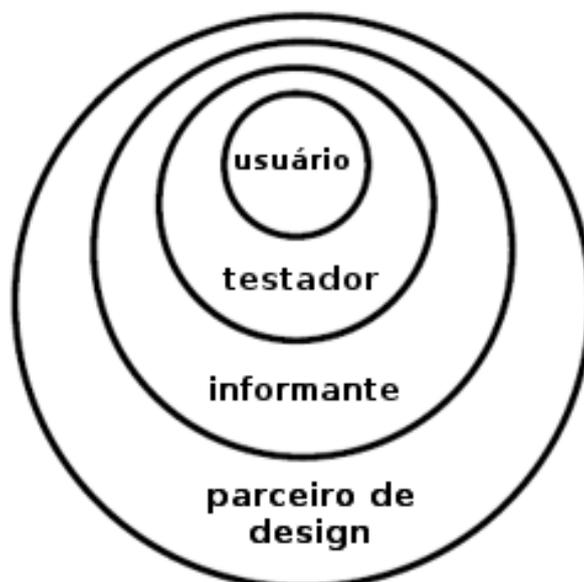
2.3.1 Design Participativo e Crianças

A participação direta das crianças no processo de design é considerada positiva. Inclusas no processo de design, as crianças podem expressar suas ideias, clarificando o que faz sentido a elas, do que gostam e o que as interessam, contribuindo para que designers criem produtos que respeitem suas expectativas como usuários (MELO *et al.*, 2008).

A criança pode assumir quatro papéis no processo de design de tecnologia: usuário, testador, informante e parceiro de design (Figura 8) (Druin, 2002). Como usuário, as crianças contribuem utilizando a tecnologia, enquanto adultos podem observar, gravar, ou testar suas habilidades. No papel de testador, crianças testam protótipos de tecnologia que ainda não foram lançados. Como um testador, a criança é observada e instigada a verbalizar suas experiências. Como informante, as crianças participam do processo de design baseado em quando os pesquisadores acreditam que as crianças podem contribuir no processo, tanto antes do desenvolvimento de qualquer tecnologia ou após, oferecendo seu feedback. Já, como um parceiro de design, as crianças são consideradas como um *stakeholder* do mesmo nível do pesquisador, participando de todo o processo, em abordagens adaptadas para sua participação efetiva.

Figura 7 - Os quatro papéis que as crianças podem ter no design de novas tecnologias

A criança como...



Fonte: Adaptado de Druin (2002)

Das propostas que se destacam pelo maior envolvimento de crianças no processo de design, estão presentes trabalhos que apresentam adaptações de métodos e técnicas de DP (MELO *et al.*, 2008).

Quando um método de DP é aplicado com as crianças, é importante enfatizar a importância da colaboração entre crianças e adultos. As crianças que não são qualificadas no processo de desenvolvimento podem ser inspiradas e capacitadas pela colaboração com adultos (DRUIN, 1998). Assim, o DP permite aos designers analisar os problemas de um ponto de vista da criança e, simultaneamente, lidar com traços de infância como timidez e a imaturidade em habilidades de comunicação (BAEK; LEE, 2008).

No trabalho de Druin (1999) é apresentada uma abordagem que adapta técnicas de DP como a *Cooperative Inquiry* e a *Contextual Inquiry* utilizadas com usuários adultos, para que se adequem a equipes de design que possuem crianças entre seus membros. Na adaptação da *Contextual Inquiry* onde os pesquisadores devem coletar dados no próprio ambiente dos usuários, a equipe é formada por adultos e crianças, que observam, tomam nota e interagem com usuários infantis. A diferença está em tratar os usuários como informantes, mas também como pesquisadores.

Figura 8 - Sessão de Design utilizando o *Cooperative Inquiry* com crianças

Fonte: Walsh (2011)

Para o desenvolvimento da ferramenta *CaleidoGrupos*, Melo *et al.*, (2008), mescla conceitos e métodos de DP e da SO. A SO, em particular, oferece métodos aos designers para ajudá-los a compreender e representar os significados, as ações e as regras, compartilhados pelas pessoas em organizações sociais, entre outros aspectos (STAMPER, 2001).

Há obstáculos no DP com crianças pequenas, variando de dificuldades em compreender abstração e verbalizar pensamentos, até a percepção de falta de autoridade em relação aos adultos envolvidos no processo de design (CULÉN *et al.*, 2013). Destacam-se como obstáculos algumas características:

- Diferenças entre crianças e adultos, tanto como usuários e designers, que na maioria dos métodos de design não são consideradas;
- O tempo gasto para a construção de times de DP que envolvam crianças entre seus membros;
- A incompreensão de designers na ação de construir parcerias com crianças, impossibilitando que essas tenham participação real no processo.

Essas dificuldades, que advêm principalmente das particularidades e necessidades das crianças, que são diferentes dos adultos, devem ser consideradas na condução das metodologias a serem utilizadas no processo de design, a fim de serem minimizadas.

2.3.2 Reflexões sobre DP

Neste tópico, foi apresentada uma definição para o DP, destacando-se conceitos, técnicas e exemplos relacionados ao uso desta metodologia com o público infantil. Foi ressaltada a importância da participação de crianças no processo de design, de forma a entender o universo desse público o que pode contribuir para que designers desenvolvam produtos que se aproximem das necessidades desses usuários.

Para a formalização do MI proposto neste trabalho, técnicas de DP serão utilizadas com a participação de crianças.

O próximo tópico deste capítulo irá tratar da SO, e de um de seus métodos para o design de Sistemas de informação, a ES, framework a ser utilizado para a formalização do MI.

2.4 Semiótica Organizacional

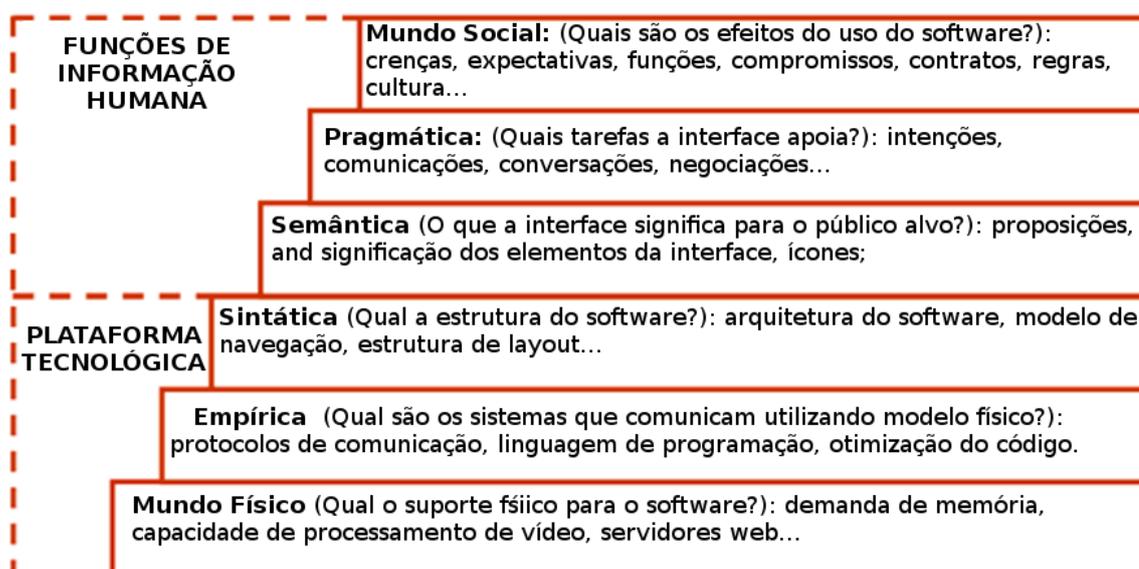
A SO é um ramo da Semiótica aplicada a processos organizacionais. A SO estuda a natureza, características, função e efeito da informação e comunicação dentro de contextos organizacionais. Uma organização é um sistema social no qual as pessoas se comportam organizadas de acordo com um determinado sistema de normas. Essas normas são regularidades de percepção, comportamento, crença e valor que são expressos como costumes, hábitos, padrões de comportamento e outros artefatos culturais (STAMPER *et al.*, 1998; LIU, 2000).

Em seu programa de pesquisas denominado MEASUR (*Methods for Eliciting, Analysing and Specifying User's Requirements*), Stamper tinha como principal objetivo a definição de uma série de ferramentas e metodologias para possibilitar a pesquisadores e usuários um melhor entendimento, desenvolvimento, gerenciamento e uso de sistemas de informação (LIU, 2000). Uma dessas ferramentas é a ES (Stamper, 1988), que fornece formas de modelagem a partir de signos que são usados e que são significativos para as pessoas em seus contextos sociais.

De acordo com Liu (2000) a ES nos permite visualizar as informações (signos) a partir de diferentes perspectivas, com base nas diferentes ações que são possíveis

de serem aplicadas sobre essas informações. Juntas essas diferentes perspectivas da informação formam uma estrutura conceitual complexa. As seis camadas da ES: física, empírica, sintática, semântica, pragmática e mundo social podem ser usadas para definir informações em diferentes contextos, incluindo o da ciência da computação. A Figura 10 mostra a ES, aplicada a Sistemas Interativos como uma adaptação da ES original de Stamper (1988), baseada em (2000).

Figura 9 - Escada Semiótica Aplicada a Sistemas Interativos



Fonte: Adaptado de Neris (2000)

Com base em Baranauskas; Neris (2007), a seguir são detalhadas as características das camadas da ES aplicadas a Sistemas Interativos.

- **Mundo Social:** Nessa camada consideramos os processos que invocam, violam e alteram as normas sociais. No design de sistemas interativos, podemos citar a inclusão social como um exemplo de informação a ser considerada nessa camada.
- **Pragmática:** Nessa camada há a preocupação com o uso do sistema interativo. Sistemas interativos devem ajudar usuários para fazer as respectivas tarefas. Intenções dos usuários e a comunicação entre usuário e sistema são considerados aqui.

- **Semântica:** Nessa Camada “significado” é o principal conceito. O que os usuários entendem pela interface e a expressividade dos ícones são considerado aqui.
- **Sintática:** Tem foco na estrutura do software. Aqui nós consideramos informações sobre o grupo de ações que os usuários farão em uma determinada ordem a interface.
- **Empírica:** Nessa camada temos informações que possibilitam a estruturação utilizando recursos físicos, então nós temos os protocolos de comunicação, linguagens de programação e outros tipos de sistemas de comunicação.
- **Mundo Físico:** Nessa camada classificamos as informações sobre os recursos de hardware necessários para usar um sistema interativo.

Um exemplo de análise utilizando-se a escada semiótica é descrito na Tabela 3 (Liu, 2000). Como poderíamos analisar uma conversa telefônica por meio da semiótica?

Tabela 3 - Exemplo de Análise Utilizando A ES

Mundo Social: Obrigações e acordos são feitos, por causa do resultado da conversa. Seguindo o exemplo, o desconto pedido ser dado ou não.
Pragmático: Existe a preocupação com a intenção, e pode haver mensagens subliminares na comunicação. O exemplo pode ser uma negociação de preço, onde uma diz que gostaria de comprar, mas acha o preço um pouco alto, tendo claramente a intenção de negociar um desconto.
Semântico: As palavras, termos técnicos e não técnicos, e as coisas que são referenciadas durante a conversa precisam ser conhecidas e entendidas por todos. As sentenças e o conteúdo da conversa precisam fazer sentido para todos.
Sintático: As duas ou mais entidades envolvidas na conversa devem falar a mesma língua e devem utilizar convenções gramaticais válidas a ambos.
Empírico: O sinal de voz é modulado e transmitido em forma de sinais 49 eletrônicos ou óticos pelo cabeamento.

Físico: É necessário que os aparelhos de telefone estejam conectados a uma linha telefônica de prestadoras de serviço.

Fonte: Adaptado de Liu (2000)

Consideramos o uso da ES para a representação das recomendações de comunicação desejáveis entre crianças e Dispositivos IOT através de um ambiente de programação. A escolha da ES se deu pela possibilidade de descrição ampla oferecida, possibilitando o agrupamento de particularidades identificadas tanto no que se refere a plataforma tecnológica, quanto as funções de informação humana.

Capítulo 3

PROGRAMAÇÃO DE DISPOSITIVOS FÍSICOS POR CRIANÇAS

Neste capítulo é apresentado um levantamento do estado da arte sobre a programação de dispositivos físicos por crianças na primeira infância. Após a apresentação da definição do conceito de programar a ser considerado nesta pesquisa, é apresentada a revisão sistemática (RS) da literatura em três bases de dados da área da Computação realizada entre os meses de abril e julho de 2017 e setembro e outubro de 2018.

O levantamento realizado é apresentado neste capítulo em 6 (seis) seções. Na Seção 3.2, busca-se responder uma questão determinante para o norteamento desta pesquisa: “O que é programar?”. Na Seção 3.3, são apresentados trabalhos semelhantes a este levantamento. Na Seção 3.4, é apresentada a metodologia utilizada para a realização desta RS. Na Seção 3.5, são apresentados os trabalhos selecionados e os dados coletados com base nas questões norteadoras. Por fim, na Seção 3.6, são apontadas as considerações com base no levantamento realizado.

3.5 O que é programar?

A rápida evolução do *hardware*, *software*, do seu uso e o surgimento de novas ferramentas e paradigmas, faz com que os conceitos relacionados a atividade de programar se modifiquem constantemente. Apesar das mudanças esses conceitos

guardam em sua essência semelhanças com as primeiras definições da atividade de programar surgidas na década de 50 (DUNCAN *et al.*, 2014).

De acordo com Blackwell (2002), as primeiras definições de programação se originaram do estudo de profissionais que construíam computadores para tarefas práticas, destacando-se duas que são semelhantes. A primeira definição, que é a utilizada atualmente, é o ato de programar como o de escrever instruções para que o computador compreenda e execute de forma automática (sem intervenção humana); já, outra descreve essa atividade como a de traduzir linguagens convenientes para seres humanos, para linguagens convenientes para a máquina.

Para se referir à atividade programação, são utilizados principalmente dois termos na literatura, *coding* e *programming*, ou a expressão *computer programming*. A expressão *coding* é mais popular e informal, sendo utilizada com mais frequência para se referir ao processo de tradução de um algoritmo para comandos em uma linguagem de programação. O termo *computer programming*, mais formal em relação a *coding*, geralmente se refere a todo um processo, que além da etapa de tradução de algoritmo para comandos, também envolve a análise de um problema, a construção de uma solução para esse problema através de um algoritmo, a compilação e a depuração do código desenvolvido (DUNCAN *et al.* (2014).

O contexto de uso do computador ou dispositivo é também fator determinante para se definir o que é programar, já que envolve um cenário em que se deve considerar quem é o usuário/programador, os recursos disponíveis e o objetivo que se deseja alcançar com a referida atividade. Temos a possibilidade de definir a programação, por exemplo, como a configuração de um eletrodoméstico, como um aparelho de micro-ondas até a escrita de comandos utilizando uma linguagem de programação (BLACKWELL, 2002).

A partir das mudanças do conceito de programar determinadas pela evolução do computador e do contexto de seu uso, temos um cenário no qual a definição de programar é ampla e são variadas suas definições, devendo-se considerar uma série de variáveis para que essa seja definida. Considerando o contexto de uso proposto neste trabalho, podemos definir que o ato de programar proposto é semelhante ao

nível mais básico de atividade do *end-user-development*¹¹ definido por COSTABILE *et al.* (2004) que trata principalmente de parametrização, na qual os usuários fornecem parâmetros para afetar o comportamento do sistema que idealmente combinam com suas necessidades.

3.6 Trabalhos Relacionados

Alguns trabalhos abordam proposta semelhante à apresentada neste capítulo. A pesquisa de Ray (2017) apresenta um levantamento de linguagens de programação visuais para a IOT. O estudo não se restringe ao público infantil, porém seu levantamento se restringe a ferramentas e linguagens de programação visual, que é uma abordagem frequente para o público infantil, considerando que esse tipo de linguagem apresenta como característica marcante a não exigência de escrita, possibilitando a minimização de erros de sintaxe.

Como destaques positivos do uso de linguagens visuais para a IOT, RAY (2017) cita a facilidade de visualização da lógica de programação envolvida e a facilidade de uso por usuários iniciantes. Em contrapartida, ele destaca como pontos negativos, o tempo elevado para o design de aplicações pequenas, citando como exemplo a quantidade elevada de interconexões gráficas para piscar um *LED*¹² utilizando a plataforma Arduíno, considerada uma aplicação simples.

Uma taxonomia de ambientes de programação e linguagens para programadores novatos é apresentada por Kelleher-Pausch (2005). Mais uma vez, o trabalho não se restringe ao público infantil, ressaltando que o levantamento considera indivíduos de todas as idades, porém caracteriza diferentes metodologias que são identificadas em ferramentas voltadas para as crianças, inclusive na programação de artefatos físicos, como a robótica educacional.

¹¹ Se refere a atividades e ferramentas que permitem pessoas que não são profissionais a programarem computadores Costabile *et al.* (2006)

¹² *Light Emitting Diode*.

O trabalho de Kelleher-Pausch (2005) classifica as linguagens em dois grandes grupos: *teaching systems*¹³ e *empowering systems*¹⁴. O primeiro se refere a linguagens desenvolvidas com o objetivo de ajudar pessoas a aprender a programar, expondo os usuários a aspectos fundamentais da programação. As linguagens incluídas na segunda categoria têm como característica a sua construção com base na ideia que um importante aspecto da programação é a possibilidade de permitir que pessoas construam dispositivos que são adaptados às suas necessidades particulares.

Em Shaer (2009), é apresentada uma RS sobre interfaces tangíveis, um tipo de interface que é recorrente em projetos de programação para crianças na primeira infância e interliga o mundo físico e digital. Mais uma vez, este trabalho não apresenta apenas ferramentas voltadas para o público infantil, apresentando diferentes linguagens tangíveis, para diferentes públicos-alvo. No entanto, Shaer (2009) destaca o uso de ambientes de aprendizagem física com crianças, salientando que interfaces tangíveis permitem o envolvimento de todos os sentidos, assim apoiando o desenvolvimento geral do público infantil.

Alguns levantamentos de literatura apresentam revisões sobre o uso da robótica em um contexto educacional, tendo como público-alvo crianças de diferentes faixas etárias, porém nenhum dos trabalhos identificados tem como foco a pesquisa de ferramentas voltadas para crianças na primeira infância. Em Mubin *et al* (2013), destaca-se o uso de robôs com crianças, caracterizando seu uso para a introdução de conceitos de computação, programação e familiarização com a tecnologia, além do ensino de outros domínios, como o aprendizado de uma segunda língua. Destaca-se o uso de kits mecânicos de robótica como o *Legó Mindstorms*¹⁵ e, em segundo plano, o uso de Robôs humanoides, como o NAO¹⁶. Além disso, são citados exemplos de robôs voltados para crianças na primeira infância, como o *Bee-Bot*¹⁷.

Com base nos trabalhos relacionados apresentados, entende-se que o levantamento apresentado nesta pesquisa é necessário ao delimitar a sua busca a

¹³ Sistemas de ensino (trad. livre).

¹⁴ Sistemas de empoderamento (trad. Livre).

¹⁵ <https://www.lego.com/en-us/mindstorms>

¹⁶ <https://www.ald.softbankrobotics.com/en/robots/nao>

¹⁷ <https://www.bee-bot.us/>

projetos que envolvem um público-alvo mais específico. Outro ponto que faz deste levantamento relevante é o fato deste se restringir a propostas que tratem da programação de dispositivos físicos, o que especificamente não se apresenta nos levantamentos similares encontrados.

3.7 Metodologia

Para a produção da RS, foi realizada uma análise exploratória, que consistiu em uma busca informal na base de dados Google Acadêmico¹⁸, utilizando uma *string* de busca padrão. Na análise exploratória, houve a definição das palavras-chaves, *strings* de busca e bases de dados a serem utilizadas, conforme quadro 1. A partir dessa fase, foi realizada a primeira etapa da pesquisa para a seleção de artigos, entre os meses de abril e setembro de 2017, respeitando critérios de inclusão e exclusão previamente definidos no protocolo da RS.

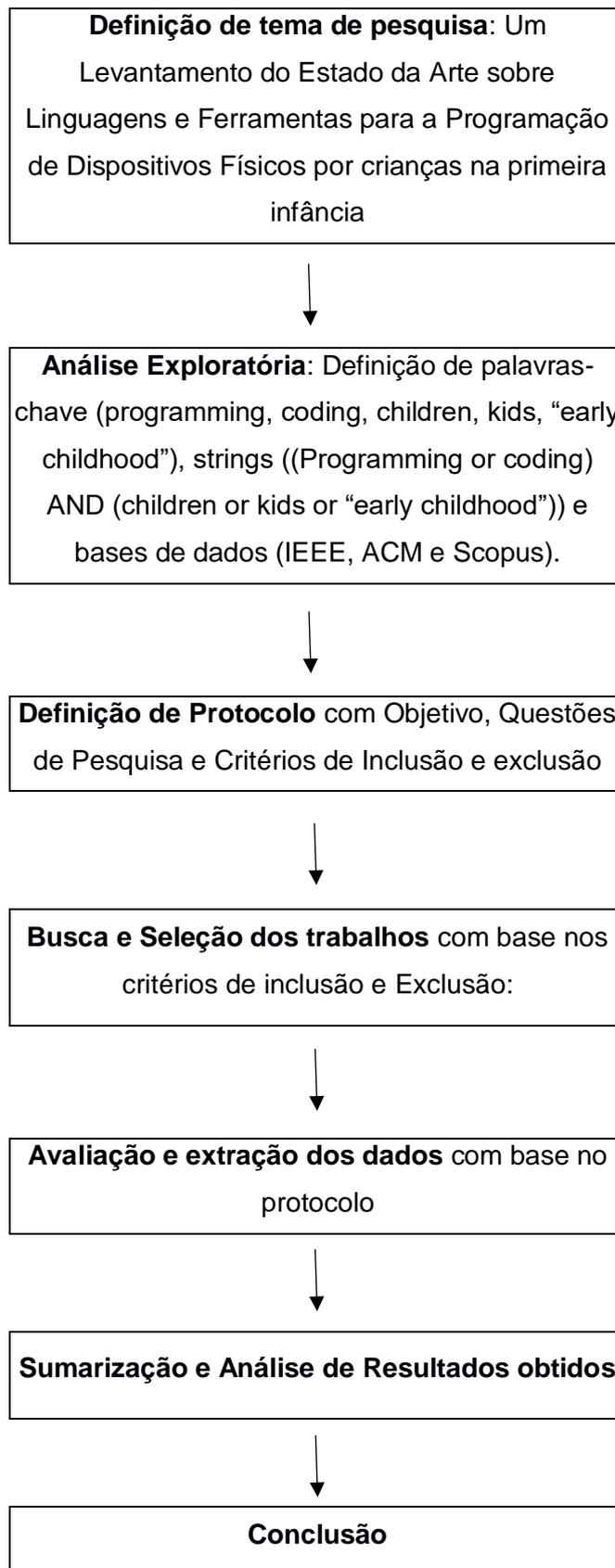
A fim de uma atualização nos resultados de trabalhos selecionados, uma segunda etapa de seleção de artigos foi realizada entre os meses de setembro e outubro de 2018, nessa segunda etapa, além do respeito aos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, foram considerados artigos publicados apenas entre o período de outubro de 2017 e outubro de 2018 como critério de seleção.

A ferramenta computacional *Start*¹⁹ foi utilizada como suporte para uma condução mais precisa da revisão.

¹⁸ <https://scholar.google.com.br/>

¹⁹ http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool

Quadro 1 - Fases da RS



Fonte: O autor

3.7.1 Seleção das Bases de Dados

A partir da definição das strings de busca durante a análise exploratória, foi constatado que grande parte dos trabalhos relacionados à esta pesquisa tinham como local de publicação as bases acadêmicas ACM, IEEE e SCOPUS. Dessa forma essas bases acadêmicas foram selecionadas e utilizadas para a pesquisa bibliográfica.

3.7.2 Seleção dos Critérios de Inclusão e Exclusão

A seleção dos artigos foi definida de acordo com os seguintes critérios de inclusão:

- (a) Trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas ou em versões impressas;
- (b) Trabalhos publicados a partir de 2010;
- (c) Trabalhos que apresentarem ferramentas e linguagens para a programação de dispositivos físicos, incluindo-se artefatos robóticos, cujo público-alvo sejam crianças de até 6 anos de idade.

Os critérios de exclusão são definidos por:

- (a) Trabalhos que apresentarem ferramentas e linguagens cujo público-alvo for diferente do inicialmente considerado;
- (b) Trabalhos nas quais crianças não programem dispositivos físicos.

3.7.3 Seleção das Questões Norteadoras da Revisão Sistemática

A análise dos artigos foi baseada nas seguintes questões norteadoras do processo de RS da literatura:

- Q1. Quais as plataformas computacionais utilizadas?
- Q2. Quais tipos (paradigmas) de linguagem de programação foram utilizados?
- Q4. Há intervenção (participação) de adultos na utilização das ferramentas?
- Q5. Quais artefatos físicos são programados?
- Q6. Foram especificados referenciais teóricos/diretrizes/recomendações de design utilizados para o desenvolvimento da plataforma? Quais?

3.7.4 *String* de Busca Padrão e Quantidade de Trabalhos Retornados

Durante o processo de pesquisa nas bases acadêmicas, foram utilizadas palavras-chave e *strings* de busca definidas com base no objetivo da RS e através da Análise Exploratória.

Foi utilizada uma *string* de busca padrão: “(Children OR kids OR “early childhood”) AND (Programming OR coding)”. Delimitando o uso desta *string* aos títulos e resumos das publicações nas três bases de dados definida, houve um retorno de 1740 trabalhos (Tabela 4), sendo que destes, 232 foram identificados como duplicados. A partir desse resultado e obedecendo os critérios de inclusão e exclusão, foi realizado refinamento, através de duas fases de leitura, o que resultou em 37 trabalhos selecionados para a etapa de extração.

Tabela 4 – Quantitativo de trabalhos retornados na fase de extração

BASE DE DADOS	STRING DE BUSCA	TRABALHOS RETORNADOS
ACM	acmdlTitle:(children OR kids OR "early childhood") AND (programming OR coding)) OR recordAbstract:(children or kids or "early childhood" AND (programming or coding))	442
IEEE	(("Document Title":(programming OR coding) AND (children OR kids OR “early	633

	childhood”) OR "Abstract":(programming OR coding) AND (children OR kids OR “early childhood”))	
SCOPUS	(TITLE ((children OR kids OR “early childhood”) AND (programming OR coding)) OR ABS ((children OR kids OR “early childhood”) AND (programming OR coding))	665

Fonte: O autor

3.8 Resultados

A partir da fase de extração de dados, foram escolhidos 37 (trinta e sete) trabalhos acadêmicos, que além de atenderem aos critérios de inclusão e exclusão, responderam às questões norteadoras do processo de RS da literatura.

Os artigos selecionados são apresentados na Tabela 5, sendo ordenados com base em seu ID, que foi definido a partir da sequência de leitura dos mesmos realizada pelo autor desta pesquisa.

Tabela 5 - Trabalhos Selecionados

ID	TÍTULO	AUTORES	ANO
1	KIBO Robot Demo: Engaging Young Children in Programming and Engineering	Sullivan, A.; Elkin, M.; Bers, M. U.	2015
2	Social Robot Toolkit: Tangible Programming for Young Children	Gordon, M.; Ackermann, E.; Breazeal, C.	2015
3	Dr. Wagon: A 'Stretchable' Toolkit for Tangible Computer Programming	Chawla, K.; Chiou, M.; Sandes, A.; Blikstein, P.	2013

ID	TÍTULO	AUTORES	ANO
4	A Comparison of Preschool and Elementary School Children Learning Computer Science Concepts Through a Multilanguage Robot Programming Platform	Martinez, C; Gomez, M.; Benotti, L.	2015
5	TOTA: A Construction Set for the Impending Apocalypse	Rudolph, N.	2013
6	TofuDraw: A Mixed-reality Choreography Tool for Authoring Robot Character Performance	Wistort, R.; Breazeal, C.	2011
7	Design and Development of Tangible Instruction Set for Educational Robotic System	Mariappan, M.; Sing, J. C.; Nadarajan, M.	2016
8	MODEBOTS: Environment for Programming Robots for Children Between the Ages of 4 and 6	Ramirez-Benavides, K.; Guerrero, L. A.	2015
9	Rock Garden programming: Programming in the physical world	Smith, A. C.	2014
10	Evaluating peer versus teacher robot within educational scenario of programming learning	Diyas, Y.; Brakk, D.; Aimambetov, Y.; Sandygulova, A.	2016
11	Exploring Children Preferences regarding Tangible and Graphical Tools for Introductory Programming: Evaluating the PROTEAS Kit	Sapounidis, T.; Demetriadis S. N.	2012
12	Thymio II, a robot that grows wiser with children	Riedo, F.; Chevalier, M.; Magnenat, S.; Mondada, F.	2013
13	Playte, a tangible interface for engaging human-robot interaction	Christensen, D. J.; Fogh, R.; Lund, H.	2014
14	Algorithmic Bricks: A Tangible Robot Programming Tool for Elementary School Students	Kwon, D. Y.; Kim, H. S; Shim, J. K. Shim; Lee, W. G.	2012
15	UNC++Duino: A kit for learning to program robots in python and C++ starting from blocks	Benotti, L.; Gomez, M.J.; Martinez, C.	2017

ID	TÍTULO	AUTORES	ANO
16	Didactic robotic fish – “An EPS@ISEP 2016 project	Reinhardt, A.; Esteban, A.C.; Urbanska, J.; McPhee, M.; Greene, T.; Duarte, A.; Malheiro, B.; Ribeiro, C.; Ferreira, F.; Silva, M.F.; Ferreira, P.; Guedes, P.	2017
17	A tangible embedded programming system to convey event-handling concept	Wang, D.; Zhang, L.; Xu, C.; Hu, H.; Qi, Y.	2016
18	A Mobile Application That Allows Children in the Early Childhood to Program Robots	Ramirez-Benavidez, K.; Lopez, G.; Guerrero, L.A.	2016
19	Designing a relational social robot toolkit for preschool children to explore computational concepts	Gordon, M.; Rivera, E.; Ackermann, E.; Breazeal, C.	2015
20	Design of tangible procedural programming of robots based on augmented reality	Matsuzaki, S.; Takimoto, M.; Kambayashi, Y.	2015
21	Put your robot in, put your robot out: Sequencing through programming robots in early childhood	Kazakoff, E.R.; Bers, M.U.	2014
22	Tangible versus graphical user interfaces for robot programming: Exploring cross-age children's preferences	Sapounidis, T.; Demetriadis, S.	2013
23	P-CUBE: Block type programming tool for visual impairments	Takehashi, S.; Motoyoshi, T.; Koyanagi, K.; Ohshima, T.; Kawakami, H.	2013
24	EmbedIT - An open robotic kit for education	Assaf, D.; Pfeifer, R.	2011
25	ConnectUs: A new toolkit for teaching about the internet of things	Lechelt, Z.; Rogers, Y.; Marquardt, N.; Shum, V.	2016
26	Curious Construction Kit: A Programmable Building Kit for Early Childhood	Vizner, M.; Strawhacker, A.	2016
27	A Tricycle-style Teleoperational Interface That Remotely Controls a Robot for Classroom Children	Tanaka, F.; Takahashi, T.	2012

ID	TÍTULO	AUTORES	ANO
28	Educational Robotics Intervention on Executive Functions in Preschool Children	Lieto, D.; Chiara, M.; Inguaggiato, E.; Castro, E.; Cecchi, F.; Cioni, G.; DellOmo, M.; Laschi, C.; Pecini, C.; Santerini, G.; Sgandurra, G.; Dario, P.	2017
29	Teaching the Notion of Speed in Kindergarten Using the Sphero SPRK Robot	Ioannou, M.; Bratitsis, T.	2017
30	Active Learning Environments with Robotic Tangibles: Children's Physical and Virtual Spatial Programming Experiences	Burlson, W.; Harlow, D, B.; Nilsen K., J.; Perlin, K.; Freed, N.; Jensen, C.; P. Lahey; Lu P.; Muldner, K.	2017
31	A Design Methodology of Programmable Tangible Blocks for Early Childhood Educational Robotic System	Mariappan, M.; Sing J.C.; Nadarajan, M.	2015
32	Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade	Sullivan, Amanda Bers, Marina	2015
33	"I want my robot to look for food": Comparing Kindergartner's programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces	Strawacker, A.; Bers, M.	2014
34	Design and Evaluation of a Tangible-Mediated Robot for Kindergarten Instruction	Garcia-Sanjuan, F.; Jaen, J.	2015
35	MakeMe, CodeMe, ConnectUs: Learning digital fluency through tangible Magic Cubes	Lechelt, Z. R.; Marquardt, Y.; Frederik, N.B.	2016
36	Making Sense by Building Sense – Young Children's Understanding of the Adaptive Behaviors of Artifacts	Mioduser, D.	2010
37	Tangible programming mechatronic interface for basic induction in programming	Caceres, P.C.; Venero, R.P.; Cordova, F.C.	2018

Fonte: O autor

3.8.1 Dados Obtidos a Partir das Questões Norteadoras

Avaliando-se cada um dos trabalhos selecionados, eles foram agrupados de acordo com as questões norteadoras, conforme Tabelas (6 a 10).

Tabela 6 – Tecnologias/Plataformas adotadas

PLATAFORMAS	QUANTIDADE DE TRABALHOS	ID
Smartphone	8	19, 5, 8, 29, 36, 15, 4
Interface Tangível	26	1, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 25, 13, 14, 17, 2, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37
Tablet	9	19, 8, 10, 11, 18, 29, 36, 15, 4
Desktop	9	12, 16, 21, 24, 33, 36, 15, 4

Fonte: O autor

No que se refere a plataformas, destacou-se o uso de dispositivos móveis (*tablets, smartphones*) e interações físicas, com a manipulação de componentes no próprio dispositivo. A quantidade de trabalhos na Tabela 6 ultrapassa 37 pelo fato de que alguns artigos estão presentes em mais de uma categoria, como o trabalho de Sapounidis; Demetriadis (2012) (ID 11), que busca identificar as preferências das crianças entre o uso de interações físicas e o uso de telas, através da ferramenta híbrida Proteas Kit.

Tabela 7 - Tipos de Linguagem/Formas de Interação

FORMAS DE INTERAÇÃO	QUANTIDADE DE TRABALHOS	ID
LINGUAGEM VISUAL	16	15, 4, 5, 8, 10, 11, 1740, 12, 16, 18, 21, 24, 29, 33, 36
PROGRAMAÇÃO TANGÍVEL	27	1, 19, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 25, 13, 14, 17, 31, 2, 20,

		21, 30, 22, 23, 26, 28, 32, 33, 34, 35, 37
--	--	---

Fonte: O autor

Dentre os tipos de linguagem de programação utilizadas, a programação tangível se destaca aparecendo em 72,4% das ferramentas propostas; já o uso de linguagens gráficas é prevalente em cerca de 44,5% das ferramentas. Assim como na Tabela 6, na Tabela 7, o número de trabalhos ultrapassa 37, pois cerca de 17% das ferramentas identificadas se caracterizam por utilizar mais de um tipo de linguagem de programação. Uma das ferramentas com essa característica denominada CHERP, é apresentada em Strawhacker; Bers (2015) (ID 33), sendo composta de código de cores e um nível elevado de instruções de programação, como *“forward”*, *“spin”* e *“beep”*, essas instruções podem ser escritas usando uma interface de computador, na tela ou blocos de madeira tangíveis.

Figura 10 - Interfaces gráfica e tangível da ferramenta CHERP



Fonte: (Strawhacker; Bers, 2015)

Tabela 8 - Intervenção de adultos no processo de utilização/interação?

INTERVENÇÃO	QUANTIDADE DE TRABALHOS	ID
SIM	37	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,

		10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
NÃO	-	-

Fonte: O autor

Como especificado na Tabela 8, a participação e intervenção de adultos no uso das ferramentas aparecem em todos os trabalhos, ocorrendo de diferentes formas. Procurou-se classificar as formas de intervenção em dois diferentes grupos: inicial e pontual. A intervenção inicial ocorre quando há uma apresentação da ferramenta por um adulto, como caracterizado em Vizner; Strawhacker (2016) (ID 26). A intervenção do tipo pontual é definida pela participação dos adultos quando essa é solicitada pelas crianças, ocorrendo principalmente em um contexto de instrução em relação ao uso dos ambientes de programação. Esse tipo de intervenção ocorre na maioria dos trabalhos selecionados, considerando o caráter educativo de grande parte das propostas, como visto em Lechelt *et al.* (2017) (ID 35), no qual o conjunto de blocos CodeMe são utilizados para o ensino de conceitos de IOT e programação.

Tabela 9 - Dispositivo Programável

ARTEFATO FÍSICO	QUANTIDADE DE TRABALHOS	ID
ROBÔ	34	15, 1, 19, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 1796, 13, 14, 17, 8912, 18, 2, 20, 21, 22, 31, 23, 24, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37
OUTROS	3	25, 26, 30

Fonte: O autor

Em 92% dos trabalhos selecionados (Tabela 9), os dispositivos físicos controlados são artefatos robóticos, de tipos variados como robôs móveis e humanoides. Em Benotti *et al.* (2017) (ID 15), o ambiente de programação

multilinguagem UNC++Duino é proposto, sendo que o *hardware* controlado é um robô de três rodas composto de sensores e atuadores, tendo como microcontrolador a plataforma Arduino.

Figura 11 - Robô móvel controlado a partir da plataforma UNC++Duino



Fonte: Benotti *et al.* (2017)

Tabela 10 - Considerações de design da aplicação apreciam referencial teórico/diretrizes/recomendações de comportamento ou design

REFERENCIAIS	QUANTIDADE DE TRABALHOS	ID
SIM	14	1, 3, 6, 8, 9, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 24, 30, 31
NÃO ESPECIFICADO	23	15, 5, 7, 10, 11, 12, 25, 16, 2, 20, 22, 23, 26, 28, 29, 32, 33, 34, 36, 37

Fonte: O autor

Como apresentado na Tabela 10, em boa parte dos trabalhos (cerca de 64%), não foi especificado o referencial teórico considerado, ou houve detalhamento de atividades relacionadas o design das ferramentas propostas. Porém, em 36% desses, esse aspecto aparece, com destaque para o uso do DP, com as crianças contribuindo no processo de construção das ferramentas, principalmente em etapas de estudo de viabilidade, alguns exemplos são descritos nos parágrafos a seguir.

Em Ramírez-Benavides *et al.* (2016) (ID 18), o ambiente de programação TITIBOTS foi desenvolvido e avaliado com a aplicação de várias abordagens de interação humano-computador, como o DP, prototipagem e testes de usabilidade. Foram utilizadas técnicas de design centrado no usuário, no qual o desenvolvimento ocorreu em diferentes fases e a participação de crianças no processo foi recorrente.

Em Garcia-Sanjuan *et al.* (2015) (ID 34), também há a participação das crianças no processo de avaliação, sendo essas observadas durante a utilização do protótipo. Aspectos como reações positivas, reações negativas, comportamentos sociais, padrões de interação, problemas de interação e o sucesso na conclusão das tarefas foram considerados.

Nos testes dos protótipos da ferramenta apresentada em Wistort; Breazeal (2011) (ID 6), as crianças utilizaram protótipos da ferramenta e foram observadas pelos designers. Nesse trabalho a técnica *Wizard of Oz* foi utilizada, na qual os participantes interagem com um sistema computadorizado que creem ser independente, mas que é controlado parcialmente ou em sua totalidade por um ser humano (Wistort; Breazeal, 2011). Em Baccino *et al.* (2004), a *Wizard of Oz* também foi utilizada, com o objetivo de garantir o funcionamento do robô de acordo com a intenção das crianças.

Em KWON *et al.*, (2012) (ID 14), uma série de características comuns presentes em outras ferramentas de programação tangível são consideradas para a construção do ambiente de programação proposto. Dentre essas qualidades estão: acessibilidade, fácil depuração, permitir a cooperação e a presença de comandos de fácil compreensão.

Em Sullivan *et al.* (2015) (ID 1), o robô denominado KIBO utiliza programação tangível e dispensa o uso de telas como justificativa para essa abordagem, está o alinhamento com as recomendações da *American Academy of Pediatrics*²⁰, que recomenda que crianças pequenas tenham um tempo moderado de *screen time*²¹ por dia. Assim como em ID 14, o desenvolvimento da linguagem de programação, foi

²⁰ <https://www.aap.org/en-us/Pages/Default.aspx>

²¹ Se refere ao tempo gasto em frente a telas

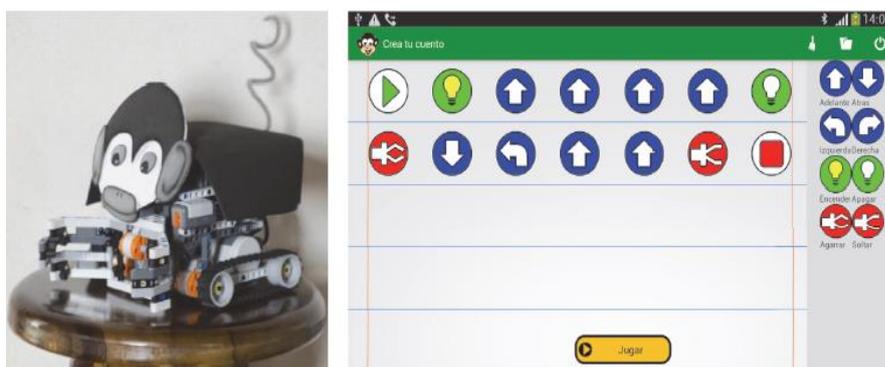
inspirado por um conjunto de características comuns presentes em outras propostas de programação tangível.

3.9 Limitações e Conclusões

A partir do levantamento realizado, observou-se o pequeno número de pesquisas relacionadas à programação de dispositivos físicos por crianças na primeira infância (cerca de 2%) da seleção inicial de 1740 trabalhos, sendo que grande parte desses tem caráter educativo, com o objetivo de apresentar conceitos de computação, fazendo uso da robótica educacional como metodologia.

Um exemplo de trabalho com viés educativo é apresentado em Ramírez-Benavides *et al.* (2016) (ID 8), que descreve a implementação de ambiente de programação para robôs utilizando dispositivos móveis (figura 13). O trabalho ressalta a importância do ensino da programação na primeira infância, para o desenvolvimento de habilidades como o pensamento lógico, a criatividade e a capacidade de solucionar problemas.

Figura 12 - Dispositivo Robótico TITIBOTS e Ambiente de Programação



Fonte: Ramírez-Benavides *et al.* (2016)

Um dos trabalhos selecionados que não utiliza robôs móveis, mas também apresenta como característica estar inserido em um contexto educacional é apresentado em Lechelt *et al.* (2016) (ID 25). A pesquisa propõe o kit de ferramentas *ConnectUS*, que consiste em um conjunto de cubos interativos projetados para facilitar a exploração de programação e eletrônica no aprendizado de conceitos de IOT.

Observa-se que não é definida uma proposta de MI para a programação de dispositivos físicos por crianças na primeira infância, porém, características marcantes foram identificadas nos trabalhos selecionados e foram consideradas para a construção do modelo a ser apresentado, como a participação de adultos, mesmo que de forma parcial na programação dos dispositivos e as tendências de uso de programação tangível e linguagens visuais com suporte de plataformas móveis como tablets e *smartphones*.

Capítulo 4

ESTUDO DE CASO

Com base no objetivo principal deste trabalho, que é o de identificar, definir e classificar um conjunto de recomendações para que designers construam ambientes de programação IOT voltados para crianças pequenas, foi realizado um Estudo de Caso.

Neste estudo de caso, atividades de DP foram conduzidas com a participação de um grupo de 30 crianças entre 4 e 6 anos de idade e 4 cuidadoras (adultas). A pesquisa foi conduzida em parceria com uma Creche Estadual no município de Cuiabá e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar (CAEE 96332518.4.0000.5504).

4.1 Participantes

A partir de uma reunião entre o pesquisador e a coordenação pedagógica da instituição parceira, os potenciais participantes da pesquisa foram selecionados, de acordo com a disponibilidade de horários da instituição parceira e público alvo da pesquisa (crianças entre 4 e 6 anos de idade). Com base nessa seleção inicial, uma assembléia foi conduzida com a participação dos responsáveis legais pelas crianças, onde o pesquisador apresentou o projeto, seus objetivos e descreveu as atividades a serem realizadas. Com a anuência dos responsáveis legais através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, além da Autorização de Captação de Exibição de Imagem, Som e Nome, foi estabelecido junto a coordenação pedagógica da instituição parceira um cronograma para a realização das sessões. As crianças participantes foram divididas em dois grupos, sendo essa divisão realizada com base na faixa etária, dessa forma um grupo denominado G1 foi formado por crianças entre 5 e 6 anos de idade e outro denominado G2, foi composto por crianças entre 4 e 5

anos de idade. Além das crianças participantes, duas professoras e duas ADIs (auxiliar de desenvolvimento infantil), participaram da pesquisa, sendo identificadas como cuidadoras. Cada grupo foi acompanhado por uma dupla de cuidadoras que participaram em conjunto com as crianças das atividades propostas.

Das 30 crianças participantes, 16 eram do sexo feminino e 14 do sexo masculino, tendo a mais jovem 4 anos de idade e a mais velha 6 anos, todas possuindo nível de alfabetização compatível com a sua faixa etária. As crianças participantes indicaram fazer uso frequente de dispositivos móveis (celular ou *tablet*), possuindo alguma habilidade para o uso de telas *touchscreen*, assim como conhecimento básico de navegação e uso de aplicativos nesses dispositivos. As crianças participantes indicaram não ter conhecimento prévio sobre programação ou a IOT.

As participantes adultas indicaram fazer uso diário de dispositivos móveis (celular ou *tablet*), possuindo habilidade com o uso de telas *touchscreen*, navegação e uso de aplicativos nesses dispositivos, entretanto nenhuma possuía conhecimento prévio de programação ou IOT.

4.2 Protótipos Programáveis

Para a realização das atividades, os participantes foram apresentados a dois protótipos de dispositivos programáveis, sendo o primeiro, um robô em papelão e o segundo um abajur. Como visto na RS da literatura, a ludicidade presente no uso de dispositivos robóticos faz com que o uso desses artefatos seja comum na literatura quando há a proposição de soluções para a programação de dispositivos por crianças pequenas.

A escolha do abajur foi feita considerando a potencialidade para integração de diferentes funções a esse elemento e por sua característica de ser usual e facilmente identificável em um ambiente doméstico. O uso do abajur reforça a ideia das crianças programando objetos do seu cotidiano e que não são necessariamente brinquedos.

Durante as atividades os participantes foram estimulados a expressarem suas considerações sobre os protótipos apresentados, possíveis funções (ações) a serem realizadas por esses e como seriam programadas essas ações.

Figura 13 - Protótipos de Dispositivos Programáveis utilizados



Fonte: O autor

4.3 Descrição das Atividades

Foram realizados quatro encontros semanais, sendo dois encontros com cada um dos grupos, nos quais as mesmas atividades realizadas com o grupo G1 foram posteriormente executadas com o grupo G2.

As atividades de design foram planejadas previamente pelos pesquisadores envolvidos e posteriormente discutidas com a coordenação pedagógica da instituição parceira. A partir dessas reuniões ajustes foram realizados em relação ao planejamento inicial a fim de adequar as atividades à disponibilidade de horários e espaço físico da unidade escolar.

Em cada uma das quatro sessões foram realizadas atividades similares, ocorrendo apenas a mudança do protótipo de dispositivo programável apresentado para as crianças, de sessão para sessão, sendo o robô em papelão utilizado na primeira sessão de cada grupo e o abajur na segunda sessão de cada grupo.

O uso de dispositivos diferentes em cada sessão caracterizou um processo iterativo, que teve como objetivo fazer com que os participantes fixassem conceitos necessários para vislumbrar a ideia de programação e controle de diferentes dispositivos através de uma mesma interface.

As atividades realizadas respeitaram uma sequência pré-definida e foram assim denominadas: “O Mestre Mandou”, “Controlando o Dispositivo” e “Desenhando a Interação”, o Quadro 2 apresenta a descrição das mesmas.

Quadro 2 - Descrição das Atividades Realizadas em Cada Sessão

ATIVIDADES	<p>1ª Dinâmica de Grupo: O mestre Mandou: Nesta atividade foram trabalhados os conceitos de comando e controle. O pesquisador (mestre), ficou à frente dos participantes e definiu tarefas a serem realizadas precedidas da frase “O mestre mandou”.</p>
	<p>2ª Dinâmica de Grupo: Controlando o Dispositivo: Nesta atividade, os alunos organizados em um círculo foram apresentados a um protótipo de dispositivo programável e a um <i>tablet</i>. Eles foram estimulados a sugerir ações a serem realizadas pelo dispositivo e formas de controlar a realização destas ações através de um <i>tablet</i>.</p>
	<p>3ª Dinâmica de Grupo: Desenhando a interação: Nesta atividade foi proposto aos participantes que com o uso de lápis de cor, giz de cera e papel, confeccionassem desenhos de uma possível interface de controle para o dispositivo apresentado através do <i>tablet</i>.</p>

Fonte: O autor

Além do registro em áudio e vídeo realizado por um auxiliar presente em cada uma das sessões, foi confeccionado um diário de campo, no qual o pesquisador responsável fez o registro de suas observações sobre o andamento das atividades, comportamento das crianças e possíveis impressões que contribuíssem para o andamento da pesquisa. Após cada sessão realizada, estas eram avaliadas e se necessário readaptadas considerando êxitos e dificuldades encontrados, sem desprezar o planejamento e objetivos gerais da pesquisa.

4.3.1 Dinâmica de Grupo 1 - O Mestre Mandou

Em cada sessão, os participantes dos grupos G1 e G2, previamente selecionados, com a concordância dos seus responsáveis legais, foram conduzidos por suas respectivas cuidadoras até a sala da unidade escolar antecipadamente escolhida pela coordenação pedagógica para a realização das atividades.

Antes do início de cada sessão, foi feita a conferência dos nomes dos participantes pelas cuidadoras, também voluntárias da pesquisa, a partir de então o pesquisador realizou uma breve explanação, onde se apresentou e mostrou os equipamentos utilizados para o registro das sessões (câmeras). Após o primeiro contato, os participantes foram questionados se concordavam em realizar as atividades e sempre com a anuência de todos os presentes estas tiveram início.

Na primeira prática realizada com cada um dos grupos (G1 e G2), o pesquisador explicou a execução da atividade, “O Mestre Mandou” e constatou que essa já era conhecida das crianças e cuidadoras, sendo um exercício realizado na escola habitualmente. Na primeira sessão com cada um dos grupos o pesquisador propôs as seguintes tarefas:

1. Pular em uma perna só;
2. Correr pela sala;
3. Caminhar como um robô;
4. Falar como um robô;

As tarefas 1 e 2 foram propostas, considerando um dos objetivos da dinâmica, fazer com que esta funcionasse como um “quebra gelo”, contribuindo para que os participantes se habituassem a presença do pesquisador, sentindo-se a vontade durante o desenvolvimento da sessão (Figura 15). As tarefas 3 e 4, além de contribuírem para com o objetivo principal da primeira atividade, que era o de reforçar os conceitos de controle e comando, permitiram que fosse feita uma relação com o dispositivo (protótipo de robô) a ser utilizado na segunda atividade da sessão (Controlando o Dispositivo).

Figura 14 - Atividade “O Mestre Mandou”, contribuiu para a consolidação de conceitos de controle e programação



Fonte: O autor

Na dinâmica de grupo “O Mestre Mandou” da segunda sessão realizada com cada um dos grupos as seguintes tarefas foram propostas:

1. Ficar parado como uma estátua;
2. Coletar o maior número de bolas coloridas;
3. Imitar um abajur acendendo uma luz (com o participante colocando uma bola colorida sobre a cabeça);
4. Imitar um abajur tocando uma música (com o participante cantando uma música enquanto estava com a bola colorida sobre a cabeça) ;

Para a dinâmica “O Mestre Mandou” da segunda sessão o pesquisador utilizou como material 200 bolas coloridas de 76 milímetros. O uso deste material teve como objetivo trazer ludicidade para as tarefas propostas. Na segunda sessão, o pesquisador buscou relacionar algumas das tarefas (3 e 4) com possíveis ações a serem realizadas pelo dispositivo (abajur) a ser empregado na segunda dinâmica de grupo a ser realizada (Controlando o Dispositivo).

Em todas as sessões o conhecimento prévio dos participantes sobre a primeira dinâmica proposta, “O Mestre Mandou”, facilitou o andamento da mesma, tendo o envolvimento das cuidadoras feito com que as crianças se sentissem mais a vontade na realização das tarefas. Todos os participantes realizaram as tarefas propostas,

demonstrando entusiasmo e se envolvendo de forma satisfatória o que contribuiu para o andamento das atividades subsequentes.

O uso das bolas coloridas na segunda sessão, foi importante ao trazer ludicidade as tarefas realizadas com destaque para a atividade 3 (Imitar um abajur acendendo uma luz), onde as crianças utilizando uma bola, simularam a cor da lâmpada acesa pelo abajur.

A participação das das cuidadoras contribuiu para o andamento das atividades subsequentes, na medida que estas além de realizarem as tarefas propostas, auxiliaram na organização dos materiais utilizados, bem como orientaram as crianças envolvidas. Nenhum participante demonstrou qualquer limitação na realização das tarefas propostas. Em média a dinâmica “O Mestre Mandou” teve a duração de cerca de 10 minutos.

4.3.2 Dinâmica de Grupo 2 - Controlando o Dispositivo

Em cada sessão realizada, a segunda dinâmica proposta foi denominada “Controlando o Dispositivo”. Nesta dinâmica os participantes dispostos em um círculo eram apresentados a um dispositivo, sendo um protótipo de robô na primeira sessão e um abajur na segunda sessão. O objetivo principal desta atividade era fazer com que os participantes vislumbrassem a possibilidade de controle dos protótipos apresentados através de um computador, neste caso, um dispositivo móvel (*tablet*).

Na primeira sessão realizada com cada grupo, a dinâmica Controlando o Dispositivo teve início com a apresentação do protótipo a ser controlado pelo pesquisador aos participantes. Após este primeiro momento, o pesquisador no centro do círculo, questionou as crianças se essas já conheciam ou já haviam utilizado um *tablet*. As crianças se manifestando livremente afirmaram de maneira geral já ter visto ou utilizado *tablets* ou dispositivos similares (celulares). Mesmo com a manifestação inicial positiva sobre o uso, o pesquisador procurou de forma breve explicar o que era um *tablet*, suas funções e possibilidades de uso, apresentando um aparelho para que as crianças vissem e tocassem. Após esta explicação, o pesquisador indicou que o dispositivo apresentado (robô) poderia ser controlado através de um computador, a partir daí, os participantes foram estimulados a imaginarem e verbalizar quais funções os dispositivos apresentados (protótipos) poderiam realizar e como isto se daria

através do *tablet*. Na segunda sessão, a dinâmica foi repetida, porém o dispositivo a ser controlado via *tablet*, foi o abajur.

Com relação a tarefas a serem realizadas pelos protótipos foi recorrente nesta dinâmica a sugestão de ações simuladas na dinâmica anterior (O Mestre Mandou) como por exemplo, o robô andar, falar ou o abajur acender luzes coloridas. As crianças tiveram total liberdade na sugestão de ações a serem realizadas pelos protótipos apresentados, desta forma, atividades como: comer chocolate, salvar a princesa e virar bombeiro, foram sugeridas. A sugestão de ações dadas pelas cuidadoras durante a atividade foram repetidas pelos alunos, como a ação de gravação e reprodução de voz no abajur e a ação de seguir o dono, para o robô. Sugestões de ações a serem implementadas ditas por mais de um participante como a programação de movimentação do robô e reprodução de áudio por ambos os protótipos foram destacadas no caderno de campo.

Figura 15 - Grupo G1 durante atividade Controlando o Dispositivo



Fonte: O autor

Em ambos os grupos e sessões, a repetição da descrição de ações na interface para o controle dos dispositivos foi uma característica apresentada, como o clicar, arrastar e o desenhar. Em ambos os grupos e sessões, ações de interação não atreladas ao uso da tela do *tablet* foram propostas, como a ação de falar diretamente com o protótipo. Nesse sentido o uso de um computador para controlar o protótipo foi

questionada por um participante: ‘Por que não falar pra (sic) ele direto (sic) o que ele tem que fazer?’.

Além de ações a serem implementadas nos dispositivos, a aparência do ambiente de programação foi descrita por alguns participantes, como cores a serem utilizadas na interface e a representação gráfica do dispositivo a ser programado. Estas sugestões explanadas de forma verbal nesta dinâmica, foram instanciadas pelos participantes posteriormente na atividade “Desenhando a Interação”.

Algumas crianças não se manifestaram durante a atividade e instigadas pelo pesquisador a sugerir ações a serem realizadas pelos dispositivos ou descrever a interface de programação, repetiram falas anteriores de outros membros do grupo.

4.3.3 Dinâmica de Grupo 3 - Desenhando a Interação

Na terceira dinâmica denominada “Desenhando a Interação” aos participantes foi sugerida a confecção de desenhos que representassem suas ideias com relação a interface do ambiente de programação para o controle dos dispositivos apresentados em cada sessão.

Os participantes, incluindo as cuidadoras, receberam folhas com a ilustração de um *tablet* e foram instruídos a desenharem como seria a interface para a programação do dispositivo apresentado, sendo que na primeira sessão este dispositivo foi o protótipo de robô em papelão e na segunda sessão o abajur. Para a confecção dos desenhos foram disponibilizados além das folhas com a ilustração de um *tablet*, lápis de cor e gizes de cera, borrachas e apontadores. O pesquisador solicitou que cada um dos participantes descrevesse o desenho assim que estivesse pronto, essa descrição contribuiu para que alguns dos materiais produzidos fossem melhor compreendidos.

Figura 16 - Atividade Desenhando a Interação



Fonte: O autor

Os participantes em grande parte demonstraram compreensão e se sentiram estimulados na realização da atividade, porém, em ambos os grupos, algumas crianças demonstraram dificuldades seja no entendimento da atividade proposta, ou em representar suas ideias de forma desejável. Esses participantes solicitaram ajuda a outros membros do grupo e ao pesquisador, conforme transcrição do diálogo apresentado na Tabela 12. Nestes casos, o pesquisador procurou intervir e explicar novamente o objetivo da atividade, tranquilizando o participante e orientando-o a imaginar a interface do ambiente de programação relacionado ao dispositivo apresentado, tendo o cuidado de influenciar minimamente na representação a ser realizada.

Tabela 3 - Transcrição de Diálogo Pesquisador/Participante

Participante: Tio, eu não sei fazer.

Pesquisador: Você não sabe desenhar?

Participante: Eu não sei o que é pra (sic) desenhar?

Pesquisador: Tudo bem. Vou te explicar novamente. Lembra que você vai controlar o robô utilizando o *tablet*? Imagine que o *tablet* está na sua frente, o que você acha que tem que ter na tela para controlar o robô?

Participante: Tenho que desenhar o botão?

Pesquisador: Você vai controlar o robô por um botão?

Participante: É, vou apertar o botão para ele falar.

Pesquisador: Então, pode desenhar o botão e o que mais você acha que deve ter na tela do *tablet* para controlar o robô.

Participante: Tá, vou desenhar o robô também.

Fonte: O autor

Ainda que com auxílio do pesquisador e cuidadoras, houve o registro de alguns participantes que não conseguiram materializar nos desenhos suas concepções, apesar de terem verbalizado suas ideias de interface na dinâmica anterior (Controlando o Dispositivo). Dos 30 participantes, foram identificados 7, sendo 4 do grupo G1 e 3 do grupo G2, que em pelo menos uma das sessões não realizou a atividade, alegando cansaço, não ter vontade de realizar a tarefa ou não saber fazer a tarefa. Também foram registrados que 8 participantes, sendo 3 do grupo G1 e 5 do grupo G2, limitaram-se apenas a colorir a ilustração disponibilizada, demonstrando insegurança, alegando não saber como desenhar ou não ter vontade de fazer a atividade. A transcrição do diálogo na tabela 13 e alguns exemplos de desenhos selecionados (Figura 18) demonstram esta dificuldade.

Tabela 4 - Transcrição de Diálogo Pesquisador/Participante

Pesquisador: Oi, o que você está desenhando?
Participante: Estou pintando.
Pesquisador: Mas você não vai desenhar o que vai na tela do *tablet*, para controlar o abajur?
Participante: Não, vou só pintar
Pesquisador: Lembra que você falou em clicar no *tablet*, para o abajur acender? Será legal se você fizer a tela do *tablet*, como controlar o abajur
Participante: Eu não sei fazer, vou só pintar, o meu *tablet* é verde

Fonte: O autor

Cada participante ficou livre para produzir quantos desenhos desejasse, desta forma, um total de 74 desenhos foram confeccionados.

Figura 17 - Dificuldades Apresentadas na confecção dos desenhos



Fonte: O autor

4.4 Análise dos Dados Coletados

Nesta seção apresentamos três características identificadas através da análise do material coletado durante as dinâmicas realizadas no estudo de caso. Estas características aqui destacadas foram percebidas de forma recorrente nos dois grupos de voluntários e nas quatro sessões realizadas. O material analisado incluiu os registros audiovisuais, caderno de campo e desenhos confeccionados na dinâmica “Desenhando a Interação”.

4.4.1. Participação de Adultos

De forma espontânea a participação de adultos no processo de controle do protótipo de robô apresentado foi proposta pelos participantes em momentos distintos. Na sessão 1 realizada com o grupo G1, um dos participantes sugeriu que para o controle de movimentação do robô, poderia haver auxílio de uma das cuidadoras, conforme transcrição de diálogo apresentado na Tabela 14.

Tabela 5. Transcrição Diálogo Pesquisador/Participante

Pesquisador: O seu robô andaria para todos os lados?
Participante: Ele iria correr e girar, mas não iria para trás.
Pesquisador: E é só apertar um botão e ele iria andar?
Participante: Isso, aperta o botão e ele anda e quando eu apertar de novo ele para.
Pesquisador: E se você apertar o botão e ele não parar
Participante: Daí eu aperto de novo
Pesquisador: E se ele não parar?
Participante: Daí eu peço ajuda para a Tia Talita (cuidadora).

Fonte: O autor

A intermediação de adultos também foi explicitada na atividade “Desenhando a interação”, onde as cuidadoras, pais e outros responsáveis eram representados nos desenhos (figura 19).

Figura 18 - Representação da Participação de Adultos no uso do ambiente de Programação



Fonte: O autor

A participação dos adultos nos desenhos foi descrita pelas crianças como aqueles que utilizariam o ambiente de programação junto com elas, como exemplificado na figura 19, que mostra o desenho confeccionado e a transcrição do diálogo entre pesquisador e participante correspondente ao desenho. Estas representações ficaram claras ao pesquisador, apenas após a explicação dos participantes.

Quadro 3 - Desenho e Transcrição do Diálogo entre pesquisador e participante

	<p>Pesquisador: Que legal o seu desenho, o que você fez?</p> <p>Participante: O tablet e o abajur.</p> <p>Pesquisador: E quem são estas pessoas?</p> <p>Participante: É eu (sic), meu pai e minha mãe.</p> <p>Pesquisador: Mas, os seus pais também controlam o abajur?</p> <p>Participante: vão (sic).</p> <p>Pesquisador: E como eles fazem para usar o abajur?</p> <p>Participante: Eles vão (sic) me ajudar.</p> <p>Pesquisador: Hum! Legal. E como você e seus pais irão controlar o abajur?</p> <p>Participante: Nós vamos falar para ele fazer e ele faz.</p> <p>Pesquisador: Olha, que legal, então o seu abajur entende português?</p> <p>Participante: Tem que gravar para ele entender.</p> <p>Pesquisador: Entendi e quem vai gravar para o abajur?</p> <p>Participante: Eu e meu pai, minha mãe usa o tablet.</p>
--	--

Fonte: O autor

4.4.2 Representação Gráfica dos Dispositivos Programáveis e Suas Funções

Outra característica marcante, foi a representação dos dispositivos programáveis. Essa característica foi sugerida por um participante na segunda dinâmica (Controlando o Dispositivo), conforme transcrição no diálogo entre pesquisador e participante durante a segunda sessão com o grupo G2 apresentado na Tabela 15.

Tabela 6 - Transcrição diálogo pesquisador/participante - Representação gráfica do dispositivo programável

Pesquisador: E o que mais vocês acham que deve ter na tela do *tablet*, para controlar o abajur?

Participante: Tio, vai ter o abajur

Pesquisador: Você acha que o abajur tem que aparecer?

Participante: Sim

Pesquisador: E se depois eu quiser controlar um carrinho com um *tablet*.

Participante: Daí (sic) você clica no carrinho

Pesquisador: Entendi, o carrinho também aparece na tela

Participante: Isso

Fonte: O autor

Na terceira dinâmica (Desenhando a Interação), a representação gráfica aparece em 35 dos 74 desenhos confeccionados. Tanto o robô, quanto o abajur foram representados nas 4 sessões realizadas, com diferentes níveis de detalhamento, como destacado na Figura 20.

Figura 19 - Representação dos Dispositivos Programáveis





Fonte: O autor

Além do dispositivo a ser programado, suas funções/ações também foram representadas em alguns dos materiais confeccionados, como exposto no quadro 4.

Quadro 4 - Desenho com a representação de ações do dispositivo e transcrição do diálogo pesquisador/participante correspondente

	<p>Pesquisador: Muito legal o seu desenho, bem colorido, pode me explicar o que você fez?</p> <p>Participante: Coloquei o robô, e os botões para ele fazer as coisas.</p> <p>Pesquisador: Ah é? Cada botão faz uma coisa diferente?</p> <p>Participante: É</p> <p>Pesquisador: E o que o robô saber fazer?</p> <p>Participante: Ele viaja de foguete, cozinha, vira bombeiro, toca música</p> <p>Pesquisador: Nossa, que robô bacana e quem é este homem do lado dele</p> <p>Participante: É você</p> <p>Pesquisador: Ah é? E porque eu apareço no seu desenho? Sou eu que vou controlar o robô?</p> <p>Participante: Não sou eu, <i>no tablet</i>, mas eu quis te colocar</p>
--	--

Fonte: O autor

4.4.3 O uso de Botões Para Controle dos Dispositivos

Durante a atividade “Controlando o Dispositivo” a sugestão do uso de botões para controle foi feita por mais de um participante conforme transcrições apresentadas na tabela 16.

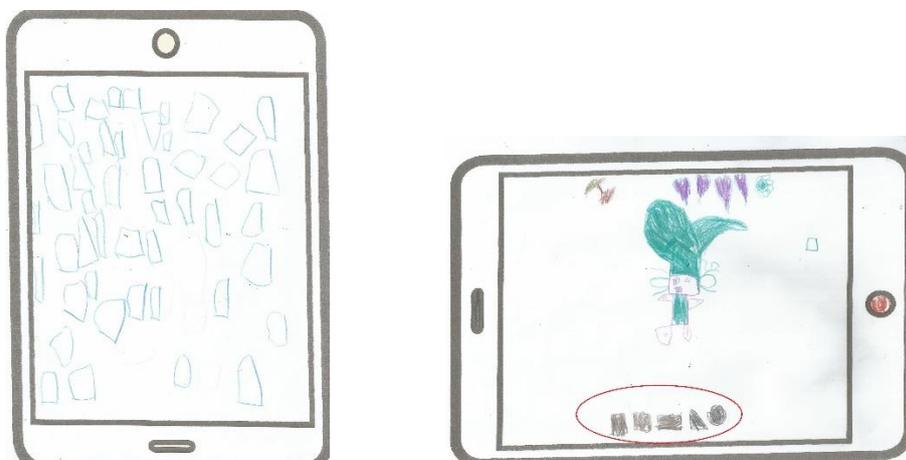
Tabela 7 – Transcrições onde os participantes indicam o uso de botões na interface de programação

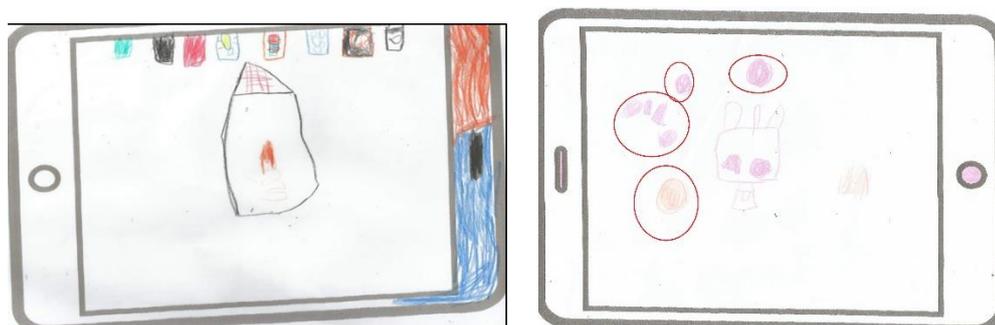
<p>Participante 1: No <i>tablet</i> tem que ter um botão para clicar</p> <p>Pesquisador: O que o botão vai fazer?</p> <p>Participante 1: Cada botão o abajur faz uma coisa, um acende, outro ele canta.</p> <p>Participante 2: Tem que ser botão colorido, rosa.</p> <p>Pesquisador: Quantos botões vocês acham que deve ter na tela?</p> <p>Participante 1: Um pra (sic) cada coisa que ele faz, pode ser 7.</p> <p>Participante 2: Pode ser mais, o meu vai ter 10.</p>	<p>Pesquisador: Vocês falaram em clicar na tela. Onde eu teria que clicar para fazer o robô falar, por exemplo?</p> <p>Participante: Vai ter o botão de falar</p> <p>Pesquisador: Entendi. Então eu vou usar botões.</p> <p>Participante: É, cada botão faz uma coisa, você usa um botão de andar e diz pra (sic) onde ele vai andar depois</p> <p>Pesquisador: Primeiro escolho andar, depois a direção.</p> <p>Participante: É</p>
--	--

Fonte: O autor

Na atividade seguinte, “Desenho a Interação”, a representação deste elemento de interface se destaca, ocorrendo de diferentes formas em 33 dos 74 desenhos confeccionados, alguns destes desenhos são representados na figura 21.

Figura 20 - Representação do Uso de Botões como elemento de interface





Fonte: O autor

A sugestão deste elemento de interface na segunda dinâmica pode ter sido fator determinante para que os botões tenham sido representados com frequência nos desenhos confeccionados. A partir da característica de atribuir aos botões ações a serem realizadas pelo dispositivo, surge a interpretação de que a modularização das ações a serem realizadas

4.5 Reflexões sobre o Estudo de Caso

O estudo de caso realizado foi importante ao indicar características, que em conjunto com aspectos identificados na RS, foram base para a construção do MI.

A realização do estudo de caso no espaço escolar, comum aos participantes, e o uso de materiais e métodos já conhecidos das crianças, como a prática do desenho, contribuiu para um envolvimento significativo na realização das atividades.

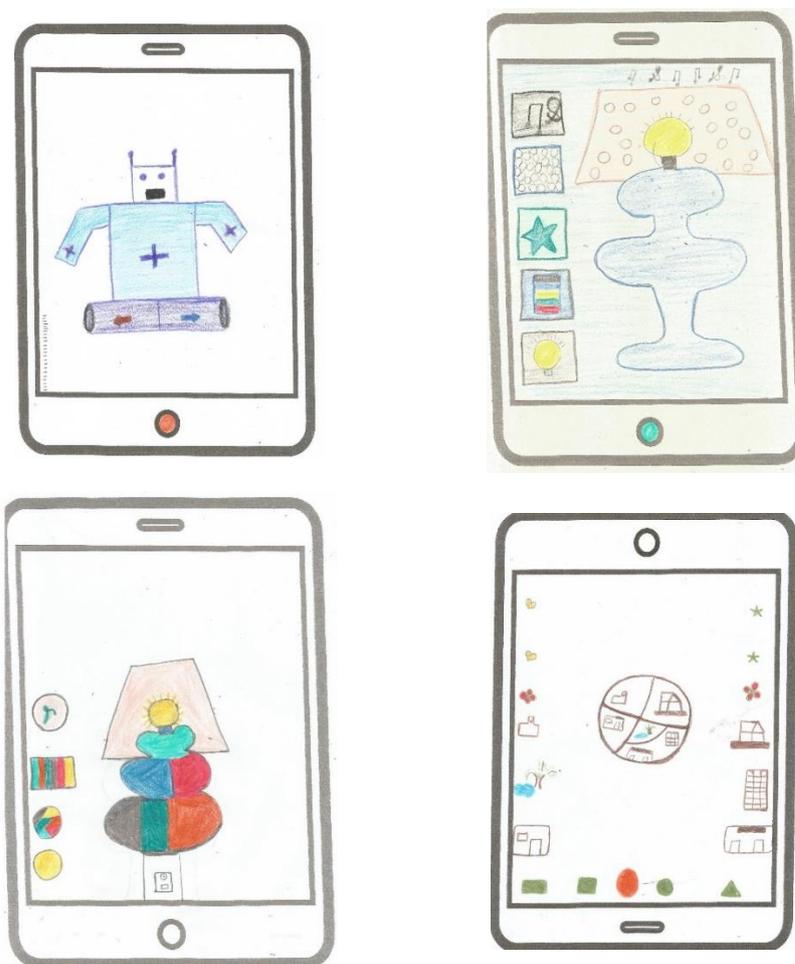
Ideias que apareceram desde a primeira dinâmica, foram repetidas ou reproduzidas em outras atividades. Como exemplo, temos a tarefa “andar como um robô”, proposta pelo pesquisador durante a dinâmica “O mestre Mandou” e que foi depois indicada como ação a ser realizada pelo robô na dinâmica “Controlando o Dispositivo”.

A participação das cuidadoras no estudo de caso foi significativa e contribuiu para que as crianças se sentissem à vontade durante a realização das tarefas. As cuidadoras realizaram todas as atividades propostas às crianças (Figura 22), além de auxiliarem o pesquisador no andamento das mesmas. Observou-se que a presença das cuidadoras influenciou no comportamento dos outros participantes. Algumas vezes as crianças repetem sugestões verbalizadas pelas cuidadoras durante

atividade “Controlando o Dispositivo”. As crianças também procuraram tirar dúvidas e pedir auxílio aos adultos, incluindo-se neste caso o pesquisador, na confecção dos desenhos durante a atividade “Desenhando a Interação”.

Na atividade “controlando o dispositivo” foi sugestão da cuidadora 1 do grupo G1, a integração de sensores aos dispositivos, para que esses interagissem com os usuários de acordo a sua presença. A cuidadora 1, do grupo G2, sugeriu que a interface de programação não apresentasse ou apresentasse pouco texto, ao observar que as crianças menores (4 anos) ainda possuíam um vocabulário limitado. A partir desta sugestão, a cuidadora 2, do grupo G2, sugeriu que a interface deveria mesclar textos e figuras, pois letras e palavras específicas poderiam ser reconhecidas pelas crianças o que facilitaria o uso do ambiente de programação. O uso de texto na representação das interfaces de programação, apareceu de forma discreta, o que confirmou a observação das cuidadoras.

Figura 21 - Desenhos confeccionados pelas Cuidadoras



Fonte: O autor

Além das características recorrentes apresentadas na seção 4.3, sugestões manifestadas de forma isolada por algum participante poderiam ser avaliadas. Como exemplo, temos o uso de comandos de voz, sugerida pela fala de um membro do grupo G1 durante a dinâmica “Controlando o Dispositivo”: ‘A gente podia (sic) falar no *tablet* para o robô andar,’.

Capítulo 5

REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE INTERAÇÃO

A partir da revisão sistemática da literatura e do estudo de caso, um conjunto de recomendações a ser utilizado por designers para a construção de ambientes de programação voltados para o controle de dispositivos IOT por crianças foi identificado e organizado, consistindo no MI proposto nesta pesquisa. Recomendações de design foram agrupadas de acordo com as particularidades de cada uma das camadas apresentadas no capítulo 2 e estão representadas na Tabela 17.

Tabela 8. Representação do Modelo de Interação

Camada	Características
Meio Social	<p>Processo de pré-configuração por adultos: Pais ou responsáveis devem habilitar dispositivos e funções a serem programadas.</p> <p>Histórico de ações realizadas: As funções programadas pelas crianças devem ser armazenadas em um histórico de utilização do ambiente de programação. O histórico deve ficar disponibilizado para posterior consulta pelos usuários, pais ou responsáveis.</p>
Pragmática	<p>Representação Gráfica dos dispositivos e funções a serem programadas: Devem ser representados no ambiente de programação os dispositivos habilitados a serem programados e suas funções, garantindo o entendimento por parte das crianças do que está sendo programado.</p> <p>Simulação da ação programada: Deve ser apresentado ao usuário, uma prévia (animação) das ações realizadas na</p>

	<p>programação de determinado módulo, apoiando a compreensão das crianças sobre as consequências de suas ações nos dispositivos.</p> <p>Padronização dos elementos: O sistema deve oferecer uma padronização dos elementos, quando estes se referirem a mesma ação na interface ou função a ser programada;</p> <p>Feedback imediato: Deve ser apresentado feedback imediato ao usuário sobre as ações realizadas durante o uso do ambiente de programação, de forma com que estes percebam com clareza o funcionamento do sistema. Este feedback deve ser apresentado em linguagem compatível com o público alvo.</p>
Semântica	<p>Elementos de Interface Inteligíveis: Elementos de navegação devem ser compatíveis e significativos à faixa etária do público alvo.</p> <p>Uso moderado de texto: O uso de texto deve ser moderado, considerando que crianças na faixa etária apreciada são em geral semialfabetizadas.</p>
Sintática	<p>Estrutura Top-Down/Modularização: O desenvolvimento da programação deve ocorrer em fases e no sentido <i>top-down</i>, ou seja, no qual cada fase deve ser obtida pelo refinamento de uma fase anterior. A definição do dispositivo a ser programado deve ocorrer antes da definição das funções a serem programadas.</p>
Empírica	<p>Conectividade: O dispositivo móvel a ser utilizado como unidade de controle deve possuir recursos básicos para o gerenciamento dos recursos de comunicação (leitores, atuadores e sensores) entre usuários e entidades físicas.</p> <p>Integração de Dispositivos e Recursos: A plataforma deve ser capaz de reconhecer e permitir a integração de novos recursos de comunicação;</p>
Meio Físico	<p>Uso de dispositivo móvel: Para o funcionamento do ambiente de programação, este deve ser materializado em um dispositivo móvel e interface <i>touchscreen</i>;</p>

5.1 Meio Físico

Na base da escada do MI, na camada meio físico, que trata dos recursos de hardware que são necessários para o uso de um sistema interativo, é recomendado o uso de plataformas móveis como celulares e tablets, dotados de requisitos mínimos relacionados à conectividade e controle de dispositivos IOT.

A recomendação do uso de dispositivos móveis tem como justificativa seu uso comum tanto na proposição de controladores universais, quanto em soluções de programação de dispositivos físicos por crianças. Segundo Fitriyah (2016), dispositivos inseridos no contexto de *Smart Homes* são em sua maioria concebidos tendo interfaces de controle baseadas em aplicações móveis e *touchscreen*. Como constatado na RS apresentada no capítulo 3, 18 dos 37 trabalhos selecionados propõem soluções baseadas em plataformas móveis, fazendo uso de *tablets* e *smartphones*.

Outro aspecto relevante diz respeito a facilidade de uso de interfaces *touchscreen* por crianças em relação a outras formas de interação como *mouse* e teclado. Como ressaltado por Frota et al. (2014), o uso de interfaces *touchscreen* exigem menor esforço de coordenação motora em relação ao uso de teclado ou do *mouse*.

5.2 Empírica

Na camada Empírica destacamos o aspecto da conectividade. Pela definição de Casagras (2009), um ambiente IOT é formado por pelo menos um usuário e uma entidade física que interagem através de leitores, sensores e atuadores. Dessa forma, é desejável que a unidade de controle (plataforma), tenha requisitos mínimos para o gerenciamento dos recursos de comunicação entre usuário e entidade física.

Outra recomendação elencada na camada Empírica é a possibilidade de integração e controle de novos dispositivos e ferramentas de comunicação a plataforma. A presença desta característica, possibilitaria que novos dispositivos IOT,

que respeitassem especificações técnicas pré-definidas, pudessem ser conectados a plataforma, podendo ser controlados por uma mesma interface de controle.

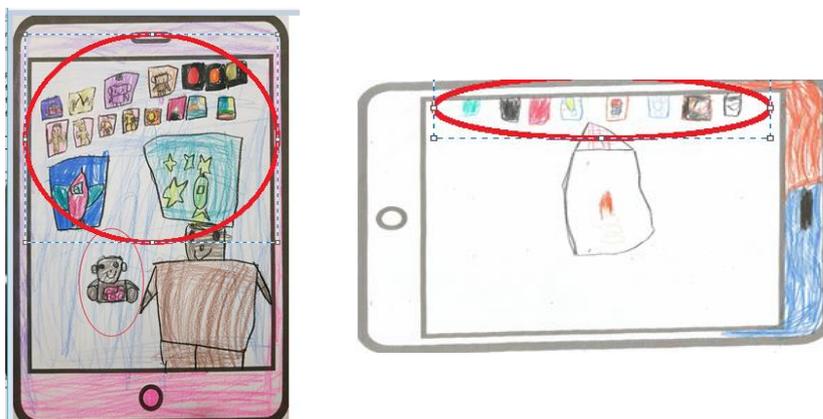
5.3 Sintática

Na camada Sintática da ES, o foco está na estrutura do software. Aqui deve-se considerar as informações sobre o grupo de ações que os usuários irão realizar em uma determinada ordem na interface. O uso de uma Estrutura de Programação Top-Down é uma recomendação presente nesta camada.

Esta recomendação surge a partir dos desenhos confeccionados durante o estudo de caso, que indicaram uma tendência dos participantes em representar um processo de refinamento. De acordo com Wirth (1971), no processo *top-down*, o programa é dividido em módulos, onde os módulos em um nível superior estão relacionados a tarefas mais gerais que ao serem implementadas prosseguem para módulos que estão relacionados a tarefas mais específicas. Após a implementação do módulo principal, os módulos subordinados são implementados e o processo segue desta forma (Wirth, 1971).

Na concepção das interfaces vislumbradas, as crianças procuraram desenhar primeiramente os dispositivos a serem programados para depois representar as funções relacionadas aquele dispositivo. As funções relacionadas a cada dispositivo foram dispostas em botões (módulos), cada um responsável pela execução de uma função específica (figura 23).

Figura 22 - Desenhos representaram funções a serem programadas em módulos



Fonte: O autor

5.4 Semântica

Na camada semântica, “significado” é o conceito principal. Questões como o que os usuários compreendem da interface e a da expressividade dos ícones são consideradas aqui. Nesta camada o uso de uma linguagem compatível com a faixa etária do público alvo é essencial, nesse sentido foram definidas duas recomendações: o uso moderado de texto e a inteligibilidade dos elementos de navegação.

Durante o estudo de caso, o uso de texto ocorreu de forma discreta na concepção das interfaces de programação pelas crianças, o que pode ser justificado pelo fato de que nesta faixa etária as crianças ainda passam por um processo de alfabetização. Na concepção de interface realizada por uma das cuidadoras do Grupo G1, ao explicar sobre o material confeccionado, foi registrada a recomendação do não uso de texto, porém, no mesmo grupo, outra cuidadora defendeu o uso de elementos textuais, conforme transcrição de diálogo representado na Tabela 18.

Tabela 9 - Transcrição de Diálogo Pesquisador/Participante - Uso de texto na Interface

Pesquisador: Você pode me explicar o seu desenho? Como você pensou o ambiente de programação?

Cuidadora 1: Primeiro a criança escolhe o que vai controlar, assim que ela seleciona, aparece o objeto que ela vai controlar, neste caso o abajur. Aqui eu defini, acender a luz, apagar a luz, gravar som, tocar som...

Pesquisador: Interessante, o que mais você pode dizer sobre a tela que você desenhou?

Cuidadora 1: Me preocupei em fazer tudo bem colorido, pra (sic) deixar de um jeito bem infantil mesmo, e em não usar texto, já que as crianças deste grupo ainda não sabem ler direito.

Cuidadora 2: Ah! (sic), mas tem uns que sabem. Acho que algumas palavras simples poderiam aparecer, o nome da pessoa, o nome do objeto. Se a criança souber ler um pouco já ajuda.

Cuidadora 1: É, só se for assim, palavras simples, sem termos técnicos, talvez ajude. Mas seu fiz o meu sem texto.

Fonte: O autor

O uso moderado de texto combinado a elementos gráficos em interfaces para crianças também é uma recomendação de Mano (2005), ao indicar que a presença de elementos textuais facilita o uso de interfaces por crianças, na ausência de imagens e ícones significativos a este público.

5.5. Pragmática

Neste degrau da ES, a preocupação está relacionada ao do sistema interativo. Nesta camada a comunicação entre usuários e sistema é considerada. Como recomendação, temos a representação gráfica dos dispositivos a serem programados. Como apresentado no capítulo 4, foi recorrente durante o estudo de caso, na atividade “Desenhando a Interação”, a confecção de desenhos onde os participantes representavam os dispositivos a serem controlados. Esta representação deve contribuir para que as crianças tenham clareza com relação aquilo que estão controlando.

Nesse sentido, foi acrescida outra recomendação nesta camada, que é o uso de simulações das ações programadas. A partir dessas simulações os usuários podem ter clarificadas o real significado do que está sendo programado, sabendo qual será o efeito de suas decisões de programação.

5.6 Mundo Social

Na camada Mundo Social são considerados os processos que invocam, violam e alteram as normas sociais. Aspectos como configurações de privacidade e garantia questões éticas podem ser contempladas neste nível.

Considerando o contexto de uso de um ambiente interativo, onde dispositivos físicos são controlados por crianças pequenas, a participação de adultos no processo de uso deste ambiente é um aspecto a ser contemplado nesta camada. A importância da participação de adultos se baseia na necessidade manifestada pelas próprias crianças, denotada nesta pesquisa durante o estudo de caso, como explicitado no

capítulo 4. A RS da literatura, descrita no capítulo 3, também é base teórica para considerar este elemento, ao indicar que em 100% dos trabalhos selecionados há a intervenção de adultos no uso de ambientes de programação cujo público alvo são crianças pequenas.

A intermediação de adultos em um processo de pré-configuração do ambiente, através da habilitação de dispositivos a serem controlados e funções relacionadas, bem como o armazenamento de histórico de ações realizadas, são ações que podem contribuir para garantia da segurança das crianças e dos responsáveis da criança em relação ao uso do sistema, uma preocupação perene de pais e responsáveis em relação ao uso da tecnologias de informação e comunicação por crianças pequenas (**Technology and Young Children in the Digital Age**, 2016).

5.7 Considerações Sobre o MI

Para a consolidação das recomendações propostas pelo MI seu uso para a instanciação de soluções é importante, permitindo que a viabilidade das recomendações elencadas no modelo seja testada por designers. O uso do modelo permitirá também que novas recomendações sejam enumeradas. O próximo capítulo apresenta um estudo de viabilidade a partir de uma solução que considerou as recomendações definidas no MI.

Capítulo 6

AVALIAÇÃO DO MODELO DE INTERAÇÃO

Neste capítulo, é descrito o estudo de viabilidade do MI. A partir deste estudo foi possível averiguar a possibilidade de construção de uma solução de design a partir das recomendações elencadas no MI, posteriormente, a avaliação verificou a usabilidade da interface concebida.

A solução de design avaliada foi construída utilizando-se da Prototipação em Papel, definida por Snyder (2003) como uma atividade na qual usuários representativos realizam tarefas realísticas interagindo com uma versão em papel da interface que é manipulada por uma pessoa que simula o computador.

O processo de avaliação se apoiou no Percurso Cognitivo. O PC é um método analítico de inspeção de usabilidade que avalia uma proposta de projeto de IHC no contexto de tarefas específicas do usuário (Wharton *et al.*, 1994). Ele visa avaliar principalmente a facilidade de aprendizado do sistema, focando em quão fácil é para novos usuários realizarem tarefas neste sistema.

Após a realização do PC pelo pesquisador, a usabilidade da interface construída foi testada com a participação de um grupo de seis crianças. Esta avaliação consistiu no uso da solução de design idealizada a partir do MI, a partir de um cenário, onde a movimentação de um carrinho deveria ser programada.

A atividade permitiu saber se as crianças seriam capazes de utilizar uma solução construída para a programação de dispositivos físicos a partir do MI.

6.1 Solução de Design

Para a representação da solução de design foi feita a escolha da Prototipação em papel. A Prototipação em Papel é um estudo realizado em uma versão em papel de um projeto de design para obter *feedback* no início do processo de desenvolvimento (Snyder, 2003).

A escolha da Prototipação em Papel se deu pela possibilidade oferecida pela técnica de que com rapidez e baixo custo é possível testar a usabilidade da interface com a participação dos usuários, antes da construção de uma solução executável (Barbosa; Silva, 2010). É ressaltado por Snyder (2003) que protótipos em papel não produzem medições de usabilidade precisas, mas são instrumentos contundentes que rapidamente revelam informações qualitativas de usuários reais que executam tarefas reais.

6.1.1 Cenário de Uso

Um cenário de uso foi definido e delimitou o número de telas confeccionadas na construção do protótipo, este cenário é descrito na tabela 19.

Tabela 10. Descrição do Cenário de Uso

Cenário de Uso	Descrição
<p style="text-align: center;">Movimentação do Carrinho</p>	<p>A criança recebe do responsável um carrinho e um <i>tablet</i>. O responsável explica a criança que o carrinho é capaz de realizar várias tarefas e explica que para controlá-lo deve utilizar o <i>tablet</i>. O responsável pede para que a criança tente configurar o carrinho para que este se movimente pela sala. A criança fica livre para explorar o sistema e utilizando o ambiente de programação, consegue configurar o carrinho para que este ande pelo ambiente desviando dos obstáculos que encontra assim que o programa é carregado em sua memória.</p>

Fonte: O autor

6.1.2 Confeção do Protótipo

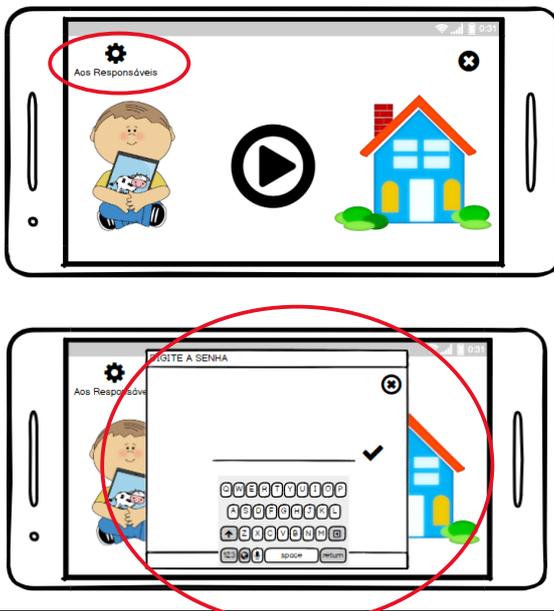
A representação do protótipo foi feita em *wireframes*²² criados com o auxílio da ferramenta Balsamiq²³. A partir dos *wireframes* e com o uso de materiais simples como caneta, lápis de cor, fitas e tesoura, o protótipo foi confeccionado.

Sendo cada *wireframe* a base de cada tela do ambiente de programação, menus, janelas e botões foram desenhados a mão e em pequenos pedaços de papel que eram utilizados conforme as interações do usuário com o protótipo.

As recomendações elencadas no MI, foram contempladas na confecção do protótipo, como relacionado na tabela 20, que mostra alguns dos *wireframes* criados e a relação dos seus elementos com algumas das características especificadas do MI.

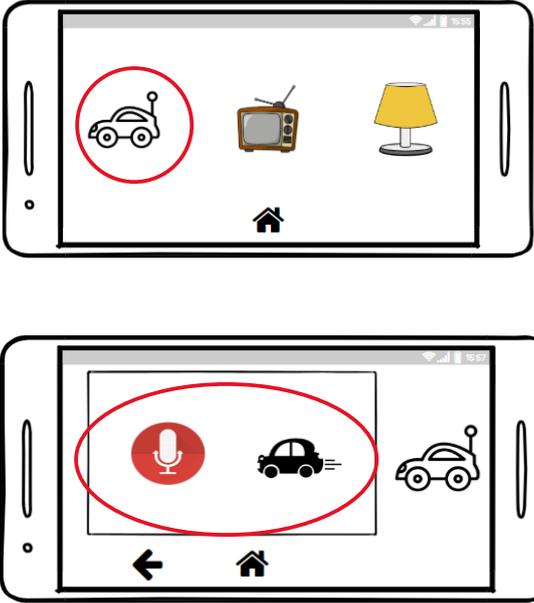
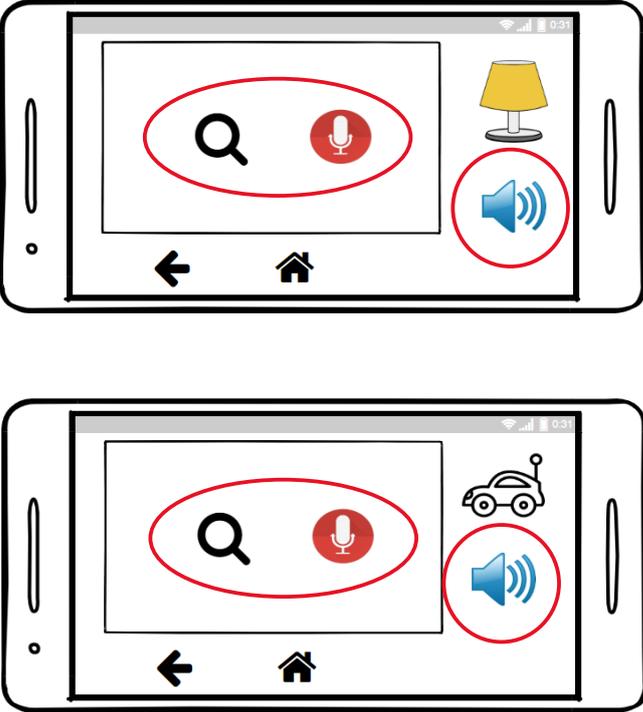
Além das recomendações do MI apresentadas na tabela, destacamos a proposta de uso do *tablet*, com base na recomendação definida pelo MI relacionada ao uso de dispositivos móveis.

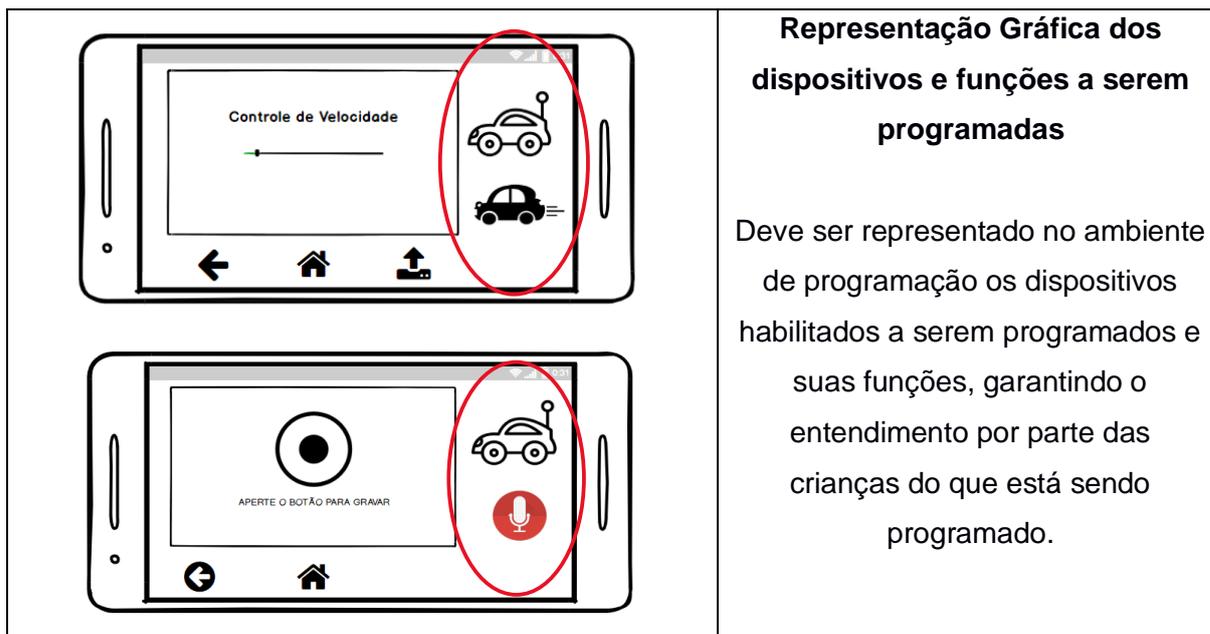
Tabela 11. Recomendações do MI contempladas no protótipo

Tela do Protótipo	Recomendações do MI
	<p style="text-align: center;">Meio Social</p> <p>Um espaço de acesso delimitado por senha e restrito aos responsáveis é definido. Recursos como a documentação do sistema, histórico de ações realizadas e o processo de pré-configuração poderiam ser acessados através deste ambiente</p>

²² É uma representação visual de baixa fidelidade, preocupando-se em descrever todos os elementos presentes da maneira mais simples possível (Ramos, 2018)

²³ <https://balsamiq.com/>

	<p style="text-align: center;">Estrutura Top Down</p> <p>O desenvolvimento da programação deve ocorrer em fases e no sentido <i>top-down</i>, ou seja, em cada fase deve ser obtida pelo refinamento de uma fase anterior. Nas figuras o usuário primeiro seleciona o dispositivo (carrinho), para depois escolher quais das funções disponíveis serão programadas (gravar som ou movimentar carrinho).</p>
	<p style="text-align: center;">Padronização dos elementos</p> <p>O sistema deve oferecer uma padronização dos elementos, quando estes se referirem a mesma ação na interface ou função a ser programada independente do dispositivo;</p>



6.2 Avaliação do Protótipo

Neste tópico são descritas as atividades de avaliação, o Percurso Cognitivo e os Testes com os Usuários. Após a descrição das atividades realizadas, uma análise dos resultados obtidos é apresentada.

A execução da avaliação da solução de design consistiu a em 4 etapas:

1. Realizar o PC para a ação andar do carrinho; (realizado pelo autor);
2. Criar uma lista de tarefas próprias que as crianças podem executar na interface;
3. Testar as tarefas com as crianças e registrar seus resultados;
4. Comparar as dificuldades experimentadas pelas crianças e os problemas previstos na etapa 1.

6.2.1 Percurso Cognitivo

Segundo Rieman *et al.* (1995) o PC é uma técnica para avaliar o design de uma interface de usuário, com atenção especial para quão bem a interface apoia a 'aprendizagem exploratória', ou seja, o uso pela primeira vez sem treinamento formal. Preece *et al.* (2002) enumera como pontos fortes dessa técnica a abordagem focada

nos problemas dos usuários e o fato que para aplicá-la não é necessário um sistema pronto.

Para Campos; Mano (2006) o PC se ajusta perfeitamente a avaliação com crianças pequenas, considerando que visa descobrir o que pode dar errado quando os usuários não têm conhecimento prévio do sistema. Este cenário na maioria dos casos é delineado quando se trata do uso de softwares por crianças, que tem pouca ou nenhuma experiência com as aplicações que utilizam em casa ou na escola e frequentemente têm que encontrar o seu próprio caminho em torno deles.

Definidas as tarefas e ações para sua realização, o PC tem como objetivo simular os passos tomados por um usuário sem conhecimento prévio da interface. O analista percorre a interface de acordo com a sequência de ações necessária para realizar cada tarefa e durante a execução das tarefas, o analista registra as respostas para as seguintes questões (Wharton *et al.*, 1994):

- a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto? (Vai formular a intenção correta?)
- b) O usuário vai notar que a intenção correta está disponível?
- c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?
- d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Diante dos objetivos da avaliação propostos o PC foi o método utilizado para a avaliação da solução de design construída.

6.2.2 Executando a Avaliação: PC

A Tabela 21, descreve as tarefas, Perfis de Usuário e PC realizado pelo autor.

Tabela 12. Descrição do Percorso Cognitivo

Tarefas	<ul style="list-style-type: none"> • Navegar até a tela de seleção dos dispositivos; • Selecionar o dispositivo carrinho; • Selecionar a função “andar” do carrinho; • Definir a velocidade em que o carrinho anda; • Fazer o upload da programação para o carrinho
----------------	--

<p>Perfil dos Usuários</p>	<ul style="list-style-type: none"> crianças entre 4 e 5 anos. Habilidade básica com o uso de touchscreen e dispositivos móveis. Pouca capacidade de escrita e leitura
<p>Conjunto de Ações (percurso)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ponto de Partida: Tela Inicial do Sistema (figura 21) Tarefas e Ações: <ul style="list-style-type: none"> Tarefa 1: Navegar até a tela de seleção dos dispositivos: <ol style="list-style-type: none"> Clicar no ícone play (associado ao início da aplicação); Tarefa 2: Selecionar o dispositivo carrinho: <ol style="list-style-type: none"> Na tela de seleção de dispositivos, clicar no ícone que representa o carrinho; Tarefa 3: Selecionar a função “andar” do carrinho: <ol style="list-style-type: none"> Na tela de funções disponíveis para o carrinho, clicar no ícone que se refere a ação de andar; Tarefa 4: Definir a velocidade em que o carrinho anda: <ol style="list-style-type: none"> Na tela de configuração da função andar, clicar e arrastar a barra de velocidade; Tarefa 5: Fazer o upload da programação para o carrinho: <ol style="list-style-type: none"> Na tela de configuração da função andar, clicar no ícone que representa a ação de envio (upload) da configuração para o carrinho; Confirmar ação de envio da configuração para o carrinho;

Fonte: O autor

Com base no modelo definido por Campos; Mano (2006), os resultados da avaliação realizadas pelo analista (autor) foram registrados na Tabela 22 indicando as questões e respostas para cada tarefa e respectivas ações associadas. Um S (sim) na tabela representa uma ação bem definida e um N (não) representa um possível problema de usabilidade.

Tabela 13 - Resultados do Percurso Cognitivo realizado pelo analista (autor)

Tarefa 1	Navegar até a tela de seleção dos dispositivos			
	Questões do PC			
Ações	a)	b)	c)	d)
Clicar no Ícone Play	S	S	S	S

Tarefa 2	Selecionar o dispositivo Carrinho			
	Questões do PC			
Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de seleção de dispositivos, clicar no ícone que representa o carrinho	S	S	S	S
Tarefa 3	Selecionar a função “andar” do carrinho			
	Questões do PC			
Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de funções disponíveis para o carrinho, clicar no ícone que se refere a ação de andar	S	S	S	S
Tarefa 4	Definir a velocidade em que o carrinho anda			
	Questões do PC			
Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de configuração da função andar, clicar e arrastar a barra de velocidade	N	S	S	S
Tarefa 5	Fazer o <i>upload</i> da programação para o carrinho			
	Questões do PC			
Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de configuração da função andar, clicar no ícone que representa a ação de envio (upload) da configuração para o carrinho	S	N	N	S
Confirmar ação de envio da configuração para o carrinho	S	S	S	S

Fonte: O autor

6.2.3 Executando a Avaliação: Testes Com Os Usuários

Os participantes dos testes de avaliação foram selecionados a partir dos grupos (G1 e G2) das atividades de DP realizadas no estudo de caso. Seis participantes, sendo três de cada grupo participaram dos testes. Os participantes incluíram crianças

entre 4 e 6 anos de idade, com habilidade moderada na utilização de telas *touchscreen* e entendimento elementar sobre os conceitos de atribuição de comandos e controle de dispositivos via dispositivo móvel.

Os testes ocorreram na sala de vídeo da Creche Estadual onde as atividades do estudo de caso foram realizadas anteriormente. Antes do início da avaliação foram lembradas às crianças as atividades anteriormente realizadas (estudo de caso) e explicado o objetivo da atividade de avaliação. Os testes foram realizados individualmente com a presença do avaliador e um auxiliar que realizou os registros em áudio, vídeo e caderno de campo que foram posteriormente analisados para o registro dos resultados dos testes.

O avaliador buscou conduzir o teste sem interferir nas ações dos participantes, evitando responder perguntas durante a realização do mesmo, mas tomando o cuidado para esclarecer possíveis questionamentos antes do início do teste. Foi uma preocupação também o uso de uma linguagem adequada a faixa etária dos participantes, evitando o uso de termos técnicos, que poderiam confundir as ações das crianças.

O registro dos resultados foi realizado com base na metodologia definida por Campos; Mano (2006), em que com base no cenário de uso definido, tarefas e ações associadas são indicadas, sendo que para cada ação foi utilizada a seguinte classificação: a) ação completada, b) ação completada com uma tentativa falha, d) ação completada com mais de uma tentativa falha, e) ação não completada. Os resultados são exibidos na Tabela 23, em que os números indicam a quantidade de participantes que conseguiram realizar as ações.

Tabela 14 - Resultados dos Testes Realizados com as Crianças

Tarefa 1	Navegar até a tela de seleção dos dispositivos			
	Resultados			
Ações	a)	b)	c)	d)
Clicar no Ícone Play	6	0	0	0
Tarefa 2	Selecionar o dispositivo Carrinho			
	Resultados			

Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de seleção de dispositivos, clicar no ícone que representa o carrinho	6	0	0	0
Tarefa 3				
Selecionar a função “andar” do carrinho				
Resultados				
Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de funções disponíveis para o carrinho, clicar no ícone que se refere a ação de andar	5	1	0	0
Tarefa 4				
Definir a velocidade em que o carrinho anda				
Resultados				
Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de configuração da função andar, clicar e arrastar a barra de velocidade	3	2	1	0
Tarefa 5				
Fazer o <i>upload</i> da programação para o carrinho				
Resultados				
Ações	a)	b)	c)	d)
Na tela de configuração da função andar, clicar no ícone que representa a ação de envio (<i>upload</i>) da configuração para o carrinho	0	4	2	0
Confirmar ação de envio da configuração para o carrinho	6	0	0	0

Fonte: O autor

6.3 Análise dos Resultados

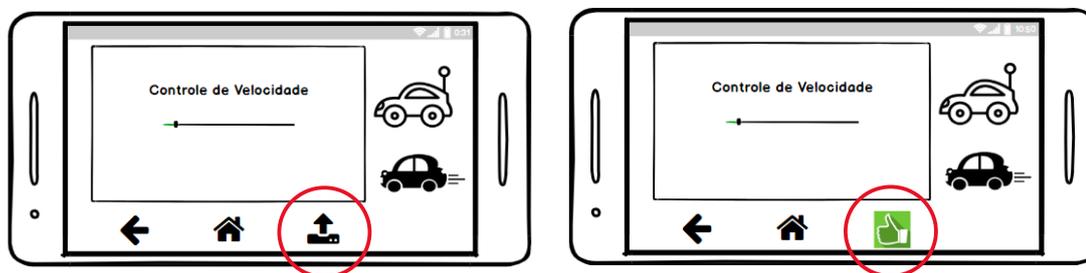
O uso do protótipo em papel permitiu que um conjunto significativo de características apresentadas no MI fossem contempladas de forma rápida, prática e

com baixo custo de implementação, porém alguns dos elementos não puderam ser instanciados por limitações da metodologia escolhida.

No teste de usabilidade realizado com os usuários, tendo como critério para considerar que as ações foram definidas de forma correta na interface o sucesso na realização das mesmas sem falhas, as Tarefas 1, 2 e 3 foram classificadas com uma alta taxa de sucesso. Com relação a tarefa 4, 3 dos 6 participantes sentiram alguma dificuldade na execução da ação relacionada a mesma. A avaliação é de que estas dificuldades ocorreram por limitações do protótipo, que não utilizou algumas das características previstas no MI, como por exemplo a simulação da ação programada. O uso destas recomendações poderia trazer mais clareza a intenção do desenvolvedor com relação a função a ser programada.

Na tarefa 5, avaliou-se que o uso de um ícone não reconhecido pelos usuários para representar a ação de envio (*upload*) da programação da ação programada para o carrinho, comprometeu o sucesso da completude da ação, o que trouxe resultados não desejáveis.

Figura 23. Alteração do ícone de upload após PC e Teste de Usabilidade com usuários (antes e depois)



Fonte: O autor

De maneira geral, a avaliação indicou boa usabilidade do protótipo construído. Tanto no PC, quanto nos testes de usabilidade, há a indicação de que a solução construída com base no MI permite que as crianças programem a função definida no estudo de caso. A partir dos resultados do PC conduzido pelo pesquisador e as dificuldades de uso pelas crianças identificadas em ações das atividades 4 e 5 no teste de usabilidade é proposta uma alteração no ícone para o upload da programação do carrinho conforme Figura 24.

CAPITULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

A principal contribuição deste trabalho consiste em formalizar um MI, um guia de referência para que designers construam ambientes de programação que permitam a crianças pequenas controlarem o funcionamento (programarem) dispositivos IOT. Para isto foi realizada uma revisão bibliográfica do estado da arte da programação de dispositivos físicos por crianças e um estudo de caso que consistiu em um conjunto de atividades de DP e que contou com a participação de crianças entre 4 e 6 anos de idade. Um estudo de viabilidade com um protótipo em papel foi realizado e indicou que uma solução de design construída sob as especificações definidas pelo MI permitiu o controle de um dispositivo físico.

7.1 Limitações do Trabalho

A Prototipação em papel utilizada para a construção da solução de design avaliada permitiu um desenvolvimento rápido, prático e com baixo custo de implementação, por outro lado, o protótipo não permitiu que todas as características elencadas no MI fossem implementadas e avaliadas pelos usuários.

Houve limitações no processo de avaliação de usabilidade da solução tecnológica desenvolvida. No desenvolvimento do PC, o único avaliador foi o pesquisador, não havendo participação de outros avaliadores, o que segundo Campos; Mano (2006), limita o apontamento de possíveis problemas da interface. No

teste de usabilidade proposto, não houve a utilização da solução tecnológica pelas crianças em conjunto com adultos.

7.2 Trabalhos Futuros

A implementação de um editor de programação em uma plataforma móvel e com protótipos funcionais deve contribuir para que o estudo de viabilidade seja consolidado, auxiliando para que aspectos não contemplados na avaliação realizada sejam observados e possíveis problemas relacionados a usabilidade sejam identificados.

O uso do MI para a construção de soluções por designers que não estejam diretamente relacionados a construção do modelo é desejável, ao possibilitar que outros aspectos, como a comunicabilidade entre o MI e o designer que fizer uso do mesmo esteja adequada.

Dentre as propriedades a serem implementadas para a consolidação do MI, está a caracterização de conjuntos de ações padrão a serem realizadas pelas crianças na programação de uma mesma ação em diferentes dispositivos.

Espera-se que a identificação deste grupo de ações a serem realizadas pelas crianças, sua especificação e posterior implementação em um ambiente de programação, contribua para a diminuição do esforço cognitivo necessário para a programação, garantindo que crianças sejam e se sintam capazes de programar dispositivos IOT.

7.3 Considerações Finais

Apesar de ter como público alvo principal, os designers, o MI contribui para a utilização efetiva de tecnologia por crianças pequenas, ao apoiar a construção de ambientes de programação adaptados a necessidades específicas deste público.

A RS realizada neste trabalho demonstrou que o número de soluções de programação de dispositivos físicos por crianças pequenas é limitado e delimitado de maneira geral a um viés educacional e para o controle de dispositivos robóticos. Outra particularidade é que as soluções que envolvem a IOT para este público são caracterizadas por não vislumbrarem a possibilidade de que crianças pequenas tenham controle efetivo sobre dispositivos IOT, mas sejam apenas influenciadas pelas interações com estes utensílios.

Espera-se que o MI proposto possa contribuir para um aumento na quantidade de soluções para a programação de dispositivos físicos por crianças na primeira infância.

Há ainda a indicação da necessidade de que estas soluções possuam outras direções, que não só a educacional e com o uso de robôs. Um aumento na oferta de produtos que considerem as necessidades das crianças pequenas na construção de suas interfaces permitirá que este público seja empoderado e perceba a computação em um momento em que ela se faz cada vez mais onipresente.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. **Internet das Coisas (IOT): Um Universo de Novas Possibilidades Para o UX Design.** 2017. Disponível em: <<http://catarinasdesign.com.br/internet-das-coisas-novas-possibilidades-ux-design/>>. Acesso em: 11/07/2018.

AMARAL, F. **O que é Gadget? E Widget, é a mesma coisa?**. 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/internet/1959-o-que-e-gadget-e-widget-e-a-mesma-coisa-.htm>>. Acesso em: 12/08/2018.

ASHTON, K. That “Internet of Things” Thing. **RFiD Journal**, p. 4986, 2009. Disponível em: <[http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That Internet of Things Thing.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/8191C095-0D90-4A17-86B0-550F2F2A6745](http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/8191C095-0D90-4A17-86B0-550F2F2A6745)>. Acesso em: 09/10/2017.

Atallah, A. N., Castro A. A. Revisão Sistemática e Metanálises. **Evidências para melhores decisões clínicas.** Lemos Editorial. São Paulo. 1998.

BACCINO, T.; BELLINO, C.; COLOMBI, T. **Mesure de l’Utilisabilité des Interfaces.** 1ª ed. Paris: Hermes, 280 p. 2004.

BAEK, J.-S.; LEE, K.-P. A participatory design approach to information architecture design for children. **CoDesign**, v. 4, n. 3, p. 173–191, 2008.

BARANAUSKAS, M. C. C.; NERIS, V. P. A. Using Patterns to Support the Design of Flexible User Interaction. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 4550. p. 1033-1042, 2007.

BARBOSA, S. D. J.; DE M. GONÇALVES, G. Uso Da MoLIC WOz Como Ferramenta De Apoio a Avaliação Formativa Baseada Em Diagrama De Interação MoLIC. **Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems.** Brazilian Computer Society, p. 228–237. 2013.

BARBOSA, S.; SILVA, B. **Interação Humano Computador.** 1ª ed. São Paulo: Elsevier, 406 p. 2010.

BEAUDOUIN-LAFON, M. Instrumental interaction: An Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces. **Proceedings of the 18th international conference on Human factors in computing systems**. CHI 00, v. 2, n. 1, p. 446–453. 2000.

BENKLER, Y. **The Wealth of Networks**. 1ª ed. Cambridge: Yale University Press. 527 p. 2006.

BENOTTI, L.; GÓMEZ, M. J.; MARTÍNEZ, C. UNC++Duino: A kit for learning to program robots in python and C++ starting from blocks. **Robotics in Education**, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84992609006&doi=10.1007%2F978-3-319-42975-5_17&partnerID=40&md5=2b78906ce7dc1f967778a07ac8fec416>. Acesso em: 01/05/2017

BENYON, D. **Interação Humano-Computador**. 2ª ed. Brasil. Pearson. 464 p. 2011.

BJERKNES, G.; BRATTETEIG, T. Florence in Wonderland: System development with nurses. Em: BJERKNES, G.; EHN, P.; KYNG, M. **Computers and Democracy-a Scandinavian Challenge**, [S.l.]: Gower Pub Co. p. 279-295. 1987.

BJERKNES, G.; BRATTETEIG, T. User participation and democracy: A discussion of Scandinavian research on system development. **Scandinavian Journal of Information Systems**, 1995. Disponível em: <<https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.br/&httpsredir=1&article=1165&context=sjis>>. Acesso em: 01/07/2017

BLACKWELL, A. F. What is Programming ? **Proceedings of PPIG 2012**. MIT Press, p. 204–218. 2002.

BLOG DAROKO. **Interaction Model**. Disponível em: <www.professionalbloggertricks.com/interactionmodel>. Acesso em: 6/11/2017.

BOECKL, L. **The Future of Wearables for Kids**. 2015. Disponível em: <<https://medium.com/@ConnectedLab/when-i-was-your-age-pluto-was-still-a-planet-8bc6dfc356cf>>. Acesso em: 2/11/2017.

BURNETT, M.; KULESZA, T. End-User Development in Internet of Things: We the People. **Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. ACM. p. 81–86. 2015.

CAMPOS, J. C.; MANO, A. Cognitive walkthroughs in the evaluation of user interfaces for children. **Interacção 2006 - Actas da 2ª Conferência Nacional em Interacção Pessoa-Máquina**. p. 195–198. 2006.

CLEMENT, A.; VAN DEN BESSELAAR, P. A retrospective look at PD projects. **Communications of the ACM**, v. 36, n. 6. p. 29–37. 1993.

COSTABILE, M. F. *et al.* Software Environments for End-User Development and Tailoring. **PsychNology Journal**, 2004. Disponível em: <http://www.psychology.org/File/PSYCHOLOGY_JOURNAL_2_1_COSTABILE.pdf> Acesso em: 01/05/2017.

CULÉN, A. L.; BRATTETEIG, T.; PANDEY, S.; SRIVASTAVA, S. the Child-To-Child (C2C) Method: Participatory Design for, With and By Children in a Children's Museum. **IADIS International Journal on WWW/Internet**, v. 11, n. 2, p. 92–113. 2013

DE SOUZA, S. C. **The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction**. MIT Press (Acting With Technology), 2005.

DRUIN, A. **The Design of Children's Technology**. San Francisco. Morgan Kaufmann. 320 p. 1998.

DRUIN, A. Cooperative inquiry: Developing new technologies for children with children. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems**. ACM. p. 592–599. 1999.

DRUIN, A. The role of children in the design of new technology. **Behaviour & Information Technology**. 2002, v. 21, n.1, p 1-25. 2002.

DUNCAN, C.; BELL, T.; TANIMOTO, S. Should your 8-year-old learn coding? **Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education on - WIPSC '14**. ACM. p. 60–69. 2014.

EU FP7 Project CASAGRAS. **Casagras Final Report, RFID and the Inclusive Model for the IOT**. EU, 2009.

EHN, P. **Work-Oriented Design of Computer Artifacts**. UMEA. Umea Universitet. 1989.

ERIKSSON INSTITUTE. **Technology and Young Children in the Digital Age**. 2016. Disponível em: < <https://www.erikson.edu/wp-content/uploads/2018/07/Erikson-Institute-Technology-and-Young-Children-Survey.pdf>>. Acessado em: 23/10/2017.

FARIA, J. **Artefatos da semiótica organizacional na eliciação de requisitos para soluções de data warehouse**. Dissertação (Mestrado Profissional)- Instituto de Computação, Unicamp, Campinas, 145 p. 2006.

FITRIYAH, H.; WIDASARI, E. R.; DENNY SAGITA, R.; BAGUS, A. H. Design of remote control for smart home using interaction design method. **2016 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACIS)**. IEEE. p. 91–96. 2016.

FMCSV. **O que é a Primeira Infância?** Disponível em: <<http://www.fmcsv.org.br/pt-br/Paginas/primeira-infancia-new.aspx>>. Acesso em: 29/9/2017.

FROTA, G.; PEREIRA, A. C. S.; VITORINO, D. **A revolução da tecnologia Touch Screen no desenvolvimento infantil e na escola**. PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2014.

FURIA, F. **A Geração Alpha e a Internet das Coisas: as crianças de hoje e os objetos do futuro**. 2013. Disponível em: <<http://www.playground-inovacao.com.br/a-geracao-alpha-e-a-internet-das-coisas-as-criancas-de-hoje-e-os-objetos-do-futuro/>>. Acesso em 02/11/2017.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183–184. 2014.

GARCIA-SANJUAN, F.; JAEN, J.; NACHER, V.; CATALA, A. Design and evaluation of a tangible-mediated robot for kindergarten instruction. **Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE '15**, p. 1–11, 2015.

GENNARI, R.; MELONIO, A.; RIZVI, M.; BONANI, A. Design of IoT Tangibles for Primary Schools: A Case Study. **Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter**. ACM. p.26, 2017.

GORDON, M.; RIVERA, E.; ACKERMANN, E.; BREAZEL, C. Designing a relational social robot toolkit for preschool children to explore computational concepts. **Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and**

Children. ACM. p.355–358, 2015.

HAYWARD, A. **Logitech Harmony Elite.** Turtle Beach. 2018. Disponível em:<<https://www.techradar.com/reviews/logitech-harmony-elite>>. Acesso em: 3/4/2018.

HARTSON, H. R.; SIOCHI, A. C.; HIX, D. The UAN: a user-oriented representation for direct manipulation interface designs. **ACM Transactions on Information Systems**, v. 8, n. 3, p. 181–203, 1990.

HODGES, S.; VILLAR, N.; SCOTT, J.; SCHMIDT, A. A new era for ubicomp development. **IEEE Pervasive Computing**, v. 11, n. 1, p. 5–9, 2012.

IDGNOW. **Em 2021, mercado brasileiro de Internet das Coisas será de US\$ 3,29 bilhões.** 2017. Disponível em: <<http://idgnow.com.br/ti-corporativa/2017/06/18/em-cinco-anos-mercado-de-iot-no-brasil-vai-valer-us-3-29-bilhoes/>>. Acesso em: 1/10/2017.

IEEE INTERNET INITIATIVE. **IEEE IoT Towards Definition Internet of Things.** IEEE. 2015.

IOANNOU, M.; BRATITSIS, T. Teaching the Notion of Speed in Kindergarten Using the Sphero SPRK Robot. **IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT).** IEEE. p.311–312, 2017.

ITU. **Location matters: Spatial standards for the Internet of Things.** ITU, 2013.

IYIDIL, Z. **IoT begins to aim its focus on children.** Disponível em: <<http://analyticscenter.com/iot-begins-to-aim-its-focus-on-children>>. Acesso em: 2/11/2017.

JING, L.; ZHOU, Y.; CHENG, Z.; HUANG, T. Magic ring: A finger-worn device for multiple appliances control using static finger gestures. **Sensors (Switzerland)**, v. 12, n. 5, p. 5775–5790, 2012.

KELLEHER, C.; PAUSCH, R. Lowering the barriers to programming. **ACM Computing Surveys**, v. 37, n. 2, p. 83–137, 2005.

KENNINGTON, L. **Young children and technology.** Early-Education. Disponível em: <<https://www.early->

education.org.uk/sites/default/files/Young%20children%20and%20technology.pdf>.
Acesso em: 01/03/2017.

KIRA, G.; MERKLE, E. O Design Participativo pela Perspectiva da Teoria Crítica da Tecnologia: Um Estudo do Contextual Design. **Anais ESOCITE 2016**. UTFPR. 2016.

KWON, D. Y.; KIM, H. S.; SHIM, J. K.; LEE, W. G. Algorithmic Bricks: A tangible robot programming tool for elementary school students. **IEEE Transactions on Education**, v. 55, n. 4, p. 474–479, 2012.

KYNG, M. Bridging the Gap Between Politics and Techniques On the next practices of participatory design. **Scandinavian Journal of Information Systems**, v. 22, n. 1, p. 49–68, 2010.

LECHELT, Z.; ROGERS, Y.; MARQUARDT, N.; BRUDY, F. MakeMe, codeme, connectus: Learning digital fluency through tangible magic cubes. **CEUR Workshop Proceedings**, v. 1861, p. 29–30, 2017.

LECHELT, Z.; ROGERS, Y.; MARQUARDT, N.; SHUM, V. ConnectUs: A New Toolkit for Teaching About the Internet of Things. **Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. ACM. p.3711–3714, 2016.

LEE, K-M, TENG W-G. , HOU, T-W. Point-n-Press : An Intelligent Remote universal. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**. IEEE. p. 1308-1317. 2016.

LÓPEZ-JAQUERO, V.; MONTERO, F. Comprehensive task and dialog modelling. **Human-Computer Interaction. Interaction Design and Usability**, v. 2007, n. July, p. 1149–1158, 2007.

MANO, A. S. **Interfaces de Computador Para Crianças - Avaliação e Construção**. Dissertação. Departamento de Engenharia - Universidade do Minho, Braga, 2005.

MARQUES, A. B.; BARBOSA, S. D. J. A Comparative Evaluation of Interaction Models for the Design of Interactive Systems. **Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing**. ACM. p. 173–180, 2016.

MELO, A. M. **Uma Abordagem Semiótica para o Design de Portais Infantis com a Participação da Criança**, Dissertação Mestrado. Instituto de Computação. UNICAMP.p. 89. 2003.

MELO, A. M.; BARANAUSKAS, M. C. C.; SOARES, S. C. DE M. Design Com Crianças: Da Prática a Um Modelo De Processo. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 16, n. 01, 2008.

MUBIN, O.; STEVENS, C. J.; SHAHID, S.; MAHMUD, A. AL; DONG, J.-J. a Review of the Applicability of Robots in Education. **Technology for Education and Learning**, v. 1, n. 1, 2013.

NERIS, V.; HAYASHI, E.; MARTINS, M. C.; BARANAUSKAS, M. C. **A Semiotic-informed Evaluation of Vila na Rede**. Relatório Técnico. UNICAMP. Campinas, 2010.

NORMAN, D. **Psychology of Everyday Things**. HarperCollins, 1986.

NUNES, E. C. **Jaqueta, lâmpada e fechadura: veja exemplos do potencial da Internet das Coisas**. 2014. Disponível em: <<http://tecnologia.ig.com.br/especial/2014-04-15/jaqueta-lampada-e-fechadura-veja-exemplos-do-potencial-da-internet-das-coisas.html>>. Acessado em: 01/08/2017.

PAULA, M. G. DE; BARBOSA, S. D. J.; LUCENA, C. J. P. DE. Relating human-computer interaction and software engineering concerns: towards extending UML through an interaction modeling language. **Interact 2003: Proceedings of the Ninth IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction**, p. 40–46, 2003.

GREIN, P. B.; ABRAHÃO, M. Teoria Crítica da Tecnologia e Design Participativo na Construção de um Repositório de Recursos Educacionais Abertos. **Tecnologias Sociedade e Conhecimento** p. 79–99, 2015.

PAYNE, S.; GREEN, T. R. G. Task-Action Grammars: A Model of the Mental Representation of Task Languages. **Human-Computer Interaction**, v. 2, n. 2, p. 93–133, 1986.

PIAGET, J. **A Epistemologia Genética**. Trad. Nath ed. Petrópolis. Vozes, 1971.

POLSON, P.; LEWIS, C.; RIEMAN, J.; WHARTON, C. Cognitive walkthroughs: a method for theory-based evaluation of user interfaces. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 36, n. 5, p. 741–773, 1992.

PORTET, F.; VACHER, M.; GOLANSKI, C.; ROUX, C.; MEILLON, B. Design and evaluation of a smart home voice interface for the elderly: Acceptability and objection aspects. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 17, n. 1, p. 127–144, 2013.

POSLAD, S. **Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions**. Wiley Online Library, 2011.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction**. New York. John Wiley & Sons. 2002.

QUEEN, M. **Interaction Modeling**. Disponível em: <<http://boxesandarrows.com/interaction-modeling/>>. Acesso em: 5/11/2017.

RADESKY, J. S.; SCHUMACHER, J.; ZUCKERMAN, B. Mobile and Interactive Media Use by Young Children: The Good , the Bad , and the Unknown. **Pediatrics Perspective** , v. 135, n. 1, 2017.

RAMIREZ-BENAVIDES, K.; GARCIA, F.; GUERRERO, L. A. Creating a Protocol for Collaborative Mobile Applications for Kids Between 4 and 6 Years Old. **Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality**. New York. ACM. p.317–324, 2015.

RAMÍREZ-BENAVIDES, K.; LÓPEZ, G.; GUERRERO, L. A. A Mobile Application That Allows Children in the Early Childhood to Program Robots. **Mobile Information Systems**. vol. 2016, p. 12. 2016.

RAMOS, A. **Wireframe, Protótipo e Mockup - É tudo a mesma coisa?** Disponível em: <<https://medium.com/trainingcenter/wireframe-protótipo-e-mockup-é-tudo-a-mesma-coisa-b990034085d6>>. Acesso em: 9/10/2018.

RAY, P. P. A Survey on Visual Programming Languages. **Hindawi Scientific Programming**, v. 2017, p. 1–6, 2017.

RIBEIRO, G. **Tudo sobre o HomePod, a caixa de som inteligente da Apple**. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2017/06/tudo-sobre-o-homepod-a-caixa-de-som-inteligente-da-apple.ghtml>>. Acesso em: 1/3/2018.

RIEMAN, J.; FRANKZE, M.; REDMILES, D. Usability Evaluation with the Cognitive Walkthrough. **CHI 95 Conference Companion**. p.387–388, 1995.

ROCHA, H.; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador**. Campinas. UNICAMP, 2003.

RODRIGUES, M. **A revolução silenciosa da Computação Ubíqua**. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbr/entry/computacao_ubiqua?lang=en>. Acesso em: 11/8/2017.

SALGADO, L. **Representações e Aspectos de IHC**. PUC-RIO. Disponível em: <http://www.inf.puc-rio.br/~inf1403/docs/luciana2013_2/3WB-Aula23.pdf>. Acessado em: 11/07/2018.

SANTANA DA SILVA, B.; DINIZ JUNQUEIRA BARBOSA, S. **Designing Human-Computer Interaction With MoLIC Diagrams – A Practical Guide**. PUC RIO. Disponível em: <http://www-di.inf.puc-rio.br/~simone/publications/07_12_silva.pdf> Acessado em: 11/07/2018.

SANTOS, J. **Uso de tecnologia por crianças: benefício ou perda da infância?** Disponível em: <<http://www.semprefamilia.com.br/uso-de-tecnologia-por-criancas-beneficio-ou-perda-da-infancia/>>. Acesso em: 12/8/2017.

SAPOUNIDIS, T.; DEMETRIADIS, S. Tangible versus graphical user interfaces for robot programming: Exploring cross-age children's preferences. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 17, n. 8, p. 1775–1786, 2013.

SAPOUNIDIS, T.; DEMETRIADIS, S. N. Exploring Children Preferences regarding Tangible and Graphical Tools for Introductory Programming: Evaluating the PROTEAS Kit. **2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies**, 2012.

SATCHER, D. A. Exploring Programming Paradigms with IoT and Tiles for End-Users. June, 2017.

SHAER, O. Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. **Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction**, v. 3, n. 1–2, p. 1–137, 2009.

SINGER, T. Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas. **Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas**, p. 15, 2012. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/1992460-Tudo-conectado-conceitos-e>>

representacoes-da-internet-das-coisas-1-palavras-chave-internet-das-coisas-objetos-inteligentes-ambientes-conectados.html>.

SLAVIN, T. What is the Internet of Things? Disponível em: <<https://www.kidscodecs.com/what-is-internet-of-things/>>.

SNYDER, C. **Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Define and Refine User Interfaces**. 1ª ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003.

SOPRANA, P. Internet das Coisas impõe desafios de segurança, privacidade e conectividade. Disponível em: <<http://epoca.globo.com/tecnologia/experiencias-digitais/noticia/2017/10/o-risco-da-internet-das-coisas.html>>. Acesso em: 12/10/2017.

SOUZA, C. **Engenharia Cognitiva ; Golfos de Execução e Avaliação ; Distâncias Semânticas e Articulatórias Descreve o que é IHC**. Rio de Janeiro, 2013.

SPINUZZI, C. A Scandinavian challenge, a US response: methodological assumptions in Scandinavian and US prototyping approaches. **Proceedings of the 20th annual international conference on Computer documentation**, p. 208–215, 2002. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/584955.584986>>.

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

STAMPER, R. Organizational Semiotics: information without the computer? **Kluwer Academic Publishers**, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-1655-2_5>.

STRAKER, L.; HOWIE, E. young children and screen time.pdf. , 2017. Perth: Journal of Developmental & Behavior Pediatrics.

Stamper, R. K. Signs, norms and information systems. **ICL/University of Newcastle Seminar on Information**. Newcastle, 1993

STRAWHACKER, A.; BERS, M. U. “I want my robot to look for food”: Comparing Kindergartner’s programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 25, n. 3, p. 293–319, 2015.

SULLIVAN, A.; ELKIN, M.; BERS, M. U. KIBO Robot Demo: Engaging Young Children in Programming and Engineering. Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children. **Anais...** , IDC '15. p.418–421, 2015. New York,

NY, USA: ACM. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2771839.2771868>>.

VENKATESH, V.; DAVIS, F. D. A Model of the Antecedents of Perceived Ease of Use: Development and Test. **Decision Science**, v. 27, n. 3, p. 451–481, 1996.

VIZNER, M.; STRAWHACKER, A. Curious Construction Kit: A Programmable Building Kit for Early Childhood. **Proceedings of the 6th Annual Conference on Creativity and Fabrication in Education**. New York. ACM. p.90–93, 2016.

VYGOSTKY, L. **A Formação Social da Mente: O desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. 6º ed. Martins Fontes, 1998.

WALSH, G. **Kidsteam: Co-designing Children's Technologies with Children**. 2011. Disponível em: <<http://uxpamagazine.org/kidsteam/>>. Acesso em: 15/9/2017.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American (International Edition)**, v. 265, n. 3, p. 66–75, 1991.

WISTORT, R.; BREAZEAL, C. TofuDraw: A mixed-reality choreography tool for authoring robot character performance. **Proceedings of IDC 2011 - 10th International Conference on Interaction Design and Children**, p. 213–216, 2011.

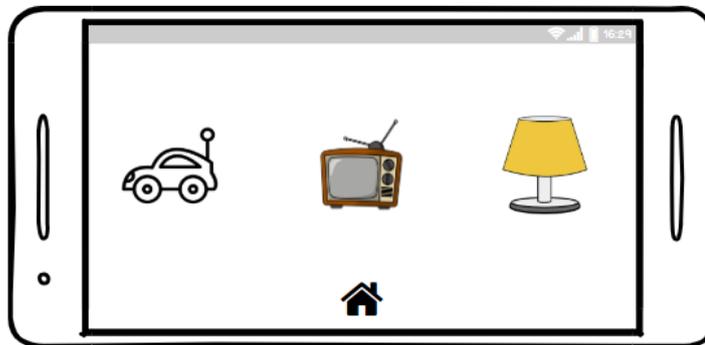
WIRTH, Niklaus. Program Development by Stepwise Refinement. **Communications of the ACM, Vol. 14, No. 4**, pp.221-227, 1971.

Apêndice A

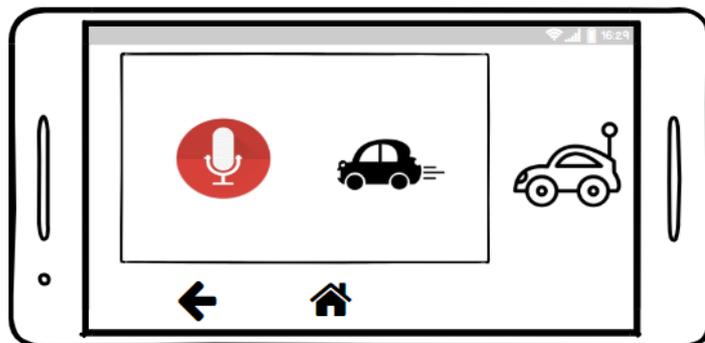
TELAS DO PROTÓTIPO



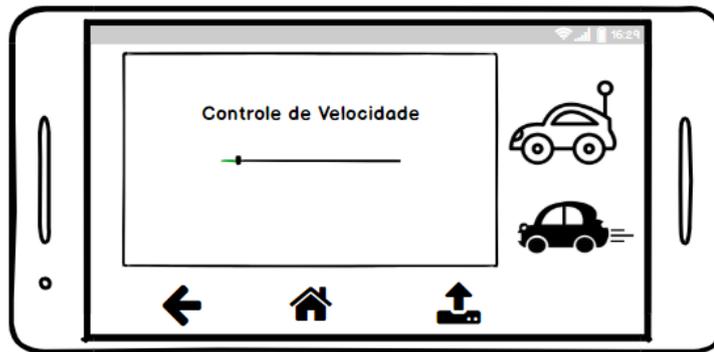
Tela Inicial do Sistema



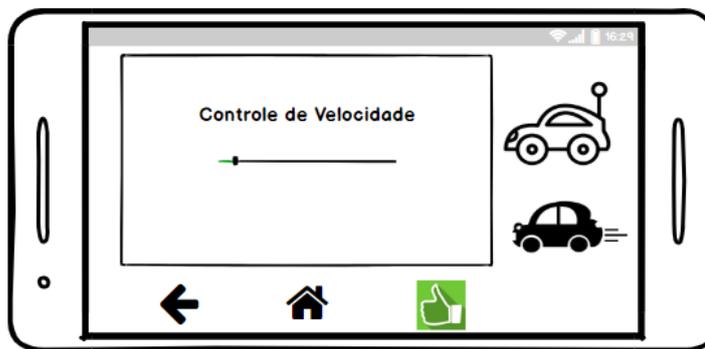
Escolha do Dispositivo a ser Programado



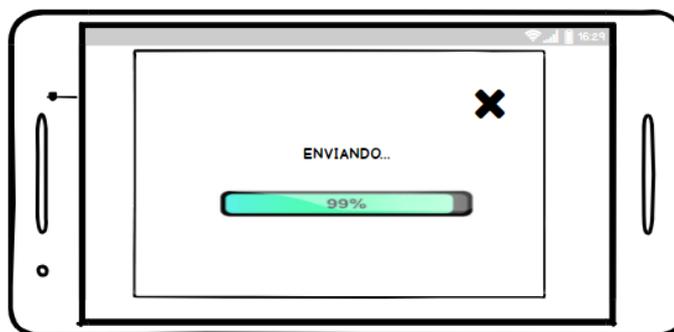
Tela de Seleção da Função a Ser Programada



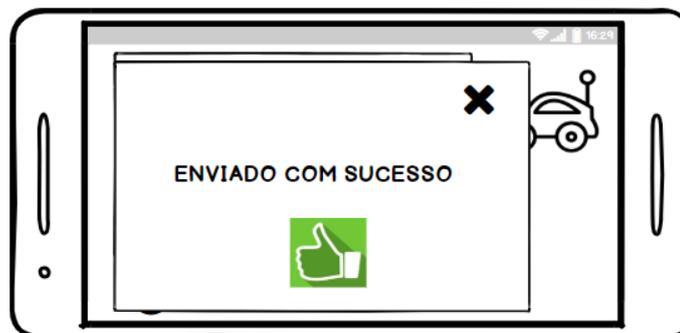
Tela de Configuração de Velocidade e Upload (versão 1)



Tela de Configuração de Velocidade e Upload (versão 2)



Tela de Status de Upload



Tela de Confirmação de Upload

ANEXO A

DESENHOS CONFECCIONADOS NO ESTUDO DE CASO



