CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
ANDRE PESSOA DO NASCIMENTO

ESTRUTURA DE DECLARAÇÃO DE PADRÕES DE PROJETO EM IoT

São Bernardo do Campo
2019

ANDRE PESSOA DO NASCIMENTO

ESTRUTURA DE DECLARAÇÃO DE PADRÕES DE PROJETO EM IoT

Dissertação apresentada ao Centro Universitário FEI para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica com ênfase em Inteligência Artificial Aplicada à Automação. Orientado pelo Prof. Dr. Plinio Thomaz Aquino Junior.

São Bernardo do Campo

2019

Nascimento, Andre Pessoa do.
Estrutura de declaração de padrões de projeto em IoT / Andre Pessoa do Nascimento. São Bernardo do Campo, 2019.
157 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. Plínio Thomaz Aquino Junior.

1. Padrão. 2. Estrutura. 3. Projeto. 4. Internet das coisas. I. Aquino Junior, Plínio Thomaz, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

centro universitário FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA EXAMINADORA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Elétrica

Mestrado

PGE-10

Aluno: André Pessoa do Nascimento **Matrícula:** 116301-3

Título do Trabalho: Estrutura de declaração de padrões de projeto em IoT.

Área de Concentração: Inteligência Artificial Aplicada à Automação e Robótica

Orientador: Prof. Dr. Plinio Thomaz Aquino Junior

Data da realização da defesa: 20/09/2019

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, / / .

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	
Prof. Dr. Plinio Thomaz Aquino Junior	Ass.: _____
Prof. Dr. Guilherme Alberto Wachs Lopes	Ass.: _____
Prof. Dr. Ramide Augusto Sales Dantas	Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒ REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

_____

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

_____

Prof. Dr. Carlos Eduardo Thomaz

Dedico este trabalho à minha esposa, aos meus filhos e aos professores que contribuíram com meu crescimento intelectual e profissional.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela ciência concedida.

A minha esposa, pelo incentivo e paciência pelas horas dedicadas ao estudo.

A minha família, que sempre me apoiou nestes três anos estudo. Em especial a minha filha Giulielle, que corrigiu pacientemente este texto e ao final deixou a seguinte mensagem: “Ótimo trabalho! A pesquisa foi muito bem feita e o texto está perfeitamente estruturado e “costurado”. Muito interessante o tema, e a forma como foi escrito faz querer saber mais sobre! Parabéns ;)”.

Ao Professor Dr. Plinio Thomaz Aquino Junior, pela orientação sempre precisa e assertiva para que eu pudesse realizar o melhor trabalho, além dos ensinamentos transmitidos através da disciplina.

Ao Professor Dr. Rodrigo Filev Maia, pelo apoio necessário através do projeto SWAMP e pela colaboração junto ao laboratório de IoT da FEI.

Ao Professor Dr. Guilherme Alberto Wachs Lopes, pelas recomendações neste trabalho.

E a todos os professores da FEI, pela contribuição com meu desenvolvimento e realização deste trabalho.

“Feliz o homem que encontrou a sabedoria, o homem que alcançou o entendimento”

Provérbios 3, 13

RESUMO

A Internet das Coisas é uma realidade cada vez mais presente em casas, hospitais, transporte público, cidades, campos e tantos outros lugares no mundo moderno. O conceito mais básico afirma ser um conjunto de dispositivos conectados entre si através de uma rede. Essa conexão de dispositivos traz consigo desafios comuns de qualquer evolução tecnológica. Diversas publicações da área propõem soluções recorrentes para problemas de projetos tais como protocolos de comunicação, segurança, coleta e armazenamento de dados, entre outros. Contudo, na maioria das vezes a literatura não propõe a solução através de um formato que possa ser consumido e compartilhado facilmente entre equipes de projetos. Os trabalhos normalmente são em formato dissertativo e sem um padrão específico, o que dificulta compreender e compartilhar rapidamente o contexto, o problema e a solução proposta, motivando assim a criação de uma proposta de estrutura de padrões exclusiva para a área de IoT. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é propor uma estrutura de padrões que permita a documentação de problemas recorrentes enfrentados por equipes de projetos da área de Internet das Coisas, através de um formato comum e que possibilite o consumo por pessoas ou aplicações em futura automação do uso. Tal estrutura foi elaborada a partir de elementos já consolidados na literatura e também com base em informações específicas para área de Internet das Coisas. Em seguida os elementos foram analisados e refinadas pelo autor, e por fim experimentados com uma equipe de projetos da área, que contribuiu com a validação da estrutura como demonstram os resultados positivos apresentados ao longo deste trabalho. A estrutura permitiu acomodar tanto padrões já publicados na literatura, como também novos padrões propostos na experimentação. Desta forma, este trabalho contribui com a documentação de problemas recorrentes da área de Internet das Coisas, através de um formato que possibilita especificar as informações relevantes da área, colaborando assim com a comunicação e agilidade entre equipes de projetos, além de aplicações que podem se beneficiar dos elementos parametrizáveis. A estrutura contribui também com a criação de uma linguagem comum entre membros de equipe, facilitando e agilizando assim o processo de solução de problemas comuns como afirma o conceito de Padrão.

Palavras-chave: Padrão. Estrutura. *Design*. Internet das Coisas.

ABSTRACT

The Internet of Things is an ever-present reality in homes, hospitals, public transportation, cities, fields and so many other places in the modern world. The most basic concept claims to be a set of devices connected to each other over a network. This device connection brings with it common challenges of any technological evolution. Several publications in the area propose recurring solutions to project problems such as communication protocols, security, data collection and storage, among others. However, most of the time literature does not propose a solution through a format that can be easily consumed and shared between project teams. Papers are usually in dissertation format and without a specific standard, which makes it difficult to understand and quickly share the context, the problem and the proposed solution, thus motivating the creation of a unique pattern structure proposal for the IoT area. Given this scenario, the objective of this paper is to propose a patterns structure that allows the documentation of recurring problems faced by project teams working with IoT, through a common format and that enables consumption by people or applications in a future automation of use. This structure was elaborated from elements already consolidated in the literature and also based on information specific to the Internet of Things area. Then the elements were analyzed and refined by the author, and finally experimented with a project team in the area, which contributed to the validation of the structure as shown by the positive results presented throughout this work. The structure allowed to accommodate both standards already published in the literature, as well as new patterns proposed in the experimentation. Thus, this work contributes to the documentation of recurring problems of the Internet of Things area, through a format that allows specifying the relevant information of the area, thus collaborating with the communication and agility between project teams, as well as applications that can benefit from the parameterizable elements. The framework also contributes to the creation of a common language among team members, thus facilitating and speeding up the process of solving common problems as stated in the concept of Pattern.

Keywords: Pattern. Structure. Design. Internet of Things.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de padrão.....31
Figura 2 – Exemplo de padrão para o design da interface do usuário.....34
Figura 3 – Seções e ordem de escrita do padrão.....36
Figura 4 – Folha de redação de padrões.....37
Figura 5 – Evolução dos elementos de PICaP e IHR.....39
Figura 6 – Arquitetura de referência para IoT.....53
Figura 7 – Arquitetura IoT.....55
Figura 8 – Tela inicial do repositório *IoT Design Patterns*.....90
Figura 9 – Seção Documentar do repositório online *IoT Design Patterns*.....90
Figura 10 – Seção Pesquisar do repositório online *IoT Design Patterns*.....91
Figura 11 – Introdução do formulário de documentação do *IoT Design Patterns*.....92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Linguagens de padrões 43
Quadro 2 – Elementos do PLML e suas respectivas descrições..... 45
Quadro 3 – Obrigatoriedade e cardinalidade dos elementos PLMLx 46
Quadro 4 – Estruturas de padrão e seus elementos ..... **Erro! Indicador não definido.**
Quadro 5 – Elementos sinônimos e seus propósitos 66
Quadro 6 – Elementos utilizados para documentar Patterns IoT ..... **Erro! Indicador não definido.**
Quadro 7 – Elementos de uma arquitetura típica de IoT 68
Quadro 8 – Elementos consolidados 69
Quadro 9 – Introdução do questionário 70
Quadro 10 – Reavaliação dos elementos classificados com relevância Média 73
Quadro 11 – Estrutura *IoT Design Patterns* 74
Quadro 12 – Padrão para identificação de uma pessoa por uma fechadura IoT inteligente..... 79
Quadro 13 – Representação do padrão Rastreabilidade de Culturas em Estufa com IoT 81
Quadro 14 – Representação do padrão Fidelidade da Compactação de Dados IoT 83
Quadro 15 – Representação do padrão Irrigação Inteligente com IoT 86
Quadro 16 – Vantagens e desvantagens na utilização da estrutura *IoT Design Patterns*..... 96
Quadro 17 – Pontos positivos e negativos sobre o consumo do padrão *IoT Design Pattern*. 100

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Avaliação da documentação do problema 95
Gráfico 2 – Avaliação do entendimento do problema 96
Gráfico 3 – Avaliação qualitativa da estrutura *IoT Design Patterns* 97
Gráfico 4 – Investimento de tempo e utilidade 98
Gráfico 5 – Avaliação do consumo do padrão 99

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 23

1.1 MOTIVAÇÃO 24

1.2 OBJETIVO 26

1.3 METODOLOGIA 26

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO 27

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 29

2.1 PADRÕES 29

2.1.1 Origens 29

2.1.2 Principais Estruturas de Padrões 37

2.1.3 Linguagem de Padrão 40

2.2 INTERNET DAS COISAS 49

2.2.1 Smart Object 57

3 ESTRUTURA DE PADRÃO *IoT DESIGN PATTERNS* 63

3.1 DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA 63

3.2 EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA 78

3.3 DOCUMENTANDO PADRÕES NA ESTRUTURA DE IoT 80

4 EXPERIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA IoT DESIGN PATTERNS 89

4.1 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS 93

4.2 AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DE PADRÃO *IOT DESIGN PATTERN* 94

4.3 AVALIAÇÃO DO CONSUMO DO PADRÃO *IOT DESIGN PATTERN* 98

4.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS 100

5 CONCLUSÃO 103

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS 103

5.2 TRABALHOS FUTUROS 104

REFERÊNCIAS 105

APÊNDICE A – Matriz do Formulário Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....113

APÊNDICE B – Matriz dos Formulários de Avaliação e Consumo da Estrutura IoT Design Pattern.....119

APÊNDICE C – Matriz da Avaliação de Elementos *IoT Design Pattern*.....123

APÊNDICE D – Matriz da Estrutura de Padrões IoT e Aplicações na Estrutura *IoT Design Pattern* 141

APÊNDICE E – Protocolo do Experimento.....145

ANEXO A – Apresentação 147

ANEXO B – Imagens e Diagramas dos Padrões.....151

1 INTRODUÇÃO

O aparecimento da Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), em conjunto com outras tecnologias como Inteligência Artificial (IA), computação nas nuvens, mobilidade, velocidade e capacidade de armazenamento, está mudando a computação e a forma como os humanos interagem com os ambientes inteligentes que surgem nas casas e indústrias, nas cidades e no campo, trazendo consigo soluções para problemas da humanidade que até pouco tempo não eram visualizados no horizonte.

A nova era da computação, chamada por alguns especialistas de Quarta Revolução Industrial, tem como principal característica a fusão dos mundos físico, digital e biológico, trazendo consigo novos desafios para pesquisadores das mais diferentes áreas do conhecimento (SCHWAB, 2016). Engenheiros, matemáticos, psicólogos, sociólogos e tantos outros especialistas estão se debruçando sobre este novo mundo de possibilidades com o objetivo de mapear os problemas e propor possibilidades que vão além da computação tradicional, baseada em máquinas e sistemas que executam tarefas desconexas de toda uma arquitetura computacional existente. Uma das principais tarefas destes profissionais é justamente integrar todo este ecossistema, documentando o conhecimento adquirido no contexto do problema.

Atualmente o conceito de IoT já é uma realidade no cotidiano das pessoas, seja de forma implícita ou explícita. Os dispositivos inteligentes podem ser encontrados em veículos com acesso à agenda de reuniões integrado com um GPS, onde pode solicitar o melhor caminho para seguir, evitar o trânsito e chegar no horário do encontro. A máquina de lavar pode ter acesso à previsão do tempo para sugerir o melhor dia para estender roupas. No campo, máquinas agrícolas podem ser equipadas com sensores que transmitem em tempo real informações sobre a situação do solo. Em hospitais, os pacientes podem ser monitorados à distância e o enfermeiro é alertado imediatamente caso haja alguma alteração na situação clínica do doente (NGUYEN, 2015).

A literatura especializada em IoT está focada principalmente na busca de soluções para integração de tecnologias e comunicação (VEGA-BARBAS et al., 2017; ALCE et al., 2018). Alguns pesquisadores tratam de problemas relacionados à arquitetura de suporte para IoT (LÓPEZ et al., 2012), enquanto outras linhas de pesquisa abordam temas relacionados à segurança e à privacidade dos dados trafegados por meio dos dispositivos, assim como questões éticas (BALDINI et al., 2018).

Existem padrões que documentam problemas e soluções recorrentes de *design* (projeto) dentro de uma estrutura idealizada e consolidada por Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977),

e posteriormente aprofundada e contextualizada por outros pesquisadores para diferentes áreas de pesquisa (GAMMA et al., 1995; BORCHERS, 2001; AQUINO JR, 2008; TAKAHASHI, N. M., 2018), porém tal estrutura é pouco explorada em IoT para documentar padrões da área.

Este trabalho abordará a importância da utilização de padrões como ferramenta vantajosa à equipe de desenvolvimento com a intenção de documentar soluções para problemas comuns e que, posteriormente, poderão ser consumidas por outras pessoas que se deparem com problemas semelhantes no processo de projeto para IoT. Outras vantagens da utilização de padrões estão na economia de tempo, de recursos humanos e monetária, três fatores almejados por qualquer empresa que tem como objetivo o desenvolvimento de soluções.

Neste sentido, a proposta de criação de uma estrutura de padrões, a fim de documentar problemas recorrentes no ciclo de projeto (projeto, avaliação e implantação) para IoT, é uma contribuição importante para a comunidade de pesquisadores e especialmente para aqueles que lidam diretamente com o desenvolvimento de dispositivos IoT. A complexidade do projeto que atualmente acompanha tais dispositivos, como já dito, implica naturalmente na dificuldade de desenvolvimento de uma solução eficaz, num tempo adequado e a um baixo custo.

Portanto, o foco deste trabalho está justamente em propor uma estrutura de padrões para problemas de projeto nos cenários de IoT, com a intenção de contribuir com pesquisadores, equipes de projetos, desenvolvedores, projetistas de interação e interface.

1.1 MOTIVAÇÃO

O número de pesquisas na área de IoT tem crescido bastante nas últimas décadas devido ao avanço tecnológico e a possibilidade quase infinita de aplicações no mundo moderno, que almeja por segurança, agilidade, automação, melhoria de processos, entre outras tantas possibilidades. A IoT é vista como uma junção de dispositivos e tecnologias modularizadas onde, dependendo da forma como se constrói, é possível transformá-la em um produto ou serviço novo, aplicando-se nas residências, hospitais, agricultura, cidades, e assim por diante.

Contudo, essa modularização não é tão simples de ser montada e por este motivo tem despertado grande interesse de pesquisadores, não somente da área de computação, mas também de outras áreas que buscam contribuir com este mundo de possibilidades. Tal interesse procura principalmente resolver problemas que normalmente vão surgindo na execução de qualquer projeto. E a forma mais comum de compartilhar o conhecimento é através das publicações científicas em revistas ou conferências especializadas.

O fato é que, as publicações que documentam problemas e soluções para projeto em IoT, normalmente seguem o tradicional formato dissertativo, no qual documenta-se todos os detalhes do tema abordado (o que é necessário), porém sem se preocupar muito com a maneira como outros projetistas consumirão as soluções descobertas. Além disso, existe uma enorme dificuldade em buscar por soluções dentro do emaranhado de publicações armazenadas nos mais diversos repositórios científicos.

Este cenário apresentado motivou a pesquisa por uma solução de documentação baseada no conceito de padrões (ALEXANDER, 1979). Este conceito já é muito utilizado em outras áreas de pesquisa como arquitetura (ALEXANDER; ISHIKAWA; SILVERSTEIN, 1977), de onde originou-se o conceito, software (BUSCHMANN et al., 1996) e interação homem-máquina (IHC) (AQUINO JR, 2008; TAKAHASHI, N. M., 2018). Na área de IoT o conceito é pouco explorado, contando ainda com poucas publicações sobre padrões (QANBARI et al., 2016; VEGA-BARBAS et al., 2017; PAPE; RANNENBERG, 2019). O conceito de padrões busca apresentar soluções para problemas recorrentes dentro de um determinado contexto e é criado com o objetivo de contribuir com estudantes, pesquisadores e profissionais da área, além de buscar uma melhor qualidade do projeto (AQUINO JR, 2008).

As publicações nos cenários de IoT procuram resolver problemas recorrentes documentados de forma dissertativa ou utilizando uma estrutura de padrões diversa, dificultando assim uma simples busca por um determinado padrão ou até mesmo a utilização por equipes de projetos. Segundo Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977) a falta de uma estrutura comum dificulta a criação de uma linguagem de padrão.

Nos cenários de IoT, a aplicação do conceito de padrões permitirá criar uma linguagem de padrões que beneficiará outros projetistas, contribuindo assim umas pesquisas com as outras e evoluindo a área de estudo. Além disso, a agilidade na solução de problemas de projeto será um grande benefício, uma vez que os membros de um determinado projeto não precisarão sempre criar uma solução nova se ela já foi criada e validada em outros projetos similares. Outro ganho para os membros de equipes interessadas é ter uma estrutura que permita executar buscas por parâmetros específicos dentro de uma biblioteca de padrões, além de permitir também que tal busca seja efetuada por futuras aplicações autônomas.

Diante dos benefícios supracitados que uma estrutura de padrões unificada proporcionará para toda uma comunidade, esta proposta motivou uma pesquisa mais detalhada, embasada e metodológica a fim de contribuir com o compartilhamento de soluções de maneira mais eficiente, ágil e com credibilidade, haja visto que normalmente os padrões são

documentados após experimentações que evidenciam sua eficácia diante de problemas dentro de um determinado contexto.

1.2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é propor uma estrutura de declaração de padrões para problemas de projeto nos cenários de IoT, possibilitando que em trabalhos futuros se construa uma biblioteca digital com as soluções disponíveis na literatura, permitindo que seja utilizada para melhor comunicação entre membros de equipes interessadas. A proposta considera que tal estrutura seja utilizada de forma colaborativa por parte dos usuários e consumida por equipes de projetos da área de IoT. Além disso, este trabalho visa debater quais são os parâmetros exclusivos da estrutura de padrões da área.

Para atender este objetivo, alguns objetivos específicos foram definidos:

a) **RQ1**: Consolidar estruturas de padrão utilizadas em alguns domínios a fim de identificar quais elementos são mais utilizados na documentação de problemas;

b) **RQ2**: Normalizar e agrupar elementos que são utilizados para documentar informações iguais (sinônimos), mas que são nomeados de forma diferente pelos autores;

c) **RQ3**: Identificar no domínio de IoT quais informações específicas são relevantes e que poderiam fazer parte da estrutura proposta;

d) **RQ4**: Definir uma estrutura de padrões para documentação de problemas de projeto nos cenários de IoT;

e) **RQ5**: Validar esta nova estrutura com pesquisadores da área declarando um conjunto de padrões de IoT.

1.3 METODOLOGIA

Com base na identificação dos problemas descritos na seção de motivação (1.1), o presente trabalho foi elaborado com o objetivo de analisar o estado da arte em relação ao conceito de padrões, às suas principais estruturas, à linguagem, ao catálogo e à biblioteca, assim como analisar os cenários de IoT em relação às suas principais características, termos comuns, problemas recorrentes. A revisão bibliográfica sistemática das diversas publicações das comunidades de padrões e IoT possibilitou visualizar o cenário atual, identificar os problemas e mapear as lacunas que levaram ao desenvolvimento de uma proposta de estrutura para os

padrões da área de IoT. A revisão bibliográfica foi realizada pela análise da literatura através de livros, artigos científicos e revistas especializadas.

A proposta de criação da estrutura de padrões é fundamentada na primeira parte do trabalho e leva em consideração a estrutura original proposta por Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977), assim como outras estruturas que foram surgindo no decorrer dos anos em domínios como desenvolvimento de software, projeto de interface, Interação Humano-Computador (IHC), Interação Humano-Robô (IHR) (GAMMA et al., 1995; TIDWELL, 1998; TIDWELL, 2011; CUNNINGHAM, 1994; BUSCHMANN et al., 1996; FOWLER et al., 2002; BECK, 1997; AQUINO JR, 2008; TAKAHASHI, N. M., 2018), e também nos cenários de IoT (QANBARI et al., 2016; VEGA-BARBAS et al., 2017; PAPE; RANNENBERG, 2019).

Todas as estruturas pesquisadas foram consolidadas com o objetivo de criar um cenário com todos os elementos utilizados pelas diversas comunidades e, desta forma, contribuir com uma proposta mais robusta a partir de elementos que são relevantes para outras áreas e que também poderiam ser relevantes para os problemas de projeto em IoT. Depois desta etapa de consolidação, os elementos foram refinados e posteriormente acrescentados outros elementos que permitirão no futuro parametrizar a estrutura de padrões para automação do uso.

Por fim, a estrutura de padrões *IoT Design Patterns* foi validada por membros do projeto SWAMP (*Smart Water Management Platform*), que avaliaram a estrutura em si como também o consumo de padrões documentados na mesma. O projeto SWAMP possui entre seus objetivos a melhoria da a irrigação utilizando tecnologias baseadas em IoT[1].

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 5 capítulos conforme apresentado a seguir:

Capítulo 1 – Composto por esta introdução que apresenta os conceitos inicias que serão detalhados posteriormente.

Capítulo 2 – Apresenta a revisão bibliográfica utilizada nesta pesquisa além da história, conceitos e aplicabilidades das áreas estudadas.

Capítulo 3 – Debate e expõe o método de pesquisa, apresenta a estrutura de padrões proposta por este trabalho com exemplos de uso.

Capítulo 4 – Descreve a experimentação, além de explorar as discussões envolvidas nos assuntos desta pesquisa.

[1] Outros detalhes podem ser consultados em http://swamp-project.org/.

Capítulo 5 – Apresenta as conclusões gerais do trabalho, além das possibilidades de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica que serviu de base teórica para este trabalho, assim como os conceitos fundamentais que aparecerão ao longo dos capítulos. Aqui é apresentado o conceito de Padrão, assim como sua origem, catálogo, biblioteca e linguagem. Também são apresentadas as definições de Internet das Coisas e termos como *Machine-to-Machine, Smart Objects e Smart Space*.

2.1 PADRÕES

Padrão é uma abordagem para capturar e reutilizar o conhecimento coletivo proveniente de experiências que puderam ser aplicadas com sucesso em um sistema ou paradigma, auxiliando a promoção de boas práticas de projeto. Cada padrão atua com um problema recorrente e específico, abstraindo os detalhes essenciais do projeto bem sucedido a fim de poder ser aplicado repetidamente em novas situações (BUSCHMANN et al., 1996; DIX et al., 2004).

Este capítulo abordará a origem e a atualidade dos padrões, assim como temas específicos referentes a catálogo, biblioteca e linguagem de padrões.

2.1.1 Origens

O conceito original de padrão surgiu no final da década de 70, proposto pelo arquiteto Christopher Alexander (ALEXANDER, 1979). Não satisfeito com a arquitetura urbana em sua época, Alexander (1979) propõe uma nova teoria de arquitetura, construção e planejamento centrado na ideia de linguagem de padrão (*pattern language*). Sua teoria afirma que cada edifício ou cidade é feita de certas entidades que ele chama de padrões. E ainda, entendendo as construções sob a ótica de seus padrões, será possível olhar para elas e perceber que todos os edifícios e todas as partes de uma cidade são semelhantes, todos membros da mesma classe de estruturas físicas.

Alexander (1979) explica ainda que tais padrões são sempre oriundos de certos processos combinatórios, que são diferentes nos padrões específicos que eles geram, mas sempre semelhantes em sua estrutura geral e na forma como funcionam. Eles são essencialmente como linguagens. Sendo assim, afirma Alexander (1979), todas as formas

diferentes de construções, embora diferentes em detalhes, tornam-se semelhantes em linhas gerais sob a ótica dessas linguagens de padrões.

A ideia de padrão é apresentada como sendo atemporal (*timeless*), ou seja, é válida para todas as pessoas da sociedade que compartilham uma linguagem de padrão comum. Cada padrão descreve um problema que ocorre de forma recorrente, e depois descreve a solução central para o problema de tal maneira que se pode utilizar a solução milhões de vezes sem fazer da mesma forma duas vezes (ALEXANDER, 1979). O termo padrão descreve conjuntos de forças no mundo e relações entre eles. Em *Timeless*, Alexander (1979) descreve padrões comuns, às vezes até universais de espaço, de eventos, da existência humana, variando em todos os níveis de granularidade (LEA, 1994).

Por questão de conveniência e clareza, Alexander (1979) utiliza o mesmo formato para documentar cada padrão. Inicialmente, ele apresenta um exemplo do padrão através de uma figura seguido de uma introdução que define o contexto do padrão. Na sequência é apresentada a essência do problema através do título. No corpo do problema é descrito o pano de fundo empírico do padrão, a evidência de sua validade, a variedade de maneiras diferentes pelas quais o padrão pode se manifestar em um edifício e assim por diante.

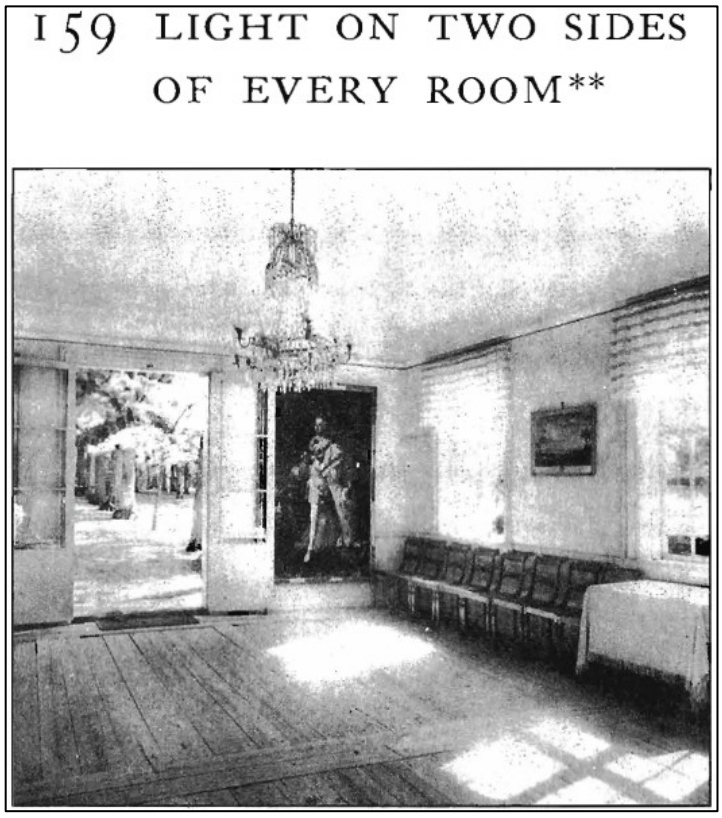
Após esta grande parte, Alexander (1979) documenta a solução, parte principal do padrão. A solução é escrita sempre em forma de instrução, de tal maneira que o leitor saiba exatamente o que precisa ser feito para construir o padrão. Por fim é apresentada a solução em forma de diagrama seguida de um parágrafo que liga o padrão atual a padrões menores da linguagem.

Este formato possui dois propósitos essenciais: (1) apresentar cada padrão de projeto conectado com outros padrões a fim de que se possa compreender a coleção de todos os 253 padrões como um todo, como uma linguagem no qual se pode criar infinitas combinações; (2) apresentar o problema e a solução de cada padrão para que o leitor julgue por si só e o modifique sem perder a essência central (ALEXANDER, 1979).

Cada uma das 253 entradas de padrão pode ser vista como um manual pequeno em um domínio arquitetônico comum e concreto. Cada entrada liga um conjunto de forças, uma configuração ou família de artefatos e um processo para construir uma realização específica. As entradas interligam esses problemas de ‘espaço do problema’, ‘espaço de solução’ e ‘espaço de construção’ de maneira simples e realista, de modo que cada um possa evoluir simultaneamente quando os padrões são usados no desenvolvimento (LEA, 1994).

Através de um exemplo é possível ilustrar melhor estes conceitos. Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977) propõem um padrão chamado ‘*Light on Two Sides of Every Room*’.

Figura 1 – Exemplo de padrão



Fonte: Alexander; Ishikawa; Silverstein, 1977

Este padrão endereça o seguinte problema: quando as pessoas possuem uma escolha, elas sempre buscarão salas que têm luz nos dois lados, deixando sem uso ou vazia as salas que são iluminadas apenas de um lado. A solução proposta é fornecer luz natural nos dois lados de cada quarto: “Localize cada sala de modo que ela tenha espaço externo em pelo menos dois lados e, em seguida, coloque as janelas nessas paredes externas para que a luz natural caia em todas as salas de mais de uma direção” (ALEXANDER; ISHIKAWA; SILVERSTEIN, 1977, p. 750).

É importante observar que a solução não diz nada sobre onde essas janelas devem estar localizadas ou em que ângulo elas devem estar entre si. Uma sala com janelas em paredes opostas, ou em ângulos retos, ou com uma janela no teto (claraboia), cumpririam com o padrão. Os padrões capturam apenas as propriedades invariantes do bom projeto, elementos comuns que se mantêm entre todas as instâncias da solução. A implementação específica do padrão dependerá da circunstância e da criatividade do projetista (DIX et al., 2004).

Lea (1994) comenta que os dois trabalhos de Alexander, *Timeless* (ALEXANDER, 1979) e *Patterns* (ALEXANDER; ISHIKAWA; SILVERSTEIN, 1977), foram escritos como um par, onde (ALEXANDER, 1979) apresenta a lógica e o método, e (ALEXANDER;

ISHIKAWA; SILVERSTEIN, 1977) os detalhes concretos. Lea (1994) afirma ainda que os textos apresentam uma nova alternativa ao uso de modelos e componentes padronizados e acentuam as diferenças filosóficas, técnicas e de impacto social entre os métodos analíticos e a abordagem adaptativa, aberta e reflexiva (tudo em vários sentidos) para o projeto que Alexander está buscando.

Ainda segundo Lea (1994), as entradas para os 253 padrões possuem cinco elementos fundamentais: (1) *Nome* é uma identificação curta que possibilita descrever o problema; (2) *Exemplo* é um artefato que ilustra a aplicação do protótipo; (3) *Contexto* descreve as situações onde o padrão se aplica; (4) *Problema* descreve as forças e restrições relevantes e como elas interagem; (5) *Solução* descreve como construir artefatos de acordo com o padrão.

Os padrões precisam ter uma descrição clara e é recomendável descrevê-los por meio de exemplos concretos e ilustrativos, encapsulando um problema e sua solução de forma bem definida, sem rigidez no processo. O objetivo é que tais padrões possam ser utilizados por qualquer desenvolvedor, criando assim um equilíbrio em cada etapa do projeto, abstraindo a experiência empírica do conhecimento cotidiano, aumentando o nível de detalhe e, por fim, relacionando hierarquicamente tais padrões (LEA, 1994).

Uma parte fundamental dos padrões é que estes estão enraizados na prática, observando o que as pessoas fazem, observando as coisas que funcionam e depois procurando o núcleo da solução. Outra coisa fundamental sobre os padrões é que nunca se pode simplesmente aplicar a solução às cegas. Seu uso deve ser ajustado, pois se pode ver a mesma solução muitas vezes, mas nunca é exatamente a mesma coisa (FOWLER et al., 2002).

Padrões não são ideias originais. São muito mais observações do que acontece no campo. Nunca se deve dizer que um padrão foi inventado, mas sim descoberto. O papel de quem vai documentar um padrão é observar a solução comum, procurar por seu núcleo e, em seguida, anotar o padrão resultante. Para um projetista experiente, o valor do padrão não é que ele lhe dê uma nova ideia; o valor está em ajudar a comunicar sua ideia (FOWLER et al., 2002).

Apenas para ilustrar os elementos fundamentais comentados por Lea (1994), a seguir é apresentado um exemplo simples de estrutura de padrão onde é documentada uma receita de biscoitos extraída do site HiSoUR.com:

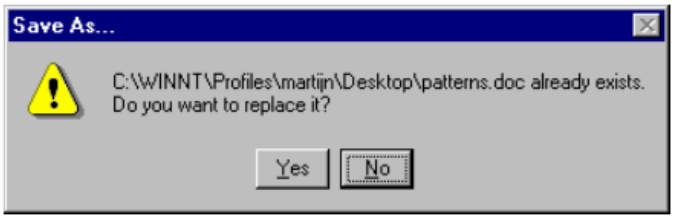
> Nome: ChocolateChipRatio
> Exemplo: SugarRatio, FlourRatio, EggRatio
> Contexto: Você está assando biscoitos de chocolate em pequenos lotes para a família e amigos
> Problema: Determinar a proporção ideal de gotas de chocolate para massa de biscoito
> Solução: Observe que a maioria das pessoas considera o chocolate como a melhor parte do biscoito de chocolate. Observe também que muito chocolate pode impedir que o cookie se mantenha unido, diminuindo sua atratividade. Desde que você esteja cozinhando em pequenos lotes, o custo não é um problema. Portanto, use a quantidade máxima de gotas de chocolate que resulta em um cookie realmente robusto. (HISOUR, 2019).

Evoluindo o conceito de padrão para a área de computação, segundo Buschmann et al. (1996), Ward Cunningham e Kent Beck, inspirados pelos padrões de Alexander (1979), foram os pioneiros em padrões relacionados ao desenvolvimento de software. Um padrão para arquitetura de software descreve um problema de projeto recorrente específico que surge em contextos de projetos específicos e apresenta um esquema genérico comprovado para sua solução. O esquema da solução é especificado descrevendo seus componentes constituintes, suas responsabilidades, relacionamentos, e as maneiras pelas quais eles colaboram (BUSCHMANN et al., 1996). Buschmann et al. (1996) afirmam que os cinco primeiros padrões propostos por Cunningham e Beck lidam com o projeto de interfaces de usuário e seus padrões *Window per Task, Few Panes, Standard Panes, Nouns and Verbs and Short Menus* marcaram o nascimento de padrões na engenharia de software.

Atualmente em engenharia de software é comum utilizar o termo *Design Pattern* para se referir a uma solução geral reutilizável para um problema que ocorre repetidamente em um contexto específico no projeto de software. Por meio de um documento baseado em um modelo se descreve como resolver um problema que pode ser usado em várias situações. Seu objetivo é aumentar a reutilização e a qualidade do código, reduzindo o esforço de desenvolvimento de sistemas de software (TKACZYK et al., 2018).

A Figura 2 apresenta um exemplo simples de padrão para o design da interface do usuário. Ele se concentra no uso de mensagens de aviso para proteger o usuário. O padrão está relacionado a um problema que um usuário pode ter, como ele pode ser resolvido e por que ele funciona.

Figura 2 – Exemplo de padrão para o design da interface do usuário

Name	**The Shield**
Problem	**The user may accidentally select a function that has irreversible (side) effects.**
Usability Principle	Error Management
Context	The user needs to be protected against unintended or accidental actions that have irreversible (side) effects. The (side) effects may lead to unsafe or highly undesired situations. For example the unintended deletion or overwriting of files. Do not use for actions that are reversible.
Forces	- The user is striving for speed while trying to avoid mistakes. - The severity of the (side) effects.
Solutions	**Protect the user by inserting a shield.** Add an extra protection layer to the function to protect the user from making mistakes. The user is asked to confirm her intent with the default answer being the safe option.
Examples	 A copy of the file already exists at the specified location. Overwriting it will result in loss of the copy. The default is "No" so that the speedy user has to take the effort of saying "Yes".
Usability Impact	Increased safety, less errors and higher satisfaction. However, it requires extra user action which leads to lower performance time.
Rationale	The extra layer causes the user to require 2 repetitive mistakes instead of 1. The safe default decreases the chances for a second mistake.
Known Uses	Microsoft Explorer, Apple Finder

Fonte: Welie; Veer; Elins, 2000

Para Buschmann et al. (1996) os padrões em arquitetura de software abordam um problema de projeto recorrente que surge em situações de projeto específico e apresenta uma solução para ele; documentam experiência de projeto existente e comprovada; Identificam e especificam abstrações que estão acima do nível de classes e instâncias únicas ou de componentes; Fornecem um vocabulário e entendimento comuns para princípios de projeto; São um meio de documentar arquiteturas de software; Suportam a construção de software com propriedades definidas; Ajudam a construir arquiteturas de software complexas e heterogêneas além de gerenciar a complexidade do software.

Para Lea (1994) ótimos padrões precisam descrever: um único tipo de problema; o contexto em que o problema ocorre; a solução como possível de construir; as etapas de projeto ou regras para a construção da solução; as forças que levam à solução; a evidência de que a solução resolve as forças da maneira ideal; os detalhes que podem variar e os que não são; pelo menos uma instância real de uso; as evidências de generalidade em diferentes instâncias; as

variantes e sub padrões; outros padrões em que se baseia; outros padrões que dependem desse padrão; outros padrões com contextos, problemas ou soluções semelhantes.

Wellhausen e Fiesser (2011) propõem um método para escrita de um padrão que se divide em duas etapas: (1) diálogo, onde se busca conhecer uma solução; (2) escrita do padrão passo a passo. Na primeira etapa o objetivo é conhecer o domínio do problema, para aos poucos chegar ao domínio da solução. Para demonstrar o raciocínio por trás da criação de um padrão, Wellhausen e Fiesser (2011) apresentam um diálogo entre dois personagens fictícios chamados Tim e Andi, onde falarão sobre uma solução para segurança de uma residência. Ao final do diálogo, ambos estão convencidos sobre o contexto, o problema e a solução.

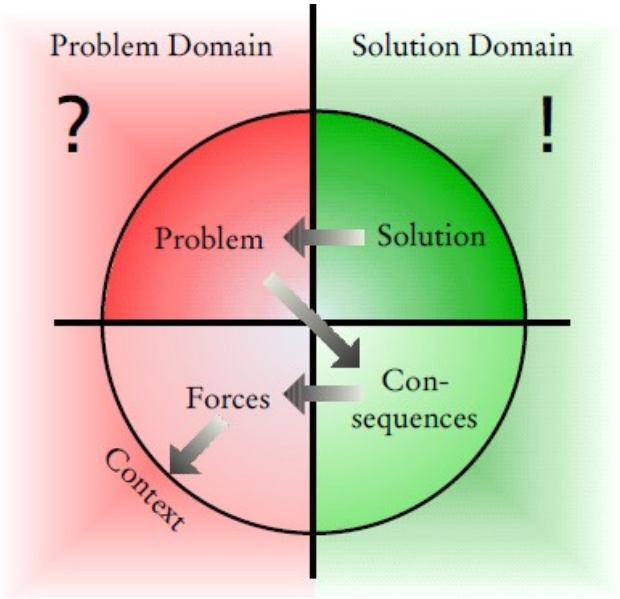
Já na segunda etapa, Wellhausen e Fiesser (2011) sugerem um guia dividido em algumas etapas que guiarão na criação do padrão. O caminho indicado é o mais fácil e menos complexo segundo os autores, porém esclarecem que podem haver outros caminhos uma vez que a escrita não é um processo linear, mas sim passível de recuo a qualquer momento para revisar o que foi escrito anteriormente.

Wellhausen e Fiesser (2011) explicam que além do nome, um padrão contém pelo menos cinco seções: Contexto, Problema, Forças, Solução e Consequências (positivas e negativas):

a) a seção Contexto define o estágio em que o padrão ocorre;
b) a seção Problema explica qual é o problema real;
c) a seção Forças descreve por que o problema é difícil de resolver;
d) a seção Solução explica a solução em detalhes;
e) a seção Consequências demonstra o que acontece quando você aplica a solução.

Em publicações de padrões, essas seções normalmente aparecem nesta ordem, porém é muito difícil escrever um padrão linearmente exatamente nessa ordem. A Figura 3 mostra as seções do padrão sugeridas por Wellhausen e Fiesser (2011) e ilustra a ordem em que sugerem a escrita. Partindo do pressuposto de que uma solução já foi ouvida muitas vezes, nem sempre se sabe exatamente qual problema ela resolve. Por isso a sugestão é começar com a solução, pois é o que normalmente se conhece melhor (WELLHAUSEN; FIESSER, 2011).

Figura 3 – Seções e ordem de escrita do padrão



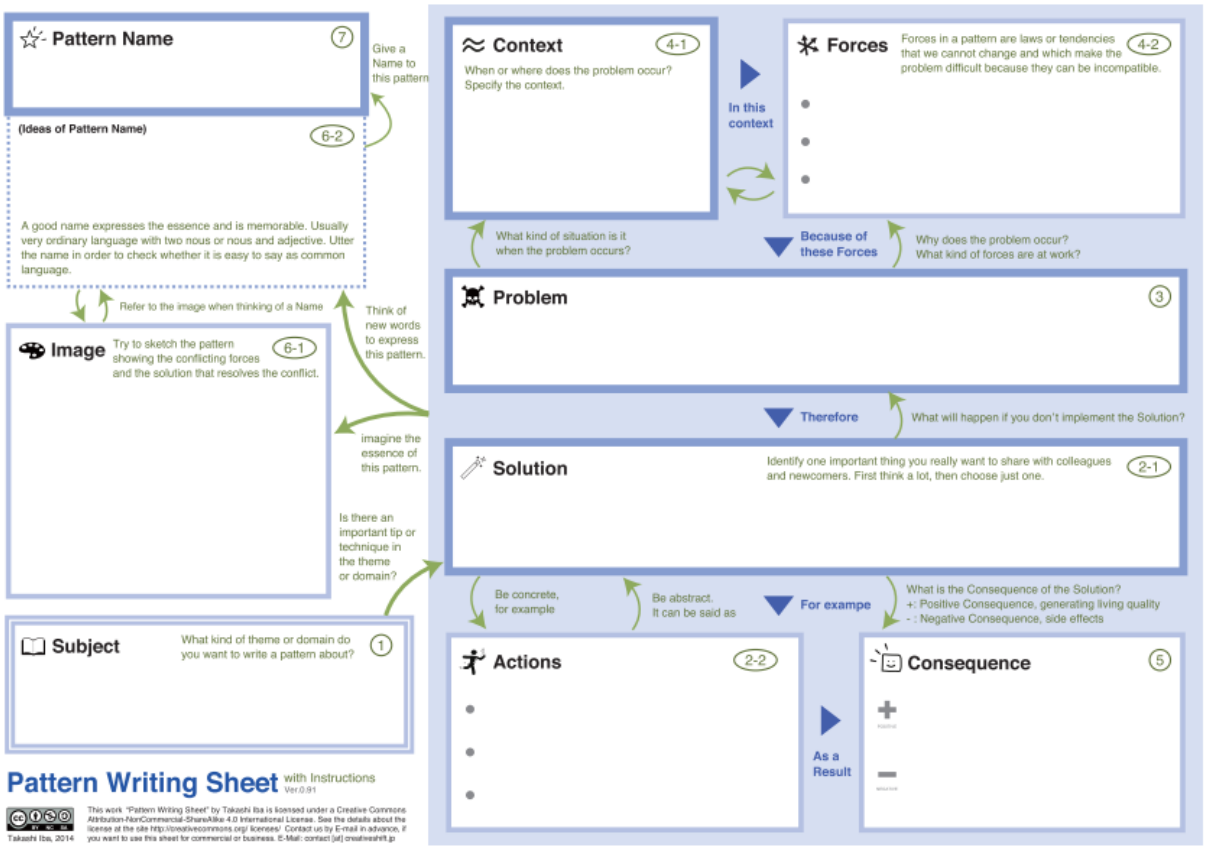
Fonte: Wellhausen; Fiesser, 2011

Para cada uma das seções, Wellhausen e Fiesser (2011) sugerem perguntas reflexivas que auxiliarão na escrita do padrão:

a) solução: qual é a parte central da solução?
b) problema: porque a solução é relevante? Qual problema a solução resolve?
c) consequências: o que ocorre se a solução for aplicada?
d) forças: por que o problema descrito é difícil de resolver?
e) contexto: sobre quais circunstâncias o problema aparece?
f) nome: qual nome ajuda a lembrar da solução?

Após sua jornada no caminho da escrita de padrões, Iba (2014) sugere uma ordem de escrita e dinâmica semelhante com a proposta de Wellhausen e Fiesser (2011). Iba (2014) propõe a utilização de uma folha de papel (Figura 4), onde “a Folha de Redação de Padrões fornece não apenas o espaço para escrever o conteúdo de um padrão, mas também instruções sobre como pensar sobre eles”.

Figura 4 – Folha de redação de padrões



Fonte: Iba, 2014

Nesta proposta (Figura 4), a ordem de preenchimento é indicada através dos números circulados iniciando pelo Assunto (*Subject*) e concluindo com o Nome do Padrão (*Pattern Name)*. Algumas seções interagem com a outra a fim de buscar um melhor entendimento do domínio como demonstram as seções Ações (*Actions*) e Solução (*Solution*) ou ainda as seções Contexto (*Context*) e Forças (*Forces*).

Esta pesquisa adotará a proposta de Wellhausen e Fiesser (2011) por motivo de maior riqueza apresentada no trabalho dos autores, onde explicam de forma bastante didática o passo a passo para criação de um novo padrão. A proposta de Wellhausen e Fiesser (2011) é utilizada na etapa de experimentação desta pesquisa, conforme detalhado no capítulo 3.

2.1.2 Principais Estruturas de Padrões

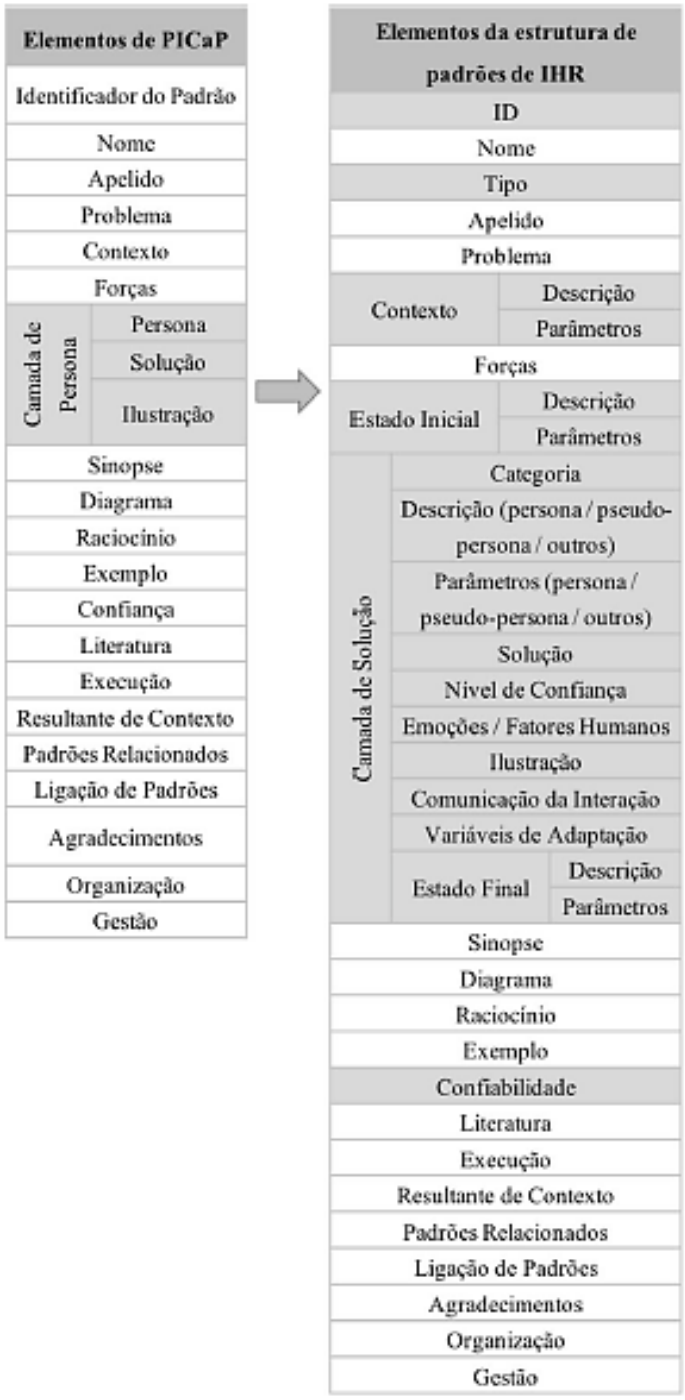
Desde a proposta inicial de Alexander (1979), diversas áreas e autores iniciaram pesquisas relacionadas a Padrões a fim de propor estruturas de documentação que melhor atendessem às necessidades das equipes de projetos. Ao longo da história foram surgindo propostas que posteriormente se consolidaram como uma estrutura formal de documentação

para problemas recorrentes em áreas como Engenharia e Arquitetura de Software (GAMMA et al., 1995; BUSCHMANN et al., 1996), Interação Humano-Computador (IHC) (FINCHER, 2003), Integração Empresarial (HOHPE et al., 2004).

A forma Alexandrina, como visto em 2.1.1, inaugura a definição de estruturas de padrões que procuram acomodar o domínio dos problemas enfrentados por cada área de pesquisa. Em IHC, por exemplo, Borchers (2001) sugere que os padrões utilizem como elementos de documentação o nome do padrão, a avaliação de sua validade, a imagem com o exemplo do padrão, o contexto em que o padrão é utilizado, uma breve descrição do problema, a descrição detalhada do problema citando as forças conflitantes, a solução central do padrão, o diagrama da solução e a referência a padrões recomendados pelo autor para auxiliar na ampliação da solução. Tidwell (2005) entende que os padrões devem conter nome do padrão, resumo da solução, situação de quando o padrão é utilizado e as forças envolvidas, dados que justificam a adequação do padrão, detalhe da solução e como pode ser implementado, diagramas e imagens da interface.

Trabalhos mais recentes contextualizam a proposta original de Alexander (1979) partindo da evolução do conceito que envolve a definição de estrutura de padrões. Como exemplo, Aquino Jr (2008) propõe a estrutura de padrões PICaPs: Padrões de Interação em Camadas de *Personas*, onde apresenta "uma solução destinada aos projetistas de famílias de sistemas interativos, para a acomodação e expressão da diversidade por meio da criação e uso de padrões de interface em camadas de personas – as PICAPs". No contexto de Interação Humano-Robô (IHR), Takahashi (2018) propõe novos elementos que buscam acomodar padrões de interface e interação de IHC, "além de atender a possibilidade de inserção de diferentes soluções para o mesmo problema para acomodar a diversidade de grupos de usuários e situações". A Figura 5 apresenta os elementos utilizados por cada uma destas propostas e destaca em cinza a evolução dos elementos entre as duas estruturas. O capítulo 3 discutirá a utilização dos elementos destas duas estruturas (Figura 5) para compor a proposta final deste trabalho.

Figura 5 – Evolução dos elementos de PICaP e IHR



Fonte: Takahashi, N. M., 2018

Os padrões possuem uma linguagem e são organizados normalmente em catálogos (coleções) e bibliotecas conforme apresentado a seguir.

2.1.3 Linguagem de Padrão

Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977) popularizaram o termo Linguagem de Padrão como um método para descrever boas práticas de projeto ou padrões de organização útil dentro de um campo de especialização. A linguagem de padrão tem como objetivo descrever a solução de maneira fácil de compreender (QANBARI et al., 2016).

Contudo, segundo Henshaw (2015) a motivação de Alexander para o desenvolvimento da linguagem de padrões aparece primeiro em *Uma cidade não é uma árvore* (1965), escrita no ensino de teoria arquitetônica em Berkley. Nesse trabalho é reconhecida a falta de riqueza nos padrões do projeto moderno, comparado com as cidades tradicionais preciosas do passado. Ainda segundo Henshaw (2015), Alexander relacionou isso com a perda de interconexões ricas, que tornaram o projeto urbano moderno relativamente monótono e sem vida. O que faltava lhe parecia ser um padrão de sobreposição complexa de oportunidades naturais de conexão (HENSHAW, 2015).

Henshaw (2015) afirma que a linguagem de padrão pode ser usada para descrever maneiras de resolver forças conflitantes em contextos complexos. Por exemplo, a maneira familiar como os projetistas trabalham desde os primeiros conceitos até os produtos acabados pode ser descrita como uma recorrência do processo natural de projetos complexos que se desenvolvem de pequenos começos para emergir em novas formas.

Um olhar mais atento a muitos padrões revela que, apesar das impressões iniciais, seus componentes e relacionamentos nem sempre são tão ‘atômicos’ quanto parecem ser. Um padrão resolve um problema específico, mas sua aplicação pode gerar novos problemas. Alguns destes podem ser resolvidos por outros padrões. Componentes individuais ou relacionamentos dentro de um padrão específico podem, portanto, ser descritos por padrões menores, todos integrados pelo padrão maior em que estão contidos (BUSCHMANN et al., 1996).

Embora Alexander (1979) utilize o termo ‘linguagem’, Buschmann et al. (1996) preferem o termo ‘sistema’ para descrever o mesmo conceito por trás de linguagem de padrões. Afirmam ainda que existem muitas interdependências entre padrões e uma lista simples de todos os padrões não reflete esses múltiplos relacionamentos. Em vez disso, padrões devem ser entrelaçados em sistemas padronizados.

A definição formal para o termo ‘sistema de padrões’ é: um sistema de padrões para arquitetura de software é uma coleção de padrões para arquitetura de software, juntamente com diretrizes para sua implantação, combinação e uso prático no desenvolvimento de software. Segundo esta definição, um sistema de padrões une seus padrões constituintes, descrevendo

como os padrões estão conectados e como eles se complementam. Um sistema de padrões também suporta o uso efetivo de padrões no desenvolvimento de software (BUSCHMANN et al., 1996).

Para usar padrões de forma eficaz é necessário organizá-los em sistemas padronizados. Um sistema de padrões descreve os padrões uniformemente, classifica-os e, o mais importante, mostra como eles estão entrelaçados uns com os outros. Tais sistemas também ajudam a encontrar o padrão certo para resolver um problema ou para identificar soluções alternativas para ele. Isso está em contraste com um catálogo de padrões, onde cada padrão é descrito mais ou menos em isolamento de outros (BUSCHMANN et al., 1996).

Neste trabalho a definição adotada será ‘linguagem’, pois o termo ainda é preferido por muitos autores (LEA, 1994; HOHPE et al., 2004; AQUINO JR, 2008; TAKAHASHI, N. M., 2018).

Para Hohpe et al. (2004) cada padrão representa uma decisão que deve ser tomada e as considerações que entram nessa decisão. Uma linguagem padrão é uma teia de padrões relacionados, onde cada padrão leva a outros, guiando você através do processo de tomada de decisão. Essa abordagem é uma técnica poderosa para documentar o conhecimento de um especialista para que ele possa ser prontamente entendido e aplicado por outras pessoas. Uma linguagem de padrões ensina como resolver uma variedade ilimitada de problemas dentro de um espaço de problema limitado. Como o problema geral que está sendo resolvido é diferente a cada vez, o caminho pelos padrões e como eles são aplicados também é único.

Usar a forma padrão de maneira isolada não garante eficácia. Não é suficiente simplesmente dizer: Quando você enfrenta este problema, aplique esta solução. Os padrões precisam se conectar uns aos outros, de modo a guiá-lo de um problema para outro. Desse modo, a forma padrão pode ser usada para ensinar não apenas quais soluções aplicar, mas também como resolver problemas que os autores não poderiam ter previsto (HOHPE et al., 2004).

Assim como na linguagem natural, Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977) afirmam que uma linguagem de padrões tem vocabulário, sintaxe e gramática. Especificamente em linguagens de padrão para projeto, cada elemento é entendido da seguinte maneira:

a) vocabulário: é uma coleção de soluções nomeadas e descritas para problemas em um campo de interesse, chamados de padrões de projeto. A linguagem para arquitetura, por exemplo, descreve itens como: assentamentos, edifícios, salas, janelas, travas, etc.

b) sintaxe: é uma descrição que mostra onde a solução se encaixa em um projeto maior, mais abrangente ou mais abstrato, vinculando automaticamente a solução a uma rede de outras soluções. Por exemplo, os quartos possuem formas para obter luz e maneiras para que as pessoas possam entrar ou sair.
c) gramática: descreve como a solução resolve um problema ou produz um benefício. Portanto, se o benefício for desnecessário, a solução não será usada. Talvez essa parte do projeto possa ser deixada em branco para economizar dinheiro ou outros recursos; se as pessoas não precisarem esperar para entrar em uma sala, uma porta simples pode substituir uma sala de espera.

Segundo Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977) os padrões estão em ordem decrescente por tamanho, com um índice alfabético separado. Na descrição da linguagem, a gramática e a sintaxe cruzam o índice para outras soluções conhecidas, desta forma o projetista pode rapidamente ir de uma solução para outras soluções relacionadas e, assim, documentá-las de maneira lógica.

A linguagem de padrão possui soluções de tudo aquilo que já foi realizado em determinado contexto, sendo composta por padrões individuais que possuem título, descrição do argumento de aplicação e um grafo que representa seu relacionamento com outros da mesma linguagem, o que permite que eles se complementem e definam grupos de aplicação para categorizá-los e relacioná-los. Toda linguagem de padrão deve ser completa morfologicamente, ou seja, seus padrões devem se combinar, gerando uma disposição sem lacunas e formando um conjunto hierarquicamente estruturado que conduz o projetista na abstração de sua aplicação e em suas conexões. Caso os padrões não possuam completude morfológica e funcional, eles não são considerados de uma linguagem, apenas constituem uma coleção ou catálogo (AQUINO JR, 2008).

Khwaja e Alshayeb (2013) classificam as linguagens de padrões de projeto em quatro categorias (Quadro 1). Os autores propõem uma linguagem para representar padrões de projeto de software chamada *Design Pattern Definition Language* (DPDL). O DPDL é baseado em XML, o que facilita o uso com um grande número de aplicativos, facilitando sua integração em IDEs e fornece a aceitação industrial comum que o XML já possui. O DPDL também suporta a definição de modelos de padrão de projeto que representam a estrutura geral e o comportamento dos padrões de projeto.

Quadro 1 – Linguagens de padrões

Baseada em	Exemplo de Linguagem	Comentário
Lógica matemática formal	*Language for Pattern Uniform Specification* (LePUS)	Abordagem formal abrangente que descreve apenas a estrutura dos padrões de projeto
	Language of Temporal Ordering Specification (LOTOS)	Usa álgebra de tipos de dados abstratos para especificar os dados. Descreve a especificação de camadas de rede
	Distributed Co-operation (DisCo).	Especificação para padrões de projeto
UML	*Role Based Meta-modeling Language* (RBML)	Técnica de meta-modelagem que especifica padrões de projeto baseados em UML
	Design Pattern Modeling Language (DPML)	Linguagem de modelagem visual que oferece construções para especificar soluções de padrão de projeto e sua instanciação
Linguagens de programação	*SPINE*	Vagamente baseado em PROLOG
Ontologia	*Conceptual Ontology Design Pattern* (CODeP)	É baseada na *Web Ontology Language* (OWL) e na *Resource Description Framework* (RDF)

Fonte: Khwaja; Alshayeb, 2013

Outra linguagem foi apresentada por Brambilla, Umuhoza e Acerbis (2017). O *Interaction Flow Modeling Language* (IFML) foi desenvolvido para expressar o conteúdo, a interação do usuário e o comportamento de controle do *front-end* de aplicativos de software. Seu metamodelo usa os tipos de dados básicos do metamodelo UML, especializa um número de metaclasses UML como base para metaclasses IFML e presume que o Modelo de Domínio IFML seja representado em UML.

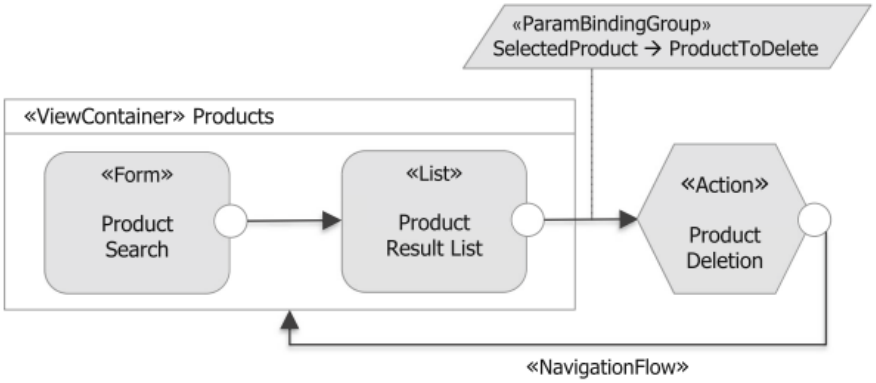
Um modelo IFML suporta as seguintes perspectivas de projeto:

a) a especificação da estrutura de visão, que consiste na definição de *contêineres* de visão, seus relacionamentos de aninhamento, sua visibilidade e sua acessibilidade;
b) a especificação do conteúdo da visualização, que consiste na definição de *ViewComponents*, ou seja, conteúdo e elementos de entrada de dados contidos no *ViewContainers*;
c) a especificação de eventos, que consiste na definição de Eventos que podem afetar o estado da interface do usuário. Os eventos podem ser produzidos pela interação do usuário, pelo aplicativo ou por um sistema externo;
d) a especificação de transição de evento, que consiste na definição do efeito de um evento na interface do usuário;
e) a especificação de ligação de parâmetro, que consiste na definição das dependências de entrada-saída entre *ViewComponents* e entre *ViewComponents* e *Actions*;
f) a referência a ações desencadeadas pelos eventos do usuário. O efeito de um Evento é representado por uma conexão *InteractionFlow*, que conecta o evento ao *ViewContainer* ou *ViewComponent* afetado pelo *Event*. O *InteractionFlow* expressa

uma mudança de estado da interface do usuário: a ocorrência do evento causa uma transição de estado que produz uma mudança na interface do usuário.

Apenas para exemplificar neste tópico, o Diagrama 1 mostra um exemplo simples do modelo IFML, descrevendo uma interface do usuário na qual ele pode pesquisar um produto inserindo alguns critérios de pesquisa no Formulário de pesquisa do produto. O modelo consiste em um *ViewContainer Products* (descrevendo uma tela ou página da Web) que contém dois *ViewComponents* (*widgets* visuais posicionados na tela), ou seja, o Formulário de Pesquisa de Produtos, em que o usuário pode inserir os critérios de pesquisa e a Lista *ProductResultList*, que exibe os resultados da pesquisa. Além disso, uma Ação de Exclusão de Produto pode ser acionada quando o usuário seleciona o Evento de Exclusão associado a *ProductResultList*. Este modelo de exemplo está em conformidade com o metamodelo IFML.

Diagrama 1 – Exemplo de IFML



Fonte: Brambilla; Umohoza; Acerbis, 2017

Na tentativa de criar uma linguagem de padrão mais unificada e acessível, Fincher (2003) criou a *Pattern Language Markup Language* (PLML). Esta foi a primeira linguagem adotada pela área de IHC e se tornou a mais aceita para descrever padrões desta área. O objetivo desta linguagem é fornecer um melhor formato organizacional das estruturas de padrões, uma vez que foi reconhecida grande inconsistência na forma que os padrões de IHC e de outras áreas estavam sendo reportados. O uso de padrões com diferentes estruturas se tornou um problema na hora de utilizá-los, o que também dificultou o modo como referenciá-los (TAKAHASHI, N. M., 2018).

A PLML auxilia tornar a terminologia dos padrões mais consistente, promovendo a organização dos padrões e possibilitando relacioná-los. O uso dela também permite um maior reconhecimento de falhas e contradições em uma linguagem de padrão (FINCHER, 2003). Os elementos que compõem a PLML são:

Quadro 2 – Elementos do PLML e suas respectivas descrições

Nome do Elemento	Descrição
Pattern ID	ID único, identificador do padrão.
Name	O nome utilizado para denominar o padrão.
Alias	Outros nomes que possam ser atribuídos ao padrão. Apesar de conter um nome, ele pode ser chamado de outras formas.
Illustration	Imagem que represente uma instanciação do padrão na vida real, como uma tela ou qualquer outra imagem contextualizada.
Problem	Descreve as forças do ambiente que o padrão irá resolver, um sistema de forças que surge nesse contexto. Representam as tensões do projeto, atributos, consequências e considerações contraditórias que devem ser levadas em conta ao escolher a solução do problema.
Context	Caracteriza a situação que este padrão pode ser aplicado.
Forces	Descreve a situação do problema no projeto.
Solution	Descreve a solução, sugestões para resolver o problema, e pode ser uma generalização dos exemplos do padrão. Pode ser expressa em forma de instruções.
Synopsis	Resumo do padrão. Pode ser útil em casos que há um espaço limitado de exibição.
Diagram	Permite a inclusão de um diagrama que comunica o usuário do padrão com o projetista, contendo detalhes que são facilmente expressos em forma esquemática. Pode ser um esboço, UML, entre outros.
Evidence	Detalhes e discussões do problema, evidencias utilizadas para identificar os padrões. Possui dois sub elementos: *Examples:* Casos que o padrão é visto. *Rationale:* Discussões e raciocínio fundamentados para a solução.
Confidence	Representa uma classificação da confiabilidade de forma quantitativa.
Literature	Referências aos trabalhos que influenciaram no padrão.
Implementation	Código, parte de código ou detalhes técnicos de implementação.
Related Patterns	Utilizado para referenciar outros padrões. Em uma coleção, este elemento mostra as relações que representam a estrutura do todo.
Pattern Link	Permite a ligação com outros padrões. Este elemento serve para detalhar os padrões relacionados e pode ser utilizado da seguinte forma: <pattern-link type="" patternID="" collectionID="" label="">"> *patternID:* ID do padrão a qual este se relaciona. *collectionID:* ID da coleção a qual o padrão relacionado se encontra. *label:* Nome do relacionamento (link). *type:* Tipo do relacionamento(link). Foi proposto três tipos pré-definidos: - Is-a: O padrão relacionado é o mesmo ou uma solução alternativa para o mesmo problema. - Is-contained-by: O padrão relacionado é "menor" e é usado (com outros) para instanciar um maior. - Contains: Recíproco de is-contained-by.
Author	Autor ou autores do padrão.
Credits	Créditos referente a contribuições do padrão.
Creation Date	Data de criação.
Last Modified	Data da ultima modificação.
Revision Number	Número da versão.

Fonte: Takahashi, N. M., 2018

Uma vantagem da PLML é a flexibilidade na declaração de padrões por conta dos seus elementos opcionais, como desvantagem, os padrões podem não ser tão estruturados. Além disso, a descrição em forma descritiva causa problemas de usabilidade em alguns casos e a pouca semântica (apenas três tipos) em relacionar os padrões torna difícil a busca e a filtragem em sistemas (TAKAHASHI, N. M., 2018).

Posteriormente foi criado o *Extended Pattern Language Markup Language* (PLMLx), que é composto pelos elementos da PLML com a inclusão de novos elementos em sua composição básica, como autoria dos envolvidos para a definição do padrão, descrição do contexto após a aplicação do padrão, mudanças de gerenciamento, referência de outros padrões, entre outros. O objetivo do PLMLx é o de descrever o padrão em um formato apresentável e legível por humanos e máquinas (TAKAHASHI, N. M., 2018).

Os elementos obrigatórios do PLMLx são: nome, problema, contexto, forças e solução. A estrutura base permite padronizar a declaração de padrões e também a inclusão de elementos complementares que auxiliem na sua aplicação (TAKAHASHI, N. M., 2018). O Quadro 3 mostra a obrigatoriedade de seus elementos e suas cardinalidades:

Quadro 3 – Obrigatoriedade e cardinalidade dos elementos PLMLx

Nome do Elemento	Obrigatório / Opcional	Cardinalidade
Pattern ID	Opcional	Somente um
Name	**Obrigatório**	Somente um
Alias	Opcional	Qualquer número
Illustration	Opcional	Um ou nenhum
Problem	**Obrigatório**	Somente um
Context	**Obrigatório**	Somente um
Forces	**Obrigatório**	Somente um
Solution	**Obrigatório**	Somente um
Synopsis	Opcional	Um ou nenhum
Diagram	Opcional	Um ou nenhum
Rationale	Opcional	Um ou nenhum
Example	Opcional	Qualquer número
Confidence	Opcional	Um ou nenhum
Literature	Opcional	Um ou nenhum
Implementation	Opcional	Um ou nenhum
Resulting-Context	Opcional	Um ou nenhum
Related-Patterns	Opcional	Um ou nenhum
Pattern-Link	Opcional	Qualquer um
Acknowledgments	Opcional	Um ou nenhum
Organization	Opcional	Um ou nenhum
Management	Opcional	Um ou nenhum

Fonte: Takahashi, N. M., 2018

Quando se trata de linguagem de padrão, dois conceitos aparecem na literatura com a intenção de organizar a documentação. Trata-se do Catálogo e Biblioteca de padrões.

Um catálogo de padrões é uma coleção de padrões relacionados, com propriedades semelhantes e que podem ser subdivididos em um pequeno número de categorias (BUSCHMANN et al., 1996; TKACZYK et al., 2018). Buschamnn et al. (1996) agrupam os padrões em três catálogos que possuem faixas de escala ou abstração semelhante. Os padrões são catalogados em:

a) padrões de Arquitetura: expressam um esquema de organização estrutural fundamental para sistemas de software. Fornecem um conjunto de subsistemas predefinidos, especifica suas responsabilidades e inclui regras e diretrizes para organizar os relacionamentos entre eles;

b) padrões de Projeto: fornecem um esquema para refinar os subsistemas ou os componentes de um sistema de software, ou ainda os relacionamentos entre eles mesmos. Descrevem uma estrutura comumente recorrente de componentes de comunicação que resolvem um problema geral de projeto dentro de um contexto particular;
c) idiomas: são padrões de baixo nível, específico para uma linguagem de programação. Uma expressão idiomática descreve como implantar aspectos particulares de componentes ou as relações entre eles usando os recursos da linguagem dada.

Em outro exemplo, Tkaczyk et al. (2018) sumarizam alguns catálogos com base na literatura. O foco destes catálogos está na identificação de padrões úteis para integração de artefatos em IoT tais como integração e comunicação, segurança, componente de arquitetura de software e soluções de caso de uso de domínio. Os catálogos apresentados são:

a) *Object-oriented Patterns*: fundamentais em engenharia de software. Proposto por *Gang of Four* (GoF) (GAMMA et al., 1995; GAMMA et al., 2009);
b) *Enterprise Integration Patterns* (EIP): são uma extensão dos padrões de GoF. Fornece um guia para integração ou projeto de sistemas distribuídos;
c) *Service-Oriented Architecture* (SOA) *Patterns*: integração das camadas de aplicação, serviço e dados;
d) *Reactive Patterns*: utilizado em aplicações distribuídas;
e) *Agent-oriented Design Patterns*: integração, conexão e interação entre componentes de software e sistemas;
f) *IoT Patterns*: são comuns em soluções IoT, porém com foco em novos sistemas e não apresentam uma estrutura comum para a área;
g) *Security Patterns*: relacionado à autenticação e autorização.

Para a engenharia de software, o catálogo proposto por GoF é considerado fundamental. O mesmo possui estrutura clara e intuitiva para tratar de problemas de projeto orientado a objeto. Tkaczyk et al. (2018) propõem um catálogo de padrões de projeto para integração de artefatos de IoT baseados em (GAMMA et al., 1995).

Em relação a biblioteca, segundo definição do dicionário online Michaelis, no seguimento de informática o termo significa “coleção ordenada de código de programas disponíveis para consulta e utilização como subsídio na execução de outros programas” (MELHORAMENTOS, 2019). A utilização de bibliotecas de padrões auxilia na organização e na padronização do trabalho da equipe de desenvolvimento, além de contribuir com a

construção do conhecimento coletivo e documentação dos padrões a fim de que todos possam usar, modificar ou melhorar tais padrões (LOUREIRO, 2010).

A utilização de bibliotecas de padrões de interface, por exemplo, é comum entre os desenvolvedores de softwares e deve ser conhecida principalmente pelo projetista de interfaces que busca nestas ferramentas os padrões e melhores práticas. Contudo, o uso de bibliotecas também é uma estratégia operacional que visa maior agilidade no desenvolvimento de novos produtos, pois reduz a curva de aprendizado na construção de novas soluções (LOUREIRO, 2010).

Um aspecto fundamental está no fato de que as bibliotecas são construídas a partir de pesquisas, experimentação e observação. Sendo assim, é mito o fato de que a utilização destas ferramentas limite o trabalho criativo e inovador do projeto de interface (LOUREIRO, 2010).

Algumas propostas de bibliotecas são utilizadas na área de projeto de interfaces e interação e podem ser encontradas na internet, tais como:

a) *MailChimp*: oferece uma biblioteca de padrões de interação para consulta ou até mesmo copiar o código-fonte. A biblioteca é categorizada por grids, botões, formulários, listas e outros elementos (MAILCHIMP, 2019).
b) *Welie.com*: contém práticas recomendadas no projeto de interação agrupado em necessidades do usuário, necessidades da aplicação e do contexto de projeto (WELIE, 2019).
c) *UI Patterns*: relaciona uma série de soluções para problemas comuns no desenvolvimento de interfaces web. Os padrões são agrupados em duas categorias: Padrões de Projeto para Interface do Usuário e Padrões de Projeto Persuasivo (TOXBOE, 2019).

Em resumo, catálogo trata da classificação dos padrões enquanto que a biblioteca é responsável por armazenar tais padrões de forma organizada, permitindo facilmente a consulta e com possibilidade de manutenção constante dos padrões ali armazenados.

Este trabalho não tem como foco encerrar todos os assuntos relacionados a linguagem de padrão ou mesmo declarar padrões nas linguagens apresentadas. O objetivo deste tópico é apenas mostrar ao leitor o conceito e alguns trabalhos relacionados a este tema. Trabalhos futuros poderão propor uma linguagem IoT com base na estrutura proposta neste trabalho devido aos elementos que permitem o relacionamento entre os padrões e consequentemente a criação de uma linguagem como apresentado neste tópico.

Da mesma forma, embora na etapa de experimentação (Capítulo 4) tenha sido criado um repositório online para armazenar os padrões definidos na estrutura deste trabalho, não é

foco desta pesquisa criar uma biblioteca de padrões ou mesmo classifica-los. Tal biblioteca poderá ser criada em trabalhos futuros com base na estrutura de padrões apresentadas neste trabalho assim como propor uma classificação dos mesmos.

2.2 INTERNET DAS COISAS

O termo Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), é um conceito que engloba uma variedade de tecnologias e áreas de pesquisa que têm como objetivo estender a atual internet para os objetos do mundo real (LÓPEZ et al., 2012). É uma base para conectar coisas, sensores, atuadores e outras tecnologias inteligentes, permitindo comunicações entre pessoa-objeto e objeto-objeto (UCKELMANN; HARRISON; MICHAHELLES, 2011).

O advento da IoT promete muitos benefícios para pessoas e empresas. Ela pode ser utilizada, por exemplo, no gerenciamento de logística na cadeia de suprimentos, automação de fabricação, casas e dispositivos inteligentes, governo eletrônico (documentos e moedas), manutenção de veículos, monitoração de pacientes (LÓPEZ et al., 2012).

Kevin Ashton introduziu o termo *Internet das Coisas* em 1999 em uma palestra a respeito do uso do RFID (*Radio Frequency Identification*) (GOMES; BERGAMO, 2018). Posteriormente, em um artigo para a revista Forbes Magazine no ano de 2002 com o título “A Internet das Coisas” (*The Internet of Things*), Ashton dizia: “Precisamos de uma internet para as coisas, uma maneira padronizada para os computadores entenderem o mundo real (*We need an internet for things, a standardized way for computers to understand the real world*). Como co-fundador e diretor do Auto-ID Center no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Kevin foi responsável por construir a tecnologia RFID, um importante passo que permitiu colocar em prática as teorias por trás do desejo de conectar as coisas (SCHOENBERGER, 2002).

O invento do RFID viabilizou a conexão entre os dispositivos mantendo uma identificação única (ID) para cada objeto. Com isso, cada objeto pode se comunicar com outros objetos e ser monitorado a distância, permitindo conhecer suas condições e atuar mediante a mudança no status do objeto como temperatura, umidade, composição química (LÓPEZ et al., 2012).

A aplicação das tecnologias da IoT em ambientes construídos para criar espaços inteligentes envolve a transformação de objetos físicos tradicionais em objetos inteligentes integrando recursos de processamento e comunicação, bem como sensores e/ou atuadores. A tecnologia IoT permite ligar objetos físicos, como diferentes dispositivos e sensores, a objetos

virtuais, que existem através de conexões de internet, com maior conforto e segurança (GRACANIN et al., 2017; KIM; LEE; HONG, 2017).

As áreas de aplicação da IoT são enormes: casas e cidades inteligentes para reduzir o consumo de energia ou controle do tráfego, monitoramento de ambiente para detectar fenômenos naturais, na área de saúde para auxiliar pacientes, no setor de negócios, segurança e médica, são exemplos que já utilizam e possuem um grande potencial para ampliar a utilização (BREHM, 2015).

O termo IoT atualmente é bastante conhecido no meio acadêmico e industrial, com conceitos definidos e consolidados entre os mais diversos grupos de pesquisas espalhados pelo mundo. Contudo, mais recentemente, termos semelhantes têm surgido com a intenção de ampliar ou especializar aquilo que já é aplicado em IoT.

Acrônimos como IoE, IoP, IoS, IIoT começam a ganhar espaço nas discussões a respeito da conectividade entre entidades. A literatura restrita a respeito destes termos não permite traçar com clareza o que estes novos conceitos propõem diferentemente daquilo que já é consolidado na proposta para IoT. Contudo, é possível observar algumas pistas deste novo leque que está se abrindo a partir dos avançados estudos em IoT.

Dentre os termos apresentados, IoE (*Internet of Everything*) parece ser o mais difundido. IoE é uma proposta da CISCO, desde 2013, que tem por objetivo conectar não somente coisas, mas também pessoas, processos e dados, englobando assim todo o ecossistema de conectividade que gira em torno desse universo (TAKAHASHI, P., 2017).

Outro termo derivado do conceito de IoT e que vem se popularizando a cada dia é a IoP (*Internet of People*). Não é possível identificar com precisão na literatura quando e quem cunhou este termo, mas o fato é que se trata de um conceito em que as pessoas são o centro do ecossistema e não as coisas. Para os defensores da IoP

> a tecnologia levaria em conta o contexto das pessoas, aprenderia com ele e tomaria medidas proativas de acordo com a situação e as expectativas, evitando ao máximo a intervenção do usuário. Assim, se alguém planeja chegar em casa tarde, eles gostariam que o ar condicionado fosse mantido até que eles estivessem voltando para casa. (CARPINTERO et al., 2015, p. 2).

A arquitetura IoP é desenhada para permitir que cada componente tecnológico trabalhe de forma autônoma se comunicando com os demais dispositivos da rede e tomando as decisões necessárias sem a participação ativa do usuário nas configurações, parametrizações, etc. Os dispositivos trabalham de forma silenciosa coletando informações das pessoas e demais dispositivos da rede, e assim inferindo na vida delas com base no perfil ou hábito de cada um.

Neste cenário proposto a interação dos usuários com os dispositivos é praticamente passiva (CARPINTERO et al., 2015).

Com menos frequência também é possível encontrar entre alguns sites os termos IoS (*Internet of Space*), que aponta uma certa limitação de tráfego de dados na rede proposta para IoT e apostam no investimento de uma rede orbital, fornecendo informações de alta largura de banda para todas as partes do mundo (RAMAN; WEIGEL; LEE, 2016). E IIoT (*Industrial Internet of Things*), que é a aplicação da IoT nas industrias com foco na automação, otimização, manufatura inteligente e controle industrial, em busca da transformação industrial (I-SCOOP, 2019).

Estes novos conceitos são derivados da IoT e propõem a conectividade entre entidades como dispositivos eletrônicos, objetos, animais, pessoas, ou qualquer outra *coisa* que pode ter um espaço significativo no ecossistema proposto para IoX (onde X pode ser substituído por qualquer plataforma).

A arquitetura de IoT e a implementação correspondente diferem da arquitetura de rede tradicional. É necessário conectar um grande número de dispositivos, a maioria deles com recursos limitados de computação e rede. Os dispositivos IoT serão implantados em vários contextos, incluindo dispositivos vestíveis, eletrodomésticos/sensores, dispositivos embarcados/smartphones, fábricas e sensores ambientais. Eles podem abranger grandes áreas urbanas para apoiar cidades inteligentes (GRACANIN et al., 2017; DACOSTA; HENDERSON, 2013; MUKHOPADHYAY; SURYADEVARA, 2014; ANDERSON; RAINIE; DUGGAN, 2014; LEA; BLACKSTOCK, 2014).

Enquanto a maioria dos dispositivos vestíveis está conectada à nuvem via smartphones, eles ainda podem ser considerados um subconjunto de IoT, uma infraestrutura global que permite serviços avançados interconectando coisas físicas e virtuais (ALCE et al., 2018). O modelo de interação apresentado por Brambilla, Umuhoza e Acerbis (2017) também considera o smartphone como um dispositivo intermediário da IoT que consiste em enviar comandos e solicitar ou monitorar dados dos dispositivos IoT.

Embora a IoT seja considerada uma evolução da Internet e as fronteiras entre os dois mundos se confundam, Baldini et al. (2018) incluem novas categorias de dispositivos eletrônicos de IoT que não existiam na Internet convencional. Essas categorias incluem:

a) novos dispositivos eletrônicos pequenos que podem ser usados por uma pessoa (por exemplo, sensores vestíveis);

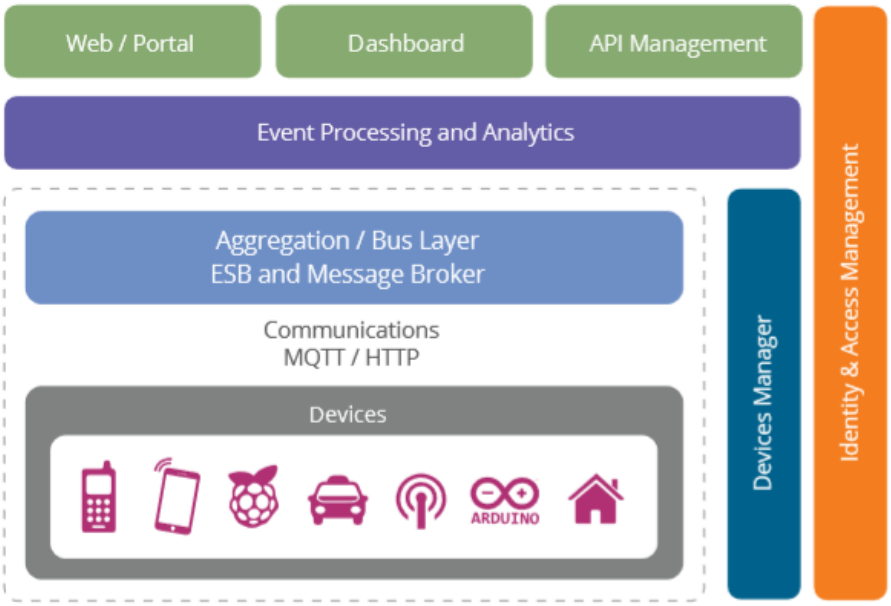
b) carros inteligentes que estão conectados entre si e a uma infraestrutura fixa para suportar aplicações inteligentes de tráfego e segurança (por exemplo, evitar colisões);
c) sistemas *Machine to Machine* (M2M) que são usados em um contexto industrial, mas também para tornar a casa mais inteligente e responsiva aos seres humanos (por exemplo, o conceito da casa inteligente);
d) sistemas de cuidados de saúde remotos que podem monitorar a situação clínica de um indivíduo a qualquer momento.

As principais características compartilhadas por essas diferentes categorias de dispositivos são a conectividade quase contínua através de uma ampla gama de padrões de comunicação sem fio (por exemplo, WiFi, UMTS, LTE, ZigBee) e a capacidade de coletar dados do mundo real (por exemplo, câmera) ou agir no mundo real (por exemplo, atuadores como um sistema domótico para regular a temperatura da casa), inclusive de um indivíduo (por exemplo, um sensor que coleta leituras de pressão sanguínea a qualquer momento) ou dados que geralmente podem ser relacionados entre si através da identificação do tempo e (geo) localização (BALDINI et al., 2018).

Outro componente da IoT é a conexão do dispositivo IoT à nuvem, que permite a coleta ou agregação dos dados, permitindo assim que algoritmos analíticos sofisticados possam ser aplicados a eles para identificar padrões comportamentais dos usuários (BALDINI et al., 2018).

Para Khodadadi, Dastjerdi e Buyya (2016), quando se fala de um ambiente distribuído, a interconectividade entre entidades é um requisito crítico. Uma arquitetura de sistema holística para IoT precisa garantir a operação perfeita de seus componentes (a confiabilidade é considerada o fator de projeto mais importante na IoT) e vincular os reinos físico e virtual. Vários grupos de pesquisa propuseram arquiteturas de referência para IoT tais como a IoT-A (IOT-A, 2012; KHODADADI; DASTJERDI; BUYYA, 2016), que se concentram no desenvolvimento e validação de uma arquitetura de rede de IoT integrada e no apoio a blocos de construção, ou como (FREMANTLE, 2015; KHODADADI; DASTJERDI; BUYYA, 2016), que mostra uma arquitetura de referência para IoT composta por um conjunto de componentes, em que as camadas podem ser percebidas por meio de tecnologias específicas (Figura 6).

Figura 6 – Arquitetura de referência para IoT



Fonte: Fremantle, 2015

Patel K. K. et al. (2016) propõem uma arquitetura IoT em quatro camadas (Figura 7):

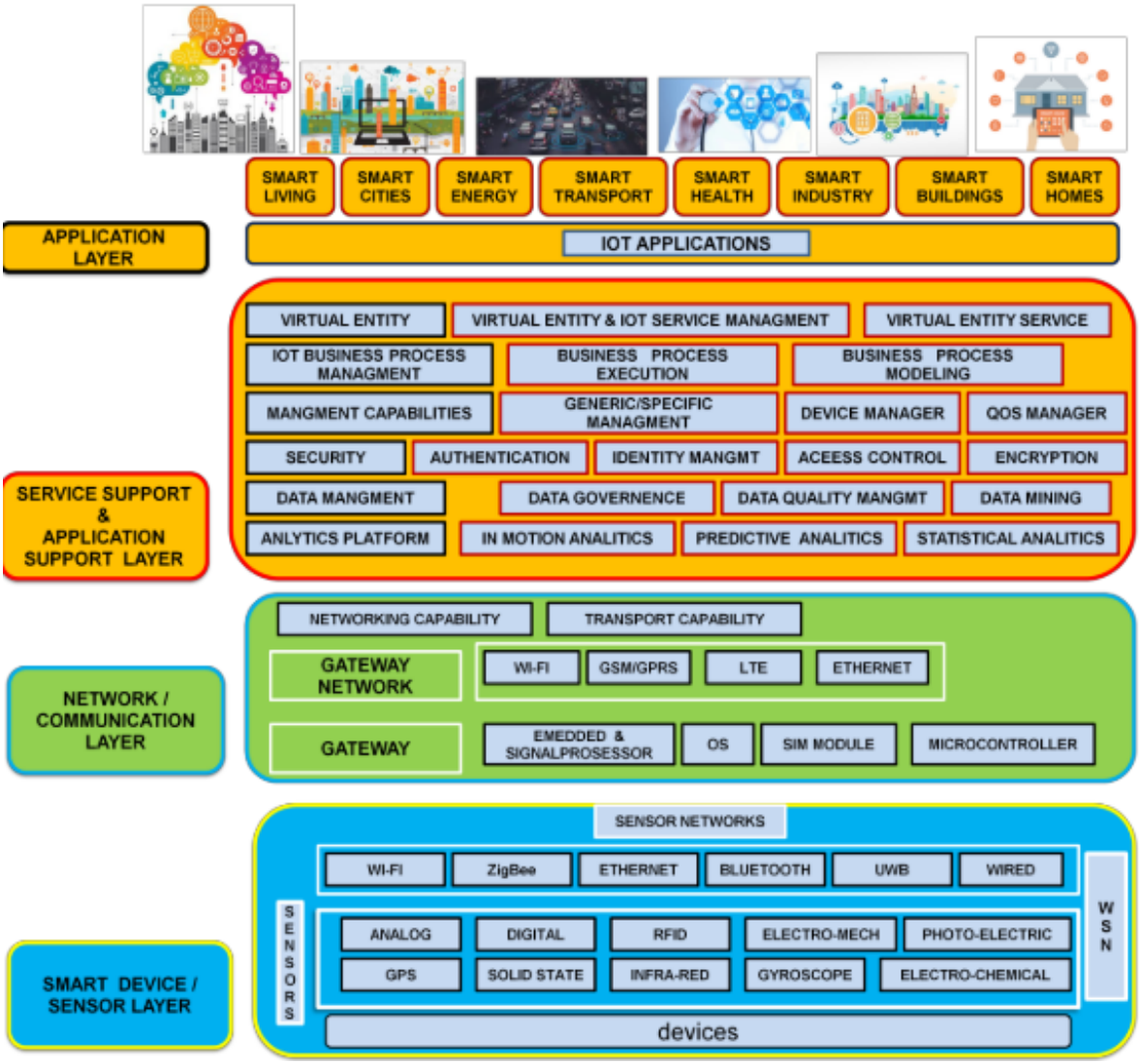
Dispositivo / Sensor Inteligente: composto de objetos inteligentes integrados com sensores. Os sensores permitem a interconexão dos mundos físico e digital, possibilitando que informações em tempo real sejam coletadas e processadas. Alguns sensores nesta camada possuem a capacidade de fazer medições como temperatura, qualidade do ar, velocidade, umidade, pressão, fluxo, movimento e eletricidade, etc. A maioria dos sensores requer conectividade com os gateways dos sensores, tais como uma rede local (LAN), como conexões Ethernet e Wi-Fi ou PAN (*Personal Area Network*), como ZigBee, Bluetooth e *Ultra Wideband* (UWB). Sensores que não exigem conectividade para agregadores de sensores podem usar conectividade WAN (*Wide Area Network*, rede de longa distância), como GSM, GPRS e LTE. Já os sensores que usam conectividade de baixa potência e baixa taxa de dados podem usar redes de sensores sem fio (WSNs).

Rede / Comunicação: um volume massivo de dados quando produzidos por esses minúsculos sensores requer uma infraestrutura de rede com ou sem fio robusta e de alto desempenho como meio de transporte. Diversas redes com várias tecnologias e protocolos de acesso são necessárias para trabalhar umas com as outras em uma configuração heterogênea. Essas redes podem estar na forma de modelos privados, públicos ou híbridos e são construídas para suportar os requisitos de comunicação para latência, largura de banda ou segurança. Vários gateways podem ser usados como micro controlador, microprocessador, assim como redes de gateway WI-FI, GSM, GPRS, etc.

Suporte a Serviço / Aplicação: o serviço de gerenciamento possibilita o processamento de informações por meio de análises, controles de segurança, modelagem de processos e gerenciamento de dispositivos. Um dos recursos importantes da camada de serviço de gerenciamento são os mecanismos de regras de negócios e processos. IoT traz conexão e interação de objetos e sistemas juntos fornecendo informações na forma de eventos ou dados contextuais, como temperatura de mercadorias, localização atual e dados de tráfego. Alguns desses eventos exigem filtragem ou encaminhamento para sistemas de pós-processamento, como a captura de dados sensoriais periódicos, enquanto outros exigem resposta a situações imediatas, como reagir a emergências nas condições de saúde do paciente. Os mecanismos de regras suportam a formulação de lógicas de decisão e acionam processos interativos e automatizados para permitir um sistema IoT mais responsivo.

Aplicação: o aplicativo IoT abrange ambientes / espaços inteligentes em domínios como: Transporte, Construção, Cidade, Estilo de Vida, Varejo, Agricultura, Fábrica, *Supply Chain*, Emergência, Saúde, Interação com usuários, Cultura e turismo, Meio Ambiente e Energia.

Figura 7 – Arquitetura IoT



Fonte: Patel, K. K. et al., 2016

Esta proposta de arquitetura será considerada neste trabalho para a criação da estrutura de padrões IoT, uma vez que essa apresenta melhores detalhes se comparado a Fremantle (2015), facilitando assim a definição dos elementos que serão propostos como estrutura para documentação de problemas recorrentes.

Outra característica de IoT está relacionada com a orientação de sua arquitetura. Para Khodadadi, Dastjerdi e Buyya (2016) a arquitetura pode ser Orientada a Serviço (SOA-BASED ARCHITECTURE – SOA) ou então a API (API-ORIENTED ARCHITECTURE).

Para esclarecer Khodadadi, Dastjerdi e Buyya (2016) consideram uma SOA genérica composta por quatro camadas, com funcionalidades distintas da seguinte maneira:

a) detecção, integrada aos objetos de hardware para detectar o status das coisas;

b) rede: é a infraestrutura para suportar conexões com ou sem fio entre as coisas;

c) serviço: cria e gerencia serviços exigidos por usuários ou aplicativos;

d) interfaces: consiste nos métodos de interação com usuários ou aplicativos.

Nessa arquitetura um sistema complexo é dividido em subsistemas que são associados e podem ser reutilizados posteriormente, fornecendo assim uma maneira fácil de manter todo o sistema cuidando de seus componentes individuais. Isso pode garantir que, no caso de uma falha de componente, o restante do sistema (componentes) ainda possa operar normalmente. Isso é de imenso valor para o design eficaz de uma arquitetura de aplicativo de IoT, onde a confiabilidade é o parâmetro mais significativo. A SOA tem sido usada intensivamente na WSN, devido ao seu nível apropriado de abstração e vantagens referente ao seu design modular (KHODADADI; DASTJERDI; BUYYA, 2016).

> Trazendo esses benefícios para a IoT, a SOA tem o potencial de aumentar o nível de interoperabilidade e escalabilidade entre os objetos na IoT. Além disso, da perspectiva do usuário, todos os serviços são abstraídos em conjuntos comuns, removendo uma complexidade extra para o usuário lidar com diferentes camadas e protocolos. Além disso, a capacidade de criar serviços diversos e complexos, compondo diferentes funções do sistema por meio da composição de serviços, atende à natureza heterogênea da IoT, onde a realização de cada tarefa exige uma série de chamadas de serviço para todas as entidades diferentes, espalhadas por várias localizações. (KHODADADI; DASTJERDI; BUYYA, 2016)

Já a utilização de APIs para aplicativos de IoT ajuda o provedor de serviços a atrair mais clientes, concentrando-se na funcionalidade de seus produtos e não na apresentação. A multi locação de recursos de segurança também garantem um aumento da exposição e a comercialização de serviços de uma organização, além de fornecer ferramentas de monitoramento e preços de serviços mais eficientes do que as abordagens utilizando SOA.

Além da arquitetura, alguns conceitos comuns são apresentados por Brambilla, Umuhoza e Acerbis (2017): (1) dispositivo ou coisa, denota todos os tipos de dispositivos que podem gerar informações (sobre eventos ou estados físicos) e iniciar, modificar ou manter esses eventos ou estados; ou que pode executar ações; (2) categoria, os dispositivos de IoT podem ser agrupados em diferentes categorias com base em alguns critérios, como tipo, características e localização geográfica; (3) terminal, qualquer dispositivo que possa executar um aplicativo IoT com uma interface de usuário com o objetivo de controlar outros dispositivos através da rede; (4) comunicação, os dispositivos podem se comunicar de diferentes maneiras e podem ser conectados a terminais e sistemas externos. Vários protocolos de comunicação para a IoT foram

propostos em torno do padrão IEEE 802.15.X; (5) sistema externo, todos os sistemas conectados a uma rede na qual as informações dos dispositivos e terminais podem ser armazenadas, processadas e recuperadas. Exemplos de sistemas externos incluem sistemas de gerenciamento corporativo, como o gerenciamento de relacionamento com o cliente (CRM) e o planejamento de recursos empresariais (ERP); (6) intermediário, representa qualquer dispositivo ou sistema que atua como um gateway entre o dispositivo IoT e o terminal em uma comunicação indireta.

No mundo de IoT alguns termos são utilizados com frequência para designar tecnologias ou conceitos como o termo *Machine to Machine* (M2M). Este termo é utilizado para descrever tecnologias que permitem sistemas com ou sem fio, tais como computadores, processadores embarcados, sensores inteligentes, atuadores e dispositivos móveis se comunicarem com outros dispositivos que possuam a mesma habilidade, muitas vezes sem intervenção humana (WATSON, PIETTE, et al., 2004). Outros termos como *Ubiquitous Computing, Context-aware Computing, Wearable Computing, Reactive Objects* também são utilizados, porém não é foco deste trabalho abordar estes temas. Apenas para o termo *Smart Object* foi separada uma seção por conta de sua importância dentro do objetivo desta pesquisa.

2.2.1 Smart Object

Smart Object (SO) provavelmente é um dos principais conceitos dentro de IoT. Foi introduzido no artigo *Modeling Objects for Interaction Tasks* (KALLMAN; THALMANN, 1999). Por meio de uma modelagem de recursos todas as informações necessárias são incluídas nos objetos onde, através de uma interface gráfica, um usuário pode especificar interativamente diferentes recursos nele e salvar como um arquivo de script. Kallman e Thalmann (1999) ainda esclarecem que um objeto é chamado de inteligente quando tem a capacidade de descrever suas possíveis interações.

Uma das primeiras tentativas de classificar os SOs foi definida por EPC Global (HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014; ARMENIO et al., 2007) e incluía um modelo de quatro níveis para classificar as etiquetas RFID. As desvantagens segundo Hernández e Reiff-Marganiec (2014) eram: (1) foco nas etiquetas RFID e variedade SOs disponíveis que não se baseiam apenas em tags do RFID; (2) a proposta carece de critérios uniformes e consistentes para diferenciar uma classe da outra.

Outro modelo de classificação foi proposto em 2009 (HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014; MEYER; FRÄMLING; HOLMSTRÖM, 2009), que possibilita a

classificação baseada no nível, localização e nível de agregação da inteligência. Hernández e Reiff-Marganiec (2014) ainda citam outras propostas de classificação com base em princípios de projeto (HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014; KORTUEM et al., 2010), com base em perspectiva social (HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014; MOAWAD et al., 2012), ou com base nas características: Identidade, Sensor, Atuador, Decisor e Rede (HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014; SÁNCHEZ LÓPEZ et al., 2011).

(HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014), inspirados nos modelos CMM (HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014; ATZORI; IERA; MORABITO, 2014) classificam os SOs em cinco níveis baseados num caminho evolutivo e de acordo com suas capacidades técnicas:

a) nível 1 (Essencial): Identificação Digital, Comunicação, Retenção, Coleta de Energia;
b) nível 2 (Em Rede): Rede, Processamento, Programação;
c) nível 3 (Aprimorado): Registro, Detecção e Atuação, Blindagem, Adaptação de Regras;
d) nível 4 (Consciente): Autoconsciência, consciência ambiental, consciência humana, orientação para o objetivo;
e) nível 5 (IoT Completo): Prontidão social, autogestão.

López et al. (2012) apresentam uma estrutura que define um SO em cinco propriedades fundamentais:

a) possui uma identidade única;
b) é capaz de detectar e armazenar medições feitas por transdutores de sensores associados a eles;
c) é capaz de disponibilizar suas identificações, medições de sensores e outros atributos para entidades externas, como outros objetos ou sistemas;
d) pode se comunicar com outros objetos inteligentes;
e) pode tomar decisões sobre si e suas interações com entidades externas.

Existem muitas definições para SO e todas elas apresentam características técnicas básicas. Um consenso entre as definições é que um objeto inteligente possui funções digitais integradas que podem ser identificadas e comunicadas. Dentro do conceito de IoT as condições funcionais essenciais para objetos inteligentes são: comunicação e cooperação (UMTS, GSM, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, etc.), endereçabilidade, identificação (RFID, NFC), sensores (coleta de informações do ambiente), efetores (a função dá ao objeto a capacidade de afetar o

ambiente), processamento de informações incorporadas, localização e interface (NGUYEN, 2015).

Um objeto inteligente em IoT também pode ser nomeado como uma coisa (*a thing*). Kopetz (2002), Yan, Zhang e Vasilakos (2014) e Kim (2016) explicam que nesse novo paradigma, *uma coisa* é equipado com sensores embutidos e conectividade com a Internet e serve como um bloco de construção principal que facilita as interações, comunicação e integração com o ambiente circundante para fornecer serviços úteis e inteligentes e para alcançar objetivos. Pode ser uma geladeira que rastreia as datas de validade dos alimentos e envia autonomamente uma instrução de reabastecimento para a mercearia ou um purificador de ar em uma sala que informa os moradores sobre poluição externa e níveis de umidade, uma lâmpada que pisca quando detecta um intruso, ou qualquer objeto inteligente controlável e conectado à Internet, que tenha a capacidade de coletar e compartilhar dados pela rede (KIM, 2016; KOPETZ, 2002; SHIN, 2014).

Além de executar suas funções designadas, esses dispositivos podem interagir e cooperar uns com os outros, por exemplo, utilizando os sensores incorporados para formar vigilância baseada em IoT, o que ajuda a evitar incidentes domésticos ou integrar os dados coletados para controlar o aquecimento, a iluminação e ar condicionado e otimizar o consumo de energia em toda a casa (KIM, 2016).

Morais, Sadok e Kelner (2019) classificam os sensores de acordo com sua aplicação:

> Ambiente: sensores que coletam dados do ambiente ou do espaço ao redor deles.
> Movimento: usado para perceber o movimento de pessoas ou coisas em um contexto (como em acelerômetros e giroscópios).
> Elétrico: sensores que são aplicados às redes elétricas.
> Biossensor: são usados por humanos ou animais. Retornam sinais vitais e / ou informações biológicas sobre um assunto.
> Identificação: representa uma semântica ou identidade de outra coisa para o sistema IoT. Os itens mais comuns nessa classificação são tags RFID e NFC e seus leitores.
> Posição: está relacionado à identificação da posição de um objeto em uma escala global (como no GPS) ou em uma escala local (como na posição de baliza pequena).
> Presença: captura a presença de uma pessoa, um animal ou objeto em um espaço e registra-o no sistema.
> Visão de máquina: família de sensores que captura imagens que serão processadas por um computador para produzir informações.
> Interação: dispositivos que são ativados por humanos para acionar um evento, como um botão ou uma alavanca.

> Acústico: sensores ativados por ondas sonoras, produzindo dados da mudança de som ambiente.
> Força / carga: sensores ativados por forças externas, capturando a deformação ou a intensidade dessas forças para o sistema.
> Hidráulica: são aplicados no sistema de água para medir e controlar o fluxo.
> Químico: sensores capazes de detectar substâncias químicas no ar ou na água.
> Informação do objeto: esta categoria específica inclui sensores com funções semelhantes às categorias anteriores. Eles diferem em que sua aplicação está confinada a um objeto específico. A informação do objeto é o resultado de uma pequena aplicação contextual de um sensor. Por exemplo, um sensor de temperatura usado dentro de uma máquina fornece informações sobre objetos que são diferentes de um sensor de temperatura ambiente. (MORAIS; SADOK; KELNER, 2019).

Basicamente, o que diferencia um objeto comum de um objeto inteligente, é a capacidade deste de se conectar à internet. E quando um objeto pode se conectar à internet, consequentemente ele pode se comunicar com outros objetos também conectados, transmitir e enviar dados e interagir com o ambiente que o cerca respondendo aos seus incentivos (GOMES; BERGAMO, 2018; PAES, 2014).

Stankovic (2014) e Volpentesta (2015) afirmam que objetos e ambientes inteligentes são componentes fundamentais da IoT, ou seja, uma infraestrutura global de objetos inteligentes e outros objetos físicos/virtuais (dispositivos eletrônicos, sensores, dados), objetos endereçáveis com base em protocolos de comunicação padronizados. A IoT também é amplamente reconhecida como um paradigma promissor para uma nova geração de aplicativos e serviços com reconhecimento de contexto. Embora essa visão seja convincente, várias questões importantes sobre como realizar a IoT ainda precisam ser examinadas suficientemente, especialmente em termos de envolvimento humano.

Outro termo bastante difundido em IoT e que amplia o conceito de *Smart Object* é *Smart Space.* Um ambiente inteligente (*Smart Space*) é um mundo pequeno em que objetos inteligentes em rede interagem de forma contínua e colaborativa para tornar a vida dos ocupantes mais confortáveis. Ele é preenchido por uma coleção de aplicativos ou serviços com reconhecimento de contexto, a fim de aprimorar as habilidades de seus ocupantes na execução de tarefas (por exemplo, navegar em um espaço desconhecido, fornecer lembretes para atividades, mover objetos pesados etc.). Um *Smart Space*, ou casa *inteligente* ou *casa do futuro* como também é conhecido, aumenta uma casa tradicional, adaptando a nova tecnologia dentro

dos padrões de uso existentes (GRACANIN et al., 2017; CRABTREE; RODDEN, 2004; VOLPENTESTA, 2015).

Esses serviços, segundo Volpentesta (2015), provavelmente se baseiam no conhecimento de contexto que pode ser usado para caracterizar a situação de uma entidade, na qual uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto físico ou computacional. Geralmente, eles são suportados por um sistema multifacetado (ou seja, uma infraestrutura de computação que inclui sensores, subsistemas incorporados, dispositivos portáteis pertencentes a usuários móveis, bem como servidores remotos ou locais) fazendo uso de estruturas de conhecimento (por exemplo, ontologia predefinida e raciocínio baseado em regras) e informações sobre interação física usuário-ambiente, relação entre pessoas e entre pessoas e objetos no ambiente, bem como características do ambiente físico (por exemplo, layout espacial e temperatura, identidade e localização de pessoas e objetos no ambiente).

Em contraste com o ambiente passivo que não tem consciência de seus habitantes e é incapaz de assisti-los ou engajá-los de maneira significativa, o ambiente inteligente é ativo, pois pode sentir o contexto circundante do espaço físico e da atividade humana e responder apropriadamente às pessoas e atividades dentro deste espaço. O humano não é mais um mero operador do meio ambiente, mas ele interage continuamente com o ambiente em que atua para obter serviços móveis (VOLPENTESTA, 2015).

A definição de SO é importante neste trabalho porque define características exclusivas de dispositivos que compõem a IoT. Estas características são consideradas na criação da camada IoT (Capítulo 3), onde possuem elementos parametrizáveis como a definição de níveis dos dispositivos IoT, classificação dos sensores e aspectos de arquitetura. Todos estes elementos poderão ser utilizados futuramente por aplicações autônomas.

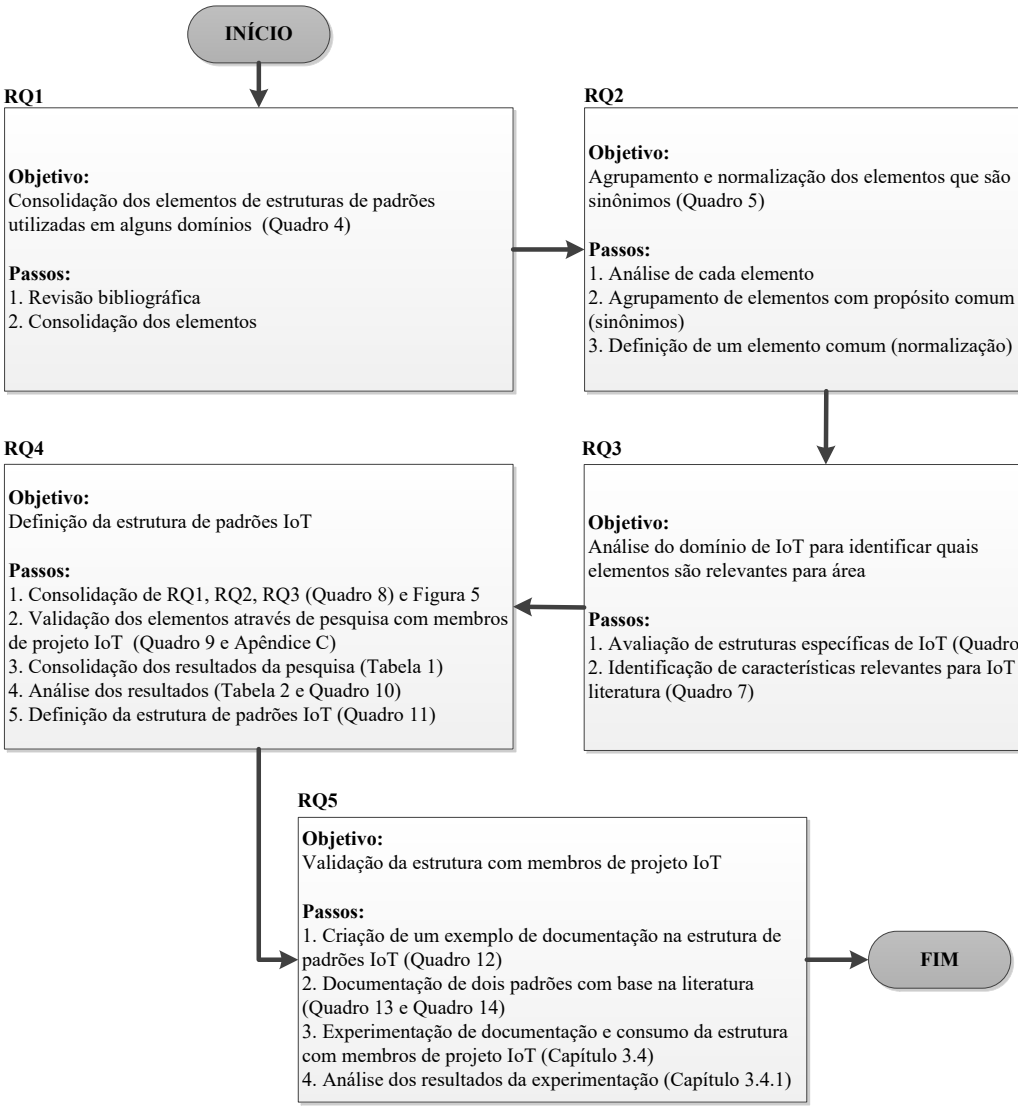
3 ESTRUTURA DE PADRÃO *IoT DESIGN PATTERNS*

Conforme apresentado em 1.2, o objetivo desta pesquisa é propor uma estrutura de declaração de padrões para documentar problemas e soluções de projeto nos cenários de IoT. Este capítulo definirá a estrutura de padrão deste trabalho assim como apresentará um exemplo de utilização, padrões documentados e a experimentação desta estrutura.

3.1 DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA

A definição da estrutura de padrões IoT seguiu a metodologia apresentada no Diagrama 2. Este diagrama demonstra cada objetivo (RQs) e os passos seguidos para atingi-los.

Diagrama 2 - Metodologia aplicada na criação da estrutura de padrões IoT



Fonte: Autor

A primeira etapa de pesquisa deste trabalho visa atender ao objetivo proposto em RQ1. O Quadro 4 consolida algumas estruturas de padrão que foram definidas por alguns autores como proposta de documentação em domínios como Arquitetura, Software, IHC ou Geral. Estas estruturas são classificadas na coluna Tipo como Linguagem. As demais estruturas classificadas como Coleção não são definições de estruturas, mas foram utilizadas por aqueles autores para documentar e criar coleções de padrões, o que também foi útil para este trabalho na medida que apresenta como cada autor documenta os problemas de algumas áreas e quais elementos foram utilizados para isso.

As colunas numeradas indicam os elementos que cada autor utilizou e logo abaixo é possível consultar na legenda o respectivo nome do elemento. Em cinza são indicados os elementos que foram utilizados por cada autor. Por exemplo, todos os autores utilizam o elemento 1 (Nome) para documentar ou definir sua proposta de estrutura de padrão. Os elementos estão organizados em ordem decrescente de utilização pelos autores (Total de Utilizações), ou seja, o elemento 3 (Problema) foi utilizado por 20 autores, enquanto que os elementos 8 (Usos conhecidos) e 9 (Consequências) foram utilizados por 6 autores.

Quadro 4 – Estruturas de padrão e seus elementos

Autores	Domínio	Tipo	ELEMENTOS
			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 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48
ALEXANDER; ISHIKAWA; SILVERSTEIN, 1977	Arquitetura	Linguagem	■ ■
GAMMA et al., 1995	Software	Linguagem	■ ■
CUNNINGHAM, 1994	Software	Linguagem	■ ■
BORCHERS, 2001	Software	Linguagem	■ ■
IBA, 2014	Geral	Linguagem	■ ■
WELIE; VEER; ELINS, 2000	IHC	Linguagem	■ ■
BUSCHMANN et al., 1996	Software	Coleção	■ ■
FOWLER et al., 2002	Software	Coleção	■ ■
HOHPE et al., 2004	Software	Coleção	■ ■
TROWBRIDGE et al., 2004	Software	Coleção	■ ■
BUCKL et al., 2008	Processos	Coleção	■ ■
TIDWELL, 1998	Software	Coleção	■ ■
BECK, 1996	Software	Coleção	■ ■
SCOTT; NEIL, 2009	Software	Coleção	■ ■
TIDWELL, 2011	Software	Coleção	■ ■
LYARDET; ROSSI; SCHWABE, 2000	Software	Coleção	■ ■
QANBARI et al., 2016	IoT	Coleção	■ ■
VEGA-BARBAS et al., 2017	IoT	Coleção	■ ■
BRAMBILLA; UMUHOZA; ACERBIS, 2017	IoT	Coleção	■ ■
REINFURT et al., 2016	IoT	Coleção	■ ■
REINFURT et al., 2017	IoT	Coleção	■ ■
BLOOM et al., 2018	IoT	Coleção	■ ■
PAPE; RANNENBERG, 2019	IoT	Coleção	■ ■
Total de Utilizações			23 22 20 18 12 11 7 6 5 4 3 2 1

1 Nome	13 Intenção	25 Contexto Resultante	37 Colaborações
2 Solução	14 Implementação	26 Descrição	38 Exemplo de Código
3 Problema	15 Resultados	27 Considerações	39 Ranking
4 Contexo	16 ID	28 Dicas	40 Impacto de Usabilidade
5 Forças	17 Aplicabilidade	29 Resumo	41 Raciocínio
6 Exemplos	18 Estrutura	30 Versão	42 Padrões Anteriores
7 Padrões Relacionados	19 Figura	31 Dinâmica	43 Discussão
8 Usos Conhecidos	20 Esboço	32 Exemplo Resolvido	44 Padrões Seguintes
9 Consequências	21 Icone	33 Observações	45 Assunto
10 Apelidos	22 Diagrama	34 Sidebars	46 Imagem
11 Motivação	23 Classificação	35 Princípio de Usabilidade	47 Ações
12 Literatura	24 Variantes	36 Participantes	48 Autor

Fonte: Autor

Na etapa RQ1, o nome de cada elemento está exatamente como mencionado em cada trabalho. Uma leitura mais atenta notará que alguns elementos podem ser considerados sinônimos como em 19 (Figura) e 46 (Imagem). Avaliando o propósito que cada autor deu para os elementos utilizados foi possível normalizar e agrupar os elementos que possuem propósitos semelhantes e podem ser considerados sinônimos conforme Quadro 5. Desta forma se atende ao RQ2.

Quadro 4 – Elementos sinônimos e seus propósitos

Sinônimos	Propósito	Elementos Normalizados
3 - Problema 11 - Motivação 45 - Assunto	Descrever ou apresentar o problema de forma resumida.	Problema
4 - Contexto 26 - Descrição	Contextualização do problema.	Contexto
6 - Exemplos 32 - Exemplo Resolvido	Mostrar exemplos dos problemas.	Exemplos
7 - Padrões Relacionados 24 - Variantes	Apresentar outros padrões com o qual está relacionado.	Padrões Relacionados
9 - Consequências 40 - Impacto de Usabilidade	Descrever as consequências.	Impacto de Usabilidade
15 - Resultados 25 - Contexto Resultante	Explicar os resultados decorrentes da aplicação do padrão.	Resultados
19 - Figura 46 - Imagem	Ilustrar o padrão com uma imagem.	Imagem

Fonte: Autor

Para atender ao RQ3 (Identificar no domínio de IoT quais informações específicas são relevantes e que poderiam fazer parte da estrutura proposta) foram seguidas duas linhas de trabalho: (1) buscar na literatura específica de IoT trabalhos que documentem padrões; (2) identificar características relevantes de IoT que são importantes serem documentadas.

Referente a (1), foram avaliados sete trabalhos que documentam padrões criados pelos autores para resolver problemas diversos nos cenários de IoT. O Quadro 6 apresenta os padrões IoT documentados exatamente como aparecem nos trabalhos (ainda sem a normalização do Quadro 5). Constam ainda os autores, uma breve descrição da proposta, os nomes dos *Patterns* e os elementos utilizados por cada autor na documentação.

Quadro 6 – Elementos utilizados para documentar Patterns IoT

Autor	Proposta	Patterns		Elementos
QANBARI et al., 2016	Propor um conjunto de princípios ou padrões de design prescritivo reutilizáveis e abstratos, que ajuda arquitetos de sistemas a modelar e criar aplicativos de IoT adaptados ao contexto.	1. Edge Provisioning 2. Edge Code Deployment	3. Edge Orchestration 4. Edge Diameter of Things (DoT)	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 12
VEGA-BARBAS et al., 2017	Definir um conjunto de padrões de interação.	1. Greeting Pattern 2. Farewell Pattern 3. Action-Reaction Pattern	4. Conversation Pattern 5. Exploration Pattern	1 - 2 - 3 - 5 - 6 - 7 - 13
BRAMBILLA; UMUHOZA; ACERBIS, 2017	Design de interfaces de usuário de sistemas IoT.	1. Set Patterns 2. Get Patterns	3. Event-based Patterns	1 - 2 - 5 - 9 - 14 - 15
REINFURT et al., 2017	Descrever as restrições de energia e os modos de operação dos dispositivos IoT na forma de Padrões.	1. Period Energy-Limited Device 2. Energy-Harvesting Device	3. Normally-Sleeping Device	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 9 - 10 - 11 - 20
REINFURT et al., 2016	Extrair soluções recorrentes de problemas IoT.	1. Device Gateway 2. Device Shadow 3. Rules Engine	4. Device Wakeup Trigger 5. Remote Lock and Wipe	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 11 - 15 - 21
BLOOM et al., 2018	Descrever protocolos de comunicação e padrões comuns de I/O para aplicações IIoT com ênfase no fluxo de dados em dispositivos de borda.	1. Closed-Loop 2. Cloud-in-the-Loop 3. Open-Loop	4. Cloud-on-the-Loop 5. Publisher 6. Device-to-Device (D2D)	1 - 2 - 3 - 5 - 7 - 16 - 17 - 18 - 19
PAPE; RANNENBERG, 2019	Mapear padrões de privacidade para a arquitetura de IoT e computação em nuvem.	1. Personal data store 2. Data isolation at different entities 3. Decoupling content and location information visibility 4. Added noise measurement obfuscation	5. Aggregation of data 6. Aggregation gateway 7. Single Point of Contact	1 - 2 - 3 - 5 - 8 - 14

1 Nome	7 Implementação	12 Esboço	17 Motivação
2 Problema	8 Resultado	13 Necessidade e Consequências	18 Aplicabilidade
3 Contexto	9 ID	14 Descrição	19 Estrutura
4 Forças	10 Ícone	15 Exemplo	20 Usos Conhecidos
5 Solução	11 Apelido	16 Intenção	21 Variantes
6 Padrões Relacionados			

Fonte: Autor

Para atender ao item (2), a revisão bibliográfica da seção 2.2 apresenta algumas características importantes da arquitetura de IoT que podem enriquecer a documentação de problemas recorrentes desta área. O Quadro 7 apresenta os elementos característicos da arquitetura e algumas propostas de parâmetros que podem ser consumidos por aplicações e futura automação de uso. A explicação para cada elemento será dada adiante.

Quadro 5 – Elementos de uma arquitetura típica de IoT

Camada IoT	**Classificação do SO** Parâmetros: {"Essencial" ; "Em rede" ; "Aprimorado" ; "Consciente" ; "IoT Completo"} (HERNÁNDEZ; REIFF-MARGANIEC, 2014)	
	Arquitetura Parâmetros: {"Arquitetura baseada em SOA" ; "Arquitetura Orientada a API"} (KHODADADI; DASTJERDI; BUYYA, 2016)	
	Camadas de Arquitetura (PATEL K. K. et al., 2016)	**Smart Device / Sensores** Parâmetros: {"Ambiente" ; "Movimento" ; "Elétrico" ; "Biossensor"; "Identificação" ; "Posição"; "Presença"; "Visão de máquina" ; "Interação" ; "Acústico"; "Força / carga"; "Hidráulica"; "Químico"; "Informação do objeto"}
		Rede / Comunicação Parâmetros: {"HTTP/HTTPS" ; "RESTful" ; "MQTT 3.1/3.1.1" ; "CoAP" ; "RFID" ; "IEEE 802.11 (WLAN)" ; "IEEE 802.15.4 (ZigBee)" ; "NFC" ; "IEEE 802.15.1 (Bluetooth)" ; "6LoWPAN" ; "IPv4" ; "IPv6" ; "Outros"}
		Suporte a Serviço / Aplicação Parâmetros: {"Entidade Virtual"; "Entidade Virtual & Gerenciamento de Serviço IoT"; "Serviço de Entidade Virtual"; "Gerenciamento de Processos de Negócios IoT"; "Execução de Processo de Negócio"; "Modelagem de Processos de Negócios"; "Capacidades de Gestão"; "Gerenciamento genérico / específico"; "Gerenciamento de dispositivo" ; "Gerente de QoS"; "Segurança"; "Autenticação"; "Gerenciamento de identidade" ; "Controle de acesso" ; "Criptografia"; "Gestão de dados" ; "Gerenciamento de Qualidade de Dados"; "Mineração de dados" ; "Plataforma analítica"; "Analítica em Movimento"; "Analítica Preditiva"; "Analítica Estatística"; "Outros"}
		Aplicação Parâmetros: {"Vida Inteligente"; "Cidades Inteligentes"; "Energia Inteligente"; "Transporte Inteligente"; "Saúde Inteligente"; "Indústria Inteligente"; "Edifícios Inteligentes"; "Casas Inteligentes"; "Outros"}

Fonte: Autor

Concluída as etapas para RQ1, RQ2 e RQ3, agora é possível definir o RQ4 que, em suma, consolida o conhecimento adquirido nas etapas predecessoras. Nesta fase busca-se definir uma estrutura de padrões para documentação de problemas de projeto nos cenários de IoT, de tal maneira que atenda aos requisitos mínimos relevantes para a área, levando em consideração tanto elementos que já são consolidados nas comunidades de *Patterns* (Quadro 8) como também elementos que são característicos e importantes para a comunidade de IoT (Quadro 6). Esta fase foi dividida em três etapas:

Na primeira etapa foram consolidados os elementos apresentados na Figura 5 (PICaP e IHR), Quadro 4 e sugestões do autor (Quadro 7). O Resultado está no Quadro 8.

Quadro 6 – Elementos consolidados

Nome	Dinâmica
Solução	Ícone
Problema	Sidebars
Contexto	Padrões Anteriores
Exemplos	Discussão
Forças	Padrões Seguintes
Impacto de Usabilidade	Participantes
Padrões Relacionados	Colaborações
Usos Conhecidos	Exemplo de Código
Literatura	Ranking
Imagem	Princípio de Usabilidade
Resultados	Raciocínio
Apelidos	Ações
Intenção	Autor
Considerações	Gestão
Esboço	Organização
Classificação	Agradecimentos
Aplicabilidade	Ligação de Padrões
Estrutura	Execução
Implementação	Confiabilidade
Diagrama	Nota do Projetista
ID	Sinopse
Observações	Número de Acessos
Dicas	Palavras Chave
Resumo	Camada IoT
Versão	

Fonte: Autor

Na segunda etapa, os elementos foram validados quanto a sua importância nos cenários de IoT através de pesquisa realizada com membros do projeto SWAMP no Brasil (Centro Universitário FEI e UFABC).

A pesquisa foi envida para dez membros por e-mail solicitando o preenchimento da avaliação através do Google Forms[2]. O questionário, cuja introdução é apresentada no Quadro 9, foi respondido por sete membros do projeto SWAMP (Apêndice C). O objetivo desta pesquisa era avaliar cada elemento do Quadro 8 sob a ótica de membros que trabalham com

[2] URL encurtada: https://bit.ly/33AO8L4.

projetos IoT. De acordo com a seção 3.4 destaca-se que foi realizado um treinamento com as pessoas para que elas tenham um conhecimento comum sobre a técnica assim como indicado na introdução do questionário (Quadro 9).

Quadro 7 – Introdução do questionário

O objetivo desta Avaliação é identificar quais elementos são mais relevantes para documentar padrão de projetos em IoT.

Padrão (Pattern) é uma abordagem para capturar e reutilizar o conhecimento coletivo proveniente de experiências que puderam ser aplicadas com sucesso em um sistema ou paradigma, auxiliando a promover boas práticas de projeto. Cada padrão atua com um problema recorrente e específico, abstraindo os detalhes essenciais do design bem-sucedido a fim de que possa ser aplicado repetidamente em novas situações (BUSCHMANN, et al., 1996; DIX, et al., 2004).

O conceito original de padrão surgiu no final da década de 70, proposto pelo arquiteto Christopher Alexander. Não satisfeito com a arquitetura urbana em sua época, Alexander propõe uma nova teoria de arquitetura, construção e planejamento centrado na ideia de linguagem de padrão (pattern language). (ALEXANDER, 1979) apresenta a ideia de padrão como sendo atemporal (timeless), ou seja, é válida para todas as pessoas da sociedade que compartilham uma linguagem de padrão comum. Além disso, a solução genérica descrita para um padrão pode ser reutilizada e adaptada para diversas situações (GAMMA, et al., 1995).

Dê sua avaliação para cada elemento da estrutura apresentada a seguir. O objetivo destes elementos é permitir que o projetista possa documentar qualquer padrão IoT com um bom nível de detalhe e de forma objetiva, possibilitando assim que outros projetistas possam consumir as soluções propostas por cada padrão.

A escala vai de 1 a 5, sendo 1 - Pouco importante e 5 - Muito importante.

Fonte: Autor

Todos os campos do questionário eram obrigatórios e possuíam uma breve explicação de cada elemento para facilitar o entendimento dos pesquisados. Como dito na introdução da avaliação, para cada questão era necessário avaliar o elemento em uma escala de 1 a 5, sendo 1 – Pouco importante e 5 – Muito importante. Cada questionário respondido pode ser conferido no Apêndice C.

Tabela 1 – Respostas do questionário de avaliação dos elementos (continua)

Elementos	Notas							Média	Desvio Padrão	Relevância
Nome	5	5	5	3	4	3	4	4,14	0,83	Alta
Solução	4	5	5	5	5	5	5	4,86	0,35	Alta
Problema	4	4	5	5	5	5	5	4,71	0,45	Alta
Contexto	5	4	4	5	4	4	4	4,29	0,45	Alta
Exemplos	4	5	4	5	4	3	5	4,29	0,70	Alta
Usos Conhecidos	4	5	3	5	4	3	4	4,00	0,76	Alta
Imagem	2	5	4	3	5	5	4	4,00	1,07	Alta
Aplicabilidade	5	5	4	5	4	5	5	4,71	0,45	Alta
Estrutura	4	4	3	3	4	4	5	3,86	0,64	Alta
Implementação	4	5	4	3	4	4	5	4,14	0,64	Alta
Diagrama	5	3	3	4	4	5	3	3,86	0,83	Alta
Resumo	3	5	3	5	4	5	5	4,29	0,88	Alta
Versão	2	5	4	5	3	5	5	4,14	1,12	Alta
Dinâmica	3	5	3	3	4	5	4	3,86	0,83	Alta
Discussão	2	5	3	3	5	5	4	3,86	1,12	Alta
Participantes	4	5	2	3	4	5	4	3,86	0,99	Alta
Raciocínio	4	4	4	3	4	4	4	3,86	0,35	Alta
Camada IoT	5	1	5	5	4	5	5	4,29	1,39	Alta
Palavras Chave	4	5	3	5	1	2	5	3,57	1,50	Média
Forças	4	4	3	5	3	4	3	3,71	0,70	Média
Motivação	2	2	2	4	3	4	3	2,86	0,83	Média
Confiabilidade	3	4	4	5	1	4	5	3,71	1,28	Média
Nota do Projetista	3	2	4	3	1	4	4	3,00	1,07	Média
Classificação	4	5	3	3	3	5	3	3,71	0,88	Média
Literatura	4	2	3	5	2	5	5	3,71	1,28	Média
Impacto de Usabilidade	4	3	4	5	4	2	4	3,71	0,88	Média
Padrões Relacionados	4	4	3	4	4	3	3	3,57	0,49	Média
Resultados	4	3	3	3	3	5	4	3,57	0,73	Média
Intenção	3	2	1	4	4	3	4	3,00	1,07	Média
Considerações	3	3	2	4	3	4	3	3,14	0,64	Média
Observações	3	3	2	5	3	3	4	3,29	0,88	Média
Sidebars	3	4	3	3	3	4	4	3,43	0,49	Média
Padrões Anteriores	4	3	3	3	3	3	3	3,14	0,35	Média
Padrões Seguintes	4	2	3	3	3	4	4	3,29	0,70	Média
Exemplo de Código	2	5	4	2	4	4	5	3,71	1,16	Média
Princípio de Usabilidade	4	1	5	3	4	3	4	3,43	1,18	Média
Ações	4	1	3	5	3	3	4	3,29	1,16	Média
Autor	3	2	5	3	2	5	4	3,43	1,18	Média
Gestão	3	4	4	1	2	5	3	3,14	1,25	Média
Organização	4	2	3	5	2	5	3	3,43	1,18	Média
Número de Acessos	1	5	3	3	3	2	5	3,14	1,36	Média
Ligação de Padrões	5	3	4	5	1	5	3	3,71	1,39	Média
Execução	3	5	4	3	4	3	4	3,71	0,70	Média
Sinopse	2	1	4	3	4	3	4	3,00	1,07	Média
Esboço	1	1	3	3	3	4	4	2,71	1,16	Baixa
ID	3	1	5	1	3	3	3	2,71	1,28	Baixa

Tabela 1 – Respostas do questionário de avaliação dos elementos (conclusão)

Elementos	Notas							Média	Desvio Padrão	Relevância
Apelidos	3	1	2	1	1	2	2	1,71	0,70	Baixa
Dicas	2	1	2	3	4	3	4	2,71	1,03	Baixa
Ícone	2	1	3	3	3	4	3	2,71	0,88	Baixa
Colaborações	4	1	2	3	1	4	3	2,57	1,18	Baixa
Ranking	1	4	2	4	2	3	3	2,71	1,03	Baixa
Agradecimentos	2	4	3	1	1	3	3	2,43	1,05	Baixa

Fonte: Autor

A terceira etapa consistiu-se em analisar as respostas da pesquisa e chegar a uma estrutura final *IoT Design Pattern*. Na coluna de Notas (Tabela 1) são apresentadas as notas dadas por cada pesquisado para cada um dos elementos avaliados. A coluna Média apresenta a média simples das notas de cada um dos elementos, a coluna Desvio Padrão apresenta o desvio padrão para notas atribuídas a cada elemento (quanto mais próximo de zero, maior é a concordância entre as notas) e a coluna relevância classifica os elementos em Alta, Média ou Baixa de acordo com os critérios a seguir:

Tomou-se o maior valor da coluna Média (4,86) e subtraiu-se o menor valor (1,71) resultando em 3,15, ou seja, esta é a Distância entre a menor e a maior média. A Distância foi dividida por 3 com o objetivo de atender ao número de elementos da relevância (Alta, Média, Baixa), resultando assim em 1,05. Por fim, este resultado foi somado ao menor valor (1,71 + 1,05 = 2,76), depois somado novamente ao novo resultado (2,76 + 1,05 = 3,81) e por último somado novamente (3,81 + 1,05 = 4,86). Desta forma foi obtida a Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de relevância

Relevância	Intervalo
Baixa	>= 1,71 a < 2,76
Média	> 2,76 a < 3,81
Alta	> 3,81 a <= 4,86

Fonte: Autor

A Tabela 1 demonstra os elementos ordenados de acordo com a relevância atribuída pelos pesquisados e calculada conforme explicado anteriormente. Os elementos classificados com relevância Alta automaticamente foram incluídos na estrutura proposta neste trabalho. Os elementos classificados como Baixa foram automaticamente excluídos, exceto o elemento ID que será explicado posteriormente. Por fim, os elementos classificados com relevância Média (Tabela 2) foram reavaliados um a um de acordo com a importância deles na literatura pesquisada neste trabalho, por estarem na zona de indecisão (Média).

Quadro 8 – Reavaliação dos elementos classificados com relevância Média

Elementos	Relevância	Incluído / Excluído
ID	Baixa	Incluído
Número de Acessos	Média	Incluído
Palavras Chave	Média	Incluído
Forças	Média	Incluído
Motivação	Média	Incluído
Confiabilidade	Média	Incluído
Nota do Projetista	Média	Incluído
Classificação	Média	Incluído
Literatura	Média	Incluído
Impacto de Usabilidade	Média	Excluído
Padrões Relacionados	Média	Excluído
Resultados	Média	Excluído
Intenção	Média	Excluído
Considerações	Média	Excluído
Observações	Média	Excluído
Sidebars	Média	Excluído
Padrões Anteriores	Média	Excluído
Padrões Seguintes	Média	Excluído
Exemplo de Código	Média	Excluído
Princípio de Usabilidade	Média	Excluído
Ações	Média	Excluído
Autor	Média	Excluído
Gestão	Média	Excluído
Organização	Média	Excluído
Ligação de Padrões	Média	Excluído
Execução	Média	Excluído
Sinopse	Média	Excluído

Fonte: Autor

Os elementos do Quadro 10 foram Incluídos ou Excluídos da estrutura final (Quadro 11) de acordo com os seguintes argumentos:

a) ID: embora utilizado por menos de 50% dos autores, o autor deste trabalho julga ser relevante identificar cada padrão documentado com um identificador (ID) a fim de que o padrão possa ser localizado facilmente tanto em buscas manuais quanto por aplicações inteligentes;
b) Número de Acessos: este elemento foi proposto pelo autor deste trabalho com o objetivo de contabilizar o número de acessos ao padrão em um repositório, assim como também servir de parâmetro para aplicações em futura automação de uso;
c) Palavras Chave: este elemento foi proposto pelo autor deste trabalho com o objetivo de relacionar as palavras chaves do padrão, assim como também servir de parâmetro para aplicações em futura automação de uso;
d) Forças: é utilizado por mais de 50% dos autores pesquisados;

e) Motivação: é utilizado por menos de 50% dos autores pesquisados (Quadro 4), porém este elemento é utilizado por 100% dos autores que descreveram padrões em IoT;
f) Confiabilidade, Nota do Projetista, Classificação, Literatura: são utilizados por menos de 50% dos autores pesquisados, porém na pesquisa de avaliação (Apêndice C) os comentários diziam que para uma melhor compreensão do que está sendo tratado na solução de um determinado problema (ou padrão) se faz necessária a presença de uma explicação detalhada, referências e uma alta confiabilidade na solução proposta. Por este motivo estes elementos foram considerados na estrutura final (Quadro 11).

Os demais elementos identificados com 'Excluído' no Quadro 10 foram utilizados por menos de 50% dos autores pesquisados e por isso foram excluídos da estrutura final (Quadro 11).

Desta forma os elementos ID, Número de Acessos, Palavras Chave, Forças, Motivação, Confiabilidade, Nota do Projetista, Classificação e Literatura foram incorporados à lista de elementos classificados com relevância Alta e a estrutura final proposta neste trabalho é apresentada no Quadro 11.

Quadro 9 – Estrutura *IoT Design Patterns* (continua)

Nome do Elemento	Obrigatoriedade	Cardinalidade
Solução	Obrigatório	Qualquer um
Problema	Obrigatório	Somente um
Forças	Obrigatório	Somente um
Contexto	Obrigatório	Somente um
Nome	Obrigatório	Somente um
Palavras-chave	Opcional	Qualquer número
Resumo	Opcional	Qualquer um
Motivação	Opcional	Qualquer um
Raciocínio	Opcional	Um ou nenhum
Usos Conhecidos	Opcional	Qualquer um
Exemplos	Opcional	Qualquer número
Dinâmica	Opcional	Qualquer um
Discussão	Opcional	Qualquer um
Implementação	Opcional	Qualquer um
Aplicabilidade	Opcional	Qualquer um
Participantes	Opcional	Qualquer um
Estrutura	Opcional	Qualquer um

Quadro 11 – Estrutura *IoT Design Patterns* (conclusão)

Nome do Elemento			Obrigatoriedade	Cardinalidade
Camada IoT		**Classificação do SO** Parâmetros: {"Essencial" ; "Em rede" ; "Aprimorado" ; "Consciente" ; "IoT Completo"}	Opcional	Qualquer número
		Arquitetura Parâmetros: {"SOA" ; "API"}	Opcional	Somente um
	Camadas de Arquitetura	**Smart Device / Sensores** Parâmetros: {"Ambiente" ; "Movimento" ; "Elétrico" ; "Biossensor"; "Identificação" ; "Posição"; "Presença"; "Visão de máquina" ; "Interação" ; "Acústico"; "Força / carga"; "Hidráulica"; "Químico" ; "Informação do objeto"}	Opcional	Qualquer número
		Rede / Comunicação Parâmetros: {"HTTP/HTTPS" ; "RESTful" ; "MQTT 3.1/3.1.1" ; "CoAP" ; "RFID" ; "IEEE 802.11 (WLAN)" ; "IEEE 802.15.4 (ZigBee)" ; "NFC" ; "IEEE 802.15.1 (Bluetooth)" ; "6LoWPAN" ; "IPv4" ; "IPv6" ; "Outros"}	Opcional	Qualquer número
		Suporte a Serviço / Aplicação Parâmetros: {"Entidade Virtual"; "Entidade Virtual & Gerenciamento de Serviço IoT"; "Serviço de Entidade Virtual"; "Gerenciamento de Processos de Negócios IoT"; "Execução de Processo de Negócio"; "Modelagem de Processos de Negócios"; "Capacidades de Gestão"; "Gerenciamento genérico / específico"; "Gerenciamento de dispositivo" ; "Gerente de QoS"; "Segurança"; "Autenticação"; "Gerenciamento de identidade" ; "Controle de acesso" ; "Criptografia"; "Gestão de dados" ; "Gerenciamento de Qualidade de Dados"; "Mineração de dados" ; "Plataforma analítica"; "Analítica em Movimento"; "Analítica Preditiva"; "Analítica Estatística"; "Outros"}	Opcional	Qualquer número
		Aplicação Parâmetros: {"Vida Inteligente"; "Cidades Inteligentes"; "Energia Inteligente"; "Transporte Inteligente"; "Saúde Inteligente"; "Indústria Inteligente"; "Edifícios Inteligentes"; "Casas Inteligentes"; "Outros"}	Opcional	Qualquer número
Imagem			Opcional	Qualquer um
Diagrama			Opcional	Um ou nenhum
Literatura			Opcional	Um ou nenhum
Confiabilidade			Opcional	Um ou nenhum
Nota do Projetista			Opcional	Um ou nenhum
Versão			Opcional	Qualquer número
ID			Opcional	Somente um
Número de Acessos			Opcional	Somente um

Fonte: Autor

Nesta estrutura é apresentado cada elemento juntamente com sua Obrigatoriedade de utilização na documentação de um padrão IoT, assim como sua Cardinalidade, que define se

determinado elemento permite somente um ou mais dados. A definição para cada elemento é apresentada a seguir:

a) **Solução:** Solução do problema escrito de forma descritiva;
b) **Problema:** Problema escrito de forma descritiva;
c) **Forças:** Tensões do projeto escrita de forma descritiva. Lista os atributos e consequências que auxiliam na identificação da solução do problema. Exemplo: É preciso proteger uma propriedade, mas não pode estar em casa o tempo todo ou pedir a alguém para vigiar os pertences;
d) **Contexto:** Contexto escrito em forma descritiva, explicando o cenário de aplicação do padrão;
e) **Nome:** Nome do padrão, sendo um substantivo ou uma expressão única dentro de um conjunto de padrões;
f) **Palavras-chave:** Palavras-chave definidas pelo responsável por documentar o padrão;
g) **Resumo:** Pequeno resumo sobre o padrão;
h) **Motivação:** Motivação que levou a criar o padrão;
i) **Raciocínio:** Descrição do processo utilizado para escolher as soluções e como ele é aplicado, contendo informações essenciais das discussões e comunicações envolvidas;
j) **Usos Conhecidos:** Problemas existentes onde o padrão foi utilizado;
k) **Exemplos:** Casos que o padrão é visto escrito de forma descritiva;
l) **Dinâmica:** Cenários típicos que descrevem o comportamento em tempo de execução do padrão;
m) **Discussão:** Explica como fazer uso prático do padrão. Pode conter um exemplo de uso ou apresentar problemas a serem observados;
n) **Implementação:** Descreve a implementação do padrão;
o) **Aplicabilidade:** Quais são as situações em que o padrão pode ser aplicado? Quais são os exemplos de projetos ruins que o padrão pode abordar? Como se pode reconhecer essas situações?;
p) **Participantes:** Classes e / ou objetos que participam do padrão de design e suas responsabilidades;
q) **Estrutura:** Representação gráfica das classes no padrão. Pode ser usado diagramas de interação para ilustrar sequências de solicitações e colaborações entre objetos;
r) **Imagem:** Imagem ilustrativa da solução;

s) **Diagrama:** Pode ser um esboço, imagem esquemática, UML, entre outros;

t) **Literatura:** Referências a trabalhos que contribuíram com a criação do padrão;

u) **Confiabilidade:** Classificação da confiabilidade de forma quantitativa, como avaliação de 0 a 10, quantidade de estrelas, etc. Pode ser uma avaliação geral ou a média do nível de confiança de suas soluções;

v) **Nota do projetista:** Nota do projetista que utilizou a solução, podendo ser de 0 a 10, quantidade de estrelas, etc;

w) **Versão:** Versão do padrão;

x) **ID:** ID único do padrão, podendo ser um valor numérico, uma combinação de letras com números ou uma palavra. Não deve ser uma expressão ou conter espaços. Exemplo: 0001, AB01;

y) **Número de acessos:** Contador de número de acessos efetuados para consultar o padrão. Elemento que pode ser implementado em um sistema repositório de padrões de IoT.

A estrutura final mostra a Camada IoT (Quadro 9) com subcamadas, onde foram inseridos os elementos Classificação do SO, Arquitetura e Camada de Arquitetura. Este último possui ainda outra subcamada com os elementos Smart Device / Sensores, Rede / Comunicação, Suporte a Serviço / Aplicação e Aplicação. O objetivo desta Camada IoT é possibilitar uma melhor especificação de parâmetros utilizados nos cenários de IoT, possibilitando assim o consumo para futura automação de uso. Os elementos desta camada são todos opcionais, porém, se documentados, tornarão o padrão mais rico em detalhes e contribuirão com a comunidade de IoT:

a) **Camada IoT / Classificação do SO:** Classificação dos Smart Objects (SO) envolvidos na documentação do padrão para entender as diferenças e identificar oportunidades de generalização e soluções comuns. A classificação foi proposta por Hernández et al. (2014) e o modelo visa separar objetos com recursos básicos daqueles com recursos complexos;

b) **Camada IoT / Arquitetura:** Especifica se a arquitetura envolvida no padrão é baseada em SOA ou orientada a API (TKACZYK et al., 2018);

c) **Camada IoT / Camadas de Arquitetura / Smart Device/Sensores:** Especifica quais dispositivos ou sensores são utilizados no padrão (MORAIS; SADOK; KELNER, 2019);

d) **Camada IoT / Camadas de Arquitetura / Rede/Comunicação:** Especifica os protocolos de Rede/Comunicação utilizado na documentação do padrão (NGUYEN, 2015);
e) **Camada IoT / Camadas de Arquitetura / Suporte a Serviço/Aplicação:** Especifica parâmetros da camada de Suporte a Serviço/Aplicação utilizado na documentação do padrão (PATEL, K. K. et al., 2016);
f) **Camada IoT / Camadas de Arquitetura / Aplicação:** Utilizado para especificar parâmetros da camada de Aplicação (PATEL, K. K. et al., 2016).

3.2 EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Nesta seção é apresentado um exemplo de utilização da estrutura proposta. Este padrão não possui valores precisos, solução comprovada em IoT ou confiabilidade dentro deste contexto, uma vez que não é o foco deste trabalho propor e testar estes padrões. Na próxima seção serão apresentados exemplos de padrões já publicados em IoT dentro da estrutura proposta.

Considerando então um morador que precisa entrar em sua casa que dispõe de uma fechadura inteligente. Sempre que este morador chegar o sistema IoT inteligente precisa fazer o reconhecimento antes de liberar o acesso ou então seguir ações descritas em outros padrões. Isto é necessário visto que outras pessoas podem se apresentar diante da porta como amigos, entregadores, etc.

Para este exemplo será considerado o padrão *identificar pessoa* e este depende da análise da pessoa através de seus dados biométricos como digital e imagem. Este padrão pode levar a outro padrão como solicitar um código de acesso numérico ou então informar ao dono da residência que outra pessoa está na porta.

Com o objetivo de identificar a pessoa o padrão (001) solicita que a pessoa coloque seu polegar no sensor biométrico da fechadura ao mesmo tempo que cruza a informação com o reconhecimento facial. Caso haja reconhecimento o acesso é liberado. Caso contrário, o padrão aciona outros padrões como código de acesso numérico ou informar a presença de outra pessoa.

Quadro 10 – Padrão para identificação de uma pessoa por uma fechadura IoT inteligente

Nome do Elemento			Descrição
ID			001
Nome			Identificar Pessoa
Problema			Algum morador precisa entrar na casa. Como outras pessoas podem se apresentar diante da porta (amigos, entregadores, etc), o sistema IoT inteligente precisa fazer o reconhecimento antes de liberar o acesso ou então seguir outras ações descritas em outros padrões.
Motivação			As pessoas buscam segurança para sua residência e utilizar apenas um fator de confirmação como digital não é totalmente seguro.
Contexto			Uma pessoa precisa entrar em sua casa.
Forças			O reconhecimento digital ou facial pode não funcionar totalmente e a pessoa precisa entrar em sua casa.
Solução			O sistema, integrado com outros dispositivos IoT, solicita que a pessoa insira sua digital no dispositivo. Caso a identificação esteja abaixo da margem de erro estabelecida o sistema integrado analisa através de reconhecimento facial a pessoa que está na porta. A face da pessoa é comparada com dados disponíveis em um servidor na nuvem que contém informações sobre as pessoas que estão autorizadas a entrar na residência. Se houver reconhecimento, a entrada é liberada, caso contrário a fechadura inteligente aciona outros padrões como: (002) solicitar o código de acesso ou (003) informar ao morador via smartphone que existe uma pessoa não autorizada na porta.
Palavras-chave			IoT; Fechadura Inteligente; Segurança Residencial; Casa Inteligente
Camada IoT	**Classificação do SO**		Aprimorado
	Arquitetura		Arquitetura Orientada a API
	Camadas de Arquitetura	**Smart Device / Sensores**	Ambiente; Elétrico; Biossensor; Identificação; Presença; Visão de Máquina.
		Rede / Comunicação	IEEE 802.15.4 (ZigBee)
		Suporte a Serviço / Aplicação	Gerenciamento de dispositivo; Segurança; Autenticação; Gerenciamento de identidade; Controle de acesso; Gestão de dados.
		Aplicação	Casas Inteligentes
Versão			V001

Fonte: Autor

O padrão apresentado (Quadro 12) utiliza todos os elementos obrigatórios e alguns elementos opcionais (quando aplicável). Os elementos opcionais não preenchidos podem ficar vazios ou então podem ser removidos da estrutura a fim de deixar uma aparência mais limpa. Os elementos de parâmetros foram todos aplicados na Camada IoT a fim de possibilitar o consumo por aplicações inteligentes. Os padrões 002 e 003 informados na solução poderiam ser descritos igual ao exemplo a fim de se criar uma linguagem de padrão contendo esse como pai e os demais como filhos.

3.3 DOCUMENTANDO PADRÕES NA ESTRUTURA DE IoT

Conforme apresentado em 3.1, diversos padrões em IoT estão sendo publicados sem uma estrutura uniforme (Quadro 4) e algumas vezes de forma descritiva (KESWANI et al., 2019; MOON et al., 2018; GONZÁLEZ-AMARILLO et al., 2018). Esta seção apresentará alguns dos padrões identificados em artigos publicados e aplicados na estrutura definida deste trabalho. Os três trabalhos foram publicados de forma descritiva sem a utilização de qualquer estrutura por seus autores e, de maneira singular, ou seja, sem elementos de relacionamento com outros padrões, esses padrões foram documentados dentro da estrutura proposta nesta pesquisa. Alguns dos elementos opcionais não serão utilizados nesses padrões, como por exemplo Discussão, uma vez que não está sendo proposto testá-los e sim aplicá-los dentro da estrutura.

González-Amarillo et al. (2018) documentam um padrão (Quadro 11) que apresenta um modelo de rastreabilidade de estufas baseado em IoT para o monitoramento e manutenção de registros de mudas e outros produtos agrícolas nas fases de germinação e crescimento. Moon et al. (2018) apresentam um padrão (Quadro 12) que trata da compactação de grande volume de dados gerados através de sensores IoT. Keswani et al. (2019) descrevem um padrão (Quadro 13) que se baseia numa rede de sensores sem fios (Internet Wireless Networks - WSN) independente, constituída por sonda de umidade do solo, dispositivo de medição da temperatura do solo, sensor de temperatura ambiente, sensor de umidade ambiental, sensor de CO2, resistor dependente de luz para obter informações agrícolas em tempo real através de medições multipontos.

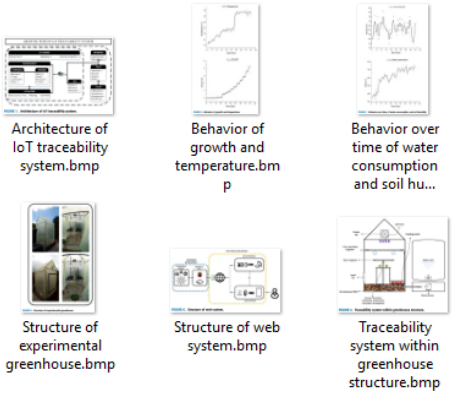
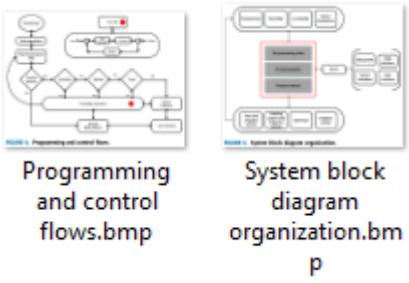
(continua)

Quadro 11 – Representação do padrão Rastreabilidade de Culturas em Estufa com IoT

Nome do Elemento	Descrição
ID	0001
Nome	Rastreabilidade de Culturas em Estufa
Problema	Um dos problemas comuns no setor agrícola diz respeito à baixa vida útil pós-colheita. Além disso, a transmissão de doenças para os seres humanos, juntamente com os casos de envenenamento químico, motivou a relação comercial entre países na forma de avaliar a segurança do consumidor.
Motivação	O projeto do nosso sistema segue os seguintes objetivos: • Ambiente adaptado: as variáveis controladas são muitas e estão relacionadas no estado-espaço para garantir condições ideais para o crescimento e desenvolvimento de mudas. Diversos mecanismos controlam a temperatura interna da estufa de acordo com o caso (colheita), ventiladores e sistemas de irrigação e aquecimento. • Uso eficiente de energia: os recursos hídricos e energéticos são medidos e o processo interior da estufa é registrado para cada um. Essas informações estão contidas na folha de dados de mudas e na cadeia de valor de rastreabilidade agrícola. • Umidade e luminosidade: o controle da umidade interna do solo e da estufa é possível graças às técnicas do sistema de irrigação (microaspersão e gotejamento). O sistema de irrigação é altamente eficiente e é programado para diferentes requisitos ao longo do tempo e porcentagem de umidade para diferentes espécies de plântulas. A luminosidade influencia o crescimento e desenvolvimento das mudas. O painel LED é, portanto, controlado para influenciar o metabolismo da planta. • Plataforma IoT: fornece acesso a informações sobre qualidade, segurança e processo de padronização de mudas a serem utilizadas em uma lavoura. Esta informação está disponível através da interface do usuário para qualquer ator na cadeia de valor da rastreabilidade agrícola.
Contexto	Para produtos agrícolas frescos e comestíveis, a linha de rastreabilidade é longa, mas executada rapidamente porque os produtos não processados são propensos à decomposição acelerada. Por este motivo, a rastreabilidade de produtos agrícolas desde a planta em crescimento (mudas) até o produto final é muito importante. Este Pattern apresenta um modelo de rastreabilidade de estufas baseado na Internet das Coisas (IoT) para o rastreamento e manutenção de registros de mudas e outros produtos agrícolas nas fases de germinação e crescimento.
Forças	1. A transmissão de doenças para os seres humanos, juntamente com os casos de envenenamento químico, forneceu o motivo para mudanças nas relações comerciais entre os países e na forma de avaliar a segurança do consumidor. 2. Um número de produtos agrícolas, como frutas, tem uma vida útil baixa pós-colheita - vários dias ou algumas semanas de acordo com o produto. 3. O mercado de produtos com alto padrão de qualidade e segurança está ganhando muito espaço no comércio interno e externo; produtos rastreados comandam um preço mais alto e nos países europeus a demanda é significativa.

(continuação)

Quadro 13 – Representação do padrão Rastreabilidade de Culturas em Estufa com IoT

Nome do Elemento	Descrição
Solução	O sistema, composto pelo computador Raspberry Pi 3 incorporado, comunica-se via Wi-Fi com um ponto de acesso. O ponto de informação contido no sistema interfaceado com a instrumentação eletrônica de sensores e atuadores forma a micro-rede. Esta conexão obedece ao sistema lógico de controle do ambiente de estufa. O sistema IoT inclui o registro de variáveis controladas, como luminosidade, umidade do solo e do ar, controle de temperatura (frio e calor) e gerenciamento de água (consumo) através dos sistemas de irrigação (microaspersores e gotejamento). Um diagrama da arquitetura do sistema é mostrado na seção Diagrama deste padrão e pode ser analisado a partir dos dois estágios que ele contém. A primeira etapa é o processo de rastreabilidade interna; este estágio contém as variáveis que são rastreadas por meio dos sensores e, posteriormente, controladas por meio de atuadores em um ambiente adaptado. A primeira etapa é baseada nas informações coletadas sobre as mudas. As informações de monitoramento e gravação são processadas e armazenadas para a ação dos controladores. Esta informação é então compartilhada na plataforma web. A plataforma de rastreabilidade interna contém uma rede de sensores e atuadores, na qual as variáveis medidas pelos controladores são vinculadas a plataforma web via Wi-Fi. O projeto da plataforma web contém três blocos destinados ao acesso à informação para todos os atores da cadeia de valor agrícola. A interface do usuário permite avaliar a qualidade dos produtos, juntamente com a segurança do plantio com efeito de estufa. Na segunda etapa, os blocos TRACE e CLOUD administram idade a informação para acessar os recursos. Esta solução usou um servidor da Web para fornecer uma interface de gerenciamento de dados para ajudar os agricultores a obter acesso ao banco de dados. O servidor da Web Express foi usado para fornecer consultas de usuários às páginas da Web, como consultas estáticas e dinâmicas no processo de informações agrícolas.
Palavras-chave	IoT; Estufa; Sistema Embarcado; Controlador PID; Sensor
Imagem	 As imagens ampliadas estão disponíveis no ANEXO B.
Diagrama	 Os diagramas ampliados estão disponíveis no ANEXO B.

(conclusão)

Quadro 13 – Representação do padrão Rastreabilidade de Culturas em Estufa com IoT

Nome do Elemento			Descrição
Literatura			[1] A. Labidi, A. Chouchaine, and A. K. Mami, ‘‘Control of relative humidity inside an agricultural greenhouse,’’ in Proc. 18th Int. Conf. Sci. Techn. Autom. Control Comput. Eng., vol. 1, Dec. 2017, pp. 109–114. [2] F. Gouadria, L. Sbita, and N. Sigrimis, ‘‘Agreenhouse system control based on a PSO tuned PI regulator,’’ in Proc. Int. Conf. Green Energy Convers. Syst., Mar. 2017, pp. 1–5. [3] F. Gouadria, L. Sbita, and N. Sigrimis, ‘‘Super-twisting algorithm devoted to control the greenhouse system,’’ in Proc. Int. Conf. Green Energy Convers. Syst. (GECS), Mar. 2017, pp. 1–5. [4] L. Meihui, D. Shangfeng, C. Lijun, and H. E. Yaofeng, ‘‘Greenhouse multi- variables control by using feedback linearization decoupling method,’’ in Proc. Chin. Automat. Congr., Oct. 2017, pp. 604–608.
Camada IoT	**Classificação do SO**		Aprimorado
	Arquitetura		Arquitetura Orientada a API
	Camadas de Arquitetura	**Smart Device / Sensores**	Ambiente, Movimento, Biossensor, Hidráulico
		Rede / Comunicação	IEEE 802.11 (WLAN)
		Suporte a Serviço / Aplicação	Gerenciamento de Dispositivo, Gerenciamento de Dados, Análise Predictiva, Análise Estatística
		Aplicação	Agricultura Inteligente
Versão			V001

Fonte: Autor

Quadro 12 – Representação do padrão Fidelidade da Compactação de Dados IoT

(continua)

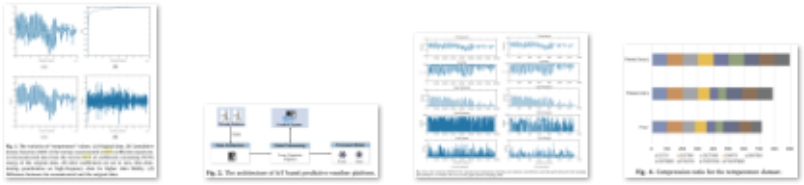
Nome do Elemento	**Descrição**
ID	0002
Nome	Fidelidade da Compactação de Dados IoT
Resumo	A compactação de grande volume de dados gerados através de sensores IoT distribuídos em uma fazenda pode perder fidelidade dependendo da solução utilizada. Este pattern avaliou quatro algorítmos de classificação a fim de identificar qual solução apresenta o melhor resultado considerando a perda de dados.
Problema	À medida que aumenta o volume de dados coletados por vários sensores de IoT usados em aplicativos de fazendas inteligentes, o armazenamento e o processamento de big data para aplicativos agrícolas se tornam um enorme desafio.
Motivação	Sensores IoT no âmbito agrícola geram um enorme volume de dados que são essenciais para tomada de decisão. Porém a capacidade de armazenamento e processamento destes dados são um grande desafio. Uma das soluções está voltada para a compactação destes dados, porém a perda de dados ocorrida durante a compactação por ser um problema no momento de processar ou recuperar estes dados. Buscar uma solução para este problema é o que motivou a criação deste pattern.

(continuação)

Quadro 14 – Representação do padrão Fidelidade da Compactação de Dados IoT

Nome do Elemento	Descrição
Contexto	Este pattern está particularmente interessado na agricultura inteligente habilitada para IoT. A agricultura inteligente com capacidade analítica de dados pode fornecer previsões mais precisas e, portanto, poderia potencialmente melhorar o rendimento das culturas, bem como reduzir os custos de produção, removendo o uso de pesticidas ou fertilizantes não essenciais. Os últimos anos testemunharam uma infinidade de soluções de IoT benéficas para domínios agrícolas. Na indústria agrícola, os sistemas avançados de apoio à decisão, por meio das tecnologias IoT, estão ganhando cada vez mais atenção porque permitem a agricultura de precisão. Depois de processar os dados coletados, eles fornecem serviços de previsão para agricultores e produtores, para que possam tomar decisões mais inteligentes. Um dos principais desafios para habilitar a agricultura inteligente da IoT é como gerenciar grandes volumes de dados coletados eficientemente de vários sensores.
Forças	A compactação com perdas pode liberar o poder de compactação para IoT porque, em comparação com sua contraparte (sem perdas), pode reduzir significativamente o volume de dados quando as características espaço-temporais dos dados do sensor de IoT são adequadamente exploradas. No entanto, a compactação com perdas enfrenta o desafio de compactar muitos dados, perdendo assim a fidelidade dos dados, o que pode afetar a qualidade dos dados e os resultados potenciais da análise.
Solução	Utilizar compressões com perdas baseadas no DCT (Discrete Cosine Transform) e no FWHT (Fast Walsh--Hadamard Transform) podem atingir proporções de compressão significativamente mais altas com uma perda marginal da qualidade dos dados. Onde o desempenho de previsão usando o FWHT obtem melhores resultados do que os dados originais.
Palavras-chave	Fazenda inteligente; Compressão com perda; IoT; Processamento de sinal; Fidelidade de dados
Raciocínio	Para gerenciar dados da IoT de maneira eficiente e confiável, foi coletado, compactado e armazenado dados climáticos para posterior reconstrução e análise. Foi avaliada a fidelidade dos dados do sensor meteorológico reconstruído usando algoritmos de compressão com perdas baseados em três transformações: a transformada discreta de cosseno (DCT) (Razzaque et al., 2013), Fast Walsh-Hadamard Transform (FWHT) (Fino e Algazi, 1976), e Transformada Wavelet Discreta (DWT) (Abo-Zahhad et al., 2015). O objetivo foi avaliar o impacto da compressão e restauração com perdas na confiabilidade dos dados. Os resultados experimentais usando cinco conjuntos de dados de sensores mostram que a compressão de dados com perdas pode atingir proporções de compressão de 30 × –100 × taxas de compressão com perda marginal de informações. Foram coletados dados de sensores meteorológicos usando duas granularidades de amostragem (a cada minuto e a cada hora) para avaliar como a taxa de amostragem afeta a quantidade de redução de dados e a qualidade da análise de dados. O mecanismo de compressão é simples, pois não necessita de métodos de quantização complexos. Na comparação dos quatro algoritmos de classificação para predizer a geada, foi observado que a precisão da predição usando dados compactados contendo apenas 90% da energia total dos coeficientes transformados não caiu muito em comparação com os dados originais. Na maioria dos casos, o desempenho da previsão de congelamento com base nos dados reconstruídos é comparável ao desempenho com base nos dados originais. Curiosamente, em alguns casos, o desempenho de previsão melhora quando os dados reconstruídos são usados.

Quadro 14 – Representação do padrão Fidelidade da Compactação de Dados IoT (conclusão)

<table>
<tr><td colspan="3">Nome do Elemento</td><td>Descrição</td></tr>
<tr><td colspan="3">Imagem</td><td> 

Os diagramas ampliados estão disponíveis no ANEXO B.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Literatura</td><td>Abo-Zahhad, M.M., Hussein, A.I., Mohamed, A.M., 2015. Compressive sensing algorithms for signal processing applications: a survey. Int. J. Commun., Network Syst. Sci. 8 (6), 197–216.
Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., Ayyash, M., 2015. Internet of things: a survey on enabling technologies, protocols, and applications. IEEE Commun. Surveys Tutorials 17 (4), 2347–2376.
Baker, A.H., Xu, H., Dennis, J.M., Levy, M.N., Nychka, D., Mickelson, S.A., 2014. A methodology for evaluating the impact of data compression on climate simulation data. In: The 23rd International Symposium on High Performance Parallel and Distributed Computing, pp. 203–214.
Bicer, T., Yin, J., Chiu, D., Agrawal, G., Schuchardt, K., 2013. Integrating online com- pression to accelerate large-scale data analytics applications. In: 27th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing (IPDPS), pp. 1205–1216.
Bose, T., Bandyopadhyay, S., Kumar, S., Bhattacharyya, A., Pal, A., June 2016. Signal characteristics on sensor data compression in IoT – an investigation. In: 13th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), pp. 1–6.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Camada IoT</td><td colspan="2">Classificação do SO</td><td>Em rede</td></tr>
<tr><td colspan="2">Arquitetura</td><td>Arquitetura Orientada a API</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Camadas de Arquitetura</td><td>Smart Device / Sensores</td><td>Ambiente</td></tr>
<tr><td>Rede / Comunicação</td><td>HTTP/HTTPS</td></tr>
<tr><td>Aplicação</td><td>Agricultura Inteligente</td></tr>
<tr><td colspan="3">Versão</td><td>0001</td></tr>
</table>

Fonte: Autor

Quadro 13 – Representação do padrão Irrigação Inteligente com IoT (continua)

Nome do Elemento	Descrição
ID	0003
Nome	Irrigação Inteligente com IoT
Problema	A agricultura de precisão é um grande desafio dentro das pesquisas e soluções não só de IoT, mas da computação em geral, pois envolve inúmeras variáveis e grande volume de dados que precisam ser coletados, armazenados e processados para auxiliar nas tomadas de decisões, sejam elas autônomas ou não. A agricultura de precisão é o mecanismo que controla a produtividade da terra e maximiza a revitalização e minimiza o impacto nos arredores, automatizando os processos completos da agricultura. O método de agricultura orientado por máquinas exige um entendimento intensivo das condições ecológicas no nível base e a rápida comunicação da informação a um servidor local ou distante onde a fonte de armazenamento e processo, identificação de insetos dentro das plantas, enterramento ou umidade hiperbólica, a geração alternativa, e assim a direção da instrumentação da plantação é concluída instantaneamente.
Contexto	A agricultura de precisão é o mecanismo que controla a produtividade da terra e maximiza a revitalização e minimiza o impacto nos arredores, automatizando os processos completos da agricultura. Este padrão projetado baseia-se numa rede de sensores sem fios (Internet Wireless Networks - WSN) independente, constituída por sonda de umidade do solo, dispositivo de medição da temperatura do solo, sensor de temperatura ambiente, sensor de umidade ambiental, sensor de CO2, resistor dependente de luz para obter informações agrícolas em tempo real através de medições multipontos.
Forças	Uma rápida avaliação e observação do conteúdo de umidade do solo dessa área massiva é necessária para que a irrigação ótima seja possível na região de plantio agrícola. O método gravimétrico é chamado de padrão para determinar a versão do conteúdo de água no solo, mas não é eficaz no fornecimento de coleta de dados rápida em larga escala e pode ser limitado a uma quantidade de dimensão compacta.

Quadro 15 – Representação do padrão Irrigação Inteligente com IoT (continuação)

Nome do Elemento	Descrição
Solução	A técnica de observância projetada consiste em todos os nós WSN habilitados para IoT independentes, usados para aquisições de dados e armazenamento de informações agrícolas. A história da fazenda é adicionalmente armazenada para gerar ações necessárias durante todo o curso da agricultura. O trabalho resume o uso ótimo da irrigação pelo gerenciamento preciso da válvula de água usando a previsão baseada na rede neural da necessidade de água no solo em 1 h à frente. O esquema de controle de irrigação proposto utiliza um mecanismo de gerenciamento de válvula de água baseado em similaridade estrutural (SSIM) que é usado para localizar regiões agrícolas com deficiência de água. Além disso, é realizado um estudo comparativo de técnicas de otimização, como gradiente de velocidade variável de aprendizado, gradiente descendente para classificação de padrões baseados na rede neural feedforward e a melhor prática é usada para estimar o MC do solo de hora em hora juntamente com o método de interpolação para gerar mapa de distribuição de conteúdo de umidade (MC). Finalmente, a deficiência de MC no solo baseada em índice SSIM é calculada para manipular as válvulas especificadas para manter a necessidade de água uniforme por toda a área da fazenda. Os comandos de controle de válvula são novamente processados usando o sistema de modelagem de condição de tempo baseado em lógica difusa para manipular comandos de controle, considerando diferentes condições climáticas.
Palavras-chave	Teor de umidade do solo; Rede de sensores sem fio; Internet das Coisas; Aprendizado de gradiente de taxa de aprendizado variável; Gradiente descendente; Índice de similaridade estrutural; Interpolação; Lógica difusa
Literatura	1. Panchard J, Hubaux J-P (2008) Wireless sensor networks for marginal farming in India, Ph.D. thesis, EPFL, Lausanne. http:// dx.doi.org/10.5075/epfl-thesis-4172 2. Gupta D, Julka A, Jain S, Aggarwal T, Khanna A, de Albuquerque VHC (2018) Optimized cuttlefish algorithm for diagnosis of parkinson's disease. Cogn Syst Res 52:36–48. https://doi. org/10.1016/j.cogsys.2018.06.006 (ISSN: 1389-0417 SCIE (IF 1.18)) 3. Khanna A, Singh AK, Swaroop A (2016) A token based solution to group local mutual exclusion problem in mobile Ad Hoc networks. Arab J for Sci Eng 41(12):5181–5194 (ISSN 2193-567X) 4. Lakshmanaprabu SK, Shankar K, Gupta D, Khanna A, Rodrigues JJPC, Plácido RP, de Albuquerque VHC (2018) Ranking analysis for online customer reviews of products using opinion mining with clustering. Complexity 2018:1–9. https://doi.org/10.1155/ 2018/3569351 (SCIE (IF 4.62))

Quadro 15 – Representação do padrão Irrigação Inteligente com IoT (conclusão)

Nome do Elemento			Descrição
Camada IoT	**Classificação do SO**		Aprimorado
	Arquitetura		Arquitetura Orientada a API
	Camadas de Arquitetura	**Smart Device / Sensores**	Ambiente, Identificação, Posição, Hidráulico
		Rede / Comunicação	HTTP/HTTPS, IEEE 802.15.4 (ZigBee)
		Suporte a Serviço / Aplicação	Gerenciamento de Dados, Análise Predictiva, Análise Estatística
		Aplicação	Agricultura Inteligente
Confiabilidade			4
Nota do Projetista			9
Versão			V001

Fonte: Autor

Esses padrões (Quadro 11, Quadro 12, Quadro 13) foram publicados de forma descritiva e inseridos na estrutura proposta neste trabalho com o nível de detalhe apresentado nas publicações. Uma revisão dos autores destes trabalhos poderia inserir ainda outros elementos opcionais para enriquecer ainda mais o padrão e contribuir com a comunidade IoT e aplicações para futura automação de uso.

4 EXPERIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA IoT DESIGN PATTERNS

A experimentação da Estrutura *IoT Design Patterns* (Quadro 11) foi realizada com membros do projeto SWAMP no Centro Universitário FEI dentro do laboratório de IoT. A experimentação contou com a participação de oito membros e o objetivo era atender ao RQ5 (validar esta nova estrutura com pesquisadores da área de IoT).

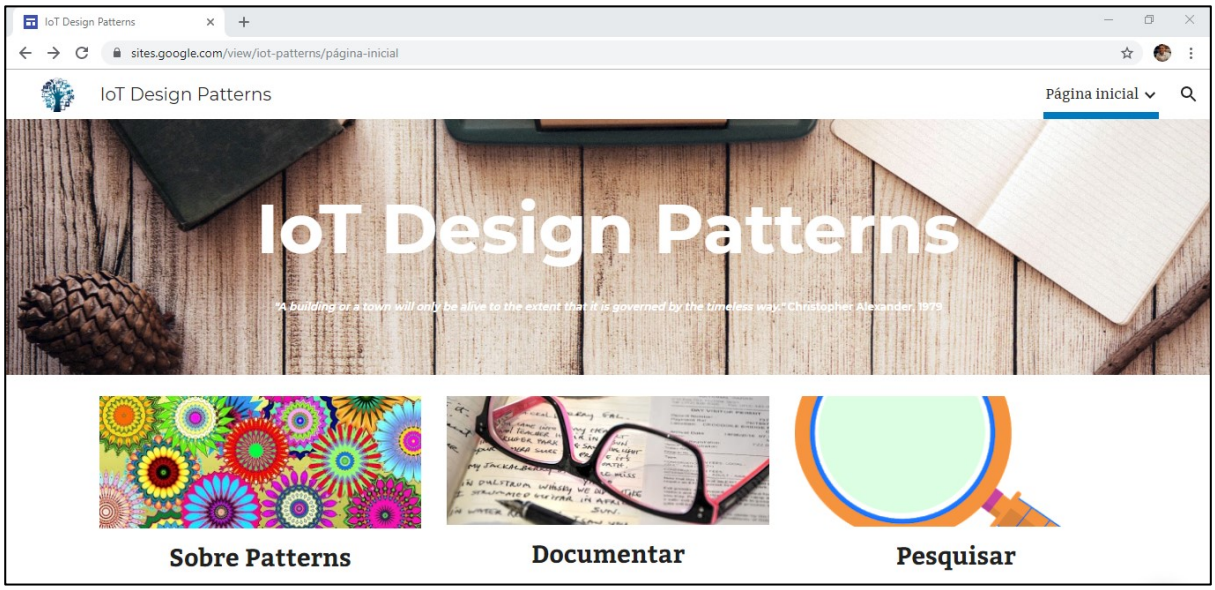
O experimento seguiu o protocolo apresentado no Apêndice E que, em linhas gerais, contou com:

a) introdução, na qual foram dadas as boas-vindas aos participantes e feita uma breve introdução sobre o experimento, assim como a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) por parte dos participantes (Apêndice A);
b) apresentação dos principais conceitos envolvidos no experimento e uma explicação detalhada da estrutura de padrões *IoT Design Patterns*;
c) realização do experimento com a divisão dos participantes em quatro duplas, em seguida foram apresentados os materiais a serem utilizados como exemplos de padrões já documentados na estrutura proposta, tabela de elementos da estrutura proposta com as obrigatoriedades, cardinalidades e descrição de cada elemento, formulário vazio contendo todos os elementos da estrutura proposta e questionários de avaliação e consumo da estrutura. Na sequência foi realizada a leitura de todos os materiais e esclarecimento de dúvidas e, por fim, cada dupla documentou um padrão IoT (Apêndice D), avaliou a estrutura e o consumo de padrões já documentados (Apêndice B);
d) encerramento, com o recolhimento dos materiais e agradecimento aos participantes.

Para facilitar as etapas de documentação e consumo dos padrões, foi criado um repositório online[3] com uma seção que resume o conceito de *Patterns*, uma para documentar e outra para pesquisar os padrões (Figura 8).

[3] https://sites.google.com/view/iot-patterns

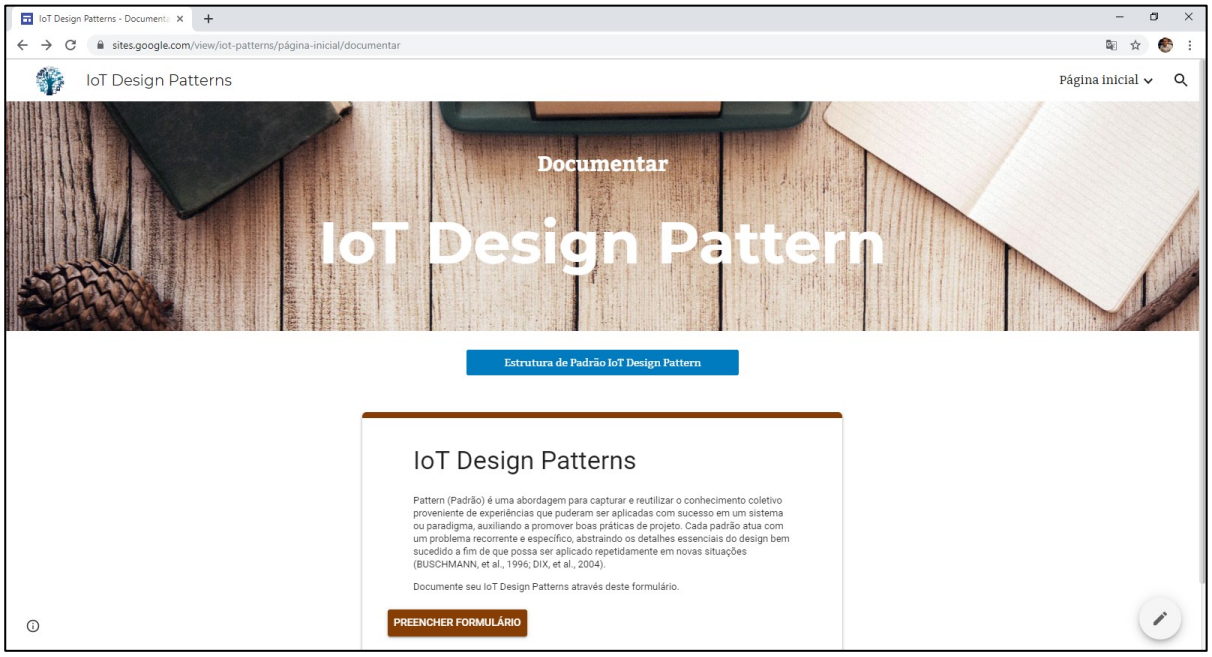
Figura 8 – Tela inicial do repositório *IoT Design Patterns*



Fonte: Autor

Na seção Documentar (Figura 9) está a Estrutura de Padrão *IoT Design Pattern* (Quadro 11) e o formulário para documentação do padrão (Apêndice D).

Figura 9 – Seção Documentar do repositório online *IoT Design Patterns*

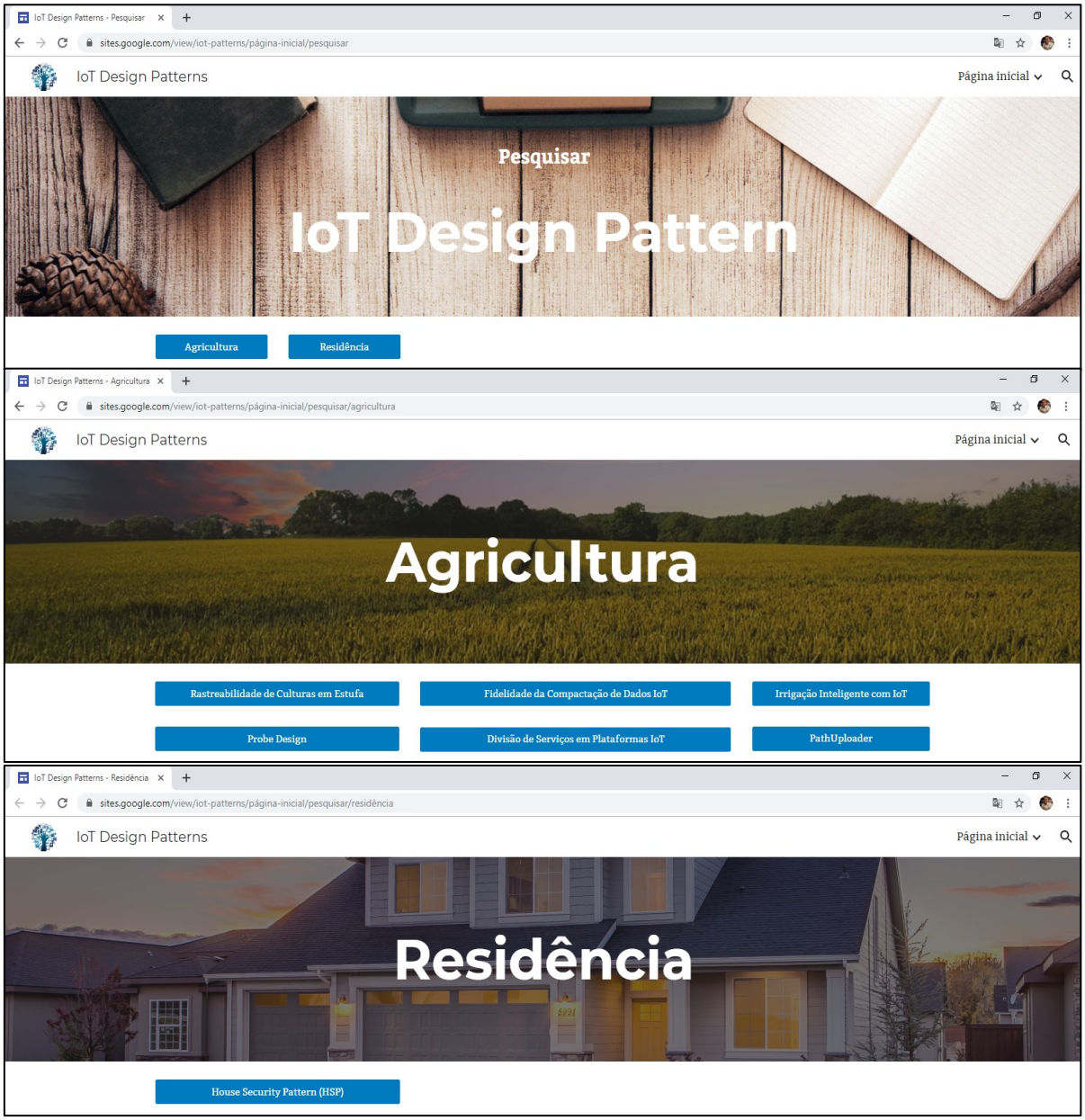


Fonte: Autor

Na seção Pesquisar (Figura 10) estão os padrões documentados pelo autor deste trabalho (Rastreabilidade de Culturas em Estufa, Fidelidade da Compactação de Dados IoT e Irrigação Inteligente com IoT) com base na literatura, assim como os quatro padrões documentados pelas

quatros duplas participantes do experimento (Probe Design, Divisão de Serviços em Plataforma IoT, PathUploader e House Security Pattern (HSP)). Todos estes padrões podem ser consultados no Apêndice D.

Figura 10 – Seção Pesquisar do repositório online *IoT Design Patterns*



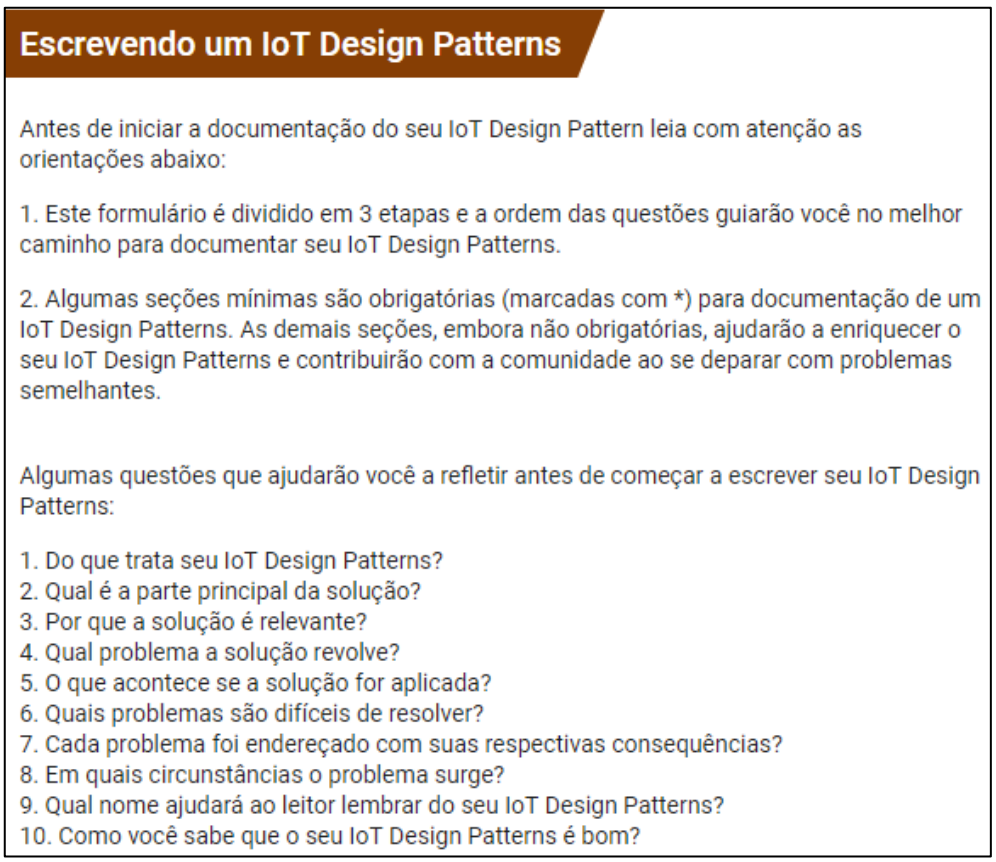
Fonte: Autor

O projeto SWAMP está relacionado com a área da Agricultura, porém uma das duplas participantes não trabalham diretamente no projeto e por este motivo resolveram escrever um padrão relacionado com segurança residencial. As demais duplas propuseram padrões com

problemas que enfrentaram no projeto e a partir de estudos e análises encontraram uma solução que pode ser replicada para outros projetos.

Passadas as etapas de introdução a apresentação dos conceitos básicos, iniciou-se o experimento solicitando que os oito participantes trabalhassem em duplas escolhidas aleatoriamente. Para cada dupla foi solicitado que documentassem um problema no repositório[4] que envolvesse IoT. No formulário havia uma pequena introdução (Figura 11) com a intenção de guiar os participantes sobre a melhor forma de preenchimento e também refletir sobre o problema e a solução antes de documentar o padrão. As dez perguntas para reflexão que estão na (Figura 11) são sugestões de Wellhausen e Fiesser (2011), que recomendam fazer antes de iniciar a documentação de qualquer padrão.

Figura 11 – Introdução do formulário de documentação do *IoT Design Patterns*



Fonte: Autor

Os elementos obrigatórios foram dispostos no início do formulário e na seguinte ordem: Solução, Problema, Forças, Contexto e Nome. Esta ordem foi sugerida por Wellhausen e

[4] https://sites.google.com/view/iot-patterns

Fiesser (2011), que afirmam ser a melhor opção começar pela solução, uma vez que é a seção da documentação do padrão que se conhece melhor.

Durante a documentação foram surgindo dúvidas em relação aos elementos e como preenchê-los. A principal dúvida estava relacionada ao elemento Forças, que mesmo com a descrição abaixo do elemento no formulário, exemplo e a explicação na introdução do experimento, os participantes não conseguiam identificar as forças existentes nos padrões que estavam documentando. Após esclarecimentos adicionais, cada dupla conseguiu identificar as forças em seus padrões. O elemento "Participantes" também gerou dúvida, pois alguns entenderam como sendo as pessoas que estavam participando da documentação do padrão, mesmo com a descrição explicando que se trata de *Classes e / ou objetos que participam do padrão de projeto e suas responsabilidades*.

Embora houvesse a possibilidade de anexar arquivos ou imagens no padrão, nenhum participante optou por incluir, porque no momento do experimento os arquivos não estavam disponíveis com fácil acesso. Os elementos opcionais não foram utilizados em sua totalidade por conta do tempo estabelecido no experimento. Algumas duplas informaram que se houvesse mais tempo iriam documentar os elementos que ficaram em branco.

Logo após a documentação do padrão foi entregue a cada participante das duplas o questionário para avaliação da Estrutura de Padrão *IoT Design Pattern* (Apêndice B), o qual foi respondido anonimamente. Durante a avaliação os padrões documentados foram sendo formatados pelo autor deste trabalho e publicados na seção Pesquisar do repositório online (Figura 10) para a etapa posterior do experimento (avaliação de consumo dos padrões).

Terminada a avaliação da Estrutura, o autor do experimento atribuiu aleatoriamente um dos padrões publicados (produzido pelo autor ou pelos participantes) para cada dupla, excluindo desta atribuição o padrão produzido pela própria dupla. Foi solicitada a leitura do padrão e na sequência cada participante avaliou o consumo através do questionário do Apêndice B de forma anônima.

A documentação gerada durante o experimento está em: (1) documentação do padrão: Apêndice D; (2) avaliação da estrutura e consumo do padrão: Apêndice B.

4.1 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da experimentação da estrutura de padrão *IoT Design Patterns* são apresentados aqui com base nos questionários de avaliação da estrutura e consumo dos padrões (Apêndice B). As informações foram tabuladas para construção dos gráficos.

Os participantes do experimento são estudantes em nível de graduação e mestrado do Centro Universitário FEI e UFABC. A faixa etária dos estudantes é de 20 a 30 anos, com média de 3 anos de experiência no assunto IoT. O perfil detalhado está disponível no repositório online[5].

O primeiro questionário teve como objetivo avaliar a estrutura proposta neste trabalho sob a ótica dos membros do projeto SWAMP, que utilizam a IoT no projeto de irrigação. O segundo questionário avaliou o consumo de problemas documentados na estrutura proposta a partir da literatura e também do experimento realizado.

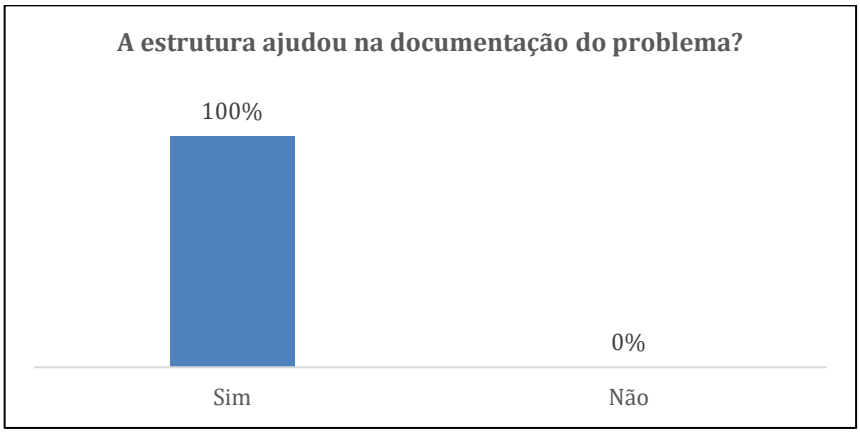
4.2 AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DE PADRÃO *IOT DESIGN PATTERN*

A primeira questão tinha como objetivo avaliar se a estrutura *IoT Design Pattern* ajudou na documentação do problema proposto pelas duplas participantes do experimento. Conforme Gráfico 1, 100% dos participantes informaram que a estrutura ajudou na documentação do problema. A questão solicitava que os participantes justificassem a resposta, o que confirmou que a estrutura realmente ajudou na documentação do problema. Os principais comentários diziam:

a) Facilidade e clareza nos passos para criação e documentação de um novo padrão;
b) Estrutura permitiu a segmentação do problema;
c) Demonstra os aspectos em que o padrão pode ser aplicado;
d) Excelente forma de aplicar uma metodologia coerente para resolução do problema;
e) As etapas de implementação especificadas deixaram claras as classes e protocolos necessários pelo padrão.

[5] https://github.com/andre-p-nascimento/estruturapadroesiot.git

Gráfico 1 – Avaliação da documentação do problema



Fonte: Autor

Em relação às vantagens e desvantagens identificadas durante o uso da estrutura de padrão *IoT Design Pattern,* os participantes visualizaram mais vantagens do que desvantagens (Quadro 16). Em relação às vantagens, dois comentários não tinham relação direta com o uso da estrutura, mas com o padrão documentado: *"Alívio para o uso de bancos de dados durante operações de envio e armazenamento de imagens em aplicações web"; "A vantagem é que utilizando nosso padrão não sobrecarrega o sistema de banco de dados, pois o novo padrão utiliza menos memória nos servidores".* Assim como em relação às desvantagens, alguns comentários não tinham relação com a estrutura: *"Alguns campos não são aplicados à solução proposta, mas podem ser utilizados em aplicações maiores. Talvez o padrão documentado precisa ser revisto"; "Será utilizado mais tempo durante a fase de implementação da aplicação"; "Esse padrão vai gastar mais tempo para implementar".*

As justificativas demonstram que a estrutura proposta facilita e auxilia a documentação de padrões na área de IoT. Em contrapartida, a quantidade de elementos opcionais, o elemento que classifica o SO, outras perspectivas de projetos IoT e o consumo de tempo para documentação são aspectos que precisam ser reavaliados a fim de deixar a estrutura mais robusta e com menor margem de falha na documentação.

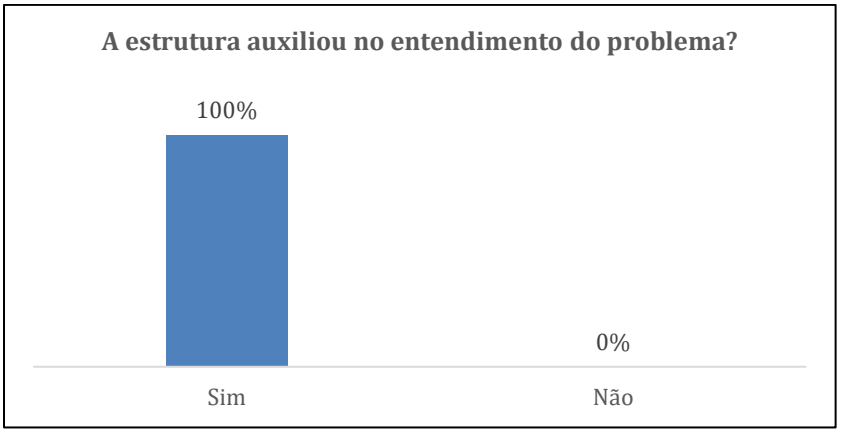
Quadro 14 – Vantagens e desvantagens na utilização da estrutura *IoT Design Patterns*

Vantagens	Desvantagens
• Divisão entre elementos obrigatórios e opcionais • Ordem de documentação do pattern priorizando a solução e depois as técnicas • Apresentação prévia dos elementos resultando em ganho de tempo na documentação • A estrutura permite aplicar a solução com facilidade em outros projetos • Fácil documentação • Documentação de informações essenciais	• Grande quantidade de elementos opcionais, acarretando no negligenciamento de informações importantes • Classificação do *Smart Object* • Deveria contemplar outras perspectivas de projetos IoT • Consumo de tempo

Fonte: Autor

Quando questionados se a estrutura *IoT Design Patterns* auxiliou no entendimento do problema, 100% dos participantes responderam que sim (Gráfico 2). As justificativas informam que a estrutura ajuda na visualização do problema e agiliza sua compreensão por conta da organização dos tópicos de implementação, além de provocar um pensamento e raciocínio sobre o padrão a ser documentado.

Gráfico 2 – Avaliação do entendimento do problema

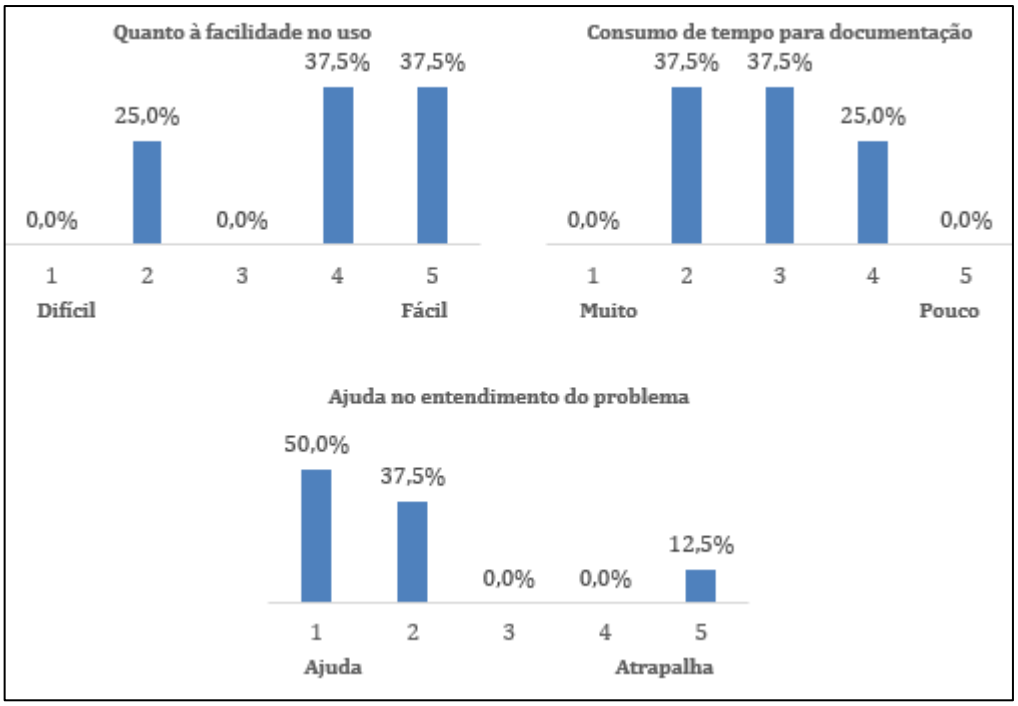


Fonte: Autor

A classificação da estrutura *IoT Design Patterns* de forma qualitativa em relação à facilidade no uso, consumo de tempo para documentação e ajuda no entendimento do problema possibilitou visualizar melhor a opinião dos participantes (Gráfico 3). Os gráficos demonstram que 75% dos participantes consideram a estrutura fácil de usar, contudo, 75% entendem que o consumo de tempo para documentação é alto (37,5%) ou está entre alto e baixo (37,5%) (os

participantes levaram 50 minutos para documentar os padrões). Já em relação à ajuda para entendimento do problema, a maioria (87,5%) entende que a estrutura proporciona tal ajuda.

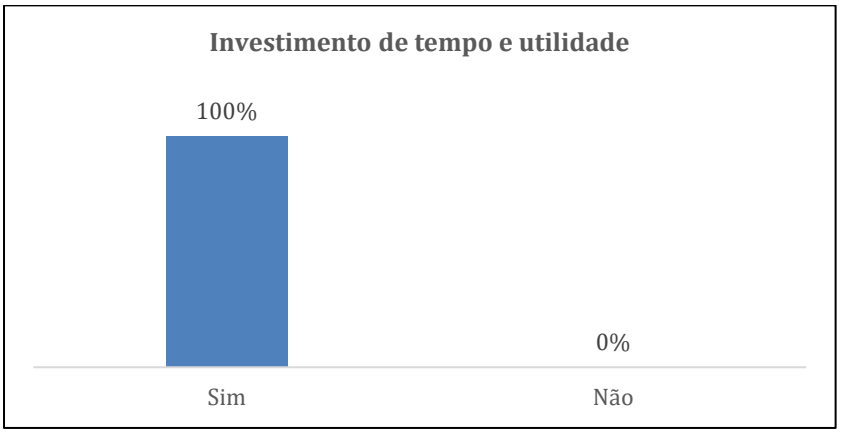
Gráfico 3 – Avaliação qualitativa da estrutura *IoT Design Patterns*



Fonte: Autor

A Gráfico 4 demonstra que os participantes investiriam tempo na documentação de um padrão *IoT Design Pattern* além de entenderem que tal estrutura seja útil para equipes de projeto IoT. As justificativas para esta aceitação relatam que a estrutura facilita a implementação do padrão para outras pessoas, ajuda a direcionar melhor as ideias e que pode auxiliar no desenvolvimento de soluções mais robustas. Já em relação à utilidade, os participantes citaram ser útil para desenvolver soluções mais robustas, redução de tempo na execução de projetos e ajuda na compreensão e implementação.

Gráfico 4 – Investimento de tempo e utilidade



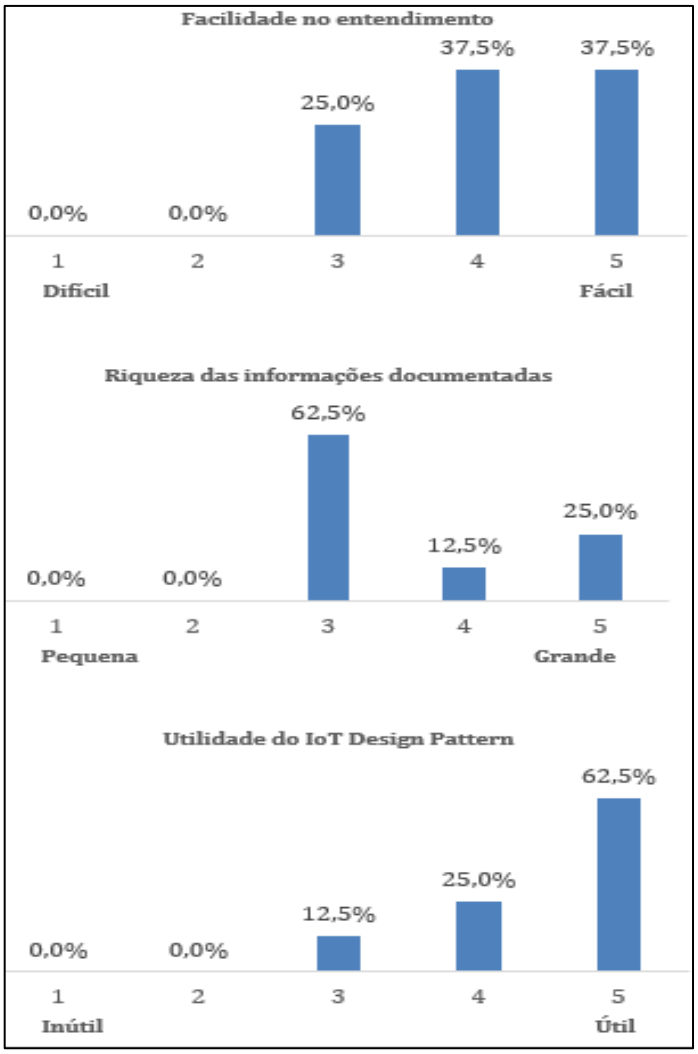
Fonte: Autor

4.3 AVALIAÇÃO DO CONSUMO DO PADRÃO *IOT DESIGN PATTERN*

Os participantes avaliaram em duplas o consumo dos seguintes padrões: Probe Design, Fidelidade da compactação de dados IoT, Rastreabilidade de Culturas em Estufa, Irrigação Inteligente com IoT, Divisão de Serviços em Plataforma IoT, Path Upload. As respostas foram dadas individualmente para aspectos como facilidade no entendimento, riqueza das informações documentadas e utilidade do *IoT Design Pattern* para a equipe de projetos.

Para 75% dos participantes, o entendimento do padrão foi fácil, porém 65,5% entendeu que a riqueza das informações documentadas está na linha média entre pequena e grande. Em relação à utilidade do *IoT Design Pattern*, 87,5% acreditam que seja útil (notas 4 ou 5) para as equipes de projeto (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Avaliação do consumo do padrão *IoT Design Pattern*



Fonte: Autor

Analisando os pontos positivos e negativos que também foram apontados pelos participantes, é possível identificar que os comentários confirmam os números apresentados. Por exemplo, em relação à riqueza de informação, 100% dos comentários avaliam como um aspecto negativo no consumo do padrão. Já em relação à facilidade no entendimento e utilidade para equipes de projeto, os comentários são positivos (Quadro 17). O resultado individualizado desta avaliação está no Apêndice B.

Quadro 15 – Pontos positivos e negativos sobre o consumo do padrão *IoT Design Pattern*

Positivos	Negativos
• Validade de informação • Indica metodologias aplicadas • Embasamento na literatura • Riqueza de detalhes na solução • Pode ser utilizado no início de um projeto • Boa implementação • Fácil entendimento	• Falta de informação por parte de quem documentou o padrão • Pouca referência na literatura • Falta de referências de aplicação

Fonte: Autor

Os pontos negativos provavelmente seriam minimizados se houvesse mais tempo para que os participantes pudessem documentar melhor o padrão tanto com os aspectos relatados na avaliação como também com outros elementos que enriqueceriam o padrão. Além disso, a documentação de um padrão é passível de revisão a fim de enriquecer com outras informações que forem julgadas necessárias (WELLHAUSEN; FIESSER, 2011).

4.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A Estrutura *IoT Design Patterns* proposta neste trabalho foi desenvolvida com base no estudo dos conceitos teóricos de padrões e IoT, assim como a evolução dos temas envolvidos, cenários de uso e aplicações que utilizam das combinações desses pilares conceituais.

A estrutura e os elementos que compõem esta estrutura foram definidos com base na literatura pesquisada, sendo ela específica de IoT ou não, com o intuito de criar uma estrutura mais robusta e que pudesse suportar a documentação de problemas típicos no projeto de IoT. Outro fator que auxiliou na definição da estrutura foi a pesquisa prévia com membros do projeto SWAMP, que puderam avaliar a relevância de cada elemento sob a ótica dos cenários de IoT.

Alguns elementos nesta estrutura proposta são obrigatórios com o objetivo de fornecer um formato mínimo de padronização. Outros elementos são opcionais, tornando a estrutura flexível e ao mesmo tempo robusta o suficiente para documentar informações relevantes sobre o padrão. A estrutura conta ainda com a camada de IoT, que permite caracterizar de forma mais detalhada alguns elementos e facilitar assim a leitura e a busca, sejam elas tanto por humanos quanto por máquinas. Esta camada permite ainda a inclusão de informações técnicas que contribuem com a implementação da solução.

A aplicabilidade da estrutura foi testada através da documentação de alguns trabalhos de IoT publicados. Estes trabalhos foram inseridos dentro da estrutura e, mesmo publicados por diferentes autores e em diferentes formatos de forma dissertativa, ela acomodou esses padrões, mantendo sua estrutura mínima obrigatória e provendo flexibilidade de acordo com o tipo do padrão e informações disponíveis.

A estrutura também foi validada através de experimento realizado com membros do projeto SWAMP, que puderam documentar problemas típicos de IoT utilizando tanto os elementos obrigatórios quanto os opcionais na medida em que identificaram a importância e dentro do tempo limite proposto. A ordem de preenchimento da documentação auxiliou os participantes na medida que partiram primeiramente da solução, que é bem conhecida, para depois seguirem na documentação do problema e demais elementos. Esta estrutura auxiliou ainda os participantes a refletirem sobre questões técnicas importantes de serem documentadas a fim de contribuírem com a comunidade fornecendo informações mais completas.

Para auxiliar o experimento, foi desenvolvido um repositório no qual os participantes puderam documentar os problemas de IoT e logo consultar. Este repositório é online e por isso pode ser utilizado por qualquer pessoa ou ferramentas de busca que tenham interesse nestes ou em outros padrões que possam ser documentados. O repositório permite que os padrões sejam documentados de acordo com a estrutura proposta, respeitando os elementos obrigatórios e flexibilizando quanto aos elementos opcionais.

Como esta estrutura parte da consolidação de todos os elementos utilizados por diversos autores, sendo eles da área de IoT ou não, e depois refinada para se chegar a elementos relevantes, é possível que esta proposta possa ser utilizada em outros domínios ou outras áreas interessadas como engenharia de software, IHC, entre outros.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma estrutura de padrões que possibilita a documentação de problemas de projeto nos cenários de IoT. Tal estrutura de padrões também foi criada com o objetivo de permitir o consumo por aplicações em futura automação de uso. Este capítulo apresenta tópicos de considerações finais e continuidade da pesquisa.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência de uma estrutura padrão comum para documentar problemas e soluções de projeto em IoT foi o grande motivador desta pesquisa. A falta desta padronização implica na diversidade da forma em que são reportados, impactando consequentemente no consumo, busca e compartilhamento entre equipes de projeto.

A estrutura proposta neste trabalho procura principalmente oferecer uma padronização entre os elementos utilizados por diversos autores para documentar e compartilhar seus padrões IoT seja tanto em publicações, quanto entre equipes interessadas. A inclusão da camada de IoT visa favorecer tanto a busca manual quanto a utilização por aplicações em futura automação do uso através de seus parâmetros estabelecidos.

A pesquisa bibliográfica permitiu identificar o estado da arte e encontrar os principais conceitos, assim como identificar contribuições já feitas para a área de IoT, analisar problemáticas anteriores e mais recentes, fundamentando desta forma a composição da estrutura proposta para o domínio de IoT.

A base da estrutura de padrões *IoT Design Patterns* está fundamentada primeiramente na estrutura proposta por Alexander (1979) e nas propostas posteriores que foram surgindo ao longo dos anos. Outro pilar utilizado para construção desta proposta foram as características específicas de IoT, que até então não eram consideradas por estruturas anteriores e que ganharam neste trabalho uma grande importância por permitir caracterizar melhor os problemas e soluções da área.

Através da experimentação, o trabalho executado permitiu acomodar padrões de IoT na estrutura proposta, inserindo principalmente seus detalhes técnicos que contribuirão com a comunidade interessada. Alguns padrões documentados foram extraídos a partir da literatura pelo autor e outros foram criados através da contribuição de membros do projeto SWAMP, que tem como principal foco trabalhar com tecnologias IoT com o intuito de melhorar a irrigação agrícola. Um fator importante nesta experimentação é que a estrutura, através dos seus

elementos obrigatórios e opcionais, possibilitou uma maior flexibilidade para suportar diferentes tipos de informações e uma reflexão sobre o problema e sua solução, levando assim a uma segmentação ou detalhamento que naturalmente provoca os autores a criarem novos padrões.

Desta forma, a estrutura de padrões *IoT Design Patterns* fornece um formato único e ao mesmo tempo flexível, que permite a documentação de problemas e soluções com o mínimo de padronização, acomodando padrões de tipos e informações diversas, possibilitando o enriquecimento gradual através do detalhamento do problema, da solução e do ajuste do nível de confiabilidade, garantindo assim que tanto equipes de projetos quanto futuras aplicações autônomas possam consumir tais padrões com garantia e segurança. Esta estrutura também pode servir de base para criação de estrutura de padrões de outros domínios e consequentemente ser utilizada em outras áreas.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

A estrutura de padrões *IoT Design Patterns*, fruto deste trabalho, é parte da consolidação de diversas estruturas de domínios diversos e do posterior refinamento para acomodar problemas e soluções de IoT. Naturalmente, como parte do processo evolutivo, espera-se que esta estrutura seja utilizada por membros de projetos e pesquisadores da área, participando desta forma do processo de criação de novos padrões e assim contribuindo com toda a comunidade.

A flexibilidade desta estrutura permite que linguagens de padrões sejam criadas, contribuindo assim com uma futura biblioteca de padrões ampla, robusta e que pode ser facilmente utilizada em diversos contextos, agilizando projetos e estabelecendo uma linguagem comum entre membros de equipes.

Neste trabalho foi criado um repositório simples tanto para documentar quanto para armazenar os padrões criados. A intenção deste repositório era apenas facilitar o experimento realizado. Contudo, trabalhos futuros podem construir um repositório mais adequado se valendo das características estabelecidas para esta estrutura como elementos obrigatórios e opcionais, de identificação do padrão e parametrizáveis, o que possibilitará um consumo adequado por pessoas e futuras aplicações autônomas, como também a criação de uma biblioteca para armazenar a linguagem de padrão IoT.

REFERÊNCIAS

ALCE, G. et al. UbiCompass: an IoT interaction concept. **Advances in Human-Computer Interaction**, v. 2018, p. 1-12, 12 Abril 2018. Disponivel em: https://www.hindawi.com/journals/ahci/2018/5781363/. Acesso em: 25 Setembro 2018. DOI: 10.1155/2018/5781363.

ALEXANDER, C. **The timeless way of building**. New York: Oxford University Press, 1979.

ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M. **A pattern language:** towns, buildings, construction. New York: Oxford University Press, v. 2, 1977.

ANDERSON, J.; RAINIE, L.; DUGGAN, M. **The internet of things will thrive by 2025**. Washington, p. 65. 2014.

AQUINO JR, P. T. **PICaP: padrões e personas para expressão da diversidade de usuários no projeto de interação**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 229. 2008. DOI: 10.11606/T.3.2008.tde-15092008-144412.

ARMENIO, F. et al. **The EPC global architecture framework**. [S.l.], p. 1-64. 2007.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. From ”smart objects” to ”social objects”: the next evolutionary step of the internet of things. **IEEE Communications Magazine**, v. 52, n. 1, p. 97–105, Janeiro 2014. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/260722634_From_Smart_Objects_to_Social_Objects_The_Next_Evolutionary_Step_of_the_Internet_of_Things. Acesso em: 07 Julho 2019. DOI: 10.1109/MCOM.2014.6710070.

BALDINI, G. et al. Ethical design in the internet of things. **Science and Engineering Ethics**, Ispra, v. 24, n. 3, p. 905-295, Junho 2018. ISSN 1471-5546. Disponivel em: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11948-016-9754-5. Acesso em: 15 Novembro 2018. DOI: 10.1007/s11948-016-9754-5.

BECK, K. **Smalltalk best practice patterns**. 1ª. ed. New Jersey: Prentice-Hall, v. 1, 1997. 17-21 p. ISBN 013476904X.

BÍBLIA, A. T. P. A bíblia de jerusalém. In: _____ **Provérbios**. 1973. ed. São Paulo: Paulus, 2001. p. 1120.

BORCHERS, J. A pattern approach to interaction design. **AI & Society**, California, v. 15, n. 4, p. 359-376, Dezembro 2001. ISSN 1435-5655. Disponivel em: https://doi.org/10.1007/BF01206115. Acesso em: 7 Novembro 2018. DOI: 10.1007/BF01206115.

BRAMBILLA, M.; UMUHOZA, E.; ACERBIS, R. Model-driven development of user interfaces for IoT systems via domain-specific components and patterns. **Journal of Internet Services and Applications**, Milão, 8, n. 14, 26 Setembro 2017. 1-21. Disponivel em: https://doi.org/10.1186/s13174-017-0064-1. Acesso em: 26 Setembro 2018. DOI: 10.1186/s13174-017-0064-1.

BREHM, I. **Blended interaction: a method to analyse smart objects based on cognitive theories - an overview of current trends, developments, and research in human-computer interaction**. University of Munich. Munich, p. 10-17. 2015. (1862-5207).

BUSCHMANN, F. et al. **Pattern-oriented software architecture**. New York: John Wiley and Sons, v. I, 1996. 1-411 p. ISBN 0471498289. Disponivel em: https://ff.tu-sofia.bg/~bogi/knigi/SE/. Acesso em: 8 Setembro 2018.

CARPINTERO, J. M. et al. From the internet of things to the internet of people. **IEEE Internet Computing**, Março 2015. 40-47. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/273792989 From. Acesso em: 9 Outubro 2018. DOI: 10.1109/MIC.2015.24.

CRABTREE, A.; RODDEN, T. Domestic routines and design for the home. **Computer Supported Cooperative Work**, 13, n. 2, Abril 2004. 191-220. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/220169186_Domestic_Routines_and_Design_for_the_Home. Acesso em: 8 Setembro 2018. DOI: 10.1023/B:COSU.0000045712.26840.a4.

CUNNINGHAM, W. Cunningham & Cunningham, Inc. **Cunningham & Cunningham, Inc.**, 1994. Disponivel em: https://c2.com/. Acesso em: 28 Julho 2019.

DACOSTA, F.; HENDERSON, B. **Rethinking the internet of things:** a scalable approach to connecting everything. 1. ed. [S.l.]: Apress, 2013. 192 p. ISBN 978-1-4302-5741-7. DOI: 10.1007/978-1-4302-5741-7.

DIX, A. et al. **Human-computer interaction**. 3a. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2004. 861 p. ISBN 0-13-046109-1.

FINCHER, S. **PLML:** pattern language markup language. Perspectives on HCI patterns: concepts and tools. Fort Lauderdale: [s.n.]. 2003. p. 26-28.

FOWLER, M. et al. **Patterns of enterprise application architecture**. New Jersey: Person Education, 2002. 9-20 p. ISBN 0-321-12742-0.

FREMANTLE, P. **A reference architecture for the internet of things**. WSO2. [S.l.], p. 21. 2015. DOI: 10.13140/RG.2.2.20158.89922.

GAMMA, E. et al. **Design patterns - elements of reusable object-oriented software**. Massachusetts: Addison-Wesle, 1995. 1-350 p. ISBN 0-201-63361-2.
GAMMA, E. et al. Design patterns 15 years later: an interview with Erich Gamma, Richard Helm, and Ralph Johnson. **InformIT**, p. 1, 22 Outubro 2009. Disponivel em: http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=1404056. Acesso em: 05 Novembro 2018.

GOMES, G. S.; BERGAMO, F. V. M. Chegou a era da internet das coisas? Um estudo sobre a adoção de objetos inteligentes no contexto brasileiro. **REMark – Revista Brasileira de Marketing**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 251-263, 3 Janeiro 2018. ISSN 2177-5184. DOI: 10.5585/remark.v17i2.3648.

GONZÁLEZ-AMARILLO, C. A. et al. An IoT-based traceability system for greenhouse seedling crops. **IEEE Access**, v. 6, p. 67528-67535, 18 Outubro 2018. ISSN 21693536. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/328434297_A_Traceability_System_To_Crop_Of_Seedlings_In_Greenhouse_Based_IoT. Acesso em: 22 Maio 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2877293.

GRACANIN, D. et al. **An approach to user interactions with IoT-enabled spaces**. 14th International Conference on Telecommunications - ConTEL. Zagreb: IEEE. 2017. p. 139-146. DOI: 10.23919/ConTEL.2017.8000050.

HENSHAW, J. L. **Guiding patterns of naturally occurring design:** elements. Proceedings of PURPLSOC. Krems: PURPLSOC. 2015. p. 88-151.

HERNÁNDEZ, M. E. P.; REIFF-MARGANIEC, S. **Classifying smart objects using capabilities**. 2014 International Conference on Smart Computing. Hong Kong: IEEE. 2014. p. 309-316. DOI: 10.1109/SMARTCOMP.2014.7043873.

HISOUR. HiSoUR.com. **HISOUR**, 2019. Disponivel em: https://www.hisour.com/pt/pattern-language-28255/. Acesso em: 18 jan. 2019.

HOHPE, G. et al. **Enterprise integration patterns:** designing, building, and deploying messaging solutions. Boston: Pearson Education, 2004. ISBN 0321200683.

IBA, T. **A journey on the way to pattern writing:** designing the pattern writing sheet. 21st Conference on Pattern Languages of Programs. Illinois: The Hillside Group. 2014. p. 1-17.
IOT-A. **IoT - A internet of things - architecture**, 2012. Disponivel em: http://www.iot-a.eu. Acesso em: 12 Fevereiro 2019.

I-SCOOP. The industrial internet of things (IIoT): the business guide to Industrial IoT. **i-Scoop**, 2019. Disponivel em: https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/. Acesso em: 10 Setembro 2018.

KALLMAN, M.; THALMANN, D. Modeling Objects for Interaction Tasks. **Computer animation and simulation '98**, Viena, 1999. 73-86. Disponivel em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-6375-7_6. Acesso em: 15 Novembro 2018. DOI: 10.1007/978-3-7091-6375-7_6.

KESWANI, B. et al. Adapting weather conditions based IoT enabled smart irrigation technique in precision agriculture mechanisms. **Neural Computing and Applications**, n. 31, p. S227-S292, 2019. Disponivel em: https://doi.org/10.1007/s00521-018-3737-1. Acesso em: 13 Maio 2019. DOI: 10.1007/s00521-018-3737-1.

KHODADADI, F.; DASTJERDI, A. V.; BUYYA, R. **Internet of things:** principles and paradigms. Cambrige: Morgan Kaufmann, 2016. 3-10 p. ISBN 9788792982735.

KHWAJA, S.; ALSHAYEB, M. Towards design pattern definition language. **Software - Practice and Experience**, v. 93, n. 43, p. 747-757, 2013. ISSN 18173195. Disponivel em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/spe.1122. DOI: 10.1002/spe.1122.

KIM, J.; LEE, K. B.; HONG, S. G. **Random forest based-biometric identification using smart shoes**. Proceedings of the International Conference on Sensing Technology, ICST. Sydney: IEEE. 2017. p. 1-4. DOI: 10.1109/ICSensT.2017.8304518.

KIM, K. J. Interacting socially with the internet of things (IoT): effects of source attribution and specialization in human–IoT interaction. **Journal of Computer-Mediated Communication**, Hong Kong, n. 6, 2016. 420-435. Disponivel em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jcc4.12177. Acesso em: 5 Novembro 2018. DOI: 10.1111/jcc4.12177.

KOPETZ, H. **Real-time systems:** design principles for distributed embedded applications. New York: Kluwer Academic, 2002. ISBN 0-306-47055-1. Disponivel em: https://www.electronique-mixte.fr/wp-content/uploads/2015/03/LES-SYSTEMES-TEMPS-REELS-Conception-des-applications-embarqu%c3%a9s-distribu%c3%a9s.pdf. Acesso em: 13 Janeiro 2019.

KORTUEM, G. et al. Smart objects as building blocks for the internet of things. **IEEE Internet Computing**, 14, n. 1, Março 2010. 44–51. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/224085209_Smart_Objects_as_Building_Blocks_for_the_Internet_of_Things. Acesso em: 14 Janeiro 2019. DOI: 10.1109/MIC.2009.143.

LEA, D. Christopher Alexander: an introduction for object-oriented designers. **ACM SIGSOFT Software Engineering Notes**, 19, n. 1, Janeiro 1994. 39-46. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/234799990. Acesso em: 23 Outubro 2018. DOI: 10.1145/181610.181617.

LEA, R.; BLACKSTOCK, M. **Smart cities:** an IoT-centric approach. IWWISS '14 Proceedings of the 2014 International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing. New York: ACM. 2014. p. 1-12. DOI: 10.1145/2637064.2637096.

LÓPEZ, T. S. et al. Adding sense to the internet of things - an architecture framework for smart object systems. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 16, n. 3, p. 291-308, Março 2012. ISSN 1617-4917. Disponivel em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-011-0399-8. Acesso em: 12 Julho 2018. DOI: 10.1007/s00779-011-0399-8.

LOUREIRO, E. Biblioteca de padrões de interfaces. **Revista Webdesign**, n. 77, p. 52-57, 20 Agosto 2010. Disponivel em: https://issuu.com/dudululoureiro/docs/entrevistawebdesign_patterns_mai2010. Acesso em: 13 Julho 2018.

MAILCHIMP. The mailchimp pattern library. **MailChimp**, 2019. Disponivel em: https://ux.mailchimp.com/patterns. Acesso em: 16 jan. 2019.

MELHORAMENTOS. Michaelis. **Dicionário brasileiro da língua portuguesa**, 2019. Disponivel em: https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/biblioteca/. Acesso em: 16 jan. 2019.

MEYER, G. G.; FRÄMLING, K.; HOLMSTRÖM, J. Intelligent products: a survey. **Computers in Industry**, 60, n. 3, Abril 2009. 137–148. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/j.compind.2008.12.005. Acesso em: 5 Dezembro 2018. DOI: 10.1016/j.compind.2008.12.005.

MOAWAD, A. et al. **Introducing conviviality as a new paradigm for interactions among IT objects**. Workshop on AI Problems and Approaches for Intelligent Environments. Montpelier: CEUR Workshop Proceedings. 2012. p. 3-8.

MOON, A. et al. Evaluating fidelity of lossy compression on spatiotemporal data from an IoT enabled smart farm. **Computers and Electronics in Agriculture**, n. 154, p. 304-313, 20 Setembro 2018. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.045. Acesso em: 15 Fevereiro 2019. DOI: 10.1016/j.compag.2018.08.045.

MORAIS, C. M.; SADOK, D.; KELNER, J. An IoT sensor and scenario survey for data researchers. **Journal of the Brazilian Computer Society**, n. 25, 27 Fevereiro 2019. 1-17. Disponivel em: https://doi.org/10.1186/s13173-019-0085-7. Acesso em: 15 Abril 2019. DOI: 10.1186/s13173-019-0085-7.

MUKHOPADHYAY, S. C.; SURYADEVARA, N. K. Internet of things: challenges and opportunities. In: MUKHOPADHYAY, S. C. **Smart Sensors, Measurement and Instrumentation**. [S.l.]: Springer International Publishing, v. 9, 2014. p. 1-17. ISBN 21948402. DOI: 10.1007/978-3-319-04223-7_1.

NGUYEN, M. **Designing smart interactions for smart objects**. Universidade de Munich. Munich, p. 55-61. 2015. (1862-5207).

PAES, W. M. Interoperabilidade móvel: a internet das coisas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Vale do Rio Verde, v. 12, n. 1, p. 794-810, 2014. ISSN 1517-0276. Disponivel em: http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v12i1.1406. Acesso em: 15 Outubro 2018. DOI: 10.5892/ruvrd.v12i1.1406.

PAPE, S.; RANNENBERG, K. Applying privacy patterns to the internet of things' (IoT) architecture. **Mobile Networks and Applications**, 24, n. 3, Junho 2019. 925–933. Disponivel em: http://dx.doi.org/10.1007/s11036-018-1148-2. Acesso em: 15 Julho 2019. DOI: 10.1007/s11036-018-1148-2.

PATEL, K. K. et al. Internet of things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. **International Journal of Engineering Science and Computing**, 6, n. 5, Maio 2016. 6122-6131. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/330425585. Acesso em: 18 Julho 2018. DOI: 10.4010/2016.1482.

QANBARI, S. et al. **IoT design patterns:** computational constructs to design, build and engineer edge applications. 2016 IEEE First International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation. [S.l.]: IEEE Computer Society. 2016. p. 277-282. DOI: 10.1109/IoTDI.2015.18.

RAMAN, S.; WEIGEL, R.; LEE, T. The internet of space (IoS): a future backbone for the internet of things? **IEEE Internet of Things**, 8 Março 2016. Disponivel em: https://iot.ieee.org/newsletter/march-2016/the-internet-of-space-ios-a-future-backbone-for-the-internet-of-things.html. Acesso em: 10 Setembro 2018.

SÁNCHEZ LÓPEZ, T. et al. Taxonomy, technology and applications of smart objects. **Information Systems Frontiers**, 13, n. 2, Abril 2011. 281-300. Disponivel em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-009-9218-4. Acesso em: 04 Março 2019. DOI: 10.1007/s10796-009-9218-4.

SCHOENBERGER, C. R. The internet of things. **Forbes**, 18 Março 2002. Disponivel em: https://www.forbes.com/global/2002/0318/092.html#2250513b3c3e. Acesso em: 15 Novembro 2018.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1a. ed. [S.l.]: Edipro, 2016. 160 p. ISBN 857283978X.

SHIN, D. Socio-technical framework for internet-of-things design: a human-centered design for the internet of things. **Telematics and Informatics**, 4, Novembro 2014. 519-531. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/j.tele.2014.02.003. Acesso em: 15 Novembro 208. DOI: 10.1016/j.tele.2014.02.003.

STANKOVIC, J. Research directions for the internet of things. **IEEE Internet of Things Journal**, 1, Fevereiro 2014. 3-9. Disponivel em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6774858. Acesso em: 5 Dezembro 2018. DOI: 10.1109/JIOT.2014.2312291.

TAKAHASHI, N. M. **Estrutura de padrões de interação humano-robô para aplicações autônomas e inteligentes**. Centro Universitário FEI. São Bernardo do Campo, p. 159. 2018. DOI: 10.31414/EE.2018.D.129665.

TAKAHASHI, P. Internet das coisas e internet de tudo: qual a diferença? **IOTRIX**, 8 Fevereiro 2017. Disponivel em: http://iotrix.com/2017/02/08/internet-das-coisas-e-internet-de-tudo-qual-a-diferenca/. Acesso em: 08 Setembro 2018.

TIDWELL, J. **Interation design patterns:** P29. PLoP'98 conference. [S.l.]: [s.n.]. 1998.

TIDWELL, J. **Designing interfaces:** patterns for effective interaction design. 1a. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005. 352 p. ISBN 0596008031.

TIDWELL, J. **Designing interfaces**. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly, 2011. ISBN 978-1-449-37970-4.

TKACZYK, R. et al. **Cataloging design patterns for internet of things artifact integration**. 2018 IEEE international Conference on Communications Workshops (ICC Workshops). [S.l.]: [s.n.]. 2018. p. 1-6. DOI: 10.1109/ICCW.2018.8403758.
TOXBOE, A. UI Patterns. **UI Patterns**, 2019. Disponivel em: http://ui-patterns.com/. Acesso em: 16 jan. 2019.

UCKELMANN, D.; HARRISON, M.; MICHAHELLES, F. (.). (Eds.). **Architecting the internet of things**. Berlin: Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2011. 352 p. ISBN 978-3-642-19156-5. Disponivel em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-19157-2. Acesso em: 13 Novembro 2018. DOI: 10.1007/978-3-642-19157-2.

VEGA-BARBAS, M. et al. Interaction patterns for smart spaces: a confident interaction design solution for pervasive sensitive IoT services, v. 6, n. 2018, p. 1126-1136, Novembro 2017. ISSN 21693536. Disponivel em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8120148. Acesso em: 28 Setembro 2018. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2777999.

VOLPENTESTA, A. P. A framework for human interaction with mobiquitous services in a smart environment. **Computers in Human Behavior**, Calabria, 2015. 177-185. Disponivel em: http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.04.003. Acesso em: 15 Setembro 2018. DOI: 10.1016/j.chb.2015.04.003.

WATSON, D. S. et al. **Machine to machine (M2M) technology in demand responsive commercial buildings**. 2004 ACEEE summer study on energy efficiency in buildings. Washington: [s.n.]. 2004. p. 351-363.

WELIE, M. V. Patterns in interaction design. **Welie.com**, 2019. Disponivel em: http://www.welie.com/patterns/index.php. Acesso em: 16 jan. 2019.

WELIE, M. V.; VEER, G.; ELINS, A. **Patterns as tools for user interface design**. [S.l.]: [s.n.]. 2000. DOI: 10.1007/978-1-4471-0279-3_30.

WELLHAUSEN, T.; FIESSER, A. **How to write a pattern?:** A rough guide for first-time pattern authors. EuroPLoP '11 Proceedings of the 16th European Conference on Pattern Languages of Programs. Irsee: [s.n.]. 2011. DOI: 10.1145/2396716.2396721.

YAN, Z.; ZHANG, P.; VASILAKOS, A. V. A survey on trust management for internet of things. **Journal of Network and Computer Applications**, 42, Junho 2014. 120-134. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/j.jnca.2014.01.014. Acesso em: 5 Novembro 2018. DOI: 10.1016/j.jnca.2014.01.014.

APÊNDICE A – MATRIZ DO FORMULÁRIO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Este apêndice contém a matriz dos formulários do termo de consentimento livre e esclarecido apresentado e assinado pelos participantes da experimentação. Os termos preenchidos estão disponíveis no repositório online (https://github.com/andre-p-nascimento/estruturapadroesiot.git).

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você está sendo convidado a participar de um estudo denominado: "Design Patterns no Contexto de Internet das Coisas", cujo objetivo é propor uma estrutura de declaração de padrões no contexto da Internet das Coisas, utilizando-a para documentar problemas recorrentes e suas soluções, permitindo que seja utilizada para melhor comunicação entre membros de equipes interessadas. A proposta considera que tal estrutura seja utilizada de forma colaborativa por parte dos usuários e consumida por aplicações autônomas através de parâmetros para adaptação inteligente.

_____

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO VOLUNTÁRIO DA PESQUISA

NOME DO VOLUNTÁRIO:

_____

DOCUMENTO DE IDENTIDADE

Nº:_____

SEXO: M [ ] F [ ]

DATA NASCIMENTO (dd/mm/aaaa): _____

ENDEREÇO:_____ Nº:_____

Comp:_____

BAIRRO:_____

CIDADE:_____

CEP:_____ TELEFONE: DDD (_____) _____

_____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA:

Design Patterns no Contexto de Internet das Coisas

2. PESQUISADOR:

ALUNO DE MESTRADO: Andre Pessoa do Nascimento (RG: 28.333.425-3)

CARGO/FUNÇÃO: Pesquisador

ORIENTADOR DA PESQUISA: Prof. Dr. Plínio Thomaz Aquino Junior

CARGO/NÍVEL/DEPTO: Prof. Tempo Integral, Depto. de Ciências da Computação

LABORATÓRIO: Laboratório de Engenharia de Usabilidade

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

Os riscos são mínimos não havendo nenhuma evidência específica de que o participante irá sofrer algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo. Em função do esforço realizado durante os testes propostos.

4.DURAÇÃO DA PESQUISA:

36 meses

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO VOLUNTÁRIO:

1. Justificativa e os objetivos da pesquisa:

O estudo em que você está sendo convidado a participar tem como objetivo definir uma estrutura de padrões de IoT que promove um melhor formato organizacional dos padrões da área para auxiliar no modo como eles são reportados e possibilitar seu uso por aplicações autônomas e inteligentes.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais:

O procedimento de teste será realizado em uma sessão. Nesta sessão, você será esclarecido sobre o protocolo experimental, principais conceitos envolvidos e Estrutura de padrões *IoT Design Patterns*. A dinâmica do experimento se dará da seguinte forma:

2.1. Os participantes serão divididos em dois grupos;

2.2. Será disponibilizado a cada um os seguintes materiais:

Três exemplos de padrão documentado na estrutura IoT Design Patterns

- **https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/pesquisar/agricultura/rastreabilidade-de-culturas-em-estufa**
- **https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/pesquisar/agricultura/fidelidade-da-compacta%C3%A7%C3%A3o-de-dados-iot**
- **https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/pesquisar/agricultura/irriga%C3%A7%C3%A3o-inteligente-com-iot**

Uma tabela de elementos da estrutura proposta neste trabalho juntamente com as obrigatoriedades, cardinalidades e descrição de cada elemento

- **https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/documentar**

Formulário vazio contendo todos os elementos da estrutura de IoT Design Patterns

- **https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/documentar**

Um questionário para avaliação da estrutura de padrão IoT Design Pattern

Um questionário para avaliação do consumo do IoT Design Pattern

2.3. Cada grupo deverá ler o material e esclarecer possíveis dúvidas;

2.4. Logo após a leitura, cada grupo deverá documentar um problema do Projeto SWAMP na estrutura de padrões *IoT Design Patterns*;

2.5. Por fim, alguns padrões documentados serão avaliados por cada participante em relação ao consumo do *IoT Design Pattern*.

3. Desconfortos e riscos esperados:
A sua participação nesta pesquisa é voluntária e a avaliação oferece risco e desconforto mínimos. Como forma de evitar um possível cansaço, será utilizado um período de descanso de 5 minutos após a leitura do material e esclarecimento de dúvidas.

4. Benefícios que poderão ser obtidos:
A sua participação não lhe trará nenhum benefício direto, mas permitirá um melhor conhecimento a respeito do conceito de Padrões, assim como sua documentação e utilização em futuros projetos IoT.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO VOLUNTÁRIO DA PESQUISA CONSIGNANDO:

1. Acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas: **Informo que o Sr(a) tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, a qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas, bem como o acesso aos resultados parciais e totais da pesquisa.**

2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo: **Também é garantida a liberdade da retirada de seu consentimento, a qualquer momento, deixando de participar do estudo.**

3. Salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade: **A equipe se compromete a utilizar os dados coletados somente para pesquisa e os resultados serão veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível a sua identificação, garantindo o sigilo de sua participação.**

4. Disponibilidade de assistência, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa: **O presente estudo oferece risco mínimo à saúde, e os pesquisadores se disponibilizam a dar assistência por eventuais intercorrências.**

5. Viabilidade de indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa: **Sim, através de recursos próprios dos pesquisadores.**

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

ALUNO DE MESTRADO: Andre Pessoa do Nascimento (RG: 28.333.425-3)
CARGO/FUNÇÃO: Pesquisador
TEL: (11) 98617-7091

ORIENTADOR DA PESQUISA: Prof. Dr. Plínio Thomaz Aquino Junior
CARGO/NÍVEL/DEPTO: Prof. Tempo Integral, Depto. de Ciências da Computação
TEL.: (11) 4353-2900 Ramal 2161
LABORATÓRIO: Laboratório de Engenharia de Usabilidade

VI - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa. O presente documento é emitido em duas vias, sendo uma do pesquisador e outro do participante.

São Bernardo do Campo, de de 2019.

_____
Voluntário da pesquisa

APÊNDICE B – MATRIZ DOS FORMULÁRIOS DE AVALIAÇÃO E CONSUMO DA ESTRUTURA IOT DESIGN PATTERN

Este apêndice contém a matriz dos formulários de pesquisa utilizados nas experimentações realizadas com um grupo de pesquisadores que trabalham com projeto IoT (Projeto SWAMP). As avaliações preenchidas estão disponíveis no repositório online (https://github.com/andre-p-nascimento/estruturapadroesiot.git).

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DE PADRÃO IoT DESIGN PATTERN

1. A estrutura de padrão *IoT Design Pattern* ajudou na documentação do problema? Justifique.

2. Quais vantagens você identificou durante o uso da estrutura de padrão *IoT Design Pattern*? Justifique.

3. Quais desvantagens você identificou durante o uso da estrutura de padrão *IoT Design Pattern*? Justifique.

4. A estrutura de padrão *IoT Design Pattern* auxiliou no entendimento do problema?

5. Classifique a estrutura de padrão *IoT Design Pattern*:
    a. Quanto à facilidade no uso:
       Difícil ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 Fácil
    b. Consumo de tempo para documentação:
       Muito ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 Pouco
    c. Ajuda no entendimento do problema:
       Ajuda ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 Atrapalha
6. Você investiria tempo na documentação de um padrão *IoT Design Pattern*?

7. Você acredita que a estrutura de padrão *IoT Design Pattern* é útil para equipes de projeto IoT?

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO CONSUMO DO PADRÃO IoT DESIGN PATTERN

1. Nome do *IoT Design Pattern*?

2. Classifique o *IoT Design Pattern* documentado:
    a. Quanto à facilidade no entendimento:
       Difícil ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 Fácil
    b. Riqueza das informações documentadas:
       Pequena ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 Grande
    c. Utilidade do *IoT Design Pattern* para a equipe de projetos:
       Inútil ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 Útil
3. Comente pontos positivos e negativos em relação *IoT Design Pattern* avaliado.

APÊNDICE C – MATRIZ DA AVALIAÇÃO DE ELEMENTOS *IOT DESIGN PATTERN*

Este apêndice contém a matriz da avaliação de elementos para *IoT Design Pattern*. A avaliação respondida está disponível no repositório online (https://github.com/andre-p-nascimento/estruturapadroesiot.git).

Avaliação de Elementos para IoT Patterns

O objetivo desta Avaliação é identificar quais elementos são mais relevantes para documentar padrão de projetos em IoT.

Padrão (Pattern) é uma abordagem para capturar e reutilizar o conhecimento coletivo proveniente de experiências que puderam ser aplicadas com sucesso em um sistema ou paradigma, auxiliando a promover boas práticas de projeto. Cada padrão atua com um problema recorrente e específico, abstraindo os detalhes essenciais do design bem sucedido a fim de que possa ser aplicado repetidamente em novas situações (BUSCHMANN, et al., 1996; DIX, et al., 2004).

O conceito original de padrão surgiu no final da década de 70, proposto pelo arquiteto Christopher Alexander. Não satisfeito com a arquitetura urbana em sua época, Alexander propõe uma nova teoria de arquitetura, construção e planejamento centrado na ideia de linguagem de padrão (pattern language). (ALEXANDER, 1979) apresenta a ideia de padrão como sendo atemporal (timeless), ou seja, é válida para todas as pessoas da sociedade que compartilham uma linguagem de padrão comum. Além disso, a solução genérica descrita para um padrão pode ser reutilizada e adaptada para diversas situações (GAMMA, et al., 1995).

Dê sua avaliação para cada elemento da estrutura apresentada a seguir. O objetivo destes elementos é permitir que o projetista possa documentar qualquer padrão IoT com um bom nível de detalhe e de forma objetiva, possibilitando assim que outros projetistas possam consumir as soluções propostar por cada padrão.

A escala vai de 1 a 5, sendo 1 - Pouco importante e 5 - Muito importante.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. Alterar configurações

Nome *

Nome do padrão, sendo um substantivo ou uma expressão única dentro de um conjunto de padrões. Exemplo: Introdução, Andar Lado a Lado, Pausa em Conversação.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Solução *

Descrição da solução do problema de forma narrativa.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Problema *

Descrição do problema de forma narrativa.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Contexto *

Descrição do contexto de forma narrativa, explicando o cenário de aplicação do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Exemplo Resolvido / Exemplo *

Descrição narrativa de casos onde o padrão é encontrado.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Forças *

Descrição narrativa das tensões do projeto. Lista os atributos e consequências que auxiliam na identificação da solução do problema. Ex: Você quer proteger sua propriedade, mas não pode estar em casa o tempo todo ou pedir a alguém para vigiar seus pertences.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Impacto de Usabilidade / Consequências *

Necessidades decorrentes e extraídas do problema a ser resolvido e as consequências ao aplicá-lo.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Variantes / Padrões Relacionados *

Referência a outros padrões.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Usos Conhecidos *

Problemas existentes onde o padrão foi utilizado.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Referências / Literatura *

Referências a trabalhos que contribuíram com a criação do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Figura / Imagem *

Imagem ilustrativa da solução.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Assunto / Motivação *

Motivação que levou a criar o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Contexto Resultante / Resultado *

Descrição narrativa do resultado após a aplicação do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Apelidos *

Lista de outros nomes que o padrão pode ser chamado.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Intenção *

Apresenta a intenção do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Considerações *

Análise ou opinião fundamentada sobre o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Esboço *

Conjunto de traços iniciais do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Classificação *

Organização do padrão em famílias de padrões relacionados.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Aplicabilidade *

Quais são as situações em que o padrão de design pode ser aplicado? Quais são os exemplos de projetos ruins que o padrão pode abordar? Como você pode reconhecer essas situações?

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Estrutura *

Uma representação gráfica das classes no padrão. Pode ser usado diagramas de interação para ilustrar sequências de solicitações e colaborações entre objetos.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Implementação *

Descreve a implementação do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Diagrama *

Pode ser um esboço, imagem esquemática, UML, entre outros.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

ID *

ID único do padrão, podendo ser um valor numérico, uma combinação de letras com números ou uma palavra. Não deve ser uma expressão ou conter espaços. Exemplo: 0001, AB01.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Observações *

Observações sobre o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Dicas *

Dicas sobre o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Resumo *

Pequeno resumo sobre o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Versão *

Versão do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Dinâmica *

Cenários típicos que descrevem o comportamento em tempo de execução do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Icone *

Imagem que representa visualmente o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Sidebars *

Discutem questões técnicas mais detalhadas ou variações do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Padrões Anteriores *

Padrões anteriores (pai) na hierarquia.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Discussão *

Explica como fazer uso prático do padrão. Pode conter um exemplo de uso ou apresentar problemas a serem observados.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Padrões Seguintes *

Padrões seguintes (filhos) na hierarquia.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Participantes *

Classes e / ou objetos que participam do padrão de design e suas responsabilidades.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Colaborações *

Como os participantes colaboram para cumprir suas responsabilidades.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Exemplo de Código *

Exemplo de código se utilizado no padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Ranking *

Classifica o padrão em ordem de utilização, nota, etc.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Princípio de Usabilidade *

Guia de usuário.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Raciocínio *

Descrição do processo utilizado para escolher as soluções e como ele é aplicado, contendo informações essenciais das discussões e comunicações envolvidas.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Ações *

Ações concretas do usuário em relação ao padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Autor *

Autor do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Gestão *

Contém informações do autor, créditos, data de criação, número da revisão, log de mudança, direitos autorais e licença.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Organização *

Dados organizacionais, podendo conter as seguintes informações: Coleção: Sequência de coleções que contém este padrão. Classificação: Elemento que permite classificar o padrão. Categoria: Categoria do padrão, como IHC, organizacional, pedagógico, entre outros.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Agradecimentos *

Descrição narrativa contento agradecimento e reconhecimentos as pessoas envolvidas na definição do padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Ligação de Padrões *

Ligação com outros padrões, podendo conter os seguintes atributos: ID do padrão: ID do padrão a qual este se relaciona. ID da coleção: ID da coleção a qual o padrão relacionado se encontra. Nome: Nome do relacionamento (link). Tipo: Tipo do relacionamento(link), exemplo: pai, filho, está contido, contém, etc.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Execução *

Detalhes técnicos, código, parte de código, etc.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Confiabilidade *

Classificação da confiabilidade de forma quantitativa, como avaliação de 0 a 10, quantidade de estrelas, etc. Pode ser uma avaliação geral ou a média do nível de confiança de suas soluções.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Nota do Projetista *

Nota do projetista que utilizou a solução, podendo ser de 0 a 10, quantidade de estrelas, etc.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Sinopse *

Descrição narrativa da solução, sugestões para resolver o problema. Pode ser expressa em forma de instruções.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Número de Acessos *

Contador de número de acessos efetuados para consultar o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Palavras Chave *

Palavras-chave definidas pelo responsável por documentar o padrão.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Camada IoT *

Elementos que possibilitam informar parâmetros específicos de IoT que foram utilizados na documentação do padrão. Exempo: informar o tipo de Smart Object que foi utilizado, arquitetura, sensores, suporte a serviço / aplicação, áreas de aplicação.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	○	○	○	○	○	Muito importante

Comentários gerais sobre esta avaliação *

Descreva aqui comentários gerais sobre esta avaliação, explicando de forma objetiva porque os elementos são ou não importantes. Não é necessário falar sobre cada um, mas aqueles que julgar importante fazer alguma consideração.

Texto de resposta longa

APÊNDICE D – MATRIZ DA ESTRUTURA DE PADRÕES IOT E APLICAÇÕES NA ESTRUTURA *IOT DESIGN PATTERN*

Este apêndice contém a estrutura final de padrões de IoT. Os padrões documentados pelo autor e na experimentação estão disponíveis no repositório online (https://github.com/andre-p-nascimento/estruturapadroesiot.git).

Nome do Elemento	Obrigatoriedade	Cardinalidade
Solução	Obrigatório	Qualquer um
Problema	Obrigatório	Somente um
Forças	Obrigatório	Somente um
Contexto	Obrigatório	Somente um
Nome	Obrigatório	Somente um
Palavras-chave	Opcional	Qualquer número
Resumo	Opcional	Qualquer um
Motivação	Opcional	Qualquer um
Raciocínio	Opcional	Um ou nenhum
Usos Conhecidos	Opcional	Qualquer um
Exemplos	Opcional	Qualquer número
Dinâmica	Opcional	Qualquer um
Discussão	Opcional	Qualquer um
Implementação	Opcional	Qualquer um
Aplicabilidade	Opcional	Qualquer um
Participantes	Opcional	Qualquer um
Estrutura	Opcional	Qualquer um

Nome do Elemento			Obrigatoriedade	Cardinalidade
Camada IoT	**Classificação do SO** Parâmetros: {"Essencial" ; "Em rede" ; "Aprimorado" ; "Consciente" ; "IoT Completo"}		Opcional	Qualquer número
	Arquitetura Parâmetros: {"Arquitetura baseada em SOA" ; "Arquitetura Orientada a API"}		Opcional	Somente um
	Camadas de Arquitetura	**Smart Device / Sensores** Parâmetros: {"Ambiente" ; "Movimento" ; "Elétrico" ; "Biossensor"; "Identificação" ; "Posição"; "Presença"; "Visão de máquina" ; "Interação" ; "Acústico"; "Força / carga"; "Hidráulica"; "Químico" ; "Informação do objeto"}	Opcional	Qualquer número
		Rede / Comunicação Parâmetros: {"HTTP/HTTPS" ; "RESTful" ; "MQTT 3.1/3.1.1" ; "CoAP" ; "RFID" ; "IEEE 802.11 (WLAN)" ; "IEEE 802.15.4 (ZigBee)" ; "NFC" ; "IEEE 802.15.1 (Bluetooth)" ; "6LoWPAN" ; "IPv4" ; "IPv6" ; "Outros"}	Opcional	Qualquer número
		Suporte a Serviço / Aplicação Parâmetros: {"Entidade Virtual"; "Entidade Virtual & Gerenciamento de Serviço IoT"; "Serviço de Entidade Virtual"; "Gerenciamento de Processos de Negócios IoT"; "Execução de Processo de Negócio"; "Modelagem de Processos de Negócios"; "Capacidades de Gestão"; "Gerenciamento genérico / específico"; "Gerenciamento de dispositivo" ; "Gerente de QoS"; "Segurança"; "Autenticação"; "Gerenciamento de identidade" ; "Controle de acesso" ; "Criptografia"; "Gestão de dados" ; "Gerenciamento de Qualidade de Dados"; "Mineração de dados" ; "Plataforma analítica"; "Analítica em Movimento"; "Analítica Preditiva"; "Analítica Estatística"; "Outros"}	Opcional	Qualquer número
		Aplicação Parâmetros: {"Vida Inteligente"; "Cidades Inteligentes"; "Energia Inteligente"; "Transporte Inteligente"; "Saúde Inteligente"; "Indústria Inteligente"; "Edifícios Inteligentes"; "Casas Inteligentes"; "Outros"}	Opcional	Qualquer número
Imagem			Opcional	Qualquer um
Diagrama			Opcional	Um ou nenhum
Literatura			Opcional	Um ou nenhum
Confiabilidade			Opcional	Um ou nenhum
Nota do Projetista			Opcional	Um ou nenhum
Versão			Opcional	Qualquer número
ID			Opcional	Somente um
Número de Acessos			Opcional	Somente um

APÊNDICE E – PROTOCOLO DO EXPERIMENTO

Este apêndice contém o protocolo do experimento realizado com membros do projeto SWAMP.

PROTOCOLO DO EXPERIMENTO

Estrutura de Padrões *IoT Design Patterns*

ATIVIDADE	TEMPO (minutos)
1. INTRODUÇÃO	
1.1. Boas-vindas e breve introdução aos participantes sobre o experimento	10
1.2. Leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A) por parte dos participantes, autorizando o consumo das informações fornecidas	
2. APRESENTAÇÃO	
2.1. Principais conceitos envolvidos (ANEXO A)	20
2.2. Estrutura de padrões *IoT Design Patterns*	
3. DINÂMICA	
3.1. Dividir os participantes em quatro duplas e explicar a dinâmica do experimento 3.2. Apresentar para cada grupo o material do experimento contendo: • Três exemplos de padrão documentado na estrutura *IoT Design Patterns* o https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/pesquisar/agricultura/rastreabilidade-de-culturas-em-estufa o https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/pesquisar/agricultura/fidelidade-da-compacta%C3%A7%C3%A3o-de-dados-iot o https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/pesquisar/agricultura/irriga%C3%A7%C3%A3o-inteligente-com-iot • Uma tabela de elementos da estrutura proposta neste trabalho juntamente com as obrigatoriedades, cardinalidades e descrição de cada elemento o https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/documentar/estrutura-de-padr%C3%A3o-iot-design-pattern • Formulário vazio contendo todos os elementos da estrutura de *IoT Design Patterns* o https://sites.google.com/view/iot-patterns/p%C3%A1gina-inicial/documentar • Um questionário para avaliação da estrutura de padrão *IoT Design Pattern* (APÊNDICE B) • Um questionário para avaliação do consumo do *IoT Design Pattern* (APÊNDICE B)	20
3.3. Leitura do material e esclarecimento de dúvidas	10
3.4. Intervalo	5
3.5. Documentar problemas do Projeto SWAMP na estrutura de padrões *IoT Design Patterns*	60
3.7. Avaliação de consumo do *IoT Design Patterns* criado por cada grupo e *patterns* documentados pelo pesquisador com base na literatura	20
4. ENCERRAMENTO	
4.1. Recolhimento dos materiais	10
4.2. Agradecimento aos participantes	
TOTAL	155

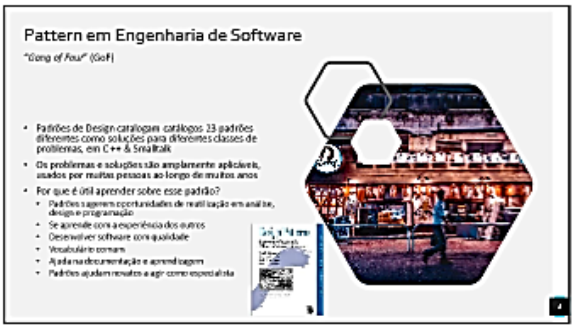
ANEXO A – APRESENTAÇÃO

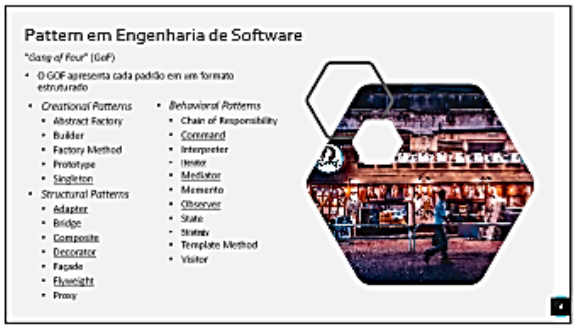
IoT Design Pattern
Estrutura de Padrões para IoT

Introdução
- Boas-vindas
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Patterns
- Principais Conceitos
- Estrutura de Padrões IoT Design Patterns

Pattern
A pattern is a recurring solution to a standard problem, in a context.
"Um padrão descreve um problema que ocorre repetidamente em nosso ambiente e, em seguida, descreve o núcleo da solução para esse problema, de forma que você possa usar essa solução um milhão de vezes, sem nunca fazer da mesma maneira duas vezes."
Christopher Alexander


Pattern em Engenharia de Software
"Gang of Four" (GoF)
Padrões de Design catalogam catálogos 23 padrões diferentes como soluções para diferentes classes de problemas, em C++ & Smalltalk
Os problemas e soluções são amplamente aplicáveis, usados por muitas pessoas ao longo de muitos anos
Por que é útil aprender sobre esse padrão?
Padrões sugerem oportunidades de reutilização em análise, design e programação
Se aprende com a experiência dos outros
Desenvolver software com qualidade
Vocabulário comum
Ajuda na documentação e aprendizagem
Padrões ajudam novatos a agir como especialista


Pattern em Engenharia de Software
"Gang of Four" (GoF)
O GOF apresenta cada padrão em um formato estruturado
Creational Patterns
Abstract Factory
Builder
Factory Method
Prototype
Singleton
Structural Patterns
Adapter
Bridge
Composite
Decorator
Façade
Flyweight
Proxy
Behavioral Patterns
Chain of Responsibility
Command
Interpreter
Iterator
Mediator
Memento
Observer
State
Strategy
Template Method
Visitor

Patterns - Elementos
Os Patterns possuem 4 elementos fundamentais:
Nome: nome do padrão
Contexto: Descrição do contexto do cenário de aplicação do padrão
Forças: Tensões do projeto
Problema: Descrição do problema em forma normativa
Solução: descrição da solução do problema

Patterns - Exemplo
Structural Patterns: Adapter
"Objetivo: converter a interface de uma classe em outra interface esperada pelos clientes. Adapter permite a comunicação entre classes que não poderiam trabalhar juntas devido à incompatibilidade de suas interfaces". (GoF).
Problema e Solução

Estrutura de Padrões
IoT Design Patterns

Planilha do
Microsoft Excel

Dinâmica do
Experimento

Obrigado
André Nascimento
+55 11 98617-7091
andrenascimento@fei.edu.br

ANEXO B – IMAGENS E DIAGRAMAS DOS PADRÕES

Rastreabilidade de Culturas em Estufa

Imagens

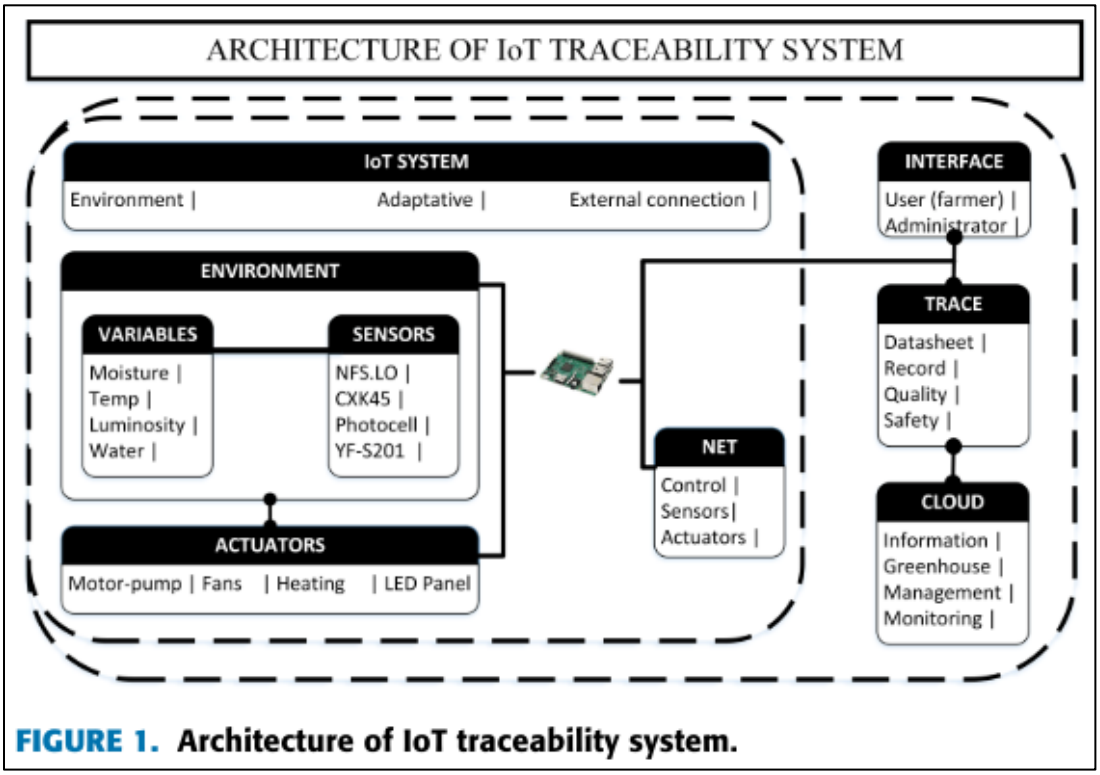


FIGURE 1. Architecture of IoT traceability system.

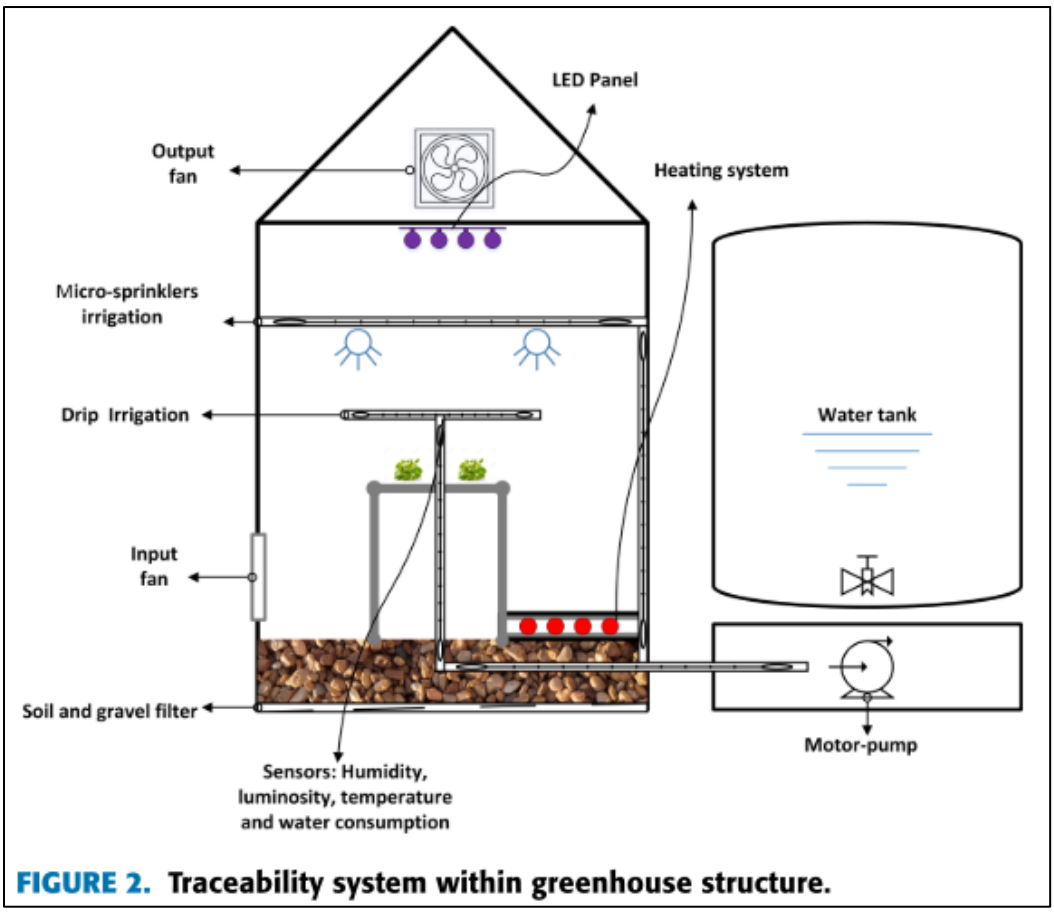


FIGURE 2. Traceability system within greenhouse structure.

FIGURE 5. Structure of experimental greenhouse.

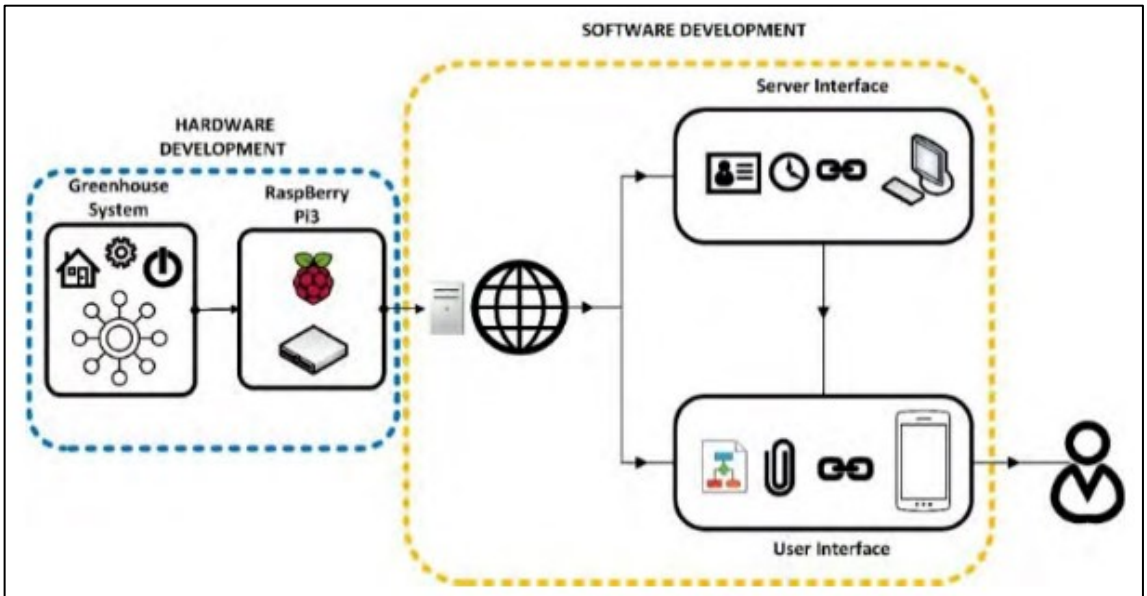


FIGURE 6. Structure of web system.

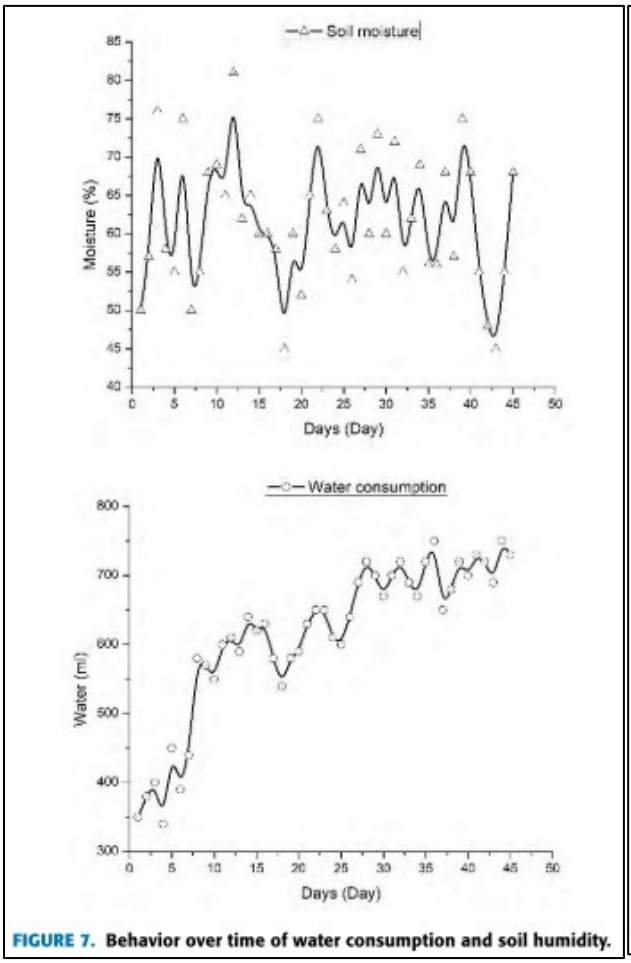


FIGURE 7. Behavior over time of water consumption and soil humidity.

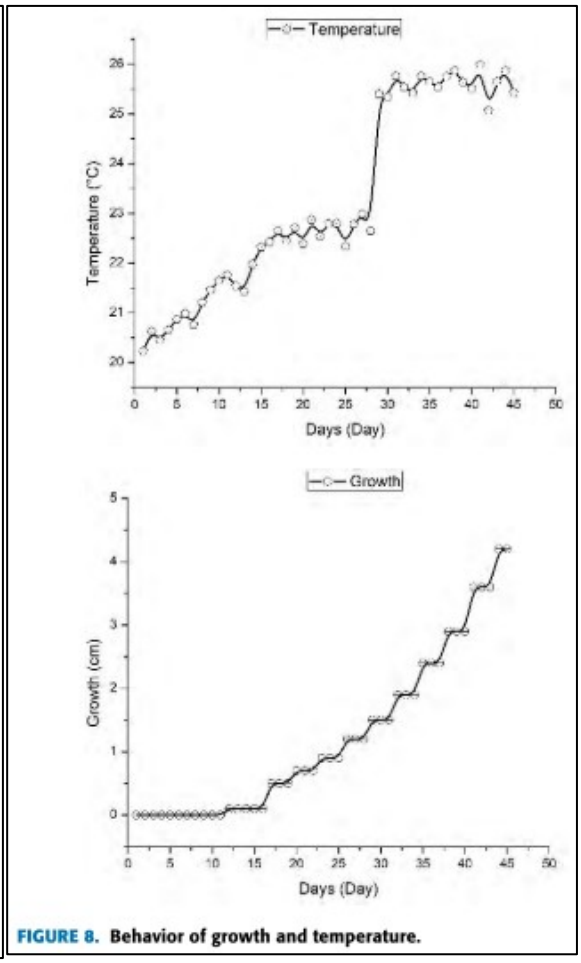


FIGURE 8. Behavior of growth and temperature.

Diagramas

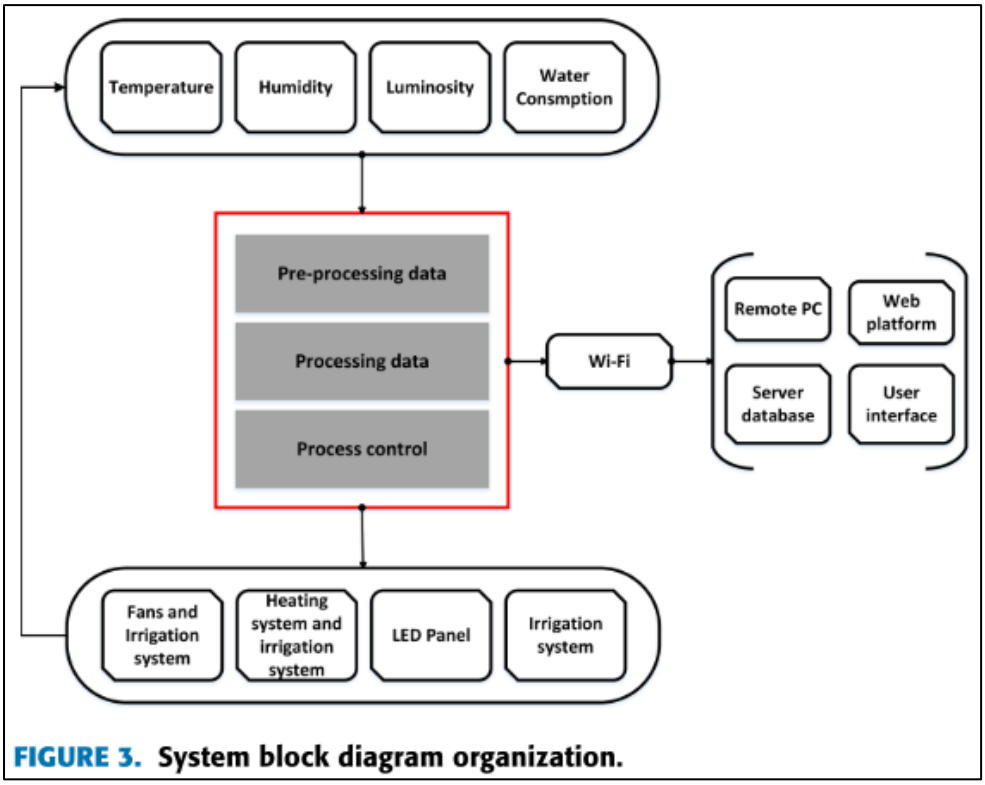


FIGURE 3. System block diagram organization.

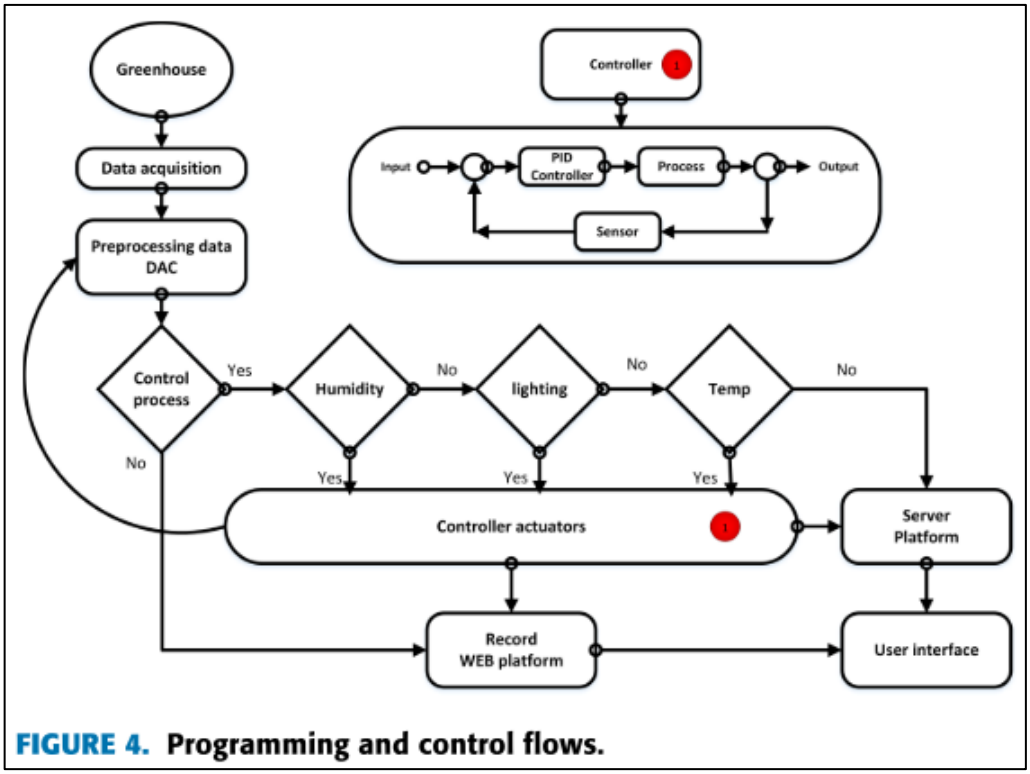


FIGURE 4. Programming and control flows.

Fidelidade da Compactação de Dados IoT

Imagens

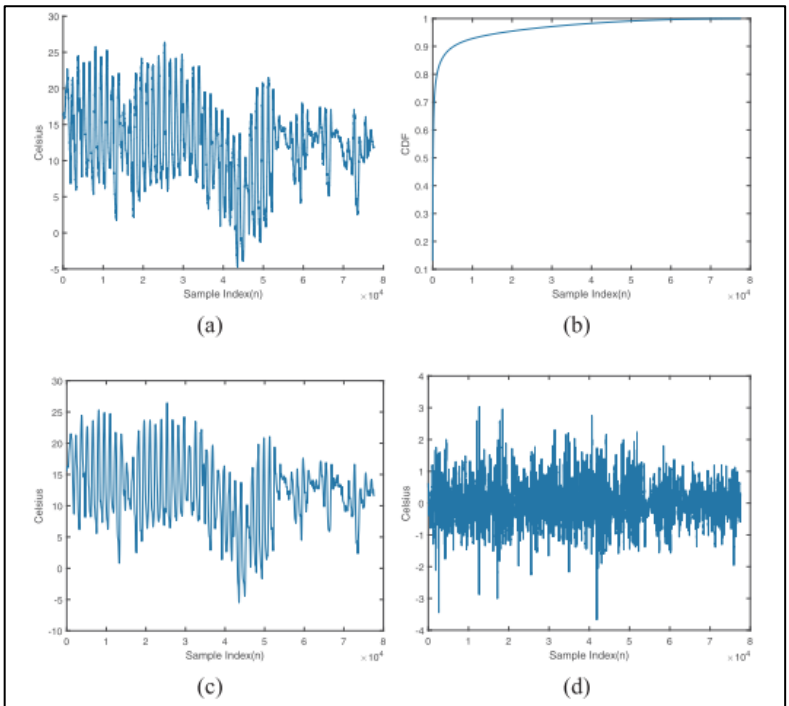


Fig. 1. The variation of "temperature" values. (a) Original data. (b) Cumulative density function (CDF) of the energy concentrated in DCT coefficient sequences. (c) Reconstructed data from the inverse DCT of coefficients containing 99.9% energy of the original data. All other coefficients are set to zero, thus eliminating quantization on high-frequency data for higher data fidelity. (d) Difference between the reconstructed and the original data.

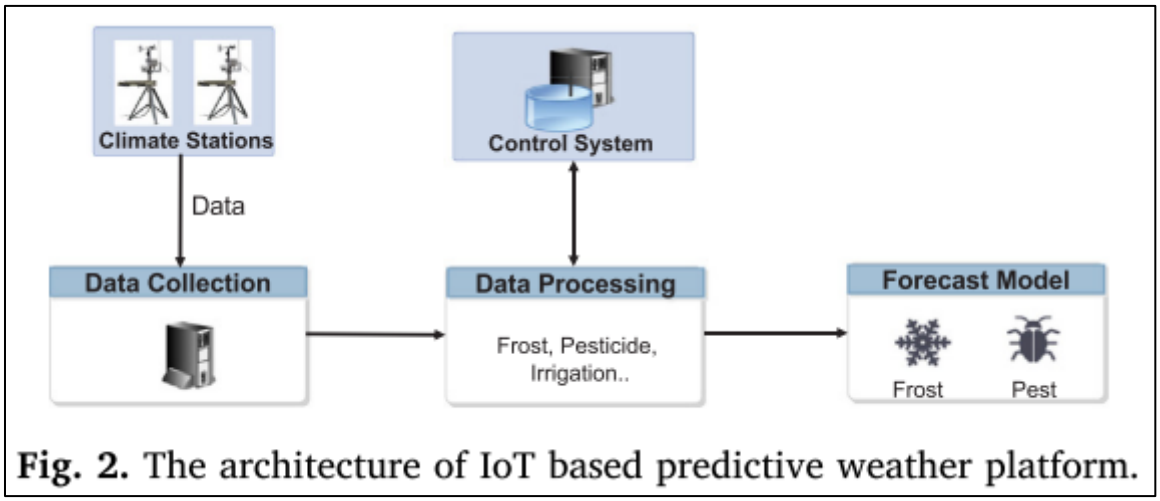


Fig. 2. The architecture of IoT based predictive weather platform.

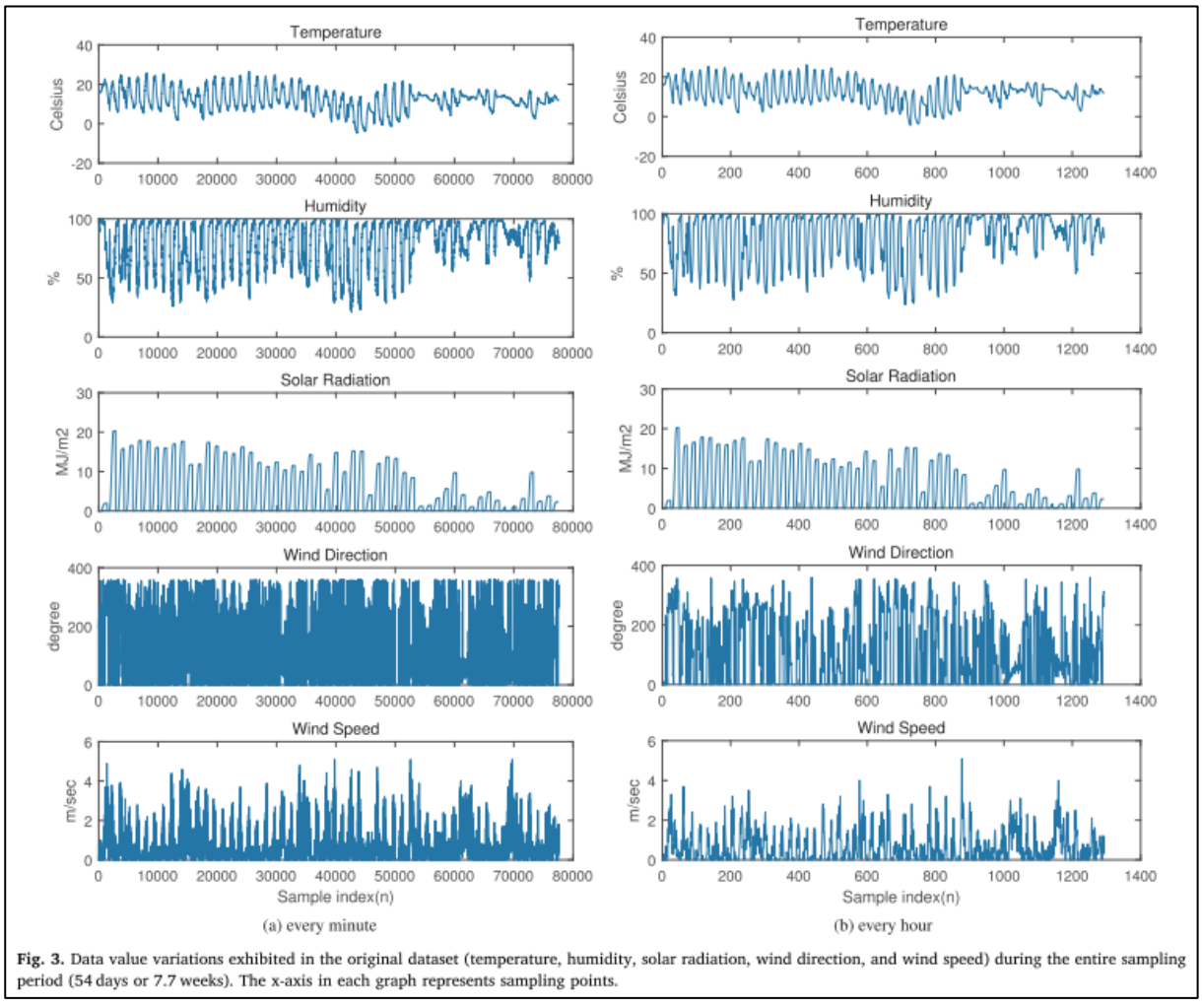


Fig. 3. Data value variations exhibited in the original dataset (temperature, humidity, solar radiation, wind direction, and wind speed) during the entire sampling period (54 days or 7.7 weeks). The x-axis in each graph represents sampling points.

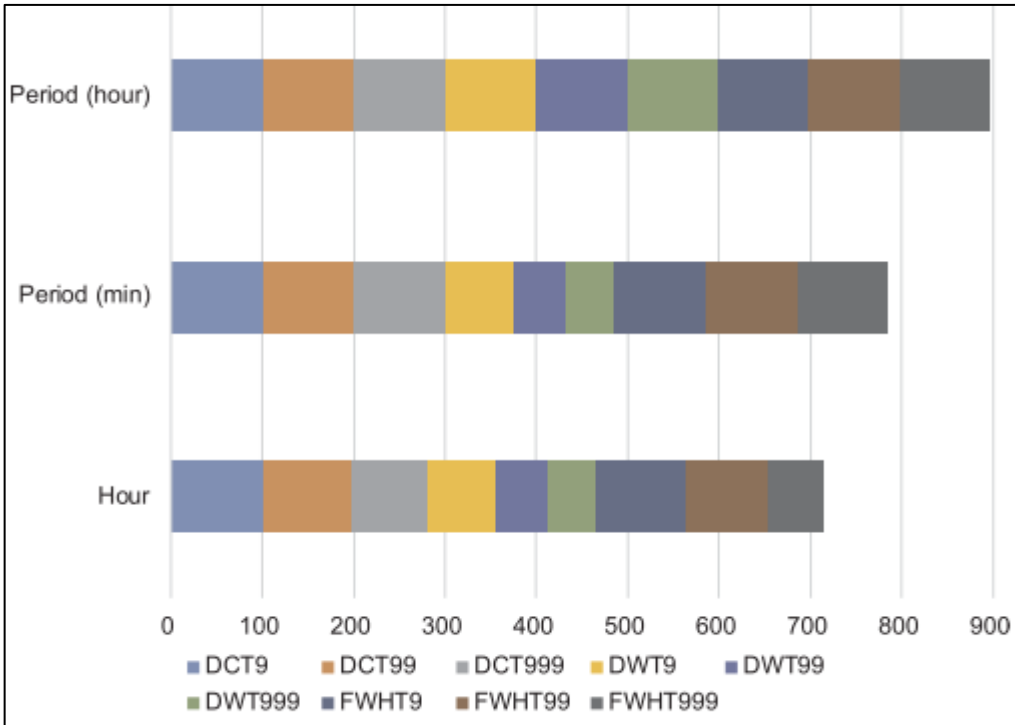


Fig. 4. Compression ratio for the temperature dataset.