



Universidade de Brasília  
Faculdade de Ciência da Informação  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação

**Flávia Lacerda**

# **Arquitetura da Informação Pervasiva:**

projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas

**Brasília**

**2015**

**Flávia Lacerda**

# **Arquitetura da Informação Pervasiva:**

projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas

Orientador:

**Prof. Dr. Mamede Lima-Marques**

Coorientador:

**Prof. Dr. Andrea Resmini**

Tese apresentada à Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência da Informação.

**Brasília**

**2015**

## Ficha catalográfica

L131a Lacerda, Flávia  
Arquitetura da Informação Pervasiva: projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas/ Flávia Lacerda. – Brasília: FCI/UnB, 2015.  
226 fl. (Tese de doutorado)

1. Arquitetura da informação. 2. Internet das coisas. 3. Computação ubíqua. I. Título.

CDU 02  
CDD 020

## Referência bibliográfica

LACERDA, Flávia. **Arquitetura da Informação Pervasiva**: projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas. Brasília: Universidade de Brasília, 2015. 226 fl. Tese de Doutorado.

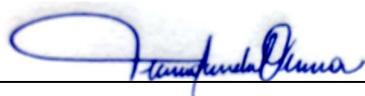
## Cessão de direitos

NOME DO AUTOR: Flávia Lacerda Franco Melo Oliveira

TÍTULO DA TESE: Arquitetura da Informação Pervasiva: projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas

GRAU/ANO: Doutor/2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Tese de Doutorado e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Do mesmo modo, a Universidade de Brasília tem permissão para divulgar este documento em biblioteca virtual, em formato que permita o acesso via redes de comunicação e a reprodução de cópias, desde que protegida a integridade do conteúdo dessas cópias e proibido o acesso a partes isoladas desse conteúdo. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste documento pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



---

Flávia Lacerda Franco Melo Oliveira  
flavialacerdaoliveira@gmail.com



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Título:** "Arquitetura da Informação Pervasiva: projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas".

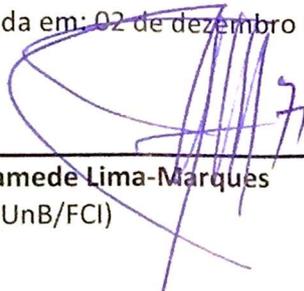
**Autor (a):** Flávia Lacerda Franco Melo Oliveira

**Área de concentração:** Gestão da informação

**Linha de pesquisa:** Organização da Informação

Tese submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação da Faculdade em Ciência da Informação da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor** em Ciência da Informação.

Tese aprovada em: 02 de dezembro de 2015.

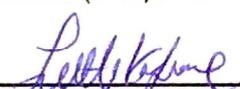


---

**Prof. Dr. Mamede Lima-Marques**  
Presidente (UnB/FCI)

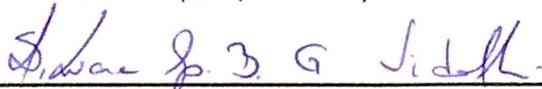
---

**Prof. Dr. Antonio Lisboa Carvalho De Miranda**  
Membro Interno (UnB/PPGCINF)



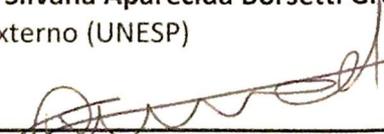
---

**Prof.ª Dr.ª Ivette Kafure Muñoz**  
Membro Interno (UnB/PPGCINF)



---

**Prof.ª Dr.ª Silvana Aparecida Borsetti Gregório Vidotti**  
Membro Externo (UNESP)



---

**Prof.ª Dr.ª Silvana Drumond Monteiro**  
Membro Externo (UEL)



---

**Prof. Dr. André Porto Ancona Lopez**  
Suplente (UnB/PPGCINF)

# **Dedicatória**

*Aos meus companheiros de jornada, Victor, Carlos,  
Brutus e Malie.*

*Ao eterno mestre Jaime Robredo, in memoriam.*

## Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

Sou grata especialmente ao prof. Mamede Lima-Marques pela oportunidade de tê-lo mais uma vez como orientador. Grande mestre, grande amigo, obrigada pelos ensinamentos, pela paciência e pela parceria de todos esses anos. Que este seja mais um de muitos projetos que ainda virão!

*To prof. Andrea Resmini, I am sincerely grateful for your generosity for having me in Sweden, for the valuable teachings, conversations and opportunities, and for your friendship and trust. Grazie maestro! Thanks also to May Wismén, Sofie Wass and Bertil Lindenfolk, for the pleasant moments at JIBS.*

*To Marsha Haverty, for the few but inspiring conversations, articles and insights.*

Ao Alfram Albuquerque, amigo querido, agradeço pelas discussões, pelo inestimável apoio e pelo ombro em todos os momentos.

Aos amigos e companheiros de caminhada, Marcelo Schiessl e Lauro César Araújo, pelas ideias e angustias compartilhadas.

Aos amigos do CPAI/UnB, em especial André Siqueira, Ravi Passos e Romualdo Alves pelo incentivo; e à Érica Carvalho, pelas dicas e pelo apoio no processo do estágio sanduíche.

Aos professores da FCI pelos ensinamentos; aos membros da banca pela disponibilidade e pelas contribuições.

Às secretárias da Pós-Graduação da FCI e do Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação (CPAI), em especial à Martha, Dora e Jucilene, pelo apoio.

À CAPES, pelo financiamento do estágio na Suécia, no âmbito do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) (processo BEX 5658/13-6).

Aos amigos do TCU, em especial aos diretamente envolvidos com essa empreitada: Paulo André, ex-chefe, amigo e atual parceiro de jornada profissional e acadêmica, pelo total apoio; chefe Eduardo Rezende, pelo apoio; Maurício Ramos e José Renato pela amizade e incentivo; amigos do ISC de ontem e de hoje – aos de ontem por viabilizarem a realização do estágio sanduíche, e aos de

hoje por me acolherem, compreenderem e apoiarem nos momentos de ausência, em especial André Anderson e Carolina Pfeilsticker, pelas substituições; e ao nosso ISC Board.

Ao meu querido pai, Raimundo Pacífico, pelas valiosas revisões e pelo incentivo. À minha querida mãe, Cláudia Lacerda, por me lembrar todos os dias da tese.

À minha cunhada Luana Pinheiro, por me apresentar o Zotero, ferramenta fundamental para a felicidade dos acadêmicos.

À minha irmã, Verônica Lacerda, pelas lindas imagens produzidas para o trabalho; e a ela e ao meu cunhado Rodrigo Mattioli, por entenderem o assunto e terem paciência para discutir.

Gratidão a todos os amigos pelo incentivo, em particular àqueles que estão sempre por perto e não desistiram de mim: Vivi e Beto Pessoa, Fabiana Ruas, Eduardo Moreth e André Sodré.

Gratidão aos familiares e companheiros de jornada pelo incentivo, apoio e compreensão, especialmente àqueles com quem partilhei diariamente as alegrias e angústias dessa caminhada, Carlos Modena e Victor Macedo.

*“(Kublai Khan) - Você, que explora em profundidade e é capaz de interpretar os símbolos, saberia me dizer em direção a qual desses futuros nos levam os ventos propícios?”*

*(Marco Polo) - Por esses portos eu não saberia traçar a rota nos mapas nem fixar a data da atracação. Às vezes, basta-me uma partícula que se abre no meio de uma paisagem incongruente, um aflorar de luzes na neblina, o diálogo de dois passantes que se encontram no vaivém, para pensar que partindo dali construirei pedaço por pedaço a cidade perfeita, feita de fragmentos misturados com o resto, de instantes separados por intervalos, de sinais que alguém envia e não sabe quem capta. Se digo que a cidade para a qual tende a minha viagem é descontínua no espaço e no tempo, ora mais rala, ora mais densa, você não deve crer que pode parar de procurá-la. Pode ser que enquanto falamos ela esteja aflorando dispersa dentro dos confins do seu império; é possível encontrá-la, mas da maneira que eu disse”.*

*(Ítalo Calvino, ‘As cidades invisíveis, 1972)*

## Resumo

Analisa-se o cenário da Internet das Coisas (IoT) e seus impactos para a sociedade. Apresenta-se referencial teórico baseado na Arquitetura da Informação e áreas transdisciplinares correlatas – tais como Arquitetura, Ciências Cognitivas, Ciência da Computação, Ciência de Sistemas, Design e Filosofia – para fundamentar a compreensão do fenômeno da IoT e seus desdobramentos. Propõe um modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva composto de premissas, princípios e heurísticas, classificados por aspectos humanos, arquitetônicos e sistêmicos, para orientar projetos de ecossistemas de informação na IoT, com vistas a desenvolvê-los de forma a considerar valores e questões humanas.

**Palavras-chave:** Arquitetura da Informação Pervasiva; Internet das Coisas; Computação Ubíqua; Interação Humano-Computador; Ecossistemas de informação

## **Abstract**

Analyzes Internet of Things (IoT) scenario and its impacts on society. Presents a theoretical framework based on Information Architecture and related transdisciplinary areas - such as Architecture, Cognitive Sciences, System Sciences, Computer Science, Design, and Philosophy - to promote understanding of IoT phenomena and its consequences. Proposes a Pervasive Information Architecture model composed of assumptions, principles and heuristics, classified by human, architectural and systemic aspects, to guide projects on information ecosystems at IoT, considering human concerns and values.

**Keywords:** Pervasive Information Architecture; Internet of Things; Ubiquitous computing; Human-Computer Interaction; Information ecosystems

## Lista de ilustrações

Figura 1: Fatores de inovação tecnológica.....	26
Figura 2: Vida útil dos fatores de inovação .....	26
Figura 3: Pesquisa bibliométrica – ‘Internet of Things’ .....	28
Figura 4: Análise bibliométrica – ‘Internet of Things’ por área .....	29
Figura 5: Análise bibliométrica – ‘Internet of Things’ por ano.....	29
Figura 6: Análise bibliométrica – ‘Internet of Things’ por local.....	30
Figura 7: Interesse por ‘Internet of Things’ .....	31
Figura 8: Interesse por ‘Internet das Coisas’ .....	32
Figura 9: Metodologia de Meta-Modelagem (M <sup>3</sup> ).....	35
Figura 10: Evolução da internet em 2020.....	43
Figura 11: Previsão de crescimento da Internet das Coisas .....	46
Figura 12: Arquitetura da Internet das Coisas .....	55
Figura 13: Modelo de Domínio da Internet das Coisas .....	57
Figura 14: Modelo de Comunicação da Internet das Coisas.....	60
Figura 15: Infraestrutura de cidade inteligente.....	69
Figura 16: Evolução gradual da IoT.....	70
Figura 17: Aplicações da IoT.....	71
Figura 18: Impacto da IoT na indústria.....	72
Figura 19: Google Glass.....	73
Figura 20: Mapa das Cidades Inteligentes.....	75
Figura 20: Agentes direcionadores da adoção da IoT.....	83
Figura 21: Manifestações pela privacidade .....	86
Figura 22: Desafios para adoção da Internet das Coisas.....	93
Figura 23: Teoria Geral da Arquitetura da Informação – TGAÍ .....	104
Figura 24: Atos de transformação .....	104
Figura 25: Transdisciplinaridade da Arquitetura da Informação Pervasiva.....	111
Figura 26: Mapa conceitual do referencial teórico .....	112
Figura 27: Modelo fenomenológico do conhecimento .....	114
Figura 28: Tríade vitruviana.....	129
Figura 29: Modelo fenomenológico do lugar.....	140
Figura 30: Diagrama do conceito de design .....	145
Figura 31: Acoplamento estrutural .....	157
Figura 32: Fluxos de informação.....	164
Figura 33: Perspectivas de Arquitetura da Informação Pervasiva.....	195

## Lista de tabelas

Tabela 1: Níveis de investigação da M <sup>3</sup> .....	35
Tabela 2: Linha do tempo da IoT .....	47
Tabela 3: Escalas de elementos em computação ubíqua .....	68
Tabela 4: Tipos de aplicações da IoT .....	72
Tabela 5: Níveis de investigação e hipóteses.....	96
Tabela 6: Premissas do Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva.....	173
Tabela 7: Princípios e Heurísticas do Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva.....	175

## Lista de abreviaturas e siglas

ACM	Association for Computing Machinery
AI	Arquitetura da Informação
AIP	Arquitetura da Informação Pervasiva
API	Application Programming Interface
BAN	Body Area Network
EPC	Electronic Product Code
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
IA	Inteligência Artificial
IERC	European Research Cluster on the Internet of Things
IoT	Internet of Things
IoT-A	Internet of Things Architecture
IP	Internet Protocol
IPv6	Internet Protocol Version 6
ISO	International Organization for Standardization
LAN	Local Area Network
MIT	Massachusetts Institute of Technology
M2M	Machine to Machine
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
ONU	Organização das Nações Unidas
OSI	Open Systems Interconnection
RFID	Radio Frequency Identification
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIM	Subscriber Identity Module
TIC	Tecnologias da informação e comunicação
UIT	União Internacional de Telecomunicações
UML	Unified Modeling Language
UN	United Nations
UPC	Universal Product Code
UWB	Ultra-Wide-Band
UX	User Experience
VE-ID	Vein Entry Indicator Device
VWAN	Very Wide Area Network
WAN	Wide Area Network

# Sumário

<b>Introdução</b>	<b>17</b>
<b>Parte I: Preparação da pesquisa</b>	<b>19</b>
1 Problema, premissas e hipóteses	20
1.1 Problema	20
1.2 Premissas	23
1.3 Hipóteses	23
2 Objetivos	24
2.1 Objetivo geral	24
2.2 Objetivos específicos	24
3 Justificativa	25
4 Metodologia	33
4.1 Tipo de pesquisa	33
4.2 Método	34
4.3 Percurso metodológico	37
4.4 Fontes de informação	38
4.5 Estrutura da tese	39
<b>Parte II: Revisão de literatura</b>	<b>40</b>
5 Prólogo	41
6 Cenário da Internet das Coisas (IoT)	42
6.1 Definição	42
6.2 Histórico	45
6.3 Arquitetura: modelos de referência	53
6.3.1 Modelo Funcional: camadas	54
6.3.2 Modelo de Referência	56
6.3.3 Modelo de Domínio	56
6.3.4 Modelo de Informação	59
6.3.5 Modelo de Comunicação	60
6.3.6 Modelo de Segurança	62
6.4 Características	62
6.4.1 Conectividade e comunicação	62
6.4.2 Identificação, endereçamento e localização	63
6.4.3 Sensoriamento e atuação	64
6.4.4 Ubiquidade da informação	65
6.4.5 Convergência entre físico e digital	66

		15	
	6.4.6	Variedade de escalas, heterogeneidade e complexidade	67
<b>6.5</b>	<b>Aplicações</b>		<b>71</b>
	6.5.1	Áreas de impacto	71
	6.5.2	Objetos inteligentes	73
	6.5.3	Cidades inteligentes	74
<b>7</b>	<b>Desafios e questões emergentes da IoT</b>		<b>77</b>
	<b>7.1</b>	<b>Aspectos tecnológicos e informacionais</b>	<b>77</b>
	7.1.1	Plataforma aberta e interoperabilidade	77
	7.1.2	Sensoriamento e localização	78
	7.1.3	Identificação e endereçamento	78
	7.1.4	Encontrabilidade e precisão	79
	7.1.5	Contexto e comunicação	80
	7.1.6	Eficiência energética e sustentabilidade	80
	<b>7.2</b>	<b>Aspectos humanos e sociais</b>	<b>81</b>
	7.2.1	Ética	81
	7.2.2	Governança: atores e papéis	82
	7.2.3	Direitos aos dados, privacidade e segurança	85
	7.2.4	Bens e interesses públicos	88
	7.2.5	Interatividade: agência de objetos, interpretação, demanda e consentimento	89
	7.2.6	Tecnicismo e artificialismo	91
<b>8</b>	<b>Conclusão</b>		<b>93</b>
<b>Parte III: Referencial teórico e resultados</b>			<b>95</b>
<b>9</b>	<b>Prólogo</b>		<b>96</b>
<b>10</b>	<b>Novo paradigma para Arquitetura da Informação</b>		<b>98</b>
	<b>10.1</b>	<b>Arquitetura da Informação</b>	<b>98</b>
	10.1.1	Propósito da AI: produção de sentido	99
	10.1.2	Objeto de estudo da AI: espaços de informação	100
	<b>10.2</b>	<b>Arquitetura da Informação Pervasiva</b>	<b>105</b>
	10.2.1	Objeto de estudo da AIP: ecossistemas de informação	105
	10.2.2	AIP: conceito e mudança de paradigma	106
<b>11</b>	<b>Referencial teórico transdisciplinar</b>		<b>110</b>
	<b>11.1</b>	<b>Transdisciplinaridade da AI</b>	<b>110</b>
	<b>11.2</b>	<b>Perspectiva humana</b>	<b>113</b>
	11.2.1	Experiência e significado	113
	11.2.2	Cognição corporificada e contexto	116
	11.2.3	Interatividade: relação homem-tecnologia	120
	11.2.4	Potencialidades ( <i>affordances</i> ), percepção e ação	122

		16
	11.2.5	Dinamismo e cognição 125
<b>11.3</b>	<b>Perspectiva arquitetônica</b>	<b>126</b>
	11.3.1	Arquitetura: edificação do espaço 127
	11.3.2	Pilares da arquitetura 128
	11.3.3	Espaço de objetos 131
	11.3.4	Espaço de ações 133
	11.3.5	Espaço de informação 134
	11.3.6	Espaço e lugar 137
	11.3.7	<i>Placemaking</i> : arquitetura do lugar 141
	11.3.8	<i>Sensemaking</i> : produção de sentido 142
	11.3.9	<i>Wayfinding</i> : orientação espacial 143
	11.3.10	Design Centrado no Humano 145
	11.3.11	Design Ontológico 152
	11.3.12	Design Sensível aos Valores ( <i>Value Sensitive Design</i> ) 153
<b>11.4</b>	<b>Perspectiva sistêmica</b>	<b>154</b>
	11.4.1	Pensamento complexo 154
	11.4.2	Componentes sistêmicos 155
	11.4.3	Princípios sistêmicos 156
	11.4.4	Sistemas de informação 159
	11.4.5	Ecosistemas de informação 160
	11.4.6	Ecologias ubíquas 162
	11.4.7	Fluxos de informação: conversação 163
	11.4.8	Conversação-para-ação 166
<b>12</b>	<b>Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva para a Internet das Coisas</b>	<b>171</b>
<b>Parte IV: Conclusão</b>		<b>196</b>
<b>13</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>197</b>
	13.1	Alcance dos objetivos 197
	13.2	Contribuições 201
	13.3	Estudos futuros 202
<b>Referências</b>		<b>204</b>
<b>Glossário</b>		<b>221</b>
<b>Anexo</b>		<b>225</b>

# Introdução

*"Nem utopia nem distopia, a Internet é a expressão de nós mesmos através de um código de comunicação específico, que devemos compreender se quisermos mudar nossa realidade".*

*(Manuel Castells, 2003)*

O contexto da sociedade atual aponta para uma realidade de convergência, em que os limites entre concreto e digital se tornam cada vez mais tênues. Na trilogia "A Era da Informação: economia, sociedade e cultura", Castells (1999) faz um amplo diagnóstico da revolução promovida pelas tecnologias da informação e da comunicação, analisando de que forma o advento da Internet redefiniu e continua estabelecendo novas formas de organização da sociedade.

Castells (2003) entende a Internet como "a base tecnológica para a forma organizacional da Era da Informação: a **rede**". Este fato fica mais evidente na atual geração da Internet: são sistemas, no sentido amplo, interligados entre si em diferentes escalas, formando ecossistemas com componentes biológicos, materiais, urbanos – tendo em comum a **informação** como substrato, que passa a fluir e estar presente literalmente em toda parte. Por isso, a Internet das Coisas é conhecida também como 'Internet Ubíqua'.

O extraordinário potencial da IoT é o poder que confere aos objetos de uso cotidiano de capturar, processar, armazenar, transmitir e apresentar **informações**. Interligados em **rede**, os objetos são capazes de realizar ações de forma independente e gerar dados em quantidade e variedade exponenciais, como produto das interações. Nesse contexto, a **informação** passa a fazer parte do ambiente, e configuram-se novas formas de atuação das pessoas no mundo.

Considere-se ainda a abrangência, a pervasividade e o crescimento exponencial das aplicações da IoT. A Internet contava em 2014 com quase 3 bilhões de usuários conectados, conforme o "*Global Internet Report*" (KENDE, 2014). A previsão do Gartner (2013b) é de que o número de dispositivos conectados seja de 26 bilhões em 2020. Em uma análise mais otimista, a Cisco prevê 50 bilhões de objetos no mesmo período, movimentando um mercado de US\$ 14,4 trilhões até 2022 (EVANS, 2011). Lucas, Ballay e McManus (2012) anunciam para breve a marca dos **trilhões** de nós conectados à Rede, número que utilizaram como título do livro dedicado ao tema, uma das principais referências desta tese. Os autores acreditam que a revolução promovida pela IoT representa o futuro da Era da Informação.

Diante desse cenário, compreende-se a IoT como um fenômeno complexo, observável a partir de múltiplos pontos de vista - social, cultural, econômico, organizacional, tecnológico, informacional – que tem como consequência direta a materialização de ambientes permeados por **informação**. As discussões advindas desse fenômeno são, portanto, de fundamental importância para a área de **Arquitetura da Informação (AI)**.

No livro "*Pervasive Information Architecture*", Resmini e Rosati (2011) propõem o conceito de **Arquitetura da Informação Pervasiva (AIP)** como uma abordagem voltada às questões relativas ao design de **ecossistemas de informação** em ecologias ubíquas. Nesta tese, AIP é compreendida como uma especialização da disciplina de Arquitetura da Informação.

Este estudo pretende promover a reflexão acerca da IoT no âmbito da Ciência da Informação de um modo geral, e da Arquitetura da Informação em particular. Parte-se das premissas do design baseado essencialmente em **valores humanos**, e da **transdisciplinaridade** da Arquitetura da Informação, ao buscar fundamentos na própria disciplina e nas fronteiras com as áreas de Arquitetura, Ciências Cognitivas, Ciência de Sistemas, Ciência da Computação, Design e Filosofia para construir um arcabouço conceitual consistente. Apresenta-se como resultado uma abordagem **analítica** – com a finalidade de compreender o cenário da IoT e identificar questões subjacentes - e **propositiva** – ao consolidar em um modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva um conjunto de premissas, princípios e heurísticas capazes de nortear os projetos de ecossistemas de informação em diferentes escalas no âmbito da IoT.

**Parte I:**  
**Preparação da pesquisa**

# 1 Problema, premissas e hipóteses

*“Eventually everything connects - people, ideas, objects. The quality of the connections is the key to quality per se”.*

*(Charles Eames, designer americano)*

## 1.1 Problema

As inovações que surgem no âmbito da Internet das Coisas (IoT) ampliam o potencial humano em diversas áreas – tais como planejamento urbano (cidades, edifícios e trânsito inteligentes), meio ambiente (energia, água), indústria, comércio, turismo, educação, saúde, trabalho, segurança, programas sociais, governo – com soluções capazes de promover desenvolvimento econômico, sustentabilidade e qualidade de vida.

O problema é que a velocidade com a qual a tecnologia se difunde na vida das pessoas é maior do que a possibilidade de previsão de seus impactos, sejam positivos ou negativos. E, dada a infinidade de aplicações e a abrangência da IoT, os efeitos negativos são temerários, considerando que o processo de mudança tem sido conduzido, em grande medida, por empresas privadas, com interesses nem sempre coincidentes com os da sociedade. Lucas, Ballay e McManus (2012), Greenfield (2006; 2013), Norman (2009), e outros autores alertam para os riscos de definições impulsionadas essencialmente por forças de mercado moldarem o futuro.

O cenário da IoT é multifacetado e vem sendo tratado na literatura sob perspectivas socioculturais, econômicas, filosóficas, e especialmente tecnológicas. As questões emergentes deste contexto são de natureza e proporções variadas – como privacidade, usabilidade, consentimento, para citar alguns – e afetam desde o domínio individual até o global, passando pelas esferas doméstica, social, urbanística, governamental.

Objetos ganham vida, passam a ser agentes, a perceber estímulos do ambiente, produzir informações e interagir com as pessoas e outros objetos. Mas a responsividade e a interatividade foram concebidas a partir de premissas baseadas no modelo mental e nas motivações de quem as idealizou. É preciso investigar até que ponto as respostas “inteligentes” e decisões “independentes” dos objetos estão de acordo com as necessidades e vontades dos seres humanos que os utilizam. Um dos perigos apontados por Donald Norman (2009) é o de pessoas criativas e produtivas tornarem-se servos dos objetos, preocupando-se mais com seu funcionamento do que usufruindo de seus benefícios.

O urbanista e crítico Adam Greenfield (2006) denomina o fenômeno da IoT de *'everyware'*, em alusão aos objetos conectados em toda parte. Ele acredita que a IoT deve ser cuidadosamente arquitetada no momento presente, pois trará cada vez mais implicações para a humanidade. Ressalta que *'everyware'* é inevitável, e toda a infraestrutura necessária para sua implantação já existe. Mas a forma que tomará ainda é passível de mudanças e a articulação de padrões essenciais para um desenvolvimento ético e responsável é urgente. A dificuldade está em compreender o significado das escolhas de futuros possíveis em um curto intervalo de tempo, e fazer opções conscientes, considerando os impactos de uma "vida colonizada pela tecnologia da informação". Dependendo de como for definida, *'everyware'* pode ser uma questão imediata ou um "problema para cem anos [nas palavras de Gene Becker, da HP]: um desafio técnico, social, ético e político de extraordinária sutileza e dificuldade [...]. Mapear as necessidades e vontades de pessoas reais em qualquer situação esta longe de ser tarefa óbvia" (GREENFIELD, 2006).

O autor questiona se as aplicações ubíquas cumprirão a promessa de uma *'tecnologia calma'* – conforme imaginado por Weiser e Brown (1996) - onde a sobrecarga cognitiva envolvida nas interações entre pessoas e objetos é reduzida, resultando em interfaces compreensíveis, úteis e usáveis. Ele acredita que as atuais práticas de desenvolvimento em tecnologia da informação (TI) aplicadas a *'everyware'* resultarão em experiências de uso inaceitavelmente ruins caso não sejam repensadas; e lembra que o design adequado para *'everyware'* é infinitamente mais complexo do que o design de websites ou aplicações desktop.

Para o autor, a forma precisa de *'everyware'* depende das decisões tomadas pelos diversos atores envolvidos e seus papéis: designers – do conceito inicial ao marketing dos produtos, incluindo questões relativas à TI; reguladores – considerando o claro potencial de *'everyware'* de prejudicar a privacidade e a condição do espaço público e de comprometer o exercício de liberdades civis; e mercados poderosos – com impacto significativo no tipo de *'everyware'* que se tornará realidade, podendo promover implementações perigosas, dispendiosas ou inúteis. "A grande massa de pessoas expostas a essas tecnologias terá relativamente pouco a influir nessa composição – e terá sua realidade afetada e moldada de inúmeras formas pelo advento da informática ambiente, pervasiva e ubíqua. É preciso que esses atores tratem *'everyware'* como uma realidade presente" (GREENFIELD, 2006).

Resmini e Rosati (2011) preveem a "necessária adoção de uma visão abrangente para o design de espaços de informação" nesse contexto de convergência física e digital. No prefácio da obra de Resmini e Rosati (2011), Peter Morville questiona: "como responder aos novos desafios de criação de caminhos e lugares que conectem espaços físicos, digitais e cognitivos?"

A conferência “Internet of Things: Philosophy” (2014) propôs um debate sobre as ramificações da IoT em um contexto filosófico. Dentre as questões levantadas no evento estão: influência da tecnologia sobre as emoções; autopercepção do ser humano e do modo como se relaciona com as coisas; aumento do potencial humano de ação e criação pela tecnologia; mudanças na forma de comunicação, e significado da comunicação homem-máquina e máquina-máquina.

Em notas de orientação (Apêndice A, 2013), Andrea Resmini tratou dos **valores** (tecnológicos, sociais, culturais, éticos, estéticos e comerciais) que devem ser considerados ao criar artefatos/sistemas de informação que promovam a produção de **significados** pelas pessoas – e ressaltou que os valores comerciais infelizmente vêm sendo dominantes no contexto da IoT.

Ante o exposto, este trabalho parte da premissa de que é preciso adotar uma visão sistêmica e humana para a IoT, com vistas a evitar soluções pautadas em valores comerciais ou tecnicistas, que negligenciem necessidades e interesses das pessoas. A tese pretende contribuir com a temática pelo olhar da Arquitetura da Informação, integrado a um arcabouço transdisciplinar. A literatura apresenta uma série de abordagens relativas ao design de sistemas de informação centradas em valores humanos, mas não foi encontrado um modelo que sistematize, de forma específica e abrangente, premissas, princípios e heurísticas aplicáveis à realidade da IoT.

A pesquisa busca respostas às seguintes indagações: qual a configuração do cenário da Internet das Coisas, quais são os atores envolvidos e seus papéis - governo, empresas, sociedade civil, designers, tecnólogos? O que a Internet das Coisas representa em termos de novos paradigmas para a disciplina de **Arquitetura da Informação**? De que forma as pessoas interagem com objetos e como promover interações efetivas na IoT? Como projetar a IoT com base em princípios e valores que busquem a preservação da qualidade de vida e protejam prerrogativas humanas fundamentais?

Em resumo, pretende-se com esta tese responder à seguinte questão de pesquisa:

**Que aspectos humanos, arquitetônicos e sistêmicos devem compor um referencial teórico para orientar projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas centrados em valores humanos?**

## 1.2 Premissas

- (1) A Internet das Coisas (IoT) é um fenômeno complexo e deve ser analisado sob múltiplas perspectivas.
- (2) O paradigma tecnicista não é suficiente para a IoT.
- (3) A Arquitetura da Informação é disciplina da Ciência da Informação e a IoT é analisada sob o ponto de vista do fenômeno da informação, que permeia toda a fundamentação teórica.
- (4) A Arquitetura da Informação é transdisciplinar, e pode apropriar-se de teorias e modelos de áreas como Arquitetura, Filosofia, Ciências Cognitivas, Ciência de Sistemas, Ciência da Computação, Design, dentre outras.
- (5) A Arquitetura da Informação Pervasiva é uma subdisciplina da Arquitetura da Informação.
- (6) A IoT impacta a vida das pessoas e sua relação com o mundo, podendo ser analisada a partir de princípios humanos.
- (7) A IoT produz espaços de informação, aos quais se aplicam princípios arquitetônicos.
- (8) A IoT materializa um conjunto de ecossistemas de informação, aos quais se aplicam princípios sistêmicos.
- (9) A IoT deve ser arquitetada essencialmente com base em princípios e valores centrados nos seres humanos – seus espaços de informação devem ser projetados de forma a fazerem sentido para as pessoas.

## 1.3 Hipóteses

- I. Ecossistemas de informação, materializados pela Internet das Coisas, representam um **novo paradigma** para Arquitetura da Informação.
- II. Dados os desafios emergentes do fenômeno da Internet das Coisas, é possível analisá-lo e compreendê-lo com base em um **referencial teórico** transdisciplinar, a partir de aspectos humanos, arquitetônicos e sistêmicos.
- III. É possível elaborar um **modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva** baseado no referencial proposto, com premissas, princípios e heurísticas de Arquitetura da Informação Pervasiva baseado no referencial teórico proposto para lidar com questões práticas emergentes do fenômeno da IoT.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral**

Propor um modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva caracterizado por premissas, princípios e heurísticas capazes de orientar projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas (IoT).

### **2.2 Objetivos específicos**

- (1) Compreender o cenário da Internet das Coisas (IoT) e os impactos e desafios que representa para a sociedade.
- (2) Analisar em que medida o advento da IoT representa uma mudança de paradigma para a disciplina de Arquitetura da Informação (AI), e definir Arquitetura da Informação Pervasiva como subdisciplina da AI e apresentar seu estado da arte.
- (3) Propor referencial teórico baseado na Arquitetura da Informação e em áreas transdisciplinares correlatas – tais como Arquitetura, Design, Ciências Cognitivas, Ciência de Sistemas, Ciência da Computação e Filosofia – para fundamentar a análise do fenômeno da IoT e seus desdobramentos.
- (4) Derivar do arcabouço teórico apresentado um conjunto de premissas, princípios e heurísticas que possam servir de norteadores para projetos de ecossistemas de informação na IoT, a partir das perspectivas humana (como fenômeno sociocultural), arquitetônica (como espaço) e sistêmica (como ecossistema de informações).

### 3 Justificativa

*"Eu não quero saber do 'know how': quero saber do 'know why'".*

*(Sergio Bernardes, arquiteto)*

A questão central de interesse da Internet das Coisas para a Arquitetura da Informação é a concretização de um mundo onde o processamento de **informações** estará em toda parte. São novos espaços de informação, com diferentes propriedades, que precisam ser compreendidas e arquitetadas. Conforme descrito na seção 1, a Internet das Coisas necessita de uma abordagem filosófica, para que seja pensada em termos de necessidades humanas, e não projetada a partir de forças de mercado.

Em relatório do Gartner Group (2013a) , a IoT foi apontada como uma das dez **tendências** estratégicas mundiais de tecnologia de prestação de serviços eletrônicos. O tema tem sido tratado como prioritário pelo setor público de diversos países, especialmente os europeus e asiáticos, com programas de governo dedicados a identificar impactos e potenciais oportunidades trazidas pelas inovações. Nessa conjuntura, a preocupação com a governança da Internet, traduzida na capacidade de definir modelos de funcionamento da rede, torna-se fundamental para garantir seu desenvolvimento sustentável e o atendimento pleno aos interesses da sociedade.

Lucas, Ballay e McManus (2012) buscam em sua obra identificar **padrões** de design e processos que possam ser utilizados na intersecção entre sistemas de informação e pessoas. O que eles chamam de 'rede de trilhões de nós' irá requerer "a emergência de um estilo de Arquitetura da Informação". "Em uma camada acima da arquitetura de sistemas (que trata de como os computadores em si são construídos), e abaixo da camada de interface de usuários (que é sobre como os sistemas se comunicam com usuários), AI trata do design da informação em si. A rede de trilhões implica em um vasto e heterogêneo fluxo de informações. O único ponto em comum desse fluxo é a informação, e é onde devemos concentrar esforços de design se quisermos buscar integridade global".

Hiroshi Ishii (2012), cientista e professor do Massachusetts Institute of Technology (MIT), acredita que a inovação tecnológica deve ser direcionada por uma visão (conceitos, princípios) que fundamente o desenvolvimento de aplicações para atender a necessidades de usuários, materializando-se em tecnologias (Figura 1). Proporcionalmente, e considerando a atual conjuntura, as tecnologias teriam a vida útil estimada em um ano, as aplicações atenderiam necessidades de usuários por aproximadamente dez anos, e os princípios perdurariam por mais de cem anos (Figura 2). Segundo Ishii

(2012), “princípios raramente mudam<sup>1</sup>, mas práticas sempre dependem de contexto. Ao associar um método a uma coleção de **princípios**, é sempre possível criar novas práticas, desde que aderentes aos princípios” Este é o argumento-chave para a justificativa do presente trabalho.



Figura 1: Fatores de inovação tecnológica

Fonte: adaptado de Ishii (2012)

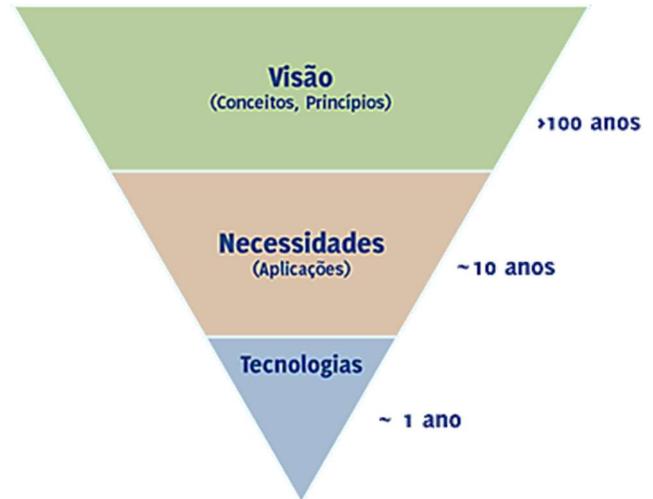


Figura 2: Vida útil dos fatores de inovação

Fonte: adaptado de Ishii (2012)

Greenfield (2006) defende que um conjunto explícito de **princípios** será extremamente útil tanto para desenvolvedores quanto para usuários em *'everyware'*. E alerta que “os princípios são necessários, mas não suficientes: constituem não um fim, mas um começo”. Há que se construir um *'everyware'* que se adapte às pessoas, não o contrário. Mas não será trivial projetar sistemas ubíquos sofisticados o suficiente para capturar a riqueza de nuances da vida cotidiana (GREENFIELD, 2006).

**Diretrizes** serão claramente úteis para quem está adquirindo ou utilizando *'everyware'*, ainda que limitadas por serem contingentes, provisionais e incompletas. Se houver um conjunto de critérios compacto, objetivo, e amplamente acordado, haverá compatibilidade e interoperabilidade. Os princípios focam não em como alcançar uma variedade de finalidades, mas em que finalidades devem ser perseguidas prioritariamente. É preciso desenvolver um arcabouço de conhecimentos, padrões e convenções, começando pelas interfaces pelas quais acessaremos *'everyware'* (GREENFIELD, 2006).

---

<sup>1</sup> Citação original: “Principles rarely change, but practices always depend on context. If you associate the method with a collection of principles, you can always keep inventing new practices, as long as they adhere to the principles”.

Desde que a Arquitetura da Informação é baseada em **princípios** que são amplamente independentes de qualquer mídia específica – afinal diz respeito à estruturação de espaços de informação tanto quanto a Arquitetura preocupa-se com a estruturação de espaços físicos – [a área] fornece um modelo conceitual flexível, porém sólido, para o design de experiências em múltiplos canais (*cross-channel*) e múltiplos contextos (*cross-context*), que se estendem a diversas mídias e ambientes (RESMINI; ROSATI, 2011).

“É muito importante que os primeiros passos na computação pervasiva sejam dados cuidadosa e corretamente, pois os efeitos dos processos que mobilizamos hoje terão enormes implicações no futuro”. “Os riscos são altos. Se a computação pervasiva chegar sem **princípios** adequados para guiá-la, rapidamente resultará em complexidade incoerente, ingerenciável e maligna”. Por outro lado, se seu desenvolvimento for guiado por **princípios** da ciência do design, tecnologia e informação irão unir-se em um todo coerente, evolucionário e orgânico – um modelo de informação funcional ‘do’ e ‘para o’ mundo. Os fundamentos dessa ciência do design estão amplamente estabelecidos. Eles são derivados de estudos de padrões ecológicos da natureza (amplamente explorados no livro), das evoluídas práticas de design e das ciências tradicionais; e com o comprometimento de buscar a arquitetura subjacente para prover estrutura (LUCAS; BALLAY; MCMANUS, 2012).

Assim como os princípios são fundamentais para delinear a visão de futuro que se busca, os **conceitos** relativos às inovações devem estar claros. Sterling (2005) ressalta a importância dos conceitos para o desenvolvimento da ciência - “linguagem tem consequências, forma ideias”. Ele afirma, por exemplo, que a área de Inteligência Artificial fracassou em muitos sentidos ao buscar a superação da inteligência do homem pela máquina. Acredita que a realidade teria sido diferente se os cientistas da década de 70 e 80 estivessem com outro foco. Talvez tivessem inventado o Google antes, se buscassem apenas uma ferramenta de agregação, ordenação e apresentação de informações.

Shin (2010) destaca serem ainda poucos os esforços de pesquisa concentrados nas imensas repercussões sociais, culturais e comportamentais da IoT, que tenham a finalidade de promover sua implantação, gestão e evolução na qualidade de inovação sócio-técnica (Bijker, 1995), e deve ser projetada e desenvolvida como um sistema centrado nos humanos. Como afirmam Lucas, Ballay e McManus (2012), projetos de sistemas de informação para a IoT devem considerar:

- Métodos profundamente interdisciplinares
- Foco nas pessoas
- Física de interação
- Design de interação centrado em informações (*information-centric interaction design*)
- Computação em contexto

Ao realizar **análise bibliométrica** do tópico "Internet of things" (e sua variante "Internet of everything") pelo portal *Web of Science*<sup>2</sup>, obtém-se as seguintes informações:

- Foram encontrados **1921** registros nos principais índices científicos, o que mostra grande quantidade de publicações sobre o assunto (Figura 3).



**Figura 3:** Pesquisa bibliométrica – 'Internet of Things'

Fonte: Web of Science (2014)

- Na Figura 4: Análise bibliométrica – 'Internet of Things' por área
- percebe-se a predominância de abordagens tecnológicas na literatura. Foram identificadas contribuições na disciplina de Ciência da Informação (destacadas no retângulo), mas ainda há uma lacuna de abordagens com este viés.

---

<sup>2</sup> Web of Science, mantida pela Thomson Reuters, é considerada a maior plataforma de índices de citação; abrange a literatura científica desde 1900 até o presente, com mais de 54 milhões de registros e 760 milhões de citações. Pesquisa realizada em agosto de 2014.

Campo: Áreas de pesquisa	Contagem do registro	% de 1921	Gráfico de barras
COMPUTER SCIENCE	984	51.223 %	
ENGINEERING	918	47.788 %	
TELECOMMUNICATIONS	504	26.236 %	
MATERIALS SCIENCE	188	9.787 %	
AUTOMATION CONTROL SYSTEMS	148	7.704 %	
INSTRUMENTS INSTRUMENTATION	93	4.841 %	
PHYSICS	58	3.019 %	
BUSINESS ECONOMICS	57	2.967 %	
OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE	44	2.290 %	
CHEMISTRY	42	2.186 %	
ELECTROCHEMISTRY	40	2.082 %	
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	36	1.874 %	
MECHANICS	34	1.770 %	
REMOTE SENSING	28	1.458 %	
EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH	24	1.249 %	
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	23	1.197 %	
MATHEMATICS	23	1.197 %	
OPTICS	20	1.041 %	
SOCIAL SCIENCES OTHER TOPICS	18	0.937 %	
ENERGY FUELS	18	0.937 %	
INFORMATION SCIENCE LIBRARY SCIENCE	17	0.885 %	
PUBLIC ADMINISTRATION	15	0.781 %	
CONSTRUCTION BUILDING TECHNOLOGY	13	0.677 %	
TRANSPORTATION	11	0.573 %	
AGRICULTURE	10	0.521 %	

Figura 4: Análise bibliométrica – ‘Internet of Things’ por área

Fonte: Web of Science (2014)

- A Figura 5 demonstra o interesse crescente sobre o tema nos últimos seis anos.

Campo: Anos de publicação	Contagem do registro	% de 1921	Gráfico de barras
2004	2	0.104 %	
2006	6	0.312 %	
2007	7	0.364 %	
2008	27	1.406 %	
2009	51	2.655 %	
2010	122	6.351 %	
2011	283	14.732 %	
2012	497	25.872 %	
2013	697	36.283 %	

Figura 5: Análise bibliométrica – ‘Internet of Things’ por ano

Fonte: Web of Science (2014)

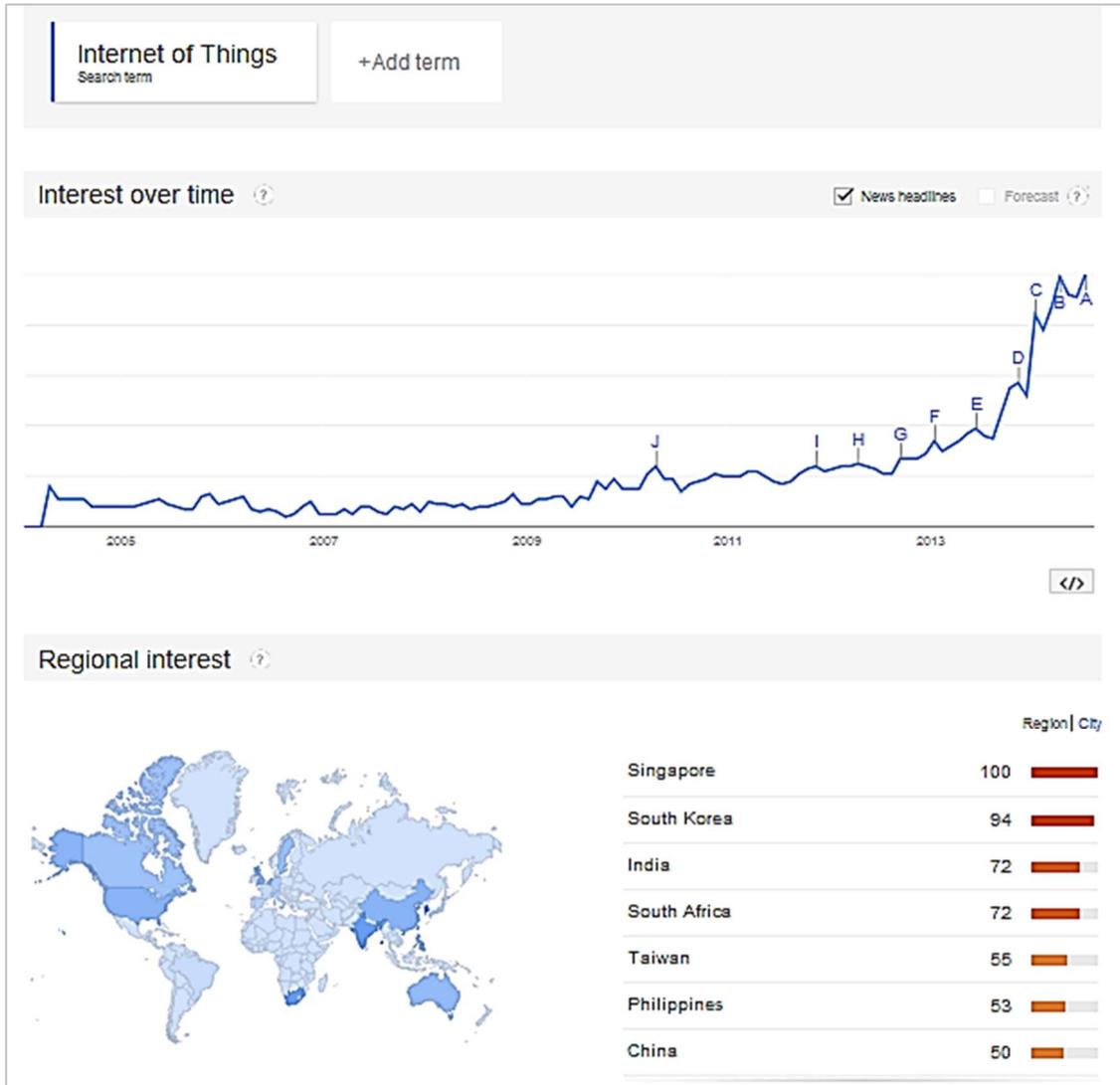
- Outra constatação, ilustrada pela Figura 6, é a baixa representatividade do Brasil nas discussões internacionais sobre o tema.

Campo: Países/Territórios	Contagem do registro	% de 1921	Gráfico de barras
PEOPLES R CHINA	965	50.234 %	
USA	145	7.548 %	
SPAIN	109	5.674 %	
ITALY	108	5.622 %	
GERMANY	106	5.518 %	
ENGLAND	80	4.164 %	
TAIWAN	57	2.967 %	
FRANCE	48	2.499 %	
SWITZERLAND	44	2.290 %	
SOUTH KOREA	42	2.186 %	
AUSTRALIA	32	1.666 %	
FINLAND	29	1.510 %	
SWEDEN	28	1.458 %	
PORTUGAL	28	1.458 %	
CANADA	28	1.458 %	
GREECE	26	1.353 %	
BELGIUM	25	1.301 %	
INDIA	22	1.145 %	
ROMANIA	19	0.989 %	
JAPAN	19	0.989 %	
AUSTRIA	17	0.885 %	
NETHERLANDS	16	0.833 %	
NORWAY	15	0.781 %	
BRAZIL	14	0.729 %	
DENMARK	10	0.521 %	

Figura 6: Análise bibliométrica – ‘Internet of Things’ por local

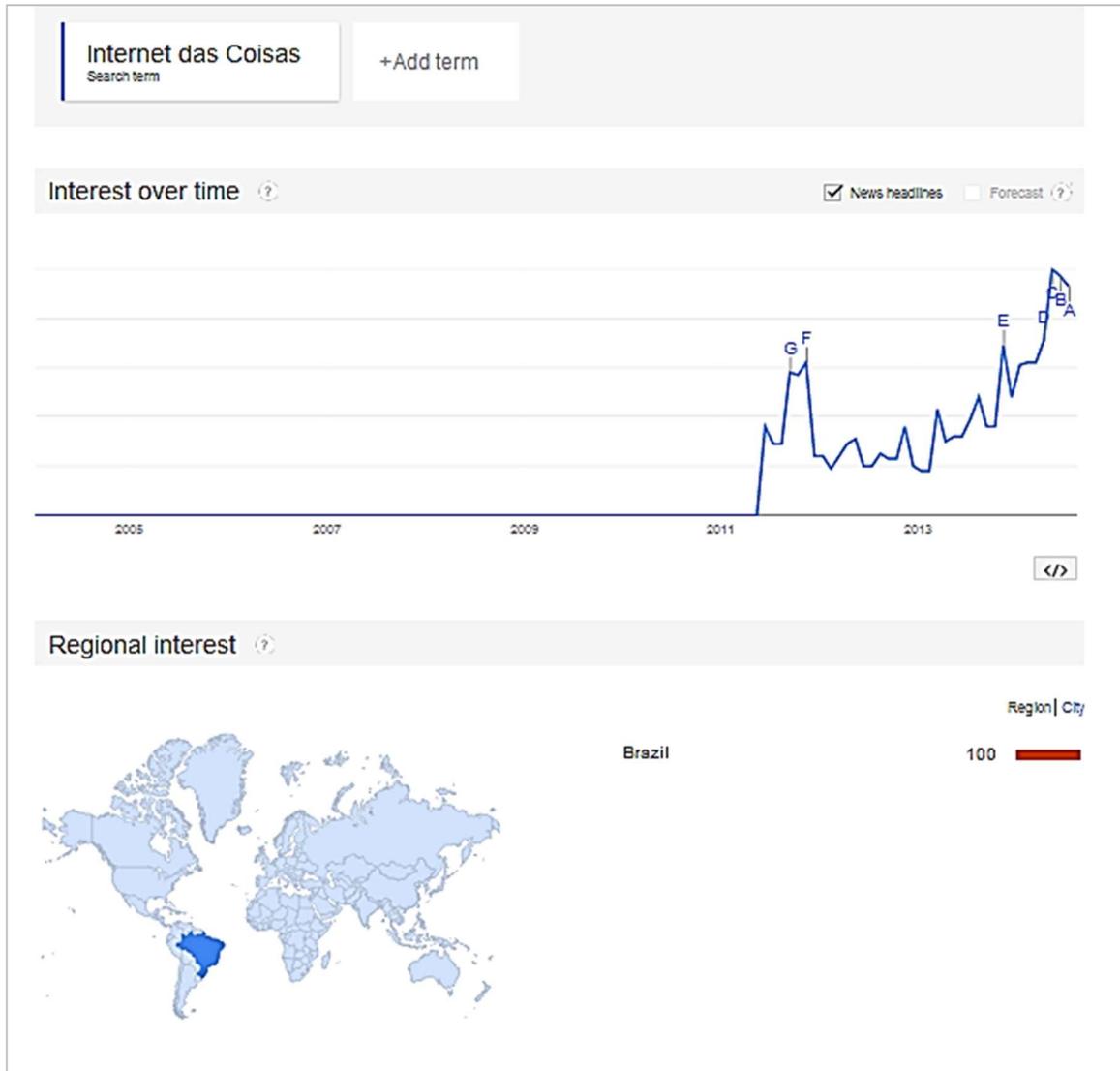
Fonte: Web of Science (2014)

Os gráficos extraídos do *Google Trends*, confirmam o crescente interesse pelo tema 'Internet das Coisas' ao longo dos últimos 10 anos, em diversos países (Figura 7) e no Brasil (Figura 8).



**Figura 7:** Interesse por 'Internet of Things'

Fonte: Google Trends (2014)



**Figura 8:** Interesse por 'Internet das Coisas'

Fonte: Google Trends (2014)

A escolha do tema justifica-se pelo impacto que a Internet das Coisas representa para a sociedade e pela urgência de compreensão e atuação da Arquitetura da Informação nesse contexto. A pesquisa encontra sua relevância na necessidade de uma nova visão para lidar com os fenômenos advindos da IoT. A abordagem proposta deve ser capaz de fundamentar a concepção de um mundo baseado essencialmente em **informação**, que requer novos modelos de serviços e interfaces que garantam a conectividade, a colaboração, a inovação e a solução dos mais diversos problemas decorrentes das questões inerentes à IoT, tais como: preservação do conhecimento, privacidade, usabilidade, acessibilidade e inclusão digital.

## 4 Metodologia

*"O coração do método científico é a redução de fenômenos percebidos a princípios fundamentais testáveis. A elegância, podemos de forma justa dizer, a beleza de uma generalização científica particular é medida por sua simplicidade relativa ao número de fenômenos que é capaz de explicar"<sup>3</sup>.*

*(Edward Osborne Wilson, 1978)*

### 4.1 Tipo de pesquisa

Adota-se a metodologia de pesquisa teórica, que, segundo Demo (2000), é "[...] dedicada a reconstruir teoria, conceitos, ideias, ideologias, polêmicas, tendo em vista, em termos imediatos, aprimorar fundamentos teóricos". A tese é fundamentada em levantamento bibliográfico, com o objetivo de conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas existentes sobre o tema proposto, a partir da revisão da literatura da área.

Utiliza-se o método monográfico para a pesquisa, definido como "[...] estudo sobre um tema específico ou particular, de suficiente valor representativo e que obedece a rigorosa metodologia. Investiga determinado assunto não só em profundidade, mas em todos os seus ângulos e aspectos, dependendo dos fins a que se destina" (LAKATOS; MARCONI, 1996).

Apresenta-se como resultado uma proposta de modelo. A utilização de modelos como método científico justifica-se pelo fato de serem representações de fenômenos complexos, todavia, reduzidos para facilitar o entendimento, a discussão e a comparação com outros fenômenos. Le Coadic (1996) observa que um modelo possibilita a interpretação de um conjunto de fenômenos numa estrutura capaz de exibir os principais elementos e as relações existentes entre eles. Essa estrutura pode ser aplicada em diferentes contextos. Suas funções são, portanto, heurística – de explicar; organizacional – de ordenar; e preditiva – de formular hipóteses.

Nesse sentido, Hempel (1965) observa que descrições explanatórias nas ciências podem ser formuladas através de modelos do fenômeno a ser explicado, ou como analogias entre aquele fenômeno e outros que tenham sido previamente explorados. O autor destaca que as analogias e

---

<sup>3</sup> Citação original: "The heart of scientific method is reduction of perceived phenomena to fundamental testable principles. The elegance, we can fairly say the beauty of any particular scientific generalization is measured by its simplicity relative to the number of phenomena it can explain".

modelos baseados em isomorfismos facilitam a compreensão do novo domínio, na medida em que fornecem paralelos com domínios mais familiares, contribuindo para a efetividade pragmática da explanação. Portanto, podem ser úteis no contexto da descoberta, funcionando como guia heurístico na busca de novos princípios explanatórios.

## 4.2 Método

A tese estrutura-se a partir da Metodologia de Meta-Modelagem (M<sup>3</sup>) – originalmente proposta por Van Gigch e Pipino (1986) – adotada na dissertação de mestrado da autora (LACERDA, 2005) e em diversos trabalhos subsequentes no âmbito do Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação (CPAI). A M<sup>3</sup> tem se consolidado, também, como relevante arcabouço metodológico para a comunidade científica internacional da disciplina de AI, tendo sido publicada por Lacerda e Lima-Marques (2014) no capítulo "*Information Architecture as a Discipline – A Methodological Approach*" do livro "*Reframing Information Architecture*" (RESMINI, 2014).

A escolha deste método sustenta-se na premissa apresentada por seus idealizadores de que a M<sup>3</sup> é adequada para compreender objetos científicos e processos de inovação. A M<sup>3</sup> baseia-se em três níveis de análise:

- Nível epistemológico, estratégico ou de meta-modelagem: representa o quadro conceitual e metodológico de uma determinada comunidade científica. Busca investigar a origem do conhecimento da disciplina, justificar seus métodos de raciocínio e enunciar sua metodologia.
- Nível científico, tático ou de modelagem: nível de desenvolvimento de teorias e modelos utilizados para descrever, explicar e prever os problemas e suas soluções.
- Nível prático, operacional ou de aplicação: nível de solução de problemas da 'vida real', para os quais se aplicam as teorias, modelos, técnicas e tecnologias idealizadas nos outros níveis.

Tabela 1: Níveis de investigação da M<sup>3</sup>

Nível de investigação	Insumos	Produtos
Epistemológico	Filosofia da ciência	Paradigma
Científico	Paradigmas do nível epistemológico e evidências do nível prático	Teorias e modelos
Prático	Modelos e métodos do nível científico e problemas do nível prático	Solução de problemas

Fonte: adaptada de Van Gigch e Pipino (1986)

A Figura 9, adaptada de Gigch e Pipino (1986), ilustra a hierarquia de sistemas de investigação científica e suas inter-relações, de acordo com a M<sup>3</sup>. Pelo esquema apresentado, as questões epistemológicas são formuladas a partir de insumos da Filosofia da Ciência, por um lado, e dos níveis científico e prático por outro. Do mesmo modo, as investigações científicas do nível intermediário recebem insumos tanto em forma de paradigmas, determinados a partir de questões epistemológicas, quanto em forma de evidências que emergem do nível prático. As questões práticas, por sua vez, recebem como insumos as teorias e modelos do nível científico e as soluções para os seus problemas.

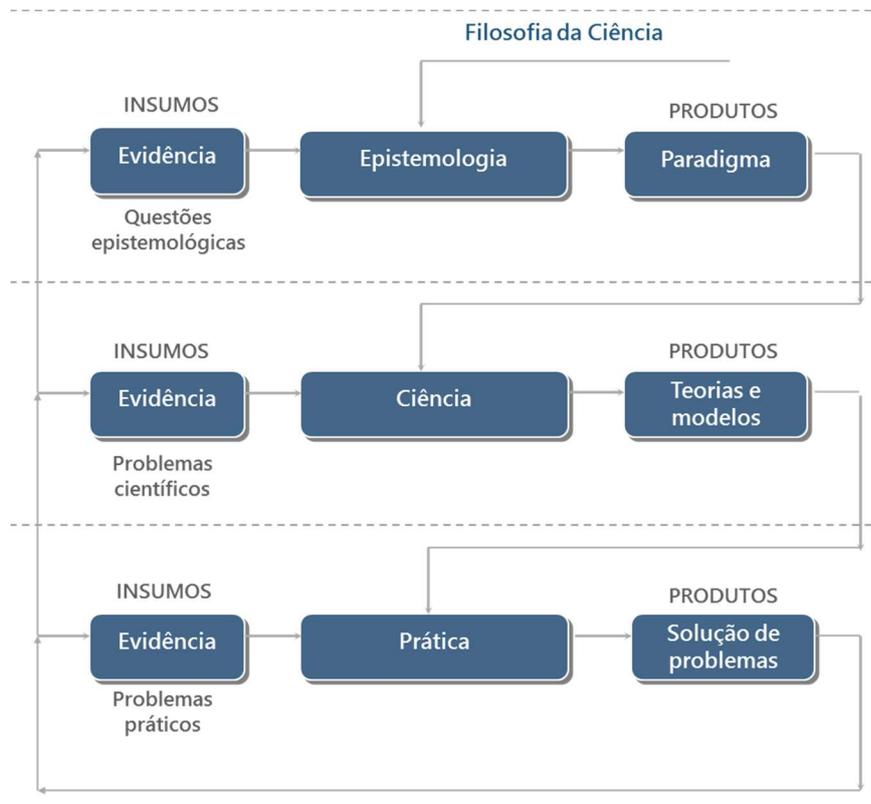


Figura 9: Metodologia de Meta-Modelagem (M<sup>3</sup>)

Fonte: adaptada de Van Gigch e Pipino (1986)

De acordo com a M<sup>3</sup>, os métodos de investigação podem ser classificados como conceituais, quando tratam de questões filosóficas, epistemológicas e teóricas sobre a ciência; de modelagem, quando se referem ao desenvolvimento, formulação e validação de modelos, tanto genéricos quanto limitados; e empíricos, quando utilizados para observar o relacionamento entre variáveis, testar sua invariância sob determinadas condições e inferir generalizações para contextos mais abrangentes. Dentre estes estão os estudos de caso, os estudos de campo, os testes de campo e os estudos laboratoriais.

A M<sup>3</sup> pretende esclarecer o paradigma de um campo, a fim de: (1) integrar as diferentes perspectivas associadas ao paradigma; (2) produzir direcionamentos viáveis de pesquisa; (3) fornecer base para a análise comparativa de seus objetos de estudo; e (4) formular fundamentos sólidos para a disciplina, com vistas a apoiar sua prática (VAN GIGCH; PIPINO, 1986).

Segundo os autores, uma pesquisa pode ser diferenciada pela finalidade, podendo ser de modelagem ou meta-modelagem. A modelagem é o design de novos modelos, ao passo que a meta-modelagem busca a discussão de questões epistemológicas e metodológicas sobre a modelagem. A modelagem situa-se no domínio da ciência. A meta-modelagem, por sua vez, realiza-se no meta-nível do sistema de investigação.

Cada sistema de investigação serve a propósitos diferentes, e remete-se a diferentes classes de problemas. O propósito do nível mais alto do sistema de investigação, o epistemológico, é desenvolver um paradigma capaz de nortear a ciência em questão. Já o propósito do nível científico é desenvolver e expandir o conhecimento a ser utilizado na prática, podendo tomar, como suporte, métodos e conhecimentos de outras disciplinas. O propósito do nível prático, por sua vez, é a busca de soluções para problemas organizacionais, utilizando modelos e conhecimentos adquiridos no nível científico.

Considera-se a abordagem da M<sup>3</sup> adequada para os propósitos desta tese. Sua escolha se deve à própria natureza da pesquisa, que visa à compreensão de um objeto científico em sua essência (epistemologia), em suas abstrações (teorias e modelos científicos que o compõem) e na forma de aplicação dessas abstrações para a solução de problemas práticos.

A pesquisa, portanto, enquadra-se no nível de modelagem. Parte-se da hipótese de que a estrutura teórica e metodológica transdisciplinar da Arquitetura da Informação, como campo disciplinar da Ciência da Informação, oferece a base para a concepção de um modelo capaz de descrever, explicar e prever os problemas decorrentes dos paradigmas emergentes no cenário atual e futuro da IoT.

A utilização de modelos como método científico justifica-se pelo fato destes serem representações de fenômenos complexos, que são reduzidos para facilitar o entendimento, a discussão

e a comparação com outros fenômenos. A abstração de um conceito na forma de modelo tem a finalidade de representar uma realidade ou alguns dos seus aspectos, sem ter, contudo, a pretensão de ser exaustivo ou completo. A maior vantagem do modelo, que é a redução da complexidade, é paradoxalmente sua maior fraqueza, pelo próprio reducionismo. Todavia, modelos são factíveis de evolução, assegurando a percepção e inclusão de outros aspectos da realidade antes não percebidos.

### 4.3 Percurso metodológico

A pesquisa foi dividida nas seguintes etapas:

- a) Levantamento bibliográfico e revisão de literatura sobre o tema.
- b) Realização do estágio sanduíche no exterior, sob co-orientação do **Prof. Dr. Andrea Resmini**, professor e pesquisador do CenITIS – Centro de Informação e Sistemas de Informação, na *Jönköping International Business School*, da Universidade de Jönköping, na Suécia. Considerado referência na área de Arquitetura da Informação (AI), o professor é um dos pesquisadores mais atuantes no campo, com diversos trabalhos publicados, sendo um deles um livro que é uma das fontes mais relevantes para a tese em questão. A partir deste estágio, foram estabelecidos cooperação acadêmica e intercâmbio de conhecimentos de valor inestimável para o presente estudo.
- c) Publicação do capítulo: **“Information Architecture as a Discipline – A Methodological Approach”** (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2014) no livro *“Reframing Information Architecture”*, editora Springer, organizado por Andrea Resmini.
- d) Publicação do artigo: **“Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas”** (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2015) no periódico *Perspectivas em Ciência da Informação*, v.20, n.2, 2015 (Qualis A1).
- e) Submissão do artigo: **“Ecosystemas de informação: novo paradigma para a Arquitetura da Informação”** (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2015) para o periódico *Transinformação* (Qualis A1), aguardando avaliação pelos pares.
- f) Participação em alguns dos eventos mais conceituados da área de Arquitetura da Informação: *EuroIA 2013* (Edimburgo, UK), *World Usability Day 2013* (Bristol, UK) e *IA Summit*

2014 (San Diego, EUA), onde foi possível estabelecer contato com diversos pesquisadores e aprofundar os conhecimentos sobre o tema.

- g) Conclusão da pesquisa e da revisão de literatura, e do levantamento bibliográfico para fundamentar o referencial teórico e dos resultados.

#### **4.4 Fontes de informação**

Para realizar a revisão de literatura foram consultadas as seguintes fontes de informação:

##### Bibliotecas:

- Biblioteca Central da Universidade de Brasília
- Biblioteca Ministro Rubem Rosa (Tribunal de Contas da União)
- Jönköping University Library - Jönköping, Suécia

##### Bancos de teses e dissertações:

- Banco de Teses e Dissertações da UnB
- BDTD – Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
- Biblioteca Digital da Unicamp
- Banco de Teses e Dissertações da UFSC
- Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFRGS
- Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP
- Networked Digital Library of Theses and Dissertations
- Universia Brasil – Teses

##### Bases de dados:

- Capes – Portal de Periódicos ([www.periodicos.capes.gov.br/](http://www.periodicos.capes.gov.br/))
- CrossRef Search (<http://journals.cambridge.org/crossref.html>)
- DoIS Documents in Information Science (<http://wotan.liu.edu/doi/>)
- E-prints in Library and Information Science (<http://eprints.rclis.org/>)
- Gartner (<http://www.gartner.com>)
- Google Scholar (<http://scholar.google.com>)
- Kluwer (<http://journals.kluweronline.com/>)
- OAIster (<http://oaister.umd.umich.edu/o/oaister/>)
- Proquest/ ABI Inform Global (<http://proquest.umi.com/>)
- Safari Tech Books Online (<http://proquest.safaribooksonline.com/>)

- Scielo - Scientific Electronic Library Online (<http://www.scielo.br/>)
- Science Direct (<http://www.sciencedirect.com/>)
- Springer Verlag (<http://www.springerlink.com/app/home/>)
- The ACM Digital Library (<http://portal.acm.org/dl.cfm>)
- Web of Science (<http://www.isinet.com/products/citation/wos/>)

#### **4.5 Estrutura da tese**

A tese foi dividida em quatro partes. A parte I contém a preparação da pesquisa, que inclui: problemas, premissas e hipóteses (seção 1), objetivos (seção 2); justificativa (seção 3) e metodologia (seção 4). A parte II abarca a revisão de literatura (seções 5 a 8), traçando o cenário da Internet das Coisas e elencando desafios e questões emergentes de seu advento. A parte III (seções 9 a 12) aborda a mudança de paradigma na disciplina de Arquitetura da Informação, a transdisciplinaridade da AI e o referencial teórico da tese, sob as perspectivas humana, arquitetônica e sistêmica. A partir das perspectivas, apresenta como resultado o Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva. A parte IV traz as considerações finais (seção 13), que destacam o alcance dos objetivos, as contribuições da tese e as sugestões de estudos futuros.

**Parte II:**  
**Revisão de literatura**

## 5 Prólogo

O objetivo da Parte II da tese é apresentar, a partir da revisão bibliográfica, o cenário da Internet das Coisas e os impactos que trará para a sociedade. Considerando a complexidade do fenômeno e as múltiplas visões encontradas na literatura, os dois temas foram divididos em capítulos e seções. O capítulo 6 define a IoT e traça suas origens, localizando marcos relevantes de sua evolução no tempo; apresenta a arquitetura tecnológica que a compõe e algumas das diferentes perspectivas pelas quais o fenômeno é analisado; as aplicações das tecnologias da IoT no dia-a-dia e seus diferentes graus de escala –de objetos a cidades.

O capítulo 7 elenca um conjunto de desafios e questões emergentes do fenômeno da IoT, os quais são o foco das discussões apresentadas no trabalho. As seções dividem-se em aspectos tecnológicos e informacionais (7.1), aspectos humanos sociais (7.2). Sem a intenção de esgotar o tema, a ideia dos capítulos é compor uma visão geral do contexto da IoT e trazer à tona perguntas relevantes para sua compreensão, que possam servir como ponto de partida para identificar fundamentos que pautem projetos de soluções sustentáveis e baseadas em valores humanos.

Lévi-Strauss (1969) acreditava que o desafio da ciência é a busca pelas “questões certas, mais do que respostas certas”. No mesmo espírito, Carl Sagan (1997) declarou, “a ciência é um modo de pensar, muito mais do que um corpo de conhecimentos”.

## 6 Cenário da Internet das Coisas (IoT)

### 6.1 Definição

'Internet' – termo muitas vezes utilizado como sinônimo de 'Web' – refere-se à **infraestrutura** global de redes de computadores interconectados, que se vale do protocolo TCP/IP para a troca de dados. A 'World Wide Web' (WWW, ou simplesmente **Web**) é uma das aplicações que tem a Internet como plataforma de **comunicação**, materializando-se em um **espaço de informação** (W3C, 2004).

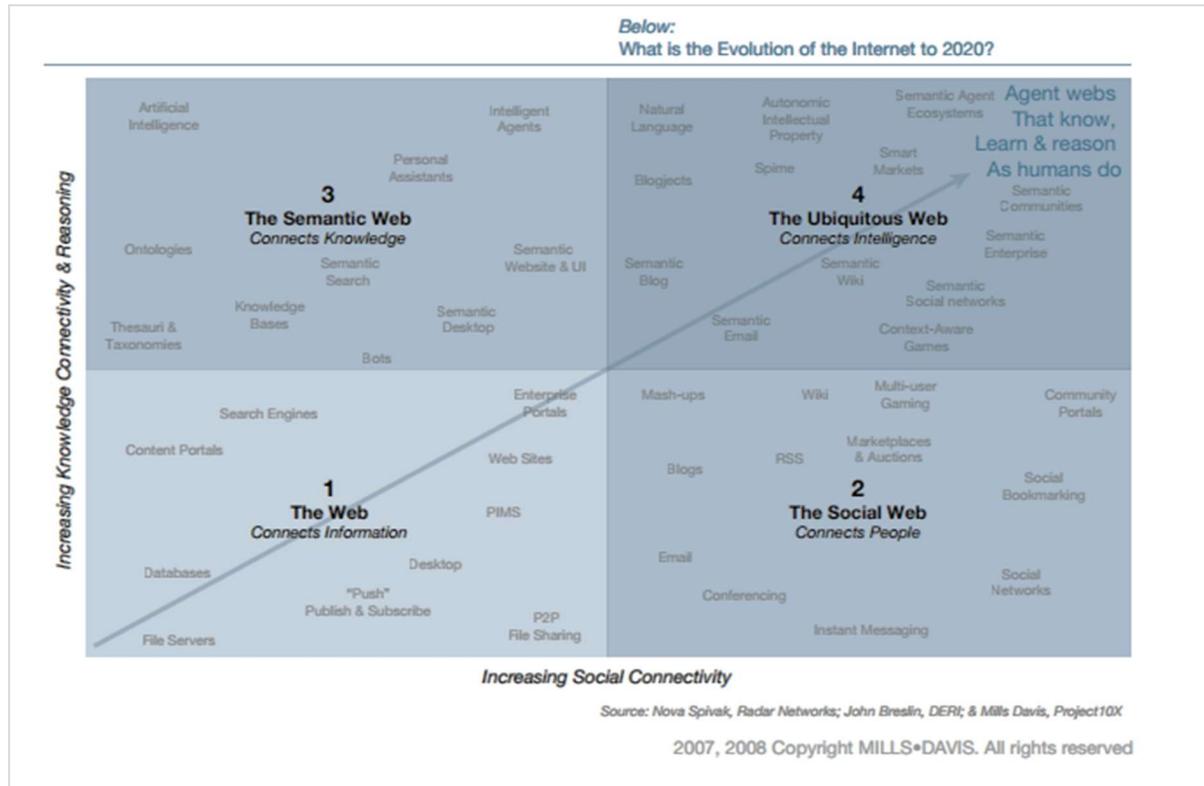
A abordagem didática ilustrada pela Figura 10: Evolução da internet em 2020

Fonte: Davis (2008) define quatro estágios de evolução da Internet – Web 1.0, voltada para a conexão e obtenção de informações na Rede; Web 2.0 ou Web Social, caracterizada pela preocupação com a experiência do usuário e a colaboração por meio das redes sociais; Web 3.0 ou Web Semântica, com esforços concentrados na atribuição de significado e contexto às informações; e o estágio atual, a Web Ubíqua<sup>4</sup>, constituída pela chamada '**Internet das Coisas**'<sup>5</sup> (IoT), fundamentada pela conectividade e interatividade entre pessoas, informações, processos e objetos, por meio de tecnologias que possibilitam acesso à rede por qualquer pessoa, de qualquer lugar, a qualquer tempo, utilizando quaisquer dispositivos, incluindo equipamentos multifuncionais com sensores inteligentes, tais como eletrodomésticos, automóveis, roupas, etc., a partir de aplicações que se adaptam dinamicamente às necessidades dos usuários (DAVIS, 2008; W3C, 2010). Estamos, portanto, na era da computação embutida e distribuída pelo ambiente (KUNIAVSKY, 2010).

---

<sup>4</sup> Termos originais em inglês: Web of Things (WoT), Ubiquitous Web.

<sup>5</sup> Termos originais em inglês: Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE), Internet of Objects.



**Figura 10:** Evolução da internet em 2020

Fonte: Davis (2008)

Kuniavsky (2010) caracteriza aspectos do fenômeno que Greenfield (2006) denomina 'everyware', diferenciando conceitos muitas vezes utilizados de modo intercambiável na literatura: 'computação ubíqua' refere-se à prática de embutir processamento de informações e comunicação em rede nos ambientes cotidianos das pessoas para continuamente prover serviços, informação e comunicação; 'computação física' descreve de que maneira as pessoas interagem com a computação por meio de objetos, diferentemente da interação com ambientes virtuais ou computadores genéricos e monolíticos; 'computação pervasiva' é relativa à prevalência desta nova forma de tecnologia digital; 'inteligência ambiental' refere-se à integração de raciocínio algorítmico (inteligência) à dispositivos distribuídos em espaços construídos pelo homem, tornando-se parte da atmosfera ambiental (ambiente); e 'Internet das Coisas' sugere um mundo onde objetos físicos digitalmente identificáveis estão relacionados entre si [...].

Do ponto de vista tecnológico, a IoT é "[...] uma infraestrutura dinâmica global com capacidades de autoconfiguração, baseada em protocolos de comunicação padronizados e interoperáveis, onde 'coisas' virtuais e físicas possuem identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, usam interfaces inteligentes e estão integradas de maneira transparente à Rede de informações" (IERC, 2012). Greenfield

(2006) destaca que a computação saiu do desktop para a vida cotidiana, e pretende reconstruir a relação humano-computador, oferecendo informações tempestivas, precisas e úteis sobre os arredores, as comunidades, e as próprias pessoas. Essa tecnologia da informação ubíqua – ou *'everyware'* – manifesta-se em diversos contextos, em variadas formas, e afetará a vida de cada indivíduo, estando ou não consciente disso, alerta o autor.

Norman (2009) observa que o desafio da área de Inteligência Artificial (IA) tem sido traduzir a complexidade do mundo humano – baseado em probabilidades, heurísticas e senso comum – para dispositivos inteligentes. Como resultado, os sistemas de IA de hoje são capazes de reconhecer objetos, entender alguma linguagem falada e escrita, falar, mover-se pelo ambiente, e realizar raciocínios complexos. Mas, em contraposição aos termos *smart object* (objeto inteligente) ou *smart thing* (coisa inteligente) – de uso corrente no contexto da IoT – Norman (2009) ressalta que “objetos não são inteligentes, apenas processam informações”.

De acordo com a Intel, mais de 95% dos dispositivos que contêm microchips já não se apresentam aos usuários na forma de computadores (MCCULLOUGH, 2004). Para Paul Saffo, mais do que dispositivos únicos com múltiplas funções (ex: *smartphones*), a IoT compõe-se de uma série de artefatos com funções especializadas, que se inter-relacionam a artefatos complementares num ecossistema (ANDERSON, JANNA; RAINIE, 2014). São objetos instrumentados e dinâmicos, capazes de negociar recursos entre si, por exemplo (GARTNER, 2012). Portanto, uma 'coisa' na IoT pode ser uma pessoa com um implante de monitor cardíaco, um animal com um *biochip transponder*, um automóvel com sensores de alerta sobre a pressão do pneu ou qualquer outro objeto natural ou feito pelo homem ao qual possa ser atribuído um endereço único, com a capacidade de transmissão de dados via rede (SHIN, 2010).

O escritor de ficção científica e futurista Bruce Sterling (2005) descreve de forma peculiar uma nova classe de objetos configuráveis que emergiriam no contexto da IoT, aos quais denomina *spimes*: estão em rede, são unicamente identificáveis e encontráveis, são sustentáveis, aumentáveis, e feitos de substâncias que retornam ao fluxo de produção de novos *spimes*. São protagonistas de um processo histórico. Com esse conceito, o autor busca enfatizar a **relação** entre as pessoas e os objetos: os padrões de consumo garantiriam os atos de consumo. Os objetos seriam manufaturados como instância material de um sistema imaterial, baseado em um rico suporte de informações. Ou seja, começariam e terminariam como dados. Na prática, seriam desenhados em telas, fabricados por meios digitais (impressoras 3D por exemplo), e precisamente monitorados no espaço e no tempo, com sua história registrada durante todo o itinerário na Terra.

McEwen e Cassimally (2013) propõem a seguinte composição para definir a Internet das Coisas:

**objeto físico + controladores, sensores e atuadores + serviço de Internet = Internet das Coisas**

A fórmula define de forma sintética a IoT, do ponto de vista da infraestrutura tecnológica.

## 6.2 Histórico

Mark Weiser (1991) foi o idealizador da **computação ubíqua**, que é a base da Internet das Coisas. “O futuro tecnológico será caracterizado pela **computação**, não por computadores”, como anteviu Weiser. E suas previsões se concretizam no presente: foco no acesso ubíquo a recursos computacionais pervasivos e muitas vezes imperceptíveis; um contínuo de artefatos processadores de informações em diversas escalas integrando a rede de redes, de forma totalmente incorporada ao cotidiano; sistemas adaptativos auto-organizáveis, autoconfiguráveis, robustos e renováveis (MCCULLOUGH, 2004).

McEwen e Cassimally (2013) observam, entretanto, que o domínio da computação pervasiva é mais amplo que o da IoT, pois nem todos os objetos com capacidade de processamento e sensoriamento estão conectados à Rede. Mas a tendência aponta para uma ‘Internet de todas as coisas’ (*Internet of everything*).

O termo ‘Internet of Things’ (Internet das Coisas) foi cunhado em 1999 por Kevin Ashton, cofundador do Auto-ID Center do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Em recente artigo, Ashton (2009) afirmou que a ideia original da IoT previa a conexão de todos os objetos físicos à Internet, com capacidade de capturar informações por meio de RFID e tecnologias de sensoriamento – as quais os permitiriam observar, identificar e compreender o mundo independentemente das pessoas e suas limitações de tempo, atenção e precisão. Em 2005 a União Internacional de Telecomunicações (UIT) previu que a possibilidade de identificação única de itens, associada a tecnologias de sensores e a capacidade de interagir com o ambiente criaria uma Internet das Coisas (ITU-T, 2012).

Ainda em meados de 2005, um conjunto de fatores de mercado tornaram possível o desenvolvimento eficiente de produtos capazes de implementar a visão de computação ubíqua de Weiser: queda dos preços de CPU e aumento do poder de processamento; popularização da Internet fora do meio acadêmico; desenvolvimento de diversos protocolos de comunicação e intercâmbio de dados; difusão da telefonia digital móvel em rede e da comunicação sem fio; e evolução do design interativo de produtos para serviços em rede (KUNIAVSKY, 2010).

A redução contínua do custo e do tamanho dos **microprocessadores**, com proporcional aumento da capacidade e velocidade de processamento, prevista em pela famosa **Lei de Moore**, foi

decisiva para o advento da IoT. Fundador da Intel, Gordon Moore antecipou em 1965 que a quantidade de transistores em um circuito integrado comercialmente viável dobraria a cada 18 meses, mantendo o custo de fabricação. O prognóstico mostrou-se extremamente preciso, ainda que fosse uma profecia autorrealizável, que levou fabricantes de chips a uma busca incessante por processadores cada vez menores, mais rápidos e mais baratos. Embora algumas análises apontem para o declínio da lei, ou, ainda que processadores passem a ser fabricados por diferentes tecnologias - como nanotubos de carbono, o fenômeno tem influência definitiva no contexto da IoT, posto que a previsão é de que até 2020 a proporção entre pessoas e objetos na rede seja de 7,6 x 50 milhões, como mostra a Figura 11, com estimativas de que os processadores atinjam a marca dos **trilhões** (EVANS, 2011; GARTNER, 2013b; GREENFIELD, 2006; LUCAS; BALLAY; MCMANUS, 2012; MIRANI, 2014).

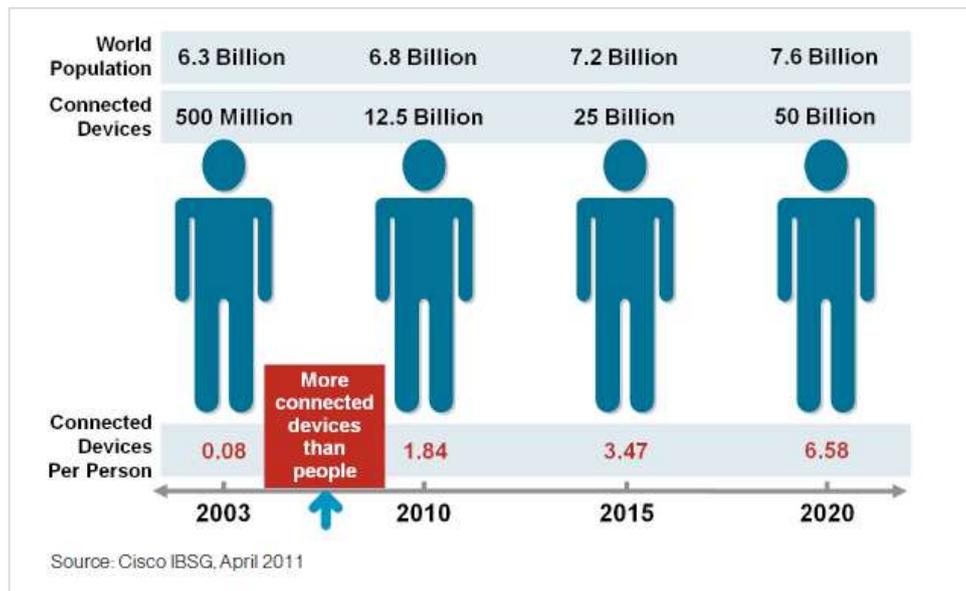


Figura 11: Previsão de crescimento da Internet das Coisas

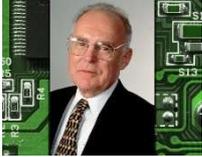
Fonte: Cisco (2011)

A linha do tempo da Tabela 2: Linha do tempo, compilada a partir de Costanza (2014), Donovan (2014) e Forbes (2014), apresenta, em linhas gerais, marcos importantes que influenciaram direta ou indiretamente o surgimento da IoT, em termos de autores, publicações e tecnologias.

Tabela 2: Linha do tempo da IoT

<b>Linha do Tempo – Internet das Coisas</b>		
<b>1832</b> 	<b>Baron Schilling</b>	Telégrafo eletromagnético.
<b>1833</b>	<b>Carl Friedrich Gauss and Wilhelm Weber</b>	Código para se comunicar a uma distância de 1200 m.
<b>1844</b> 	<b>Samuel Morse</b>	Mensagem telegráfica em código Morse.
<b>1926</b> 	<b>Nikola Tesla</b>	<i>"Quando a tecnologia sem fio estiver perfeitamente aplicada, a Terra inteira será transformada em um enorme cérebro, todas as coisas serão como partículas de um todo real e rítmico... e os instrumentos que utilizaremos para fazer isso serão incrivelmente mais simples em comparação com o presente telefone. Um homem será capaz de transportar um no bolso do colete"</i> (Colliers Magazine).
<b>1949</b> 	<b>Norman Joseph Woodland</b>	Código de barras linear.
<b>1950</b> 	<b>Alan Turing</b>	<i>"... é melhor equipar a máquina com os melhores órgãos dos sentidos que o dinheiro possa comprar, e depois ensiná-la a entender e a falar inglês. Este processo poderia seguir o ensino normal de uma criança"</i> .
<b>1961</b> 	<b>Edward Thorp Claude Shannon</b>	Testado em Las Vegas o primeiro computador vestível, um dispositivo do tamanho de uma caixa de cigarros, usado no sapato para prever roletas. O protótipo foi feito em 1955.
<b>1964</b> 	<b>Marshall McLuhan</b>	<i>"... através de meios elétricos, criamos uma dinâmica pela qual todas as tecnologias anteriores - incluindo cidades - serão traduzidas em sistemas de informação"</i> (Understanding Media).

## Linha do Tempo – Internet das Coisas

<p><b>1965</b></p> 	<p><b>Gordon Moore (Intel)</b></p>	<p>Antecipou que a quantidade de transistores em um circuito integrado comercialmente viável dobraria a cada 18 meses, mantendo o custo de fabricação - Lei de Moore.</p>
<p><b>1966</b></p>  <p><small>Credit: Deutsches Bundesarchiv</small></p>	<p><b>Karl Steinbuch</b></p>	<p><i>"Em poucas décadas, computadores estarão entrelaçados em quase todos os produtos industriais".</i></p>
<p><b>1967</b></p>	<p><b>Hubert Upton</b></p>	<p>Computador analógico vestível com visor em óculos para ajudar a leitura labial.</p>
<p><b>1969</b></p>	<p><b>Arpanet</b></p>	<p>Primeira mensagem enviada via rede pelo projeto <i>Advanced Research Project Agency Network</i> (Arpanet) do U.S. Department of Defense.</p>
<p><b>1973</b></p>	<p><b>Mario Cardullo</b></p>	<p>Patente da etiqueta de radiofrequência RFID passiva, de leitura-escrita.</p>
<p><b>1974</b></p>	<p><b>TCP/IP</b></p>	<p>Primeira especificação do conjunto de protocolos de comunicação em rede TCP/IP (<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>) pela Universidade de Stanford e University College of London.</p>
<p><b>1974</b></p>	<p><b>Universal Product Code (UPC)</b></p>	<p>Simbologia de código de barras, utilizada pela primeira vez para compras de supermercado.</p>
<p><b>1984</b></p>	<p><b>Domain Name System (DNS)</b></p>	<p>Sistema de gerenciamento de nomes hierárquico e distribuído para computadores, serviços ou qualquer recurso conectado à Internet ou em uma rede privada.</p>
<p><b>1980s</b></p> 	<p><b>Carnegie-Mellon Computer Science Department</b></p>	<p>Membros da CMU instalaram micro-chaves na máquina da Coca-Cola e as conectaram ao computador departamental para que eles pudessem ver em seus terminais quantas garrafas restavam e se estavam frias ou não.</p>
<p><b>1989</b></p> 	<p><b>Tim Berners-Lee</b></p>	<p>Criou a <b>World Wide Web</b>. No ano seguinte, com a ajuda de Robert Cailliau e um jovem estudante do CERN, implementou a primeira comunicação bem-sucedida entre um cliente HTTP e o servidor através da internet.</p>

## Linha do Tempo – Internet das Coisas

<b>1990</b>		
	<b>John Romkey</b>	Primeiro artefato de Internet, uma torradeira que pode ser ligada e desligada pela rede.
<b>1990</b>	<b>Olivetti</b>	Sistema de identificação ativa com sinais infravermelhos para comunicar a localização de uma pessoa.
<b>1991</b>		
	<b>Mark Weiser</b>	Artigo na <i>Scientific American</i> sobre computação ubíqua.  <i>"O futuro tecnológico será caracterizado pela computação, não por computadores".</i>
<b>1993</b>		
	<b>Quentin Stafford-Fraser and Paul Jardetzky</b>	Cafeteira Trojan Room desenvolvida na Universidade de Cambridge, foi usada para monitorar os níveis de café, pelo envio de imagem atualizada 3x por minuto.
<b>1994</b>		
	<b>Steve Mann</b>	WearCam, primeira versão comercial da câmera sem fio, considerada o primeiro exemplo de registro do cotidiano.
<b>1994</b>		
	<b>Mik Lamming Mike Flynn (Xerox EuroPARC)</b>	Forget-Me-Not, dispositivo vestível sem fio com armazenamento de informações.
<b>1994</b>	<b>B.N. Schilit M.M. Theimer</b>	Primeira ocorrência do termo 'context-aware' na literatura - <i>"Disseminating active map information to mobile hosts"</i> Network, Vol. 8, Issue 5.
<b>1995</b>	<b>Amazon e Echobay (Ebay)</b>	A Internet torna-se comercial.

## Linha do Tempo – Internet das Coisas

<b>1995</b>	<b>Nicholas Negroponte Neil Gershenfeld (MIT)</b>	Artigo " <i>Wearable Computing</i> ", publicado na Wired.  "Para hardware e software confortavelmente segui-lo por aí, devem fundir-se em softwar ... A diferença de tempo entre as ideias malucas e produtos entregues está encolhendo tão rapidamente que é agora [...] cerca de uma semana"
<b>1997</b>	<b>Paul Saffo</b>	Artigo publicado em Ten-Year Forecast: " <i>Sensors: The Next Wave of Infotech Innovation</i> ".
<b>1997</b>	<b>Carnegie-Mellon, MIT e Georgia Tech</b>	Organizaram o primeiro <i>IEEE International Symposium on Wearable Computers</i> , em Cambridge, MA.
<b>1998</b>	 <b>Scott Brave Andrew Dahley Hiroshi Ishii (MIT)</b>	Projeto <i>inTouch</i> - telefone tangível para comunicação tátil de longa distância.
<b>1998</b>	<b>Mark Weiser</b>	Fonte de água que altera o fluxo e o volume em função do mercado de ações.
<b>1999</b>	<b>Sanjay Sarma David Brock Kevin Ashton</b>	Ajudaram a desenvolver o <i>Electronic Product Code (EPC)</i> , sistema de identificação global baseado em RFID com a finalidade de substituir o código de barras (UPC). Transformaram a identificação por radiofrequência (RFID) em uma tecnologia de rede, ligando objetos à Internet através de etiquetas RFID.
<b>1999</b>	 <b>Kevin Ashton (Auto-IDCenter, MIT)</b>	Cunhou o termo 'Internet of Things' como o título de uma apresentação na Procter & Gamble.
<b>1999</b>	<b>Neil Gershenfeld (MIT Media Lab)</b>	Publicou o livro "When Things Start to Think"  "Mais do que procurar fazer computadores ubíquos, devemos tentar fazê-los discretos [...] A promessa real de conectar computadores é libertar as pessoas, incorporando meios para resolver problemas nas coisas ao nosso redor".
<b>2000</b>	 <b>LG</b>	Internet Digital DIOS – o primeiro refrigerador ligado à Internet.

<b>Linha do Tempo – Internet das Coisas</b>		
<b>2001</b>	<b>Neil Gershenfeld (MIT Media Lab)</b>	Fundou o Center for Bits and Atoms no MIT.
<b>2002</b> 	<b>David Rose e outros (MIT Media Lab)</b>	The Ambient Orb, monitora bolsa de valores, portfólios pessoais, clima e outras fontes de dados e muda de cor com base em parâmetros dinâmicos.
<b>2003</b>	<b>Projetos como Cooltown, Internet0, e Disappearing Computer Initiative</b>	Buscaram implementar algumas ideias e popularizar a IoT.
<b>2003</b>	<b>Bernard Traversat e outros</b>	Project JXTA-C: <i>Enabling a Web of Things</i> , publicado em HICSS '03 Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Projeto de código aberto, que especificou um conjunto de protocolos padrão para computação ad hoc, pervasiva e P2P que serviriam como base para a web das coisas.
<b>2003</b> 	<b>BigBelly Solar</b>	Lixeira inteligente recarregada pelo sol, que comunica seu estado pela Internet.
<b>2004</b> 	<b>Bruce Sterling</b>	Propôs o conceito de "Spime", objeto localizado em determinado espaço e tempo, que têm sua história registrada.  <i>"No futuro, a vida de um objeto começa em uma tela gráfica. Nasce digital. Suas especificações de design irão acompanhá-lo ao longo de sua vida. É inseparável do modelo digital original, que governa o mundo material".</i>
<b>2004</b>	<b>G. Lawton</b>	M2M: em " <i>Machine-to-machine technology gears up for growth</i> " publicado em Computer:  <i>"Há muito mais máquinas – definidas como coisas com propriedades mecânicas, elétricas ou eletrônicas – no mundo do que pessoas. E um número crescente de máquinas está em rede... M2M é baseada na ideia de que a máquina tem mais valor quando está em rede e que a rede se torna mais valiosa quanto mais máquinas estão conectadas".</i>
<b>2005</b>	<b>UN's International Telecommunications Union – ITU</b>	Publicou seu primeiro relatório sobre a IoT:  <i>"Uma nova dimensão foi adicionada ao mundo das TICs: a conectividade a qualquer tempo, em qualquer lugar e para qualquer pessoa passa a ser agora conectividade em qualquer coisa. Conexões irão multiplicar-se e criar uma dinâmica rede de redes totalmente nova – uma Internet das Coisas".</i>

## Linha do Tempo – Internet das Coisas

<b>2005</b> 	<b>Interaction Design Institute Ivrea (IDII) em Ivrea, Italy</b>	Criaram <b>Arduino</b> - placa microcontroladora de baixo custo e fácil uso - para o desenvolvimento de projetos interativos, com grande impacto na computação física (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013).
<b>2005</b> 	<b>Rafi Haladjian Olivier Mével (Violet)</b>	<b>Nabaztag</b> (agora parte da Aldebaran Robotics) – pequeno coelho com WiFi, alerta sobre o mercado de ações, notícias, alarme, feeds RSS, e conecta-se com outros coelhos.  “Se você pode até conectar coelhos, você pode conectar qualquer coisa”.
<b>2008</b>	<b>IPSO Alliance</b>	Aliança entre empresas para promover o uso do <i>Internet Protocol</i> (IP) em redes de "objetos inteligentes" e possibilitar a Internet das Coisas. A aliança agora possui mais de 50 empresas associadas, incluindo Bosch, Cisco, Ericsson, Intel, SAP, Sun, Google e Fujitsu.
<b>2008</b>	<b>White space</b>	A <i>Federal Communications Commission</i> (FCC) aprovou regras para permitir que transmissores de rádio sem licença para operar no espectro de transmissão de televisão utilizassem o ‘espaço em branco’ ( <i>white space</i> ), que não está sendo utilizado por serviços licenciados, para a banda larga sem fio.
<b>2008-2009</b>	<b>Internet das Coisas</b>	A Internet das Coisas surge entre 2008 e 2009 no momento em que o número de "coisas ou objetos" conectados à Internet ultrapassou o de pessoas (Cisco, 2011).
<b>2010</b>	<b>ZigBee Alliance IPv6 Forum</b>	Parceria estratégica com a IPSO para acelerar a adoção de rede IP para objetos inteligentes.
<b>2011</b>	<b>Arduino e outras plataformas de hardware</b>	Tornaram-se maduras e possibilitaram a utilização da Internet das Coisas por pessoas comuns (no estilo ‘faça você mesmo’).
<b>2011</b> 	<b>Nest Labs</b>	Termostato <b>Nest Learning</b> , que usa algoritmos de sensores, aprendizagem de máquina e computação em nuvem para compreender os comportamentos do proprietário da casa e preferências, para ajustar a temperatura.
<b>2011</b>	<b>ICT-FP7 Work Programme, IoT-A e Digital Future Directives</b>	Europa mostra seu contínuo interesse e apoio aos assuntos relacionados com a IoT por meio de iniciativas como o Programa de Trabalho ICT-FP7, a arquitetura IoT-A e o subsídio do governo do Reino Unido (R\$ 5 milhões).
<b>2011</b>	<b>China</b>	Continua a financiar e apoiar a pesquisa de desenvolvimento no campo da IoT em instituições como Instituto Xangai e a Academia Chinesa de Ciências.

<b>Linha do Tempo – Internet das Coisas</b>		
<b>2012</b>	<b>IPv6 – lançamento público</b>	O novo protocolo de endereços de IP de 128 bits.  “Poderíamos atribuir um endereço IPv6 para cada átomo na superfície da terra, e ainda teríamos endereços suficientes para fazer mais 100 Terras” (Steven Leibson, 2008).
<b>2012</b> 	<b>IoT-GSI Global Standards</b>	Iniciativa de padronização que promove uma abordagem unificada para o desenvolvimento de padrões técnicos que viabilizem a Internet das Coisas em uma escala global.
<b>2012</b> 	<b>Google</b>	Protótipo do <b>Google Glass</b> , óculos com um display óptico embutido, que exibe informações coletadas sem fio, de acordo com a especificação do usuário. Passou a ser vendido ao público em 2014.
<b>2012</b> 	<b>Proteus Digital Health</b>	Recebe autorização da FDA para lançar <b>dispositivo médico ingerível</b> sem fio que comunica os sinais vitais do paciente por meio de um sistema sobre a pele, que então envia informações a um telefone celular.
<b>2013</b>	<b>AllSeen Alliance e Open Interconnect Consortium</b>	Iniciativas de alianças entre empresas de tecnologia com a <i>Qualcomm</i> , para desenvolver estrutura aberta que possibilite a difusão da Internet das Coisas. A Intel e outras empresas criaram um consórcio concorrente, chamado <i>Open Interconnect Consortium</i> .
<b>2014</b>	<b>Venture Beat</b>	2014 é considerado “o ano da Internet das Coisas”.

Fonte: adaptada de Costanza (2014), Donovan (2014) e Forbes (2014)

A linha do tempo apresentada pontua ocorrências emblemáticas que marcaram o surgimento da Internet das Coisas, e traz referências de personalidades que contribuíram com suas visões ou realizações para construir essa realidade. Os fatos mais relevantes são detalhados no decorrer da tese.

### **6.3 Arquitetura: modelos de referência**

Os elementos que compõem a arquitetura da Internet das Coisas são abordados neste trabalho em uma perspectiva de mais alto nível de abstração, com detalhes técnicos suficientes para uma análise geral de seu funcionamento, capazes de embasar futuras discussões sobre aplicações e impactos na sociedade. A ideia é apresentar conceitos que permaneçam relevantes com o passar do tempo e das mudanças tecnológicas.

Dado o desafio de compreensão e materialização da IoT, diversos países estão unindo esforços entre governo, academia e setor privado em busca de modelos de referência e soluções integradas para as questões que se apresentam. O IERC (*European Research Cluster on the Internet of Things*) é um dos programas de incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico da União Europeia, que congrega iniciativas em prol de uma visão comum para a IoT, com vistas a promover sua evolução. Um dos pontos essenciais é a padronização das diversas camadas das tecnologias. Por isso, o IERC está ativamente envolvido com o ITU-T (2012), grupo de estudos sobre o tema na ITU (*International Telecommunications Union*), agência da ONU incumbida da normatização e regulação internacionais das tecnologias de informação e comunicação.

Em uma ação mais específica para analisar os diversos aspectos da IoT, a União Europeia formou um consórcio com membros da iniciativa privada e de instituições de pesquisa – o *European Lighthouse Integrated Project - IoT-A (Internet of Things Architecture)* – que tem como objetivo promover uma base comum de entendimento e um **Modelo de Arquitetura de Referência (ARM)**, para garantir a interoperabilidade e a integração das camadas de hardware, software e serviços, considerando a complexidade e a diversidade da IoT. O modelo, baseado em padrões e melhores práticas, define um conjunto de requisitos – de funcionalidade, desempenho, implantação e segurança, além de componentes-chave. Em linhas gerais, derivam-se dois modelos do ARM: (a) Modelo Funcional (b) Modelo de Referência, subdividido em quatro partes: Modelo de Domínio, Modelo de Informação, Modelo de Comunicação e Modelo de Segurança (BASSI *et al.*, 2013; IOT-A, 2014). A seguir são descritos os modelos.

### **6.3.1 Modelo Funcional: camadas**

Tendo em vista a multiplicidade de abordagens na literatura (VERMESAN; FRIESS, 2013) com diferentes níveis de granularidade, optou-se neste trabalho por detalhar a arquitetura da IoT com base no modelo funcional da IoT-A, na Arquitetura em Camadas da ITU-T e no modelo de Shin (2010), conforme a Figura 12: Arquitetura da Internet das Coisas (adaptado de BASSI *et al.*, 2013; IOT-A, 2014; ITU-T, 2012; SHIN, 2010).

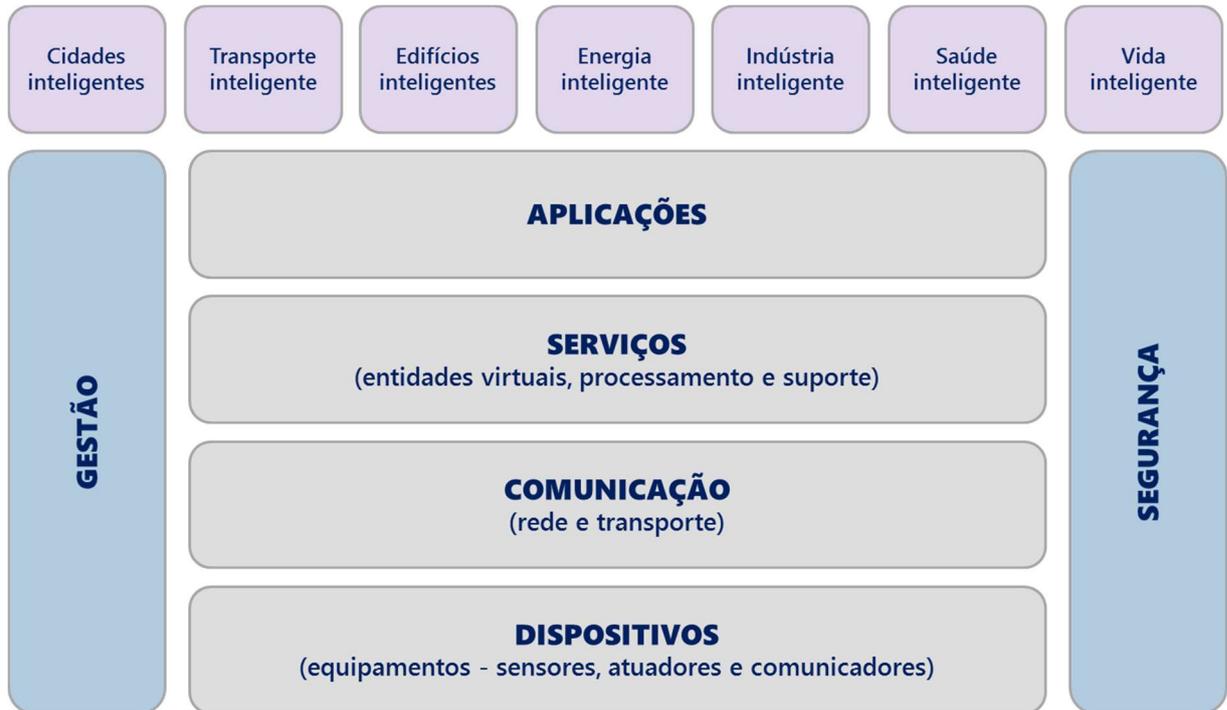


Figura 12: Arquitetura da Internet das Coisas

Fonte: adaptada de Bassi *et al.* (2013); IOT-A (2014); ITU-T (2012) e SHIN (2010)

O diagrama é composto por duas camadas transversais:

(1) **Camada de gestão**

Coordena a interação entre os demais grupos de funcionalidades.

(2) **Camada de segurança**

Implementa requisitos de segurança, privacidade e confiabilidade.

As camadas transversais provêm funcionalidades para as quatro demais camadas:

(3) **Camada de dispositivos**

Camada de percepção ou sensoramento, é formada por dispositivos que funcionam como sensores, atuadores e comunicadores (gateways).

(4) **Camada de comunicação**

Também considerada como a camada de transporte ou de rede, é responsável pela transmissão dos dados recebidos da camada de dispositivos à camada de serviços. Faz a interface com os dispositivos e integra as diferentes redes da IoT, garantindo a modularidade e a performance. Envolve tecnologias de conexão sem fio (Wi-Fi), conexão a

cabo, redes de curta e longa distância (LAN, WAN), 3G, Bluetooth, etc.; e utiliza, dentre outros, o protocolo IPV6, para o endereçamento único dos objetos.

#### (5) Camada de serviços

Realiza monitoramento dos eventos, armazenamento e processamento das informações capturadas pelos sensores. Utiliza as entidades virtuais como representação das entidades físicas da IoT. Dentre as tecnologias adotadas, pode-se citar armazenamento em nuvem, mineração de dados (*data mining*), algoritmos otimizados, aprendizado de máquina, etc.

#### (6) Camada de aplicações

Apresenta as interfaces de uso da IoT. Engloba todos os inúmeros tipos de aplicações, algumas exemplificadas no modelo da Figura 12 – como cidades, transporte, edifícios, energia, indústria, saúde e vida inteligentes – áreas diretamente impactadas pelos dispositivos da IoT, conforme os exemplos apresentados no decorrer do trabalho.

Em uma versão simplificada da arquitetura, Gubbi *et al.* (2013) identifica três camadas constituintes da computação ubíqua transparente: (1) hardware – sensores, atuadores e comunicadores interconectados com capacidade de compartilhar informações entre plataformas; (2) middleware – ferramentas de armazenamento e análise de dados por demanda; e (3) apresentação - ferramentas de visualização e interpretação, que podem ser acessadas por diferentes plataformas e projetadas para diferentes aplicações.

### 6.3.2 Modelo de Referência

O Modelo de Referência da IoT, proposto no âmbito do projeto IoT-A, foi definido em conformidade com a OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*), representa o mais alto nível de abstração para a definição da IoT. É o arcabouço para a compreensão do domínio em questão, e a base para a arquitetura de referência. É subdividido em quatro partes, brevemente descritas a seguir: Modelo de Domínio, Modelo de Informação, Modelo de Comunicação e Modelo de Segurança.

### 6.3.3 Modelo de Domínio

O Modelo de Domínio da IoT (Figura 13), representado em UML, ilustra componentes fundamentais da IoT e seus relacionamentos, de forma genérica o suficiente para serem independentes de tecnologia. Em última análise, o modelo visa promover uma linguagem comum para a compreensão da arquitetura da IoT (adaptado de BASSI *et al.*, 2013; SERBANATI; MARIA; BIADER, 2011).

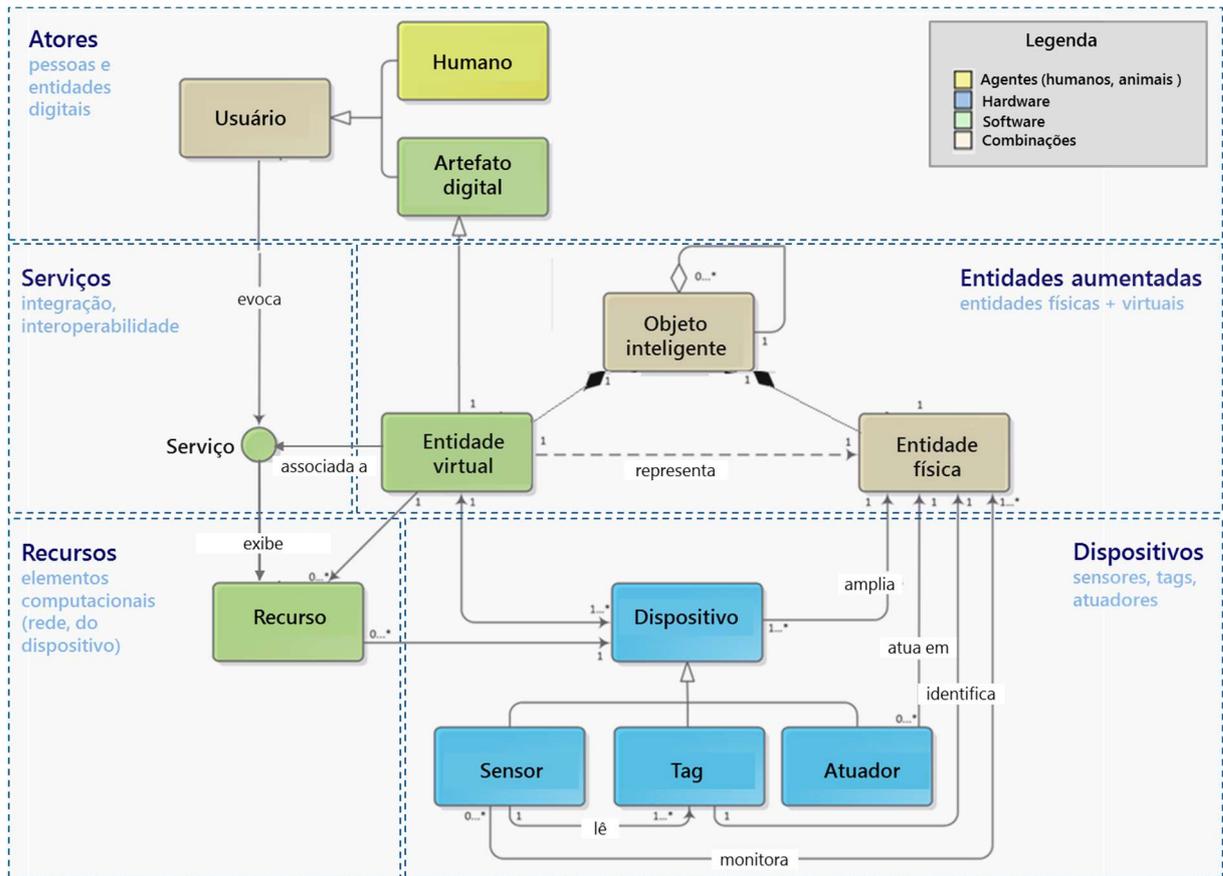


Figura 13: Modelo de Domínio da Internet das Coisas

Fonte: adaptada de Bassi *et al.* (2013) e Serbanati; Maria e Biader (2011)

Na infraestrutura global da IoT criam-se novas formas de interação entre os **atores** – usuários os quais podem ser agentes (humanos ou animais) ou objetos ativos – e o mundo real, formado por entidades físicas que apresentam capacidades ampliadas (**objetos inteligentes**), funcionando como **dispositivos**. Na interação, as entidades físicas precisam de uma representação no mundo digital: uma **entidade virtual** (ex: registros em bases de dados, modelos 3D, avatares) (BAUER *et al.*, 2013). A seguir são apresentadas propriedades dos componentes:

### (1) Dispositivos

Conforme descrito acima, objetos ou coisas (entidades físicas) na IoT tornam-se **dispositivos** e atuam como ponte entre os mundos físico e virtual, operando em ambos. O que os diferencia essencialmente é sua capacidade de conexão, comunicação, interação e ação sem necessidade de intervenção humana. São capazes de observar e modificar o ambiente e outras entidades físicas. Os **sensores** dos dispositivos podem localizar-se no objeto ou no ambiente, e têm a função de capturar e fornecer informações em tempo real

sobre as entidades físicas que monitoram; identificam-nas por meio de **tags** (etiquetas); e são capazes de detectar **estados** do ambiente como temperatura, umidade, velocidade, movimento, etc. (ex: RFID -identificação por radiofrequência, dispositivos de infravermelho e GPS - sistema de posicionamento global; os **atuadores** são capazes de alterar o estado de uma entidade física, quando desencadeados em condições apropriadas; sempre que um sistema se autorregula monitorando a própria performance (ex: por *feedback*) há alguma forma de inteligência implícita. (IOT-A, 2014; MCCULLOUGH, 2004); e os **comunicadores** (*gateways*) possibilitam a conexão e fazem a mediação entre diferentes tipos de rede, transmitindo as informações como sinais digitais. Os dispositivos operam por meio de **recursos**, que podem estar disponíveis em rede ou no próprio artefato.

## (2) Recursos

Recursos são componentes computacionais que habilitam as funcionalidades dos dispositivos, tais como: conectividade e comunicação; sensoriamento; identificação, endereçamento e localização; processamento; atuação, controle de estado e de autonomia energética, etc. Os recursos podem ser executados nos próprios dispositivos ou em rede.

## (3) Entidades aumentadas

Entidades aumentadas são a composição de entidades físicas e as respectivas entidades virtuais. Entidades virtuais, por sua vez, são instâncias de artefatos digitais, e podem ser ativos ou passivos. A diferença é que os primeiros têm algum tipo de lógica que controla certos aspectos, por exemplo, o estado da entidade física representada. Enquanto cada entidade virtual possui apenas uma entidade física respectiva, uma entidade física pode ter diversas representações no mundo digital.

## (4) Serviços

Serviços são evocados pelos usuários, e acionam os recursos para atender às suas necessidades. O conceito de serviço é amplo, mas no caso do modelo em questão, refere-se especificamente aos componentes de software orquestrados para ativar funcionalidades. Um serviço assume o papel de usuário ao invocar outro serviço, na qualidade de artefato digital ativo.

## (5) Atores

Numa perspectiva de rede, **atores** são compreendidos como nós que se relacionam com os demais elementos do sistema. São os agentes – seres humanos/animais ou artefatos

ativos – que interagem com outros objetos ou agentes sem a necessidade de intervenção de pessoas.

#### 6.3.4 Modelo de Informação

O Modelo de Informação da IoT-A é um metamodelo que define a estrutura das informações (atributos e relações) e fornece a base para a especificação das formas de representação, captura, processamento, armazenamento, recuperação e intercâmbio de dados nos sistemas de informação da IoT. Padrões de representação dos dados (ex: XML, RDF, etc) não estão no escopo deste modelo.

Os **tipos de dados** classificam-se em:

- Dados em tempo real: reflexo da situação atual do sistema (ex: dados capturados diretamente pelo sensor);
- Dados derivados: criados a partir de sumarização, média ou agregação de outros dados;
- Dados inferidos: conhecimento baseado em inferências lógicas de fatos fornecidos;
- Dados adaptados: dados que foram saneados, ajustados ou aprimorados para prover uma fonte integrada de dados de qualidade (ex: para uso de analistas de dados).

O Modelo de Informação tem relação direta com o Modelo de Domínio, na medida em que especifica as diretrizes de representação das informações, traduzindo o mundo físico em **entidades virtuais**. Cada entidade virtual assume um identificador único, que descreve o tipo de entidade física representada (ex: "pessoa", "carro", "satélite", etc). O identificador e o tipo de uma entidade virtual são considerados imutáveis, e as informações que os descrevem são os atributos associados. Cada atributo tem um nome (ex: "temperatura\_ambiente") e um tipo (ex: "temperatura"). Os valores desses atributos estão sujeitos a alterações ao longo do tempo, e podem ser fornecidos por várias fontes de dados. Por esta razão, atributos podem estar associados a múltiplos "containers" de valor, cada um deles contendo um valor e um número de instâncias de metadados. Os metadados fornecem informações sobre o valor do atributo (ex: *timestamp*, precisão da medição, fornecedor do valor). Instâncias de metadados têm um nome, um tipo e um valor. Ao contrário de atributos, cada metadado tem um único valor.

O Modelo de Informação representa também **serviços**, **recursos** e **dispositivos**, além das entidades virtuais. De acordo com o Modelo de Domínio, serviços proporcionam o acesso a dispositivos através de seus recursos. Portanto, cada descrição de serviço pode conter múltiplas descrições de recursos, e cada descrição de recurso possui uma descrição de dispositivo.

**Serviços de entidade** oferecem interfaces padronizadas para que os usuários interajam com entidades físicas. O Modelo de Informação pressupõe que a interação pode ser descrita como a observação e/ou manipulação dos valores de atributos da entidade. Informações sobre um serviço específico interagindo com um atributo específico são representadas como uma associação. Associações são a ligação central entre serviços e entidades virtuais.

### 6.3.5 Modelo de Comunicação

O advento de uma rede de um trilhão de nós, conforme previsto por Lucas, Ballay e McManus (2012), não implica necessariamente em uma Internet de um trilhão de nós. A grande maioria dos dispositivos de computação pervasiva irá comunicar-se apenas em sua vizinhança imediata, numa configuração *peer-to-peer* (ponto-a-ponto) – mas haverá caminhos para estes dispositivos alcançarem a Internet.

O Modelo de Comunicação visa definir regras de interação entre os atores especificados no Modelo de Domínio. É apresentado em camadas, baseadas no modelo de referência ISO/OSI, mas adaptadas aos requisitos e características da IoT, conforme ilustra a Figura 14 (adaptado de IOT-A, 2014).



**Figura 14:** Modelo de Comunicação da Internet das Coisas

Fonte: adaptado de IOT-A (2014)

O Modelo apresenta como fator crítico a interoperabilidade entre redes heterogêneas. Suas camadas estão descritas a seguir:

**(1) Camada física**

A camada física permanece conforme a definição OSI, de forma a não excluir qualquer tecnologia disponível, e possibilitar a integração de soluções emergentes. A convergência das diferentes soluções do Modelo de Comunicação é gerida na camada superior.

**(2) Camada de ligação**

A camada de ligação (enlace) lida com a heterogeneidade das tecnologias de rede disponíveis na IoT, para garantir a interoperabilidade e uma estrutura de segurança abrangente. Precisa tratar a diversidade tecnológica e ao mesmo tempo prover capacidades e interfaces uniformes para as camadas superiores.

**(3) Camada de rede**

A camada de rede também mantém as características de sua correspondente no Modelo OSI. Mas, a fim de garantir gerenciamento, interoperabilidade e escalabilidade globais, a camada precisa fornecer um padrão de comunicação comum para cada solução de rede possível.

**(4) Camada de identificação**

A camada de identificação é representada pelo Identificador de Entidade Virtual (VE-ID), o centro do primeiro ponto de convergência no Modelo de Comunicação. Aproveitando as interfaces uniformes fornecidas pela camada de ligação, a camada de identificação possibilita um arcabouço de resolução comum para a IoT. Os serviços de segurança, autenticação e de alta capacidade (*high-end*) exploram essa camada para fornecer endereçamento uniforme aos diversos dispositivos e tecnologias das redes da IoT.

**(5) Camada de transporte (*end-to-end*)**

A camada de transporte (*end-to-end*) provê funcionalidades de tradução, suporte a *proxies/gateways* e ajuste de parâmetros de configuração quando a comunicação atravessa ambientes de rede diferentes. Construída acima das camadas de identificação e de rede, a camada de transporte fornece a peça final para alcançar um modelo de comunicação M2M global.

**(6) Camada de dados**

A camada de dados fica no topo do Modelo de Comunicação, sendo o ponto de entrada dos dados. O Modelo de Informação descrito na sessão anterior detalha o funcionamento dessa camada em mais alto nível de abstração.

### 6.3.6 Modelo de Segurança

O modelo descreve confiança, segurança e privacidade como qualidades necessárias de qualquer sistema na IoT. O Modelo de Informação deve incluir descrições de políticas de acesso, certificados, identidades confiáveis, etc., e deve possibilitar a representação de informações anonimizadas. O Modelo Funcional descrito na sessão anterior inclui os componentes da arquitetura responsáveis pela gestão de confiança, segurança e privacidade.

Confiança é definida como um nível de probabilidade percebido subjetivamente de que um sistema se comporta de determinadas maneiras. O modelo distingue entre confiança em nível de rede e de aplicação, onde a de rede está mais relacionada ao transporte de dados entre os pontos, e a de aplicação refere-se a componentes de sistemas da IoT. Um modelo de confiança requer âncoras – nos casos em que dois sujeitos operam com diferentes modelos, é preciso haver a derivação da confiança para possibilitar a interoperabilidade.

Segurança, ao contrário de confiança, é uma qualidade objetiva de um sistema da IoT. A definição do modelo de segurança de comunicação adota a distinção entre redes restritas e irrestritas de comunicação. Os *gateways* (comunicadores) fazem a mediação entre os componentes de segurança das diferentes redes (IOT-A, 2014).

## 6.4 Características

### 6.4.1 Conectividade e comunicação

Na Internet das Coisas, qualquer objeto pode ser **interligado** à infraestrutura global de informação e comunicação. A IoT é definida, portanto, como uma rede de redes, cujas propriedades são representadas por diferentes expressões: *'everyware'* (GREENFIELD, 2006): 'inteligência ambiental' (*ambient intelligence*), *'encontrabilidade ambiental'* (*ambient findability*) (MORVILLE, 2005), entre outras.

Para que a tecnologia se torne transparente para o usuário, a IoT exige: (1) compreensão compartilhada da situação das pessoas e seus artefatos no contexto; (2) arquiteturas de software e redes de comunicação pervasivas para processar e transmitir a informação contextual relevante, e (3) ferramentas de análise de dados, que forneçam informações para embasar ações autônomas. Com estes três fundamentos é possível alcançar a conectividade inteligente e computação sensível ao contexto. (GUBBI *et al.*, 2013).

Os padrões tecnológicos mais comuns utilizados para a conectividade e comunicação são Wi-Fi e Bluetooth. Futuramente, prevê-se a disseminação do UWB (*ultra-wideband*) - esquema de baixo uso

energético capaz de transmitir mais de 500 MB/seg de dados simultâneos e em alta definição, velocidade dez vezes maior do que o atual Wi-Fi (GREENFIELD, 2006).

A comunicação máquina a máquina - M2M (*machine-to-machine*) é cada vez mais comum na IoT (NING, 2013). Disparadas por um evento ou por uma ocorrência no tempo, aplicações M2M incluem quatro estágios básicos: coleta de dados, transmissão de dados específicos via rede, avaliação dos dados e resposta às informações disponibilizadas. A lógica de processamento dos dados viabiliza a realização de ações e a tomada de decisões com diversos graus de complexidade, permitindo o provimento de serviços (IOT-A, 2014).

#### 6.4.2 Identificação, endereçamento e localização

A **identificação única** e o **endereçamento** de cada objeto são essenciais para a materialização da IoT. Os itens são identificados através de código único associado aos metadados por meio de **tags** (etiquetas). O processo pode ser ótico (UPCs) ou baseado em radiofrequência (EPCs). As tecnologias de identificação e os tipos de tags variam ao longo do tempo (IOT-A, 2014), portanto, não estão no foco deste trabalho. Os exemplos a seguir são ilustrativos dos tipos mais comuns (KUNIAVSKY, 2010):

- Código de barras: tipo de UPC, muito utilizado em mercadorias para operação de venda ou inventário;
- Código de barras 2D: tipo de UPC como o QR Code, código facilmente legível por câmeras de celulares;
- Identificadores de radiofrequência (RFID): tipos de EPC, emitem via rádio um número identificador único. Aparecem em diversos formatos, inclusive no interior de seres ou outros objetos (ex: chips subcutâneos), pois as ondas de rádio atravessam matérias solidas. Podem ser passivos – quando ativados pela energia dos leitores RFID, enviam-na de volta na forma de fluxo de dados que comunicam sua identificação única (não necessitam de fonte de energia própria para funcionar, mas operam apenas em curtas distâncias, de até 3 metros); ou ativos – usam a própria fonte de energia para transmissão de dados, alcançando distâncias mais longas, mas são mais caros e frequentemente necessitam de baterias.
- Cartões inteligentes (*smart cards*): os cartões SIM dos celulares, por exemplo – pequenos processadores que transmitem a identificação quando em contato direto com os leitores. São capazes de interações mais elaboradas, como encriptação de dados, requisição de autenticação, etc.
- Tarjas magnéticas: comumente utilizadas em cartões de crédito e de acesso. São consolidadas no mercado, mas tem atuação limitada.

A **localização** constitui-se no uso de tecnologias de representação do espaço físico, como GPS, para rastrear o local dos objetos. Modelos de localização representam presença e possibilidades de ação. Segundo Hightower e Borriello (2001), há três principais técnicas de sensoriamento de localização: triangulação - interpretada por lateração (uso de várias medidas de distância entre pontos conhecidos) ou angulação (medição do ângulo ou posição em relação aos pontos de separação conhecidos); proximidade – medida da proximidade de um objeto em relação a um conjunto conhecido de pontos; e análise de cena – uso de recursos de uma cena observada a partir de um ponto de vantagem para acessar a localização do observador ou dos objetos (ex: recursos visuais, imagens, sensoriamento eletromagnético, ou outros fenômenos físicos mensuráveis).

### 6.4.3 Sensoriamento e atuação

Conforme descrito no Modelo de Domínio (item 6.3.3), o **sensoriamento** é uma funcionalidade fundamental no âmbito da IoT, pois implementa a capacidade de percepção do contexto (*context-awareness*) pelos atores, possibilitando a coleta de dados como identificação, localização, atividade (gestos, voz) e tempo. O contexto é compreendido a partir das informações que caracterizam a situação de uma entidade (DEY, 2001). O sensor responde a uma alteração de estado ou ação, e o meio pode ser mecânico, elétrico, magnético, hidrostático, corrente, químico, luminoso ou ótico (MCCULLOUGH, 2004).

A miniaturização e a industrialização em larga escala de tecnologias de sensoriamento são fatores críticos para o advento da IoT. Os sensores, cada vez menores, tornam-se mais facilmente integráveis a quaisquer objetos ou até mesmo a seres humanos e animais – considerando os dispositivos implantados em organismos (*biochips*). As previsões apontam para uma popularização crescente dessas tecnologias (FUNDACIÓN BANKINTER INNOVACIÓN, 2011).

Além de perceber o contexto, alguns objetos passam a comportar-se como **agentes**, com capacidade de alterar o estado de uma entidade física (ligar/desligar, transportar, rotar, agitar, inflar, etc.) de forma dinâmica e independente de mediação humana, por meio dos **atuadores** (IOT-A, 2014). Esse processo ocorre a partir da associação de **serviços** aos objetos, os quais ativam funcionalidades que os tornam capazes de trocar informações entre si, com o ambiente e com outros sistemas, manifestando sensibilidade ao contexto; personalização e adaptação; antecipação e responsividade aos desejos e necessidades dos usuários. As funcionalidades podem estar localizadas dentro ou fora do artefato – com uso de recursos de nuvem, por exemplo. A computação em nuvem é amplamente adotada na IoT, por garantir confiabilidade, escalabilidade e autonomia no fornecimento de acesso ubíquo, descoberta de recursos dinâmicos e componentização (GUBBI *et al.*, 2013; IERC, 2012; IOT-A, 2014).

#### 6.4.4 Ubiquidade da informação

Informações estão em toda parte. Estão transbordando a Internet e os computadores pessoais e sendo incorporadas ao mundo físico. Dispositivos móveis, recursos em rede e sistemas em tempo real estão fazendo com que nossas interações com informações sejam constantes e ubíquas. A informação está se tornando pervasiva (RESMINI; ROSATI, 2011).

A IoT constitui-se essencialmente de microprocessadores embutidos em objetos que processam **informações** capturadas pelos sensores. Em última instância, como observa Silvio Meira, os objetos passam a possuir '**capacidades informacionais**'. "Instrumentando o ambiente ao nosso redor, instalando [...] sensores e atuadores em tempo real e em rede, começamos a perceber o planeta como um gigantesco conjunto de fluxos de informação" ou um "campo informacional global" (MEIRA, 2010). A esta camada refletida sobre a realidade Kuniavsky (2010) denomina de '**sombra de informações**' (*information shadow*).

Quando estiver completamente desenvolvida, a IoT será uma infraestrutura de informações completa, que servirá a sociedade como um todo (SHIN, 2010). Mudanças reais serão promovidas ao atribuir capacidades de processamento de informações a objetos e conectá-los em rede (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013).

Em "*Ambient Findability*", Morville (2005) preocupa-se essencialmente com a encontrabilidade das informações em um mundo de crescente convergência entre real e digital. Ressalta que a quantidade de informações na Web atual é insignificante em relação aos oceanos de dados que fluirão através de uma rede global de dispositivos sensoriais, e o alicerce da experiência dos usuários nesses espaços será construído com base na **Web Semântica** de hoje. E a capacidade de separar metadados – descritivos, estruturais e administrativos – de conteúdos, apresentação e comportamento é uma grande vantagem para arquitetos da informação.

Com a disponibilidade de tecnologias de processamento e análise de grandes volumes de dados (*big data, data mining*), os sinais dos sensores podem ser interpretados estatística e comparativamente, a partir de informações gravadas em memória, tornando os objetos responsivos e adaptáveis à situação. Num contexto de sensores interligados, surgem ainda capacidades de uso de informações localizadas remotamente (nuvem) e reconhecimento de padrões (MCCULLOUGH, 2004).

Kuniavsky (2010) observa que as funcionalidades de coleta, organização e manipulação de informações tornaram-se um **componente** do design de produtos digitais, e não seu propósito.

Processamento de informações não precisa mais ser a finalidade de um objeto, mas uma das qualidades que o tornam mais útil e desejável, mais voltado para necessidades das pessoas.

#### **6.4.5 Convergência entre físico e digital**

Na IoT, informações passam a se mover em sentido inverso do que ocorria na formação do chamado ciberespaço. O mundo físico é alimentado pelo digital, a realidade é aumentada por aplicações centradas no usuário que promovem consumo e produção de informações. É como se o ciberespaço, que antes era um universo paralelo, transbordasse (KUNIAVSKY, 2010; RESMINI; ROSATI, 2011).

Entender o descerramento desse mundo fundado em novas bases materiais e uma cultura em franca aceleração tecnológica significa entender como o encontro entre espaços urbanos e digitais emerge, e como ele impacta nossas práticas – nossos modos de atuar, experimentar e socializar nessas condições materiais renovadas. Implica entender as condições de possibilidade da produção de tramas (comunicativas, técnicas) que moldam a realidade social e material, talvez assimétricas em suas extensões, presenças e expressões da prática (NETTO, 2011).

Enquanto paradigmas anteriores do ciberespaço apontavam para a desmaterialização da arquitetura, a computação pervasiva a reforça. A mudança de paradigma ocorre no momento em que deixa de ser discutida a construção de mundos virtuais e passa-se a embutir tecnologia da informação nas complexidades do ambiente social do mundo físico. Ao mesmo tempo em que a tecnologia se torna mais intuitiva pela corporificação, apresenta efeitos indesejados. O lançamento das publicações *'Ubiquity'* (2000) e *'After Cyberspace: When Computing Becomes Our World'* (2001) pela *Association for Computer Machinery* (ACM) marcaram as discussões sobre a mudança deste paradigma (MCCULLOUGH, 2004).

Dispositivos comunicam-se a partir de uma linguagem comum: on/off, sim/não, um/zero. "Tudo aquilo que pode ser digital, será; e tudo o que é digital pode ser agregado, e será. Esta é a lógica da convergência: tudo se conecta" (GREENFIELD, 2006). "A computação ubíqua é, grosso modo, o oposto da realidade virtual [...] A realidade virtual coloca as pessoas dentro de um mundo gerado por computador, enquanto a computação ubíqua força o computador a viver no mundo aqui fora, com as pessoas" (WEISER; BROWN, 1996).

[...] na medida em que diferentes tipos de sensores especializados e dispositivos coletam bits em locais arbitrários; processadores estão incorporados onde quer que seja necessário; e telas e aparelhos são integrados em edifícios controlados por sistemas digitais, tornar-se-á sem sentido perguntar onde terminam os eletrônicos

inteligentes e começa a construção inanimada; computadores irão sair de suas caixas, paredes serão ligadas e as obras arquitetônicas da “bitsfera” serão menos estruturas com chips do que robôs com fundações (MITCHELL, 1996).

A convergência decisiva acontece quando o corpo humano passa a ser ambiente para computadores. A computação vestível está se tornando ubíqua e invisível. Eventualmente nos aproximaremos de um ponto de ruptura “tecno-cultural” onde a convergência é lugar-comum, e *biochips* são implantados em seres vivos. Nesse contexto, surgem questionamentos como: seremos ‘chipados’ ao nascer? Será ilegal viver sem um chip implantado? Até onde iremos? Só o tempo dirá (MORVILLE, 2005).

Enquanto pessoas e informações estão cada vez mais conectados, tecnologias serão usadas como ferramentas de colaboração e tomada de decisões em um mundo de convergência física e digital. As pessoas serão empoderadas e terão suas capacidades aumentadas (FUNDACIÓN BANKINTER INNOVACIÓN, 2011). A tecnologia situada possibilita a comunicação por protocolos, fluxos, ecologias e sistemas, que formam a base de espaços de valor; entretanto, podem adicionar uma camada de desconfiança, excesso de informações e experiências massificadas (MCCULLOUGH, 2004).

#### **6.4.6 Variedade de escalas, heterogeneidade e complexidade**

A IoT afeta a humanidade em diferentes escalas. Envolve desde *nanochips* implantados em seres vivos a objetos de uso comum interconectados, equipados com sensores e identificados por radiofrequência (RFID) – capazes de trocar informações entre si, com as pessoas ou com o ambiente - até cidades inteiras sendo projetadas de maneira totalmente conectada e automatizada (as chamadas ‘*smart cities*’ ou ‘cidades inteligentes’), cujas características são abordadas na próxima seção.

As formas de manifestação da IoT são **heterogêneas**, incluindo dispositivos de múltiplos propósitos (celulares, tablets, relógios e óculos inteligentes) e dispositivos especializados (sensores de temperatura, dispositivos ativos e passivos, etc.), suportados por uma variedade de plataformas de software e hardware. O desafio de projetar espaços na IoT é contemplar os diferentes níveis de granularidade de forma transparente, garantindo a **interoperabilidade**.

Quanto maior a granularidade da manifestação da IoT, mais as propriedades sistêmicas se aplicam. O grão menor tem uma perspectiva mais vertical, de especialização das próprias capacidades, ao passo que uma escala maior, como a de uma cidade inteligente, é mais afetada pelas funcionalidades da rede, ou seja, das relações entre os conjuntos de objetos inteligentes (ou nós) que a compõem.

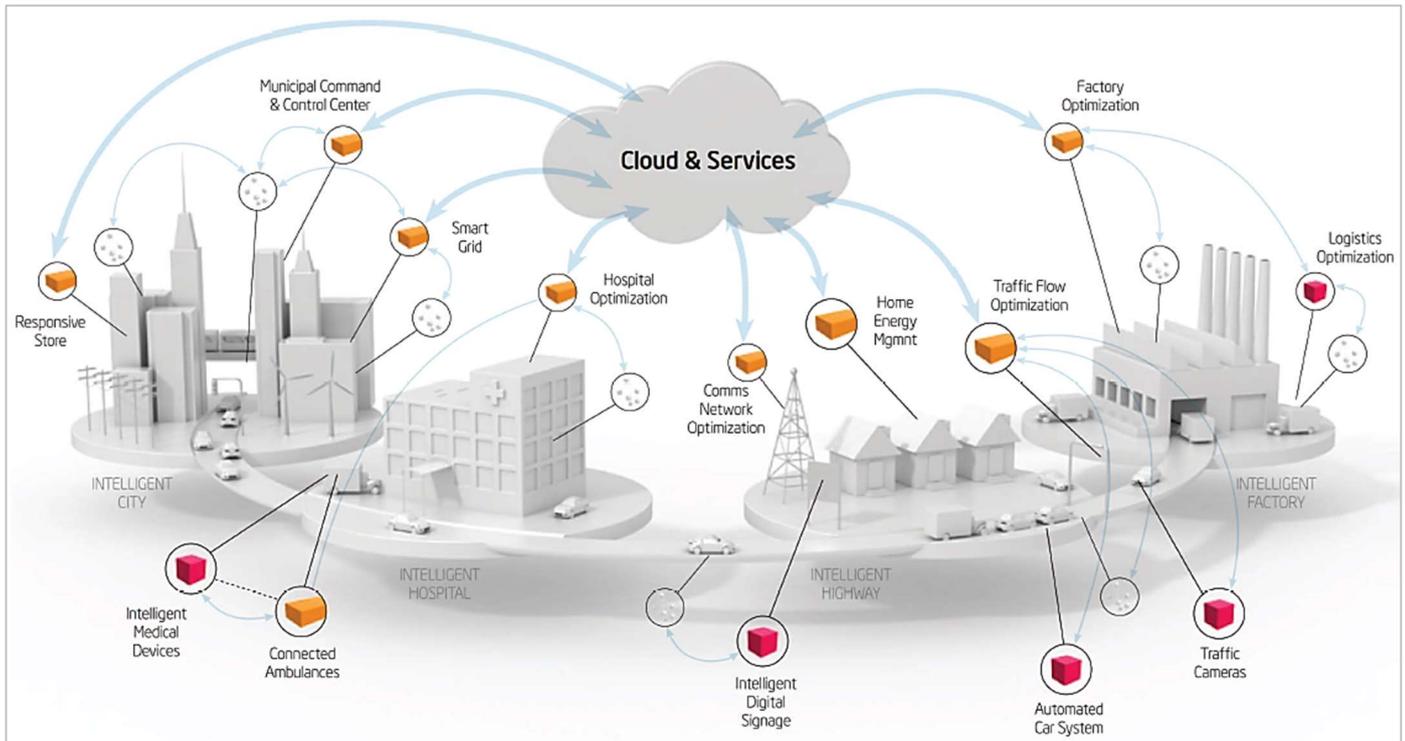
A Tabela 3, baseada em Kuniavsky (2010), com inclusões e adaptações, propõe uma classificação de elementos da IoT por escalas.

**Tabela 3:** Escalas de elementos em computação ubíqua

<b>Tipo</b>	<b>Escala (<math>\pm</math>)</b>	<b>Características</b>
<b>Invisível</b>	100 nm	Incluem-se nesta categoria os <i>nanochips</i> , que podem ser implantados em seres vivos, funcionando como sensores subcutâneos que informam, por exemplo, sinais vitais aos pacientes ou médicos em tempo real.
<b>Superficial</b>	1 cm	A tela é primariamente textual para garantir maior densidade conceitual; informações são limitadas pela baixa resolução; a interface é altamente estruturada devido às restritas oportunidades de contexto visual; canais secundários de feedback, como sinais de calor e vibração, são mais importantes nessa escala do que nas demais (sensores de temperatura, displays de refrigeradores inteligentes, etc).
<b>Portátil</b>	10 cm	Permitem ampla variedade de aplicações, de canecas a telefones celulares. Os vestíveis também se incluem nesta categoria, tais como óculos inteligentes.
<b>Pessoal</b>	1 m	Possuem tamanho e forma em escala humana, permitindo uma integração maior da experiência de uso. São utilizados por uma pessoa de cada vez. São destinos, mais do que ferramentas portáteis, apropriados para interações com gestos (totens, carros inteligentes, videogames com interfaces naturais).
<b>Ambiental</b>	10 m	Envolvem diversas pessoas em uma única experiência e em um mesmo local ou ambiente. Utilizam tipicamente telas grandes para promover maior visibilidade pelos participantes.
<b>Arquitetural</b>	100 m	Edifícios inteligentes (residenciais, comerciais, hospitalares, industriais), com aproveitamento de energia, integração de recursos, alertas sobre necessidades de manutenção, etc.
<b>Urbano</b>	1 km	Cidades inteligentes, que integram as funcionalidades das escalas anteriores, e promovem infraestrutura e serviços inteligentes.

Fonte: adaptada de Kuniavsky (2010)

A Figura 15 apresenta a estrutura de uma cidade inteligente (IERC, 2012; VERMESAN; FRIESS, 2013). A imagem ilustra o ecossistema de informações da cidade, que inclui um comando central municipal; serviços de informação em uma nuvem que conecta toda a cidade; além de autoestrada, hospital e fábrica inteligentes, com otimização de energia, rede, logística e fluxos de tráfego.



**Figura 15:** Infraestrutura de cidade inteligente

Fonte: Intel (2014)

As redes conectam-se em diferentes níveis: corpo, edifício, comunidade, globo. “Os elementos da ‘bitsfera’ irão finalmente reunir-se para formar um sistema densamente entrelaçado [...] (MITCHELL, 1996). Do ponto de vista de redes, há no cerne dessa ecologia um fluxo contínuo entre (BASSI *et al.*, 2013):

- Redes de área corporal (BAN) – ex: sensor de audiência ambiente, camisetas inteligentes;
- Redes de área local (LAN) – ex: medidor inteligente para automação de uma casa
- Redes de longa distância (WAN) – ex: transportes inteligentes
- Redes de muito longa distância (VWAN) – ex: cidades inteligentes, serviços de governo inteligente

A Figura 16 sugere escalas de lugares a serem considerados para o design da camada digital que emerge no espaço com a IoT (UCKELMANN; HARRISON; MICHAELLES, 2011). “Para compreender

lugares em um mundo de mobilidade cada vez maior, é preciso desenvolver padrões, protocolos e critérios de propriedade e confiabilidade mais adequados para aparatos situados e sensíveis a localização” (MCCULLOUGH, 2004).

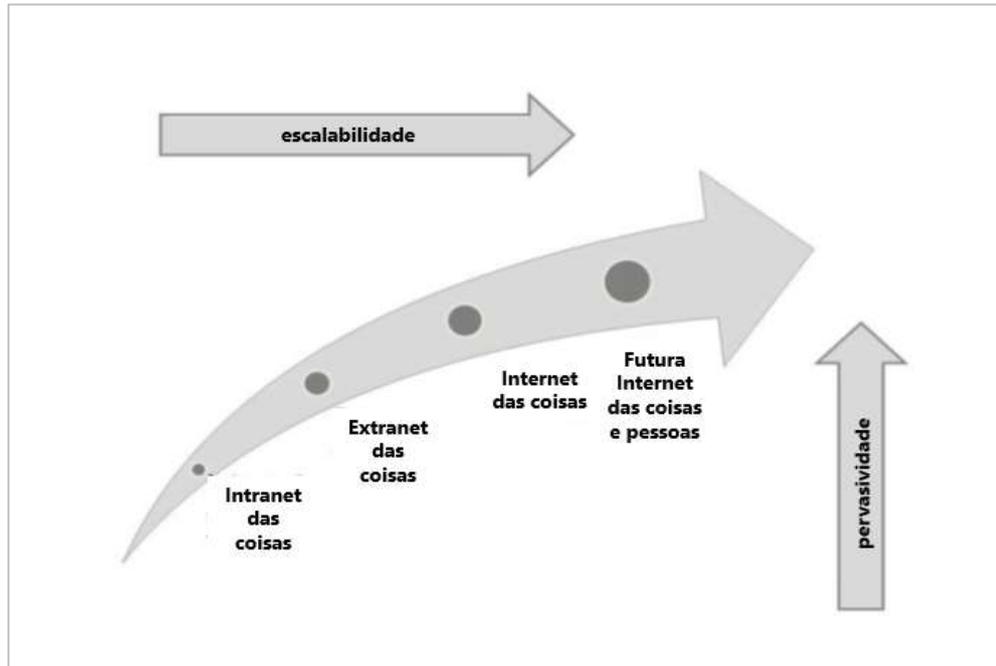


Figura 16: Evolução gradual da IoT

Fonte: adaptada de Uckelmann; Harrison; Michahelles (2011)

Nessa perspectiva, percebe-se a transição da computação ubíqua, que confere capacidades de processamento a objetos de uso cotidiano, para a Internet das Coisas, que integra esses objetos em redes locais e globais. “O que vai distinguir a computação do futuro da computação do passado é a enorme escala e a complexidade” (LUCAS; BALLAY; MCMANUS, 2012). As oportunidades de interação homem-máquina aumentarão exponencialmente, e os métodos e técnicas de projeto aplicáveis na era dos PCs serão inadequados às questões de escala enfrentadas na IoT: convergência entre físico e digital; objetos responsivos; dispositivos interagindo independentemente; foco dos usuários no essencial, e não no uso do dispositivo (transparência); coleta massiva de dados; e compartilhamento de informações e recursos (FRAMLING *et al.*, 2009).

## 6.5 Aplicações

### 6.5.1 Áreas de impacto

A Internet das Coisas tem potencial para oferecer uma infinidade de benefícios para a sociedade – técnicos, sociais, econômicos, ambientais. Percebem-se efeitos significativos nas áreas de meio ambiente, saúde, comunicação, segurança, comodidade e urbanismo. As aplicações são todas quantas forem possíveis de se imaginar ao associar objetos com informações, computabilidade e ação dinâmica. Alguns exemplos, que já são realidade, estão enumerados nesta seção, apenas para ilustrar os potenciais da IoT em termos práticos. O quadro da Figura 17: Aplicações da IoT, produzido com base em Abbas (2014), IoT-A (2014) e IERC (2012), apresenta um resumo de alguns dos impactos mais relevantes em diferentes áreas.

 <b>CORPO</b> SAÚDE E BEM-ESTAR	 <b>CASA</b> CONSUMO E COMODIDADE	 <b>INDÚSTRIA</b> PROCESSOS E LOGÍSTICA	 <b>TRANSPORTE</b> MOBILIDADE	 <b>CIDADE</b> INFRAESTRUTURA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento de sinais vitais para prevenção, e integração de informações de pacientes e profissionais de saúde</li> <li>• Tecnologias não intrusivas de promoção da saúde (nanotecnologia)</li> <li>• Tratamentos e atividades físicas personalizados em função de informações precisas, necessidades e objetivos das pessoas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia de água e energia</li> <li>• Informações em objetos</li> <li>• Eletrodomésticos que se comunicam para solucionar problemas</li> <li>• Segurança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção em tempo real, sem desperdício de recursos e materiais</li> <li>• Informações disponíveis instantaneamente para os processos de trabalho</li> <li>• Vendas e logística integradas e rastreáveis</li> <li>• Sustentabilidade na produção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluxo contínuo de veículos</li> <li>• Interação entre veículos públicos e privados</li> <li>• Preservação do meio ambiente, sem emissão de poluentes</li> <li>• Estacionamentos localizáveis</li> <li>• Carros auto-dirigíveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectividade e integração total em rede</li> <li>• Instrumentação dos serviços essenciais</li> <li>• Monitoramento e análise de dados em tempo real, para garantia de sustentabilidade, segurança e comodidade</li> <li>• Consumo de energia sustentável</li> </ul>

Figura 17: Aplicações da IoT

Fonte: adaptada de Abbas (2014), IoT-A (2014) e IERC (2012)

Chui; Löffler; Roberts (2010) classificam em seis os tipos de aplicações na IoT, que surgem em duas categorias: **informação e análise** e **automação e controle**.

Tabela 4: Tipos de aplicações da IoT

Informação e análise	Automação e controle
Monitoramento de comportamento	Otimização de processos
Sensibilidade ao contexto	Otimização de consumo de recursos
Tomada de decisões baseada em dados	Autonomia de sistemas complexos

Fonte: adaptada de Chui; Löffler; Roberts (2010)

O gráfico da Figura 18 apresenta a proporção atual de concentração de aplicações da IoT por área (escala: 1=insignificante, 5=muito importante) (FUNDACIÓN BANKINTER INNOVACIÓN, 2011):

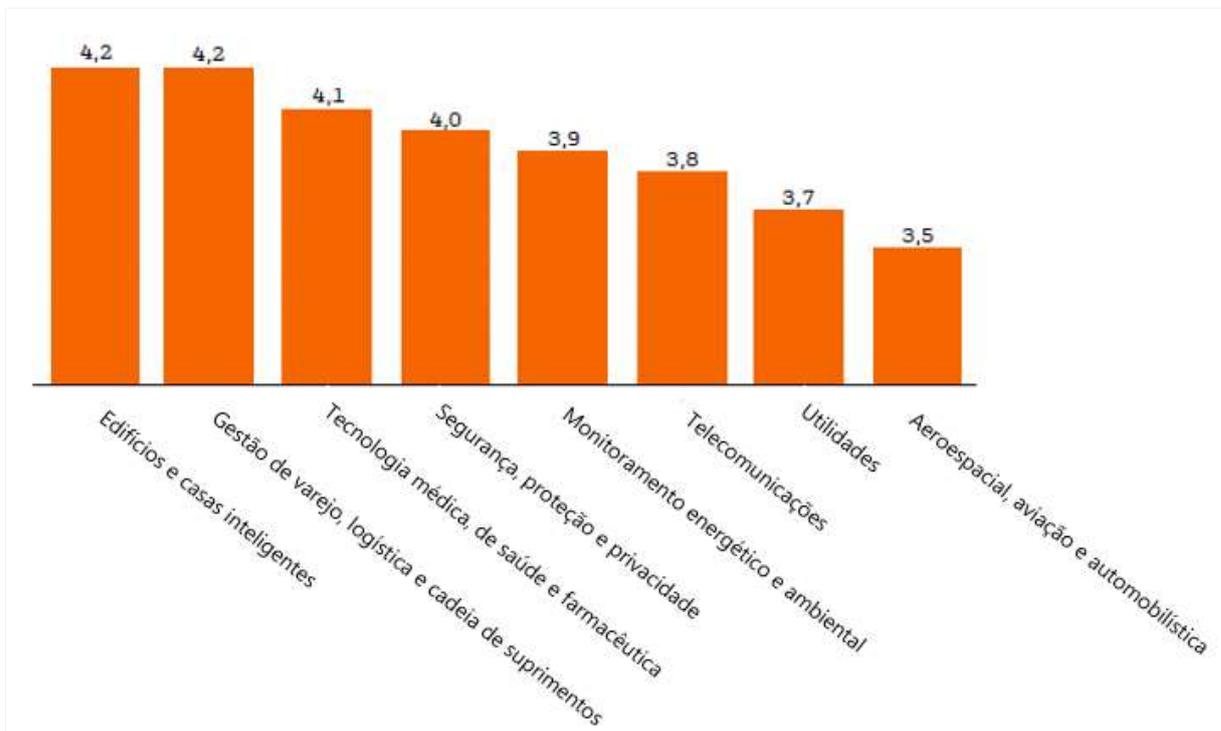


Figura 18: Impacto da IoT na indústria

Fonte: Fundación Bankinter Innovación (2011)

O gráfico é baseado em pesquisa realizada pela *Fundación Bankinter Innovación* (2011), em parceria com a *Accenture*, que considerou respostas de mais de 400 (quatrocentos) especialistas, membros do *Future Trends Forum* (FTF).

## 6.5.2 Objetos inteligentes

*“E se os objetos cotidianos ao nosso redor ganhassem vida? E se pudessem sentir nossa presença, nosso foco de atenção, nossas ações, e pudessem responder com informações relevantes sugestões e ações?”*

*(Donald Norman, 2009)*

“Objetos capazes de se adaptar, aprender, interagir, memorizar e coordenar esforços com outros objetos: essa é a mudança revolucionária que veremos até o fim dessa década. E serão mais objetos interagindo entre si do que seres humanos – seremos uma minoria comunicativa no planeta” (FLORIDI, 2013). Através da exploração de identificação, captura de dados, capacidade de processamento e de comunicação, a IoT utiliza artefatos inteligentes para oferecer serviços a inúmeros os tipos de aplicações (ITU-T, 2012). A ideia básica é a crescente presença ubíqua ou pervasiva de objetos interligados em rede, que não só capturam informações do ambiente por sensores, mas interagem com o mundo físico, provendo as mais diversas aplicações [...] (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010; GUBBI *et al.*, 2013; IOT-A, 2014).

Dentre os exemplos mais emblemáticos de ‘dispositivos inteligentes’ estão os óculos lançados pela Google em 2012: *Google Glass*, ilustrados pela Figura 19.

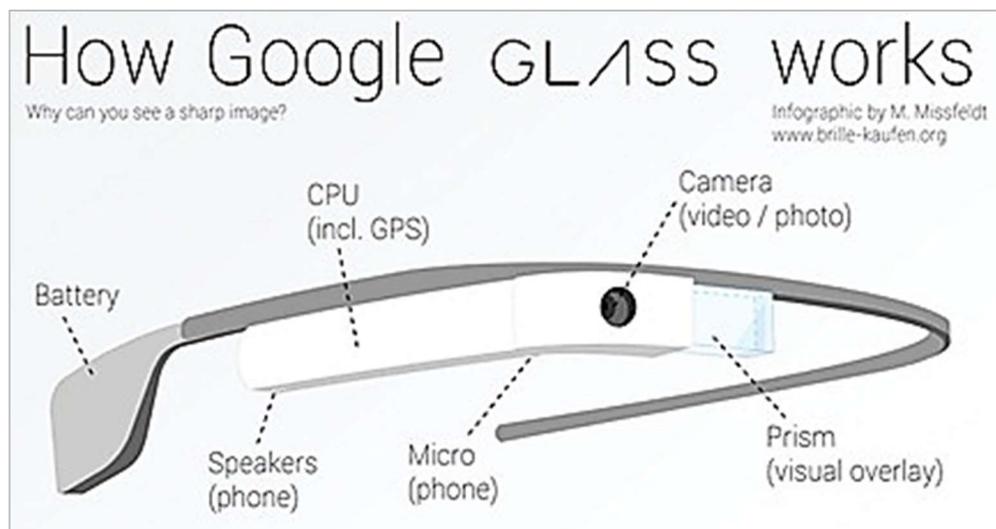


Figura 19: Google Glass

Fonte: Horn (2013)

O *Google Glass* é capaz de criar, interpretar e apresentar a camada de informações que emerge da convergência entre o mundo físico e o digital. O artefato é composto por câmera, *touchpad*, *display* de 25 polegadas, processador, bateria e microfone. Suas funcionalidades incluem: assistir e gravar vídeos, tirar fotos, plotar mapas e fornecer orientações baseadas em GPS, pesquisar e traduzir informações, além de apresentar dados no campo de visão do usuário, mesmo em movimento, e obedecer a comandos de voz em qualquer idioma (HORN, 2013).

### 6.5.3 Cidades inteligentes

*"Nossas cidades estão rapidamente se transformando em ecossistemas de organismos digitais inteligentes, interconectados e independentes".*

*(William Mitchell, 1996)*

Em *Everyware* (2006) e *Against the Smart City* (2013), Adam Greenfield faz um diagnóstico que serve de referência para a compreensão dos impactos da IoT, notadamente sobre as cidades e sua transformação em 'cidades inteligentes', ou '*smart cities*'.

Quando coisas cotidianas são dotadas da habilidade de perceber seu ambiente, armazenar metadados refletindo a própria proveniência, localidade, estado, e histórico de uso, e compartilhar essa informação com outros objetos como estes, isso não pode deixar de redefinir nossa relação com tais coisas. Nós perceberemos nossa experiência diária de mundo alterada em inumeráveis maneiras, algumas óbvias e outras difíceis de discernir. E dentre as consequências mais significativas desta "computação em toda parte" é que ela implica fortemente em "informação em toda parte" (GREENFIELD, 2006).

As 'cidades inteligentes' já são realidade. Como observa Mark Shepard em "*Sentient City*" (2011), evangelistas da computação ubíqua há muito já anunciavam a idade em que a infraestrutura urbana seria capaz de sentir e responder aos eventos e atividades ao redor. Imbuída de habilidades de lembrar, correlacionar e antecipar, esta 'cidade sensível' (*sentient city*) monitora reflexivamente seu ambiente e o comportamento das pessoas, tornando-se agente ativo na organização da vida cotidiana no espaço público urbano.

A forma da cidade clássica demonstrava as aspirações cívicas; na cidade moderna, a forma seguia a função mecanizada; a forma da cidade digital, por sua vez, deve prover os limites e a base para a troca de bits, para a multiplicidade de atividades e, ao mesmo

tempo, para a necessidade contínua de um ambiente duradouro (MCCULLOUGH, 2004).

O conceito de 'cidades inteligentes' é amplo: abarca espaços em escala urbana cuja infraestrutura e serviços sejam instrumentalizados por tecnologias em suas mais diversas funções – saúde, transporte, indústria, logística, habitação. Nesses espaços, as novas tecnologias convivem com as estruturas do mundo analógico, de forma a aumentar seu potencial de satisfação das necessidades humanas, a partir de premissas de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida.

Contudo, como observam Greenfield e Kim (2013), o termo 'cidades inteligentes' refere-se originalmente a um pequeno número de projetos de cidades construídas a partir do zero com a finalidade de serem totalmente 'inteligentes'. Algumas dessas 'cidades do futuro', ou 'cidades inteligentes canônicas' – como New Songdo (Korea do Sul), PlanIT Valley (Portugal), Masdar City (Emirados Árabes) e Konza Techno City (Quênia) – já estão em pleno desenvolvimento, como mostra o mapa da Figura 20.



Figura 20: Mapa das Cidades Inteligentes

Fonte: The Economist (2013)

Greenfield dedicou dois livros (GREENFIELD, 2006; GREENFIELD; KIM, 2013) e diversos artigos aos problemas e desafios dessas cidades forjadas artificialmente. Alguns deles são tratados na seção seguinte deste trabalho. O autor preocupa-se essencialmente com as consequências dessa guinada tecnológica para a economia urbana, as políticas locais, e a composição material do ambiente diário,

sobretudo porque serão suportadas “pela própria estrutura da psique humana”, na medida em que afetam “espaços, experiências e relações com a vida cotidiana” (GREENFIELD; KIM, 2013).

## 7 Desafios e questões emergentes da IoT

### 7.1 Aspectos tecnológicos e informacionais

#### 7.1.1 Plataforma aberta e interoperabilidade

A IoT constitui-se essencialmente em um ecossistema, onde as informações fluem de um ponto a outro – fluxo que deve ser transparente e contínuo. A comunicação entre múltiplos dispositivos é um desafio, tendo em vista que diversos fabricantes fornecem artefatos com tecnologias e serviços **proprietários**, o que dificulta a troca de dados (KHAN *et al.*, 2012; ZORZI *et al.*, 2010). O desenvolvimento da IoT depende do investimento em infraestrutura de rede sem fio de larga escala e em plataforma independente, com protocolos que suportem a variedade de aplicações existentes, garantindo escalabilidade e segurança (SHIN, 2010). Seu sucesso está fortemente vinculado a iniciativas globais de desenvolvimento de **padrões** que proporcionem **interoperabilidade** entre dados de sensores e objetos (ITU-T, 2012).

A interoperabilidade é alcançada pela adoção de **modelos de arquitetura de referência** para a IoT (ver seção 6.3), que delineiam princípios e diretrizes para a concepção de seus protocolos, interfaces e algoritmos (ZORZI *et al.*, 2010). Considerando que a IoT abrange uma gama de tecnologias, uma única arquitetura de referência não é suficiente como modelo para todas as possíveis implementações concretas. Por isso, várias arquiteturas de referência podem coexistir, o que faz com que seja necessário especificar os componentes físicos e organização funcional na configuração de redes, seus princípios e procedimentos operacionais, bem como os formatos de dados utilizados nas operações (WEBER, 2010).

A realização eficiente de negócios na IoT exige a disponibilidade de normas harmonizadas, pelo menos em nível regional, mas preferencialmente global. Muitas organizações, particularmente na Europa, estão unindo forças a fim de realizar a necessária harmonização de padrões (WEBER, 2010). A necessidade de um consenso em torno de questões técnicas da IoT levou ao estabelecimento da *Internet Protocol for Smart Objects Alliance* (Aliança do Protocolo de Internet para Objetos Inteligentes), atualmente com mais de 60 empresas de tecnologia de ponta e energia associadas, trabalhando com organismos de normalização para especificar novas tecnologias baseadas em IP, e promover o consenso da indústria sobre as especificações envolvidas (SHIN, 2010).

Greenfield e Kim (2013) alertam para o fato de que as ‘cidades inteligentes’ estão sendo construídas sob plataformas proprietárias, no que tange a especificações de hardware, padrões de interoperabilidade e protocolos de intercâmbio de dados. Os autores citam o exemplo da rede social

*iPlanits*, que estaria sendo desenvolvida para os habitantes cidade portuguesa *PlanIT Valley* – “Por que não optar por uma rede aberta como o Facebook, com mais probabilidade de adequar-se aos interesses das pessoas?” – questionam.

### 7.1.2 Sensoriamento e localização

Em termos de sensoriamento e localização, alguns dos principais desafios são (HIGHTOWER; BORRIELLO, 2001; KHAN *et al.*, 2012; MCCULLOUGH, 2004):

- Distinguir alcance e precisão: a indústria de dados georreferenciados está em ascensão, considerando que elementos arquiteturais do espaço físico frequentemente moldam e sinalizam ações. Portanto, a localidade da interação envolve relacionamentos geométricos em fina resolução;
- Considerar as diferenças entre posição física e localização simbólica. Por exemplo, o GPS fornece a posição física, como 47 ° 39'17 "N 122 ° 18'23 por "W em uma elevação de 20,5 metros, que é traduzida em localização simbólica (ex: em casa, perto do banco x) por um sistema de informação geográfica (SIG) ou uma base de dados;
- Distinguir localização absoluta e relativa: receptores GPS usam latitude, longitude e altitude para definir uma referência comum (posição absoluta) para todos os objetos localizados. Em sistemas relativos, cada objeto tem seu próprio referencial (ex: um receptor usado em uma tentativa de resgate de montanha indica a posição relativa - direção e proximidade - do transceptor de uma vítima de avalanche);
- Considerar questões de reconhecimento e privacidade: sistemas que operam computação de localização garantem a privacidade - no GPS, o dispositivo que recebe a informação calcula sua própria posição, e os satélites não têm conhecimento sobre quem utiliza os seus sinais. Os sistemas de crachá e RFID, por outro lado, requerem a autoidentificação do objeto, então a posição pode ser calculada por sistema externo, comprometendo a privacidade e a segurança;
- Considerar disponibilidade de espectro de dedicado à transmissão de dados sem fio, necessária para que milhares de milhões de sensores se comuniquem.

### 7.1.3 Identificação e endereçamento

Esquemas de identificação do futuro deverão contemplar uma variedade de entidades do mundo real, tais como lugares ou seres vivos, tornando a convergência a nível mundial a um único esquema altamente improvável. Soluções adequadas, portanto, devem ser capazes de inter-relacionar esquemas heterogêneos (ZORZI *et al.*, 2010).

O **endereçamento** não ambíguo representa um ponto crítico para a implementação da IoT, que só será viável devido à nova geração do IP (*Internet Protocol*) – o **IPV6**, com 128 bits de espaço de endereçamento, utilizado como identificador único para dispositivos em rede. A extensão IPV6 foi criada devido à limitação numérica da versão anterior, e possibilita a geração de cerca de 340 undecilhões de endereços de IP, o suficiente para identificar diversas vezes cada grão de areia do planeta. O IPV6 está se tornando o padrão para dispositivos na IoT. Utilizado de forma integrada com *tags* RFID, por exemplo, funciona como “ponte entre o mundo físico e o virtual [...]”. Seu objetivo é transformar cada ‘coisa’ ou cada parte de cada coisa no mundo um nó na rede” (GREENFIELD, 2006).

O desafio é migrar a infraestrutura atual da Internet, que utiliza IPV4, e criar um sistema de gerenciamento dinâmico e eficiente de identidades. De acordo com o Comitê Gestor da Internet no Brasil – CGI.br (2012), a transição deveria ser gradual, pois não há interoperabilidade entre versões do IP, mas ambos os protocolos podem funcionar simultaneamente nos mesmos dispositivos. Ocorre que o IPV6 ainda não está em ampla utilização, e o IPV4 já está se esgotando. Portanto, estão sendo adotadas outras técnicas de transição, considerando que há equipamentos legados incompatíveis com IPV6 e outros que utilizam somente esta versão, por falta de IPV4 livres.

O atraso na migração causa um problema adicional, segundo o CGI.br: provedores estão compartilhando endereços IPV4 em função do esgotamento. Considerando que estes endereços são utilizados para a identificação única de usuários associadas aos registros de suas ações, o compartilhamento pode dificultar, por exemplo, a detecção de crimes virtuais. Uma forma de minimizar este problema é a gravação das ‘portas de origem’ do acesso. Mas a migração definitiva para IPV6 é cada vez mais urgente, sobretudo com a evolução da IoT.

#### **7.1.4 Encontrabilidade e precisão**

Encontrar itens de forma precisa em meio a um trilhão de objetos identificados em movimento é um aspecto complexo na IoT; são dados de posicionamento, estado, logs, notificações, estatísticas. Os problemas de sinonímia ficam mais críticos e geram uma relação paradoxal: quanto maior o volume de informações, menor a capacidade de recuperar qualquer item em particular (MORVILLE, 2005; RESMINI; ROSATI, 2011).

Numa esfera mais específica, a busca por dados espaciais abertos e reusáveis tornou-se meta precíua para indústria de dados geográficos, uma vez que estes promovem as interações contextuais e servem a inúmeros tipos de aplicação. A modelagem de localização envolve questões de governança das informações espaciais: garantir consistência, precisão e procedência de dados requer um trabalho de manutenção contínuo (MCCULLOUGH, 2004).

### 7.1.5 Contexto e comunicação

Na medida em que se disseminam atividades digitalmente mediadas por sistemas, por meio de dispositivos móveis ou embutidos no ambiente, torna-se fundamental compreender o **contexto** de conexão dos artefatos em dado ambiente. Em função do mapeamento do contexto, é possível projetar a capacidade de **comunicação** necessária entre os sistemas, evitando dependências excessivas, pois as interferências dificultam a orquestração dos serviços. Os dispositivos devem ser ao máximo autossuficientes, ainda que integrados a um ecossistema (MCCULLOUGH, 2004).

A apreensão do contexto passa também pela representação adequada dos **relacionamentos** relevantes entre os dispositivos, que não devem ficar restritos ao simples endereçamento de rede. O espaço físico associado a cada usuário precisa ser compreendido de forma inequívoca. Caso contrário, a proliferação de dispositivos inteligentes apenas aumentará a complexidade das interações e experiências dos usuários, ao invés de facilitá-las. A representação pode ser feita através de links dinâmicos gerados em função da geometria espacial, com os limites determinados pelo espaço físico onde ocorre a interação. Uma camada de abstração baseada em **ontologias**, construída como serviço independente de uma aplicação em particular, pode ser utilizada para representar semanticamente a existência de pessoas e dispositivos em determinado espaço, de modo a evitar inconsistências perceptuais e redundância de hardware nos 'ambientes inteligentes' (MCCULLOUGH, 2004; SHIN, 2010).

"Como um objeto que não é obviamente computacional comunica suas capacidades sem requerer enorme quantidade de documentação e treinamento?" (KUNIAVSKY, 2010). Muitas das novas capacidades dos objetos não serão óbvias, o que torna o design intuitivo mais complexo. Transmitir ao usuário a possibilidade que um artefato tem de comunicação em rede de curto alcance (RFID) ou de comunicação em nuvem são exemplos dessa necessidade. Ou ainda, como deixar claro às pessoas que estão sendo filmadas em um ponto de ônibus, e, mais importante, por que motivo? (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013).

### 7.1.6 Eficiência energética e sustentabilidade

Vale ressaltar que o futuro IoT aponta para um crescimento exponencial no consumo de energia, devido ao crescente tráfego de dados e de dispositivos conectados à Internet. A tendência é a adoção de 'tecnologias verdes' para garantir maior eficiência energética possível (KHAN *et al.*, 2012). A arquitetura dos dispositivos inteligentes deve levar este fator em consideração, tendo como premissa a sustentabilidade.

Outro ponto, colocado por Greenfield (2006) é que as cidades inteligentes são ‘ultra-especificadas’ (*overspecified*), no sentido de serem altamente dependentes de tecnologia. “Podem acontecer situações desagradáveis ou até perversas se essas cidades não investirem em uma infraestrutura de manutenção constante dos sistemas e atualização de *hardware*. E ainda, a cidade na qual os serviços de infraestrutura são vinculados à tecnologia de um dado momento no tempo podem ter dificuldade de prontamente adaptarem-se quando novas possibilidades em transporte, logística e comunicação surgirem (GREENFIELD; KIM, 2013).

## 7.2 Aspectos humanos e sociais

### 7.2.1 Ética

Tecnologias e mercados não podem existir independentemente de princípios abrangentes de um sistema ético e social. A IoT terá um amplo impacto em muitos dos processos que caracterizam a vida cotidiana, portanto, é primordial que seu desenvolvimento seja fundamentado em estratégias orientadas a **peçoas**. Para isso, aqueles que as projetam devem estar próximos aos que irão utilizá-las (MENDES, 2011).

Numa das palestras de abertura do evento *Internet of Things: Philosophy* (2014), que teve como mote “examinar o que significa ser humano na Internet das Coisas”, Gérald Santucci indagou: “como a Internet das Coisas irá transformar-nos – e em quê?” Segundo ele, se tivéssemos de escolher uma palavra para descrever o que é a IoT é, certamente seria ‘**inteligente**’: objetos, cidades, redes, saúde e transporte inteligentes, etc. Mas o que ‘inteligente’ implica em termos de desafios sociais? Quais as formas de governança necessárias em um ambiente ‘inteligente’? Como a IoT afeta e transforma a relação entre seres humanos e objetos? Que ética deve orientar a concepção e implementação de objetos inteligentes conectados? Não seriam objetos forçando os seres humanos a se comportarem de acordo com padrões que podem privá-los de sua autonomia ou liberdade?

O grupo de especialistas da Comissão Europeia (*IoT Expert Group*) identificou seis questões éticas fundamentais no âmbito da IoT: **justiça social** (combate à exclusão digital e de conhecimentos); **confiabilidade** (garantia de privacidade e segurança, proteção de dados); **clareza sobre contextos** (responsabilidades dos atores no ecossistema, privado versus público), **clareza sobre metáforas** (conveniência versus perigos das ‘coisas inteligentes’), **clareza sobre agência de objetos** (contrato entre pessoas e objetos) e **autonomia dos indivíduos** (consentimento informado sobre funcionalidades e ações dos objetos) (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Estamos caminhando para “um mundo rico em informações, com novas possibilidades e problemas. Indivíduos e instituições obterão maior flexibilidade

e produtividade. No entanto, teremos que lutar para equilibrar privacidade, liberdade, conveniência e segurança” (MORVILLE, 2005).

Em *Digital Ground*, McCullough (2004) parte de princípios arquitetônicos para abordar a modelagem de espaços onde ocorrem ações mediadas digitalmente. Observa que a computação pervasiva cria tais espaços, que subitamente reconfiguram-se de acordo com seus ocupantes, cujo uso pode causar paranoia ou satisfação, dependendo de quão inteligentemente são projetados. E coloca em pauta questões do tipo: “é preferível ser sujeito passivo de monitoramento ou precisar fornecer ativamente identificação?” “Arquiteturas instanciam intenções, etiquetas e ações particulares”, conclui.

### **7.2.2 Governança: atores e papéis**

Governança da Internet é a capacidade de estabelecer modelos para o seu funcionamento, de forma que todos os envolvidos (governo, indústria, universidades e sociedade civil organizada) colaborem com o modelo para o bom funcionamento e o desenvolvimento da Internet (COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL, 2010).

Quem toma as decisões no escopo da Internet das Coisas? Quem é responsável por implementá-las? Quem regula seu funcionamento? Qual o papel de cada um dos atores envolvidos? A **Governança da IoT** tem de integrar as partes interessadas, como cidadãos, pequenas e médias empresas, instituições governamentais e formuladores de políticas, para atender e corresponder às necessidades sociais e econômicas fundamentais. Governos e indústria em todo o mundo estão investindo bilhões de dólares para implantar a infraestrutura da IoT. Pesquisa e desenvolvimento em parcerias globais serão essenciais para elevar as discussões neste cenário, e as autoridades públicas têm desempenhado um papel crucial ao incluir a IoT como prioridade nas estratégias nacionais de TICs (GUBBI *et al.*, 2013; UCKELMANN; HARRISON; MICHAELLES, 2011).

O gráfico da Figura 21 ilustra os agentes direcionadores da adoção da IoT e seu respectivo grau de influência (escala: 1=insignificante, 5=muito importante) (FUNDACIÓN BANKINTER INNOVACIÓN, 2011).

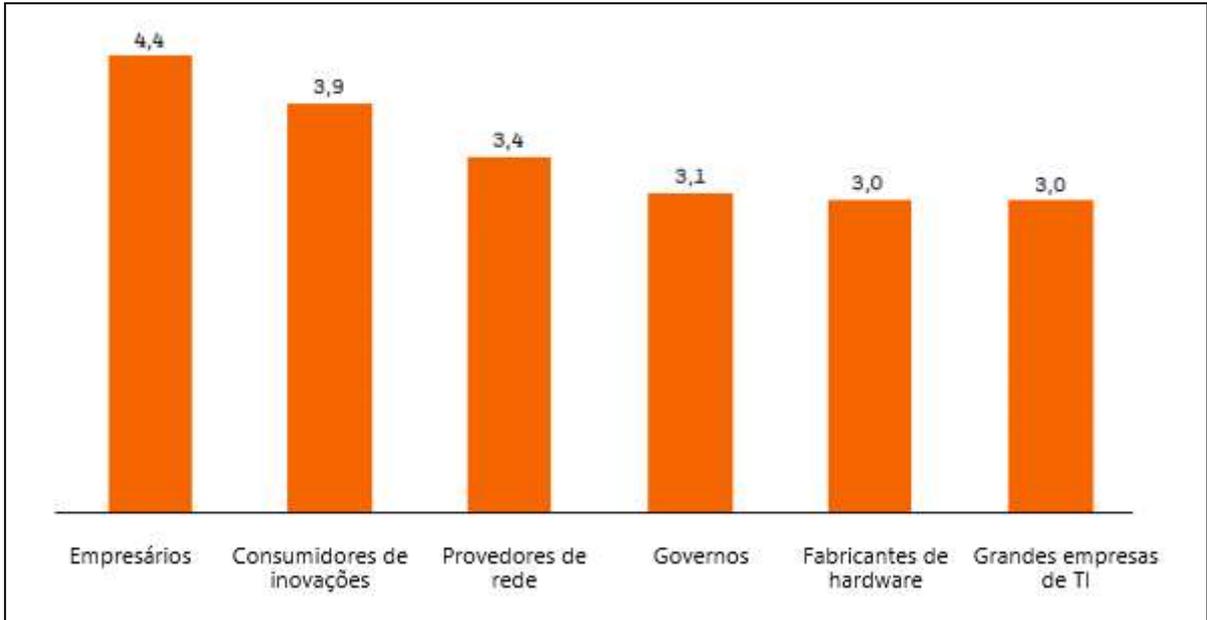


Figura 21: Agentes direcionadores da adoção da IoT

Fonte: Fundación Bankinter Innovación (2011)

O gráfico é baseado em pesquisa realizada pela *Fundación Bankinter Innovación* (2011), em parceria com a *Accenture*, que considerou respostas de mais de 400 (quatrocentos) especialistas, membros do *Future Trends Forum* (FTF).

**Governança da Internet** refere-se, portanto, ao "desenvolvimento e aplicação por parte dos governos, do setor privado e da sociedade civil, em seus respectivos papéis, de princípios comuns, normas, regras, procedimentos de tomada de decisão e programas que dão forma à evolução e utilização da Internet" (WEBER, 2013). O Grupo de Trabalho da União Europeia sobre **Governança da IoT** concluiu que existem duas abordagens contraditórias entre seus membros em relação à governança: para alguns a IoT nada mais é do que uma aplicação ou serviço especial da Internet, e deve obedecer às regras e mecanismos de governança da Internet em geral, nas quais haveria espaço para a inclusão de questões mais específicas; outros acreditam que haja necessidade de regras e mecanismos próprios, dadas as particularidades e a necessidade de políticas públicas fundamentalmente diferentes daquelas discutidas no domínio da Internet (EUROPEAN STRATEGY FOR THE INTERNET OF THINGS, 2012).

Experiências de regulamentação da Internet sugerem que o conceito de '**governança multilateral**' pode ser entendido como um caminho a seguir em favor da inclusão da sociedade no processo decisório sobre a IoT. Diferentes mecanismos legais podem ser adotados, tais como: instrumentos jurídicos internacionais que poderiam fundamentar leis nacionais; recomendações diretas

das organizações internacionais; correção (mecanismo baseado em objetivos estabelecidos em ato legislativo, mas implementados por particulares); e autorregulação (baseando-se em regras adotadas pela indústria). Parece ser evidente que o ideal é haver uma combinação de vários mecanismos, em uma abordagem de múltiplos níveis (WEBER, 2013).

Weber (2013) defende a necessidade de novas abordagens regulatórias para garantir privacidade e segurança na IoT. Segundo ele, a natureza da IoT pede um quadro jurídico heterogêneo e diferenciado, que tome devidamente em conta sua globalidade, verticalidade, onipresença e tecnicidade. Legislações geograficamente limitadas não parecem adequadas neste contexto. No entanto, a autorregulação que tem sido aplicada até agora pode não ser suficiente para garantir proteções eficazes. Um referencial de princípios fundamentais estabelecidos por um legislador internacional, complementado pelo setor privado com uma regulamentação mais detalhada, parece ser a melhor solução. A inclusão de um legislador internacional no processo garante o envolvimento contínuo do setor público, que pode contribuir no mínimo com o monitoramento do processo (WEBER, 2013).

A IoT deve ser uma plataforma de rede orientada às pessoas, na qual as comunidades criem valor a partir de múltiplas contribuições individuais, de modo que o ambiente futuro é aquele que vai depender não apenas de grandes centros de supercomputação e do governo, mas das práticas de várias matrizes de indivíduos em constante mudança, voltados à concepção de novos ambientes (YAN *et al.*, 2008).

Em "City of Bits" (1996), o arquiteto e professor do MIT William Mitchell repensava em termos de arquitetura e urbanismo o contexto da revolução digital, da miniaturização dos eletrônicos, da mercantilização dos bits, e da crescente dominação dos softwares sobre as formas materiais. Ele considerava como o maior desafio não a instrumentação tecnológica dos espaços nem a produção de conteúdos digitais; mas imaginar e criar ambientes digitalmente mediados em função da vida que gostaríamos de levar e do tipo de comunidades que queremos produzir. Afirmava que não devemos ser passivos diante da emergência de estruturas cívicas e arranjos espaciais na era digital – que são determinantes do acesso a oportunidades econômicas e serviços públicos, do discurso público, da atividade cultural, das relações de poder e das experiências que dão forma e textura ao nosso dia-a-dia. "É importante compreender o contexto para buscar alternativas futuras, para que possamos interferir, algumas vezes resistir, organizar, legislar, planejar e projetar" (MITCHELL, 1996).

### 7.2.3 Direitos aos dados, privacidade e segurança

Dados constituem a essência da Internet das Coisas. Debates sobre o **direito aos dados** produzidos e utilizados no âmbito da IoT têm sido pauta frequente dos mais diversos fóruns na área. Surgem questões como: a quem caberá decidir sobre que dados serão abertos, restritos ou sigilosos – ao próprio usuário, ao governo, às empresas proprietárias das soluções? (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013). Até que ponto a infraestrutura das cidades inteligentes garantirá aos cidadãos o acesso e o direito aos dados por eles gerados nas atividades cotidianas? (GREENFIELD; KIM, 2013). Informações de prontuário médico, por exemplo, poderão ser interligadas em rede e utilizadas para as mais variadas finalidades? (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013). E quanto ao ‘direito a ser esquecido’ em um cenário de bilhões de objetos trocando dados relativos ao indivíduo? (SANTUCCI, 2014).

Os temas ‘segurança da informação’ e ‘privacidade’ foram discutidos no *Open Internet of Things Assembly*, que ocorreu em Londres em 2012 (<http://openiotassembly.com/>). O evento tratou dos direitos do ‘**data subject**’ (sujeito do dado) – indivíduo a quem os dados pertencem, independentemente de ser o proprietário dos sensores (‘**data licensor**’) ou do local onde os dados foram coletados.

Ainda não há um entendimento claro sobre tais direitos, mas é obviamente necessária a atenção de atores das mais diversas esferas envolvidas com a IoT para questões como: quais os limites éticos e legais para o arquivamento, a análise, a mineração e a interpretação da massa de dados gerada no contexto da IoT pelas empresas, e em que medida esses dados podem ser compartilhados com outras empresas? Chegaremos ao ponto de admitir que a privacidade não é mais possível? Considerando situações práticas: ao visitar um lugar público com sensores e dispositivos que captam informações, quem será o detentor dos dados eventualmente coletados – o proprietário dos sensores? E se for a ‘casa inteligente’ de alguém – o dono da casa, o titular da conta de energia elétrica? (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013).

Quando os dados são coletados a partir de um espaço público, as pessoas devem ter o direito de participar da tomada de decisão sobre sua destinação e sua governança. A captura e a compilação de dados cotidianos têm consequências reais sobre questões de privacidade, individualidade e poder. Neste debate, alguns aspectos devem ser cautelosamente considerados, dentre os quais: acessibilidade e transparência - dados abertos devem ser um pressuposto das soluções na IoT; e privacidade, confidencialidade e consentimento – as pessoas têm o direito de saber que dados a seu respeito serão coletados e o que será feito com eles, além de poder autorizar ou não a captura e o uso em diferentes níveis de granularidade (análises de grandes volumes anônimos para fins estatísticos ou análises de informações individuais?) (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013).

Greenfield e Kim (2013) comparam as cidades inteligentes às planejadas pelos modernistas em seu paradigma tecnicista: “quase que por definição, cada ato na cidade inteligente é formalizado, cada comportamento é observado, e cada observação gera um registro. E cada registro estará disponível para consulta pelos administradores”. “Padrões tornam-se óbvios, anomalias se anunciam, em circunstâncias de visibilidade total e perpétua”. E acrescentam: “a noção de que as cidades são máquinas com fluxos que podem ser otimizados, e a decisão sobre investimentos que garantam essa máxima eficiência em detrimento de outras finalidades deveria partir de um processo de decisão democrático – otimizar para alcançar que finalidades, e em benefício de quem?” (GREENFIELD; KIM, 2013).

Protestos contra o Google Glass já estão se espalhando pelo mundo, por estabelecimentos como bares e restaurantes. A oposição representa o indeferimento de um dispositivo que leva uma pessoa a tornar-se uma câmera de vigilância, e interpor um computador em sua interação com outras pessoas. É uma filosofia introspectiva, que coloca o utilizador em situação de desigualdade em relação aos seus interlocutores. “A reação contra a tecnologia é a própria democracia se manifestando” (HENNESSY, 2014).



Figura 22: Manifestações pela privacidade

Fonte: Corbis (2014)

O grupo de especialistas em Internet das Coisas instituído pela União Europeia - *IoT Expert Group*, publicou a seguinte afirmativa em seu relatório de conclusão: “Considerando que a IoT introduz novas dificuldades para a integridade contextual, há um princípio segundo o qual as informações fornecidas para o uso em um dado contexto [ex; uma consulta médica] não devem ser usadas em um contexto diferente [pelos seguros de saúde, por exemplo]”. Segundo o grupo, deverá haver um contrato

social entre pessoas e objetos, cujas ramificações éticas precisam ser consideradas (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Do ponto de vista da segurança da informação, uma vez que a IoT utiliza-se de diferentes tipos de tecnologias de identificação (ex: RFID, códigos de barras 2D, etc.), e que todos os objetos estão suscetíveis à etiquetagem e identificação, passando a incorporar informações específicas relativas ao seu uso, é necessário garantir a privacidade adequada e adotar medidas de segurança, como criptografia, para impedir o acesso não-autorizado e assegurar a integridade dos dados (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013). A segurança da informação deve ocorrer nas camadas de rede e de software, conforme Modelo de Segurança (6.3.2.4).

Além da segurança (*security*), e considerando que os objetos passam a ser agentes, que atuam independentemente de intervenção humana, a proteção (*safety*) contra danos passa a ser um fator relevante. Ataques cibernéticos tornam-se ameaças cada vez mais físicas (SHIN, 2010). Exemplos emblemáticos de risco em potencial são o automóvel inteligente, que se autodirige e os chips implantados no corpo humano. Os mesmos dispositivos que são úteis em contextos previsíveis, podem ter os níveis de segurança, conforto e precisão degradados em situações inesperadas (NORMAN, 2009).

Todo avanço tecnológico disruptivo traz cargas de utopia e distopia. A industrialização produziu inúmeros benefícios, ao preço dos efeitos colaterais da poluição ambiental, por exemplo. Situação análoga ocorre na IoT: os riscos contra a privacidade não podem ser inteiramente evitados, mas podem ser mitigados (LUCAS; BALLAY; MCMANUS, 2012). Os mais pessimistas acreditam que “a tecnologia onipresente nos aprisiona”: a metáfora distópica implica em uma preocupação de que a tecnologia cause dependência nos usuários, seja utilizada como mecanismo de vigilância e limite sua livre atuação, uma vez que seus dados poderão estar em poder de governos, organizações e indivíduos, abrindo oportunidades para a criação de novas formas de tirania (KUNIAVSKY, 2010).

Ao mesmo tempo em que promovem maior transparência nos dados relativos ao meio ambiente, por exemplo, possibilitando a tomada de decisão pelos cidadãos e outros atores em relação aos impactos ambientais de suas ações, os sensores onipresentes muito provavelmente detectam mais do que os dados que o indivíduo optou por tornar públicos. Além disso, muitos objetos não sugerem claramente em sua forma que estejam conectados à Internet ou desencadeiem alguma ação. Isso possibilita o monitoramento não autorizado de informações por empresas, governos, etc (MCEWEN; CASSIMALLY, 2013).

Em seu tom crítico e irônico, Greenfield e Kim (2013) argumentam:

A intenção final desse escrutínio computacional, como nos é dito, é revelar cada processo da cidade àqueles encarregados de sua gestão; para tornar o que era previamente opaco ou indeterminado não apenas conhecível, mas acionável; em última análise, para permitir a 'otimização' de todos os fluxos de matéria, energia e informação que constituem um ótimo lugar urbano (GREENFIELD; KIM, 2013).

Os autores citam o caso do Centro de Operações do Rio de Janeiro, implantado pela IBM, como emblemático dessa abordagem. Em sua visão, o investimento de 14 milhões de dólares – que agrega, em uma sala ao estilo 'cenário de guerra', dados de vigilância da cidade, patrulhamento policial, clima, tráfego de veículos, sensores de esgoto e postagens em redes sociais – serve aos propósitos dos administradores da cidade e do vendedor da solução, mas é questionável se considera realmente os direitos e interesses da população. Ressaltam ainda o perigo do exercício do autoritarismo de um Estado obcecado pela observação e controle dos processos urbanos, que passaria a enxergar os cidadãos como meros geradores de dados, com implícitas intenções de observar e controlar comportamentos humanos (GREENFIELD, 2006; GREENFIELD; KIM, 2013).

Morville (2005) alerta para um conjunto de decisões a serem tomadas pelos indivíduos, empresas e sociedades envolvidas com a construção da IoT: "qual o modelo aceitável? Aquele que garante segurança ao preço da vigilância?" (ex: o quanto é ético rastrear por GPS do carro do filho adolescente?). "Até que nos debruçemos sobre a questão, os 'objetos inteligentes' provavelmente já estarão entre nós tornando nossas vidas 'estranhas'".

#### **7.2.4 Bens e interesses públicos**

Durante a palestra "*On Public Objets: Connected Things and Civic Responsibility*" (2010), Greenfield sugere a discussão do 'urbanismo em rede', destacando a crescente gama de objetos comuns e lugares na cidade que estão identificando-se a redes globais ou sendo por estas identificados. "Operamos com mídias 'locativas' e 'declarativas', através das quais os dispositivos extraem informações geolocalizadas ou declaradas pelas pessoas ao registrarem locais ou atividades". O autor atenta para o fato de que estarmos instrumentados por tecnologias traz benefícios óbvios, mas pode gerar insumos indesejáveis, como a captura de informações para o alcance de interesses comerciais, com o uso de ferramentas de análise de sentimentos, por exemplo. Segundo ele, precisamos de teorias (e jurisprudência) para objetos em rede. E cita o exemplo do monitoramento por sensores das estradas da Finlândia, que inegavelmente melhora o trânsito e os acidentes, constituindo-se em bem comum, em contraste com as máquinas de bebidas japonesa que criam inadvertidamente perfis automáticos dos consumidores para oferecer produtos 'customizados', numa tentativa de adivinhar as preferências.

Greenfield (2010) define ‘objeto público’ como “qualquer objeto distinto no domínio espacial comum destinado ao uso e fruição do público em geral, independentemente da sua propriedade ou intenção original”. E argumenta que os objetos públicos devem ser considerados ‘bens públicos’, e devem disponibilizar dados abertos por meio de APIs acessíveis a qualquer interessado, para leitura, e, se for o caso, escrita segura, com possibilidade de uso para outras finalidades. O autor conclui a palestra afirmando que é preciso “agir contra a captura de espaço público por interesses privados, em direção a uma esfera pública revitalizada”. E ressalta a importância da liberdade individual: “cidades funcionam melhor quando permitem usos a pessoas livres, com objetivos que fazem sentido a elas”.

Em “*Against the Smart City*”, Greenfield e Kim (2013) tratam das ‘cidades inteligentes’ desenvolvidas a partir do zero como precursoras e exemplos do tipo de ambiente urbano que habitaremos quando as cidades forem “decisivamente colonizadas pela tecnologia, em um futuro próximo”. Segundo eles, a cidade inteligente baseia-se em uma “noção perigosa de transparência” (*seamlessness*): os sistemas foram projetados para ocultar sua complexidade. E a sensação de ausência de esforço na interação tem um preço – o comportamento de um sistema nem sempre é claro para o usuário, e a opacidade traz a problemas especialmente quando os **objetos** não funcionam como o previsto. Pode ser difícil para o usuário identificar as causas das falhas, que podem ser múltiplas, dado um ecossistema altamente complexo e conectado.

Uma das maiores críticas de Greenfield e Kim (2013) refere-se à ideia passiva de subjetividade urbana e cidadania inscrita nas visões de cidades inteligentes em desenvolvimento, especialmente as ‘cidades inteligentes canônicas’ (ver 6.5.3), nas quais “opta-se por ocultar distinções significativas entre público e privado”, e sobre a origem e o destino das informações capturadas. Os autores analisam material de divulgação com propostas de tais cidades, e preveem o insucesso dos projetos a longo prazo, por considerarem mais os requisitos comerciais do que propriamente as necessidades de seus habitantes. Afirmando, por fim, que forças de mercado estão determinando os parâmetros dos empreendimentos, desconsiderando os especialistas, a história e as teorias do planejamento urbano. “Qual a proposição de valor embutida nessas cidades?”, questionam. “As cidades são concebidas mais como uma singularidade do que uma multiplicidade”. E concluem com James Bridle: “aqueles que não podem perceber a rede não podem nela agir efetivamente, e ficam impotentes”.

### **7.2.5 Interatividade: agência de objetos, interpretação, demanda e consentimento**

A questão do poder de **atuação** (ou agência) conferida aos objetos na IoT é um dos pontos mais críticos para discussão. Conforme descrito no Modelo de Domínio (seção 6.3.3), os atores na IoT podem ser **objetos ativos**, que promovem ações independentemente dos seres humanos. “Como mudar a

forma de interação com nossas máquinas para obter melhores vantagens de suas virtudes e forças, ao mesmo tempo eliminando as ações inoportunas e perigosas?”, indaga Norman (2009). A melhor maneira de promover a **interação** suave entre pessoas e dispositivos inteligentes é aumentando a coordenação e a cooperação entre ambos, sugere o autor. Afirmar ainda que os produtos estão ficando mais **espertos, inteligentes, exigentes e presunçosos**. Passam a fazer parte de um ecossistema social, portanto, precisam de traquejo, habilidades comunicativas, e até mesmo emoções. O autor ressalta a dificuldade de ignorar um sistema que não conseguiu antecipar a necessidade de um usuário: “ele pode simplesmente ignorá-lo, se for possível ignorar uma casa que constantemente pisca sugestões sobre contadores, paredes e pisos”. McEwen e Cassimally (2013) afirmam que este problema ganha dimensões mais amplas ao incluírem-se as centenas de novos serviços e aplicações espalhadas pelos objetos ao redor do mundo: “haverá uma cacofonia em busca de atenção”.

Santucci (2014) preocupa-se com a autonomia das pessoas em um mundo onde os objetos conectados inteligentes superam os humanos em uma proporção de pelo menos 1 para 10. Como observa Floridi (2013), as pessoas podem simplesmente não querer interagir com entidades-robôs. “Quem vai se adaptar a quem?”, afirma.

“Como pode uma máquina discernir o que é importante, se os contextos de importância variam?”, questiona Norman (2009). Para o autor, a falta de senso comum é a maior causa da inabilidade de comunicação entre pessoas e máquinas. O **senso comum** das máquinas é a medida do senso comum daqueles que as programaram, em um momento desprovido de contexto. O contexto é apenas inferido. Quando isso ocorre com uma pessoa, é esperado que utilize criatividade para a solução de problemas”. Nesse sentido, o autor indaga: “seriam estes sistemas realmente ‘inteligentes?’” E afirma: “não, são apenas **responsivos**”. A inteligência está na mente daqueles que os projetaram, e que cuidadosamente tentam antecipar todas as condições e reações possíveis em cada situação, para programar respostas adequadas. Na mesma linha, Floridi (2013) considera os dispositivos ‘espertos’ (*smart*), sendo capazes de fazer coisas interessantes; mas não ‘inteligentes’.

Em geral, defende Norman (2009), as soluções são valiosas e úteis, mas ocorrem falhas, pois raramente é possível inferir o conjunto de informações contextuais e circunstanciais com a mesma acurácia e riqueza dos sensores próprios dos seres humanos, que além de tudo criam representações complexas do mundo e de suas ações, bem como expectativas precisas com base em uma longa história de interação. Num mundo instrumentado por tecnologias que monitoram todos os passos das pessoas – hábitos de alimentação, leitura, música, direção, etc. – conectados à polícia, às seguradoras, aos detentores de direitos autorais – há ainda riscos de **inferências** parciais e arbitrárias sobre intenções e decisões, baseadas em amostras limitadas de comportamentos, sem a apropriada interpretação de

contextos. Mas Norman (2009) acredita que o risco não significa que o melhor caminho seja “rejeitar a ajuda das máquinas inteligentes, pois podem ser verdadeiramente úteis; mas é preciso ‘socializá-las’, para que aprimorem a forma com a qual se comunicam e interagem com as pessoas”.

A agência de objetos traz ainda dificuldades na determinação da responsabilidade sobre os atos, notadamente em situações imprevistas que gerem dano, prejuízo ou consequências indesejáveis. É preciso haver uma espécie de ‘contrato social’ entre pessoas e objetos, com as respectivas ramificações éticas. Em um exemplo concreto: deve haver maior preocupação com as bases éticas e consequências de delegar decisões para sistemas automotivos do que com as questões tecnológicas dos ‘carros inteligentes’ (EUROPEAN COMMISSION, 2012). No caso de um acidente provocado pela ação de um automóvel ‘smart’, por exemplo, quem seria responsabilizado?

Em uma perspectiva mais ampla, Greenfield e Kim (2013) questionam: “estariam os arquitetos das cidades inteligentes suscetíveis a responsabilização (*accountability*) democrática, considerando o nível de interferência que podem exercer na vida das pessoas no contexto atual?”. Decisões de arquitetos são atos políticos em âmbito urbano – do mesmo modo como a autoria de um algoritmo destinado a promover a distribuição de recursos cívicos em uma cidade.

Outro ponto é o problema do consentimento informado. Greenfield (2006) alerta: “as pessoas podem entrar em *everywhere* de forma **inadvertida, inconsciente ou indesejada**. A natureza passiva da exposição dos indivíduos a essa infraestrutura de rede pervasiva e os métodos de coleta de dados tem implicações sobre sua vida, saibam ou não, queiram ou não”. Nesse contexto, a informação está sempre sendo coletada e utilizada como base para ação, arquivada e recuperada de maneira sutil. Os equipamentos operam em conjunto para produzir significado – mas “de que modo a parafernália tecnológica ‘universal’ se adapta a práticas, atividades, leis e hábitos locais?”, questiona.

### **7.2.6 Tecnicismo e artificialismo**

Greenfield e Kim (2013) acreditam que o discurso dominante sobre a IoT enfoca a autonomia e autossuficiência dos artefatos tecnológicos, colocando o ambiente apenas como o pano de fundo onde ocorrem as interações significativas. Mas, com base em Dourish (2004) e McCullough (2004), observam que “sistemas técnicos ganham significado por estarem situados em local e contexto humano específicos”. Por este motivo, as cidades inteligentes artificiais (ver 6.5.3) apresentam “lacunas de significado, são a-históricas”, e seus idealizadores parecem não compreender a dinâmica com a qual as cidades realmente geram valor para as pessoas (GREENFIELD; KIM, 2013).

A cidade inteligente busca uma objetividade, uma unidade e um 'conhecimento perfeito' que são inalcançáveis, mesmo por princípio, observam Greenfield e Kim (2013). Esse discurso fica evidente na declaração da Siemens, "várias décadas à frente, cidades terão incontáveis sistemas de TI autônomos e inteligentes que terão conhecimento perfeito dos hábitos de seus usuários e do consumo de energia, provendo um serviço otimizado". Os autores criticam essencialmente o tecnicismo de soluções que desconsideram intercorrências e se vendem como perfeitas em prever o comportamento humano.

"O cenário da Siemens remete a uma afirmativa bizarra de que cada um de nossos atos têm um único significado, que é sempre e invariavelmente auto-evidente". O clamor por 'conhecimento perfeito' parece incompatível com a realidade complexa da dinâmica urbana, e do mundo como o experienciamos. Cada indivíduo tem seus próprios parâmetros sobre o que é bom, justo ou apropriado, determinando a impossibilidade de satisfazer a todos. As cidades seriam 'trágicas', na visão do autor, se fossem tão previsíveis (GREENFIELD; KIM, 2013).

Nós agimos em espaço e tempo históricos, assim como os sistemas que utilizamos. O que a Siemens está sugerindo em seu anúncio é que as informações sobre tudo o que os residentes de uma cidade fazem em espaço público ou privado poderão ser precisamente sensoriadas e carregadas na rede sem perdas, onde serão apropriadamente interpretadas por algum sistema. E ainda que os erros tão comuns e contingências serão evitados. E se as informações relevantes para a formulação de políticas públicas não forem capturáveis? (GREENFIELD; KIM, 2013).

McCullough (2004) reforça o ponto: "se toda essa tecnologia fosse completamente automática, seria assustador". O autor acredita que os artefatos inteligentes deveriam operar se houver necessidade, onde forem apropriados. A ideia seria configurar alguns sistemas apenas uma vez, ajustar outros ocasionalmente e incorporar poucos em rotinas diárias. Este seria um princípio básico do design de interação, afirma: "saber quando eliminar um legado obsoleto de operação, quando automatizar e quando auxiliar em uma ação. Saber como empoderar, sem oprimir". O problema é tratar computação como uma questão meramente técnica, e não cultural. Interfaces atuais demonstram como cientistas da computação estão viesados por eficiência em recursos tecnológicos mais do que em conveniência humana (MCCULLOUGH, 2004).

## 8 Conclusão

A pesquisa voltada para aspectos tecnológicos, abundante na literatura, é fundamental para o avanço da IoT. Entretanto, é necessário compreender os tipos de tarefas e padrões de interatividade que emergem no momento em que o usuário transcende o modelo de interação com computadores para interagir com interfaces que permeiam seu ambiente e aumentam suas capacidades individuais, mas que, ao mesmo tempo, conferem autonomia e poder de decisão aos objetos.

O gráfico da Figura 23 ilustra sinteticamente alguns fatores que desafiam a adoção da Internet das Coisas (escala: 1=insignificante, 5=muito importante) (FUNDACIÓN BANKINTER INNOVACIÓN, 2011), corroborando o conjunto de questões emergentes apresentado neste capítulo. Os dados foram extraídos de uma pesquisa realizada com os especialistas

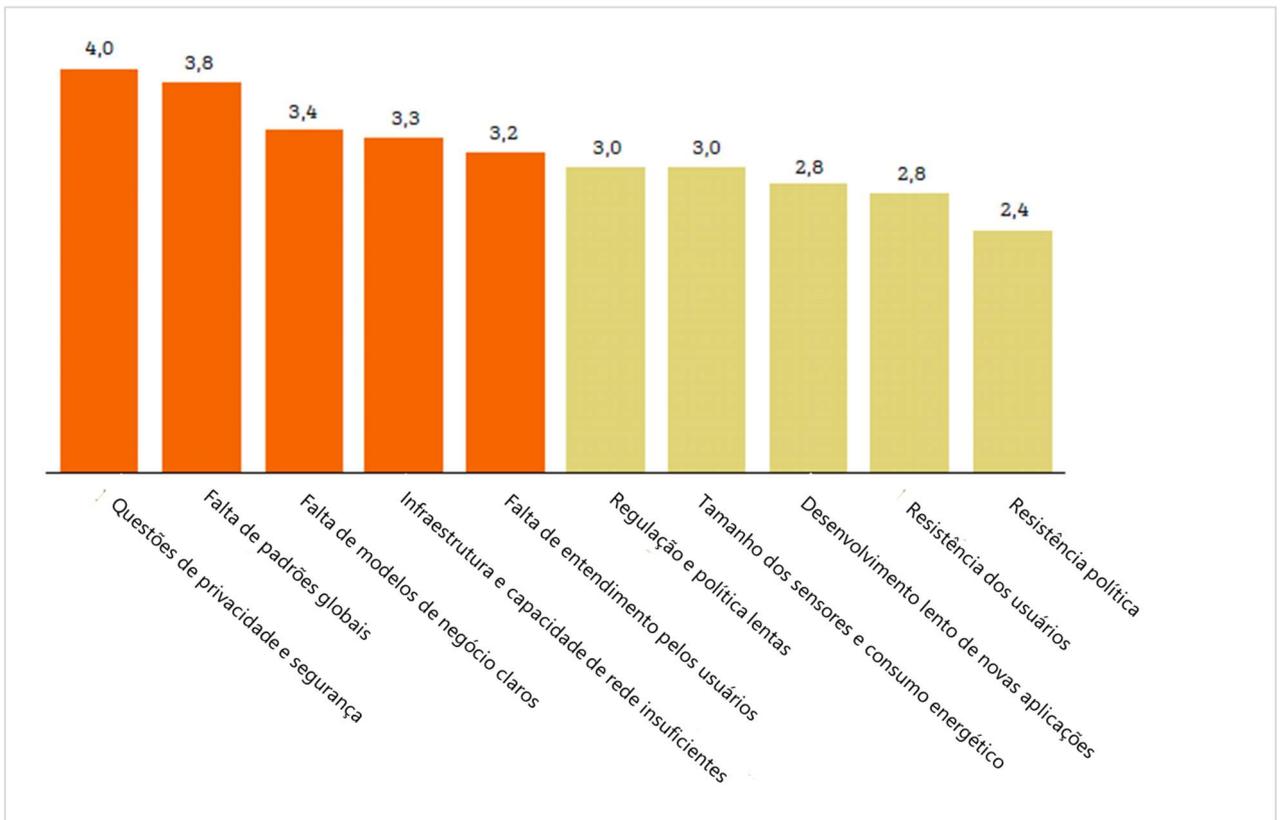


Figura 23: Desafios para adoção da Internet das Coisas

Fonte: Fundación Bankinter Innovación (2011)

O gráfico é baseado em pesquisa realizada pela *Fundación Bankinter Innovación* (2011), em parceria com a *Accenture*, que considerou respostas de mais de 400 (quatrocentos) especialistas, membros do *Future Trends Forum* (FTF).

Os **aspectos tecnológicos e informacionais** listados como desafios devem ser tratados para viabilizar o funcionamento adequado da IoT. Mas está nos **aspectos humanos e sociais** a oportunidade de fazer a diferença em termos de projetos de ecossistemas de informação direcionados às necessidades das pessoas. Nesse sentido, Abowd e Schilit, (1997) questionam: Como criar e capturar valor? Como os dados serão utilizados e gerenciados? Como as relações com o mercado serão redefinidas? Santucci (2014) coloca como questão filosófica fundamental da IoT: “até que ponto é aceitável que a tecnologia transforme os seres humanos por declaradamente reforçar ou aumentar seu potencial de atuação no mundo?”. Pretende-se no decorrer deste trabalho abordar tais questões.

Conforme mencionado na seção 6.3, o consórcio *European Lighthouse Integrated Project - IoT-A* da União Europeia elencou um conjunto de **184** (cento oitenta e quatro) requisitos para a Internet das Coisas, com base na metodologia de especificação *Volere* (IOT-A, 2014). A lista oferece uma visão bastante abrangente sobre os desafios e questões emergentes da IoT.

**Parte III:**  
**Referencial teórico e resultados**

## 9 Prólogo

A Internet das Coisas é um fenômeno inserido em um contexto diverso e complexo, de múltiplos atores – incluindo cientistas, tecnólogos, designers, artistas, reguladores, escritores, filósofos. “O mundo precisa de pensamento multidisciplinar agora mais do que nunca” (ROMEO, 2014).

O cenário descrito na Parte II da tese expôs uma visão geral da Internet das Coisas e dos impactos que representa ou potencialmente representará para a sociedade. Foram enumerados, nos dois capítulos que a compõem, os desafios da IoT, divididos em aspectos tecnológicos e informacionais e aspectos humanos e sociais.

A Parte III, aqui iniciada por este prólogo, apresenta o **referencial teórico** proposto para a tese e os **resultados** do trabalho. Conforme enunciado no capítulo 4, a Metodologia de Meta-Modelagem (M<sup>3</sup>) foi utilizada como base para estruturar os resultados. Portanto, os três capítulos (10, 11 e 12) correspondem aos níveis de investigação da (M<sup>3</sup>) ilustrados na tabela Tabela 5.

**Tabela 5:** Níveis de investigação e hipóteses

Nível	Insumos	Hipóteses
Epistemológico	Paradigma	I. Ecossistemas de informação, materializados pela Internet das Coisas, representam um <b>novo paradigma</b> para Arquitetura da Informação.
Científico	Teorias e modelos	II. Dados os desafios emergentes do fenômeno da Internet das Coisas, é possível analisá-lo e compreendê-lo com base em um referencial teórico transdisciplinar, a partir de aspectos <b>humanos, arquitetônicos e sistêmicos</b> . III. É possível elaborar um <b>modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva</b> baseado no referencial proposto, com premissas, princípios e heurísticas para lidar com questões práticas emergentes do fenômeno da IoT.

Fonte: elaborada pela autora

O capítulo 10 argumenta sobre a primeira hipótese, a mudança de paradigma na área de Arquitetura da Informação com o advento dos ecossistemas de Informação.

O capítulo 11 traz o referencial teórico e metodológico fundamentado nas áreas de Arquitetura, Filosofia, Ciências Cognitivas, Ciência de Sistemas, Ciência da Computação e Design, cuja justificativa encontra-se na seção 11.1, que trata da transdisciplinaridade da AI. As demais seções do capítulo dividem o arcabouço conceitual pelas perspectivas humana, arquitetônica e sistêmica, conforme enunciado pela hipótese 2.

O capítulo 12 apresenta como resultado um Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva classificado em aspectos **humanos, arquitetônicos e sistêmicos** para lidar com os **paradigmas** emergentes no escopo da "Internet das coisas", subsidiando a análise crítica de questões de ordem **prática** que impactam a sociedade nesse contexto. Diversas são as possibilidades de abordagem do problema. A ideia é fazer um recorte de **premissas, princípios e heurísticas** que possam ser genericamente aplicáveis a ecossistemas de informação de qualquer natureza.

Por fim, a Parte IV expõe as considerações finais do trabalho, apresenta as conclusões, indica as principais contribuições e limitações, e propõe trabalhos futuros acerca do tema.

## 10 Novo paradigma para Arquitetura da Informação

Van Gigch e Pipino (1986) afirmam que para ser considerado disciplina, um campo requer um **paradigma** que represente o direcionamento de suas investigações. Os autores utilizam a definição de paradigma de Kuhn (1970): “realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência”. Para Kuhn (1970), um paradigma representa a forma pela qual os problemas são conceitualizados. É feito de comprometimentos, compartilhados por uma comunidade científica, que legitimam determinadas abordagens, teorias, métodos e modelos. Reflete os valores adotados pelos cientistas para configurar ou definir um problema, bem como suas atitudes diante de quaisquer prováveis respostas ou soluções.

O paradigma de um campo científico consiste, portanto, no corpo fundamental de teorias e metodologias que o compõem, associado a uma visão de mundo relativa ao fenômeno de interesse do campo. Surge a partir de ‘anomalias’ no processo científico, que são responsáveis pela emergência de um novo paradigma. Deve ser capaz de gerar questões que não puderam ser solucionadas pelo paradigma anterior, além de ser suficientemente flexível para abarcar e integrar novos conhecimentos e promover diretrizes para inovações (KUHN, 1970).

Parte-se hipótese de que os **ecossistemas de informação**, materializados pela Internet das Coisas, representam um **novo paradigma** para Arquitetura da Informação. Para elucidar a questão, são enunciados o propósito e o objeto de estudo da Arquitetura da Informação. Posteriormente, busca-se a compreensão dos ecossistemas de informação no âmbito da nova realidade, com pessoas, objetos e lugares conectados em toda parte, comunicando-se entre si, criando uma dimensão potencialmente transformadora da sociedade. Por fim, discorre-se sobre a subdisciplina **Arquitetura da Informação Pervasiva** como uma especialidade da Arquitetura da Informação, que surge para lidar com os desafios que se apresentam. E argumenta-se sobre a necessidade de compreender os impactos trazidos por esse novo contexto para consolidar um arcabouço transdisciplinar de fundamentos, teorias e metodologias que sejam capazes de solucionar as questões emergentes.

### 10.1 Arquitetura da Informação

A Arquitetura da Informação (AI) é definida no âmbito desta tese como uma disciplina da Ciência da Informação, compreendida no sentido da chamada *Science of Information* (BRIER, 1997; DOUCETTE; HOFKIRCHNER; RAFFL, 2007), cujo objeto de estudo é o **fenômeno da informação**. O termo Arquitetura

da Informação foi originalmente proposto pelo arquiteto Richard Saul Wurman em 1976, que o definiu como a “ciência e a arte de criar instruções para espaços organizados”. Ele encara a questão da busca, organização e apresentação da informação como análoga aos problemas da arquitetura de construções físicas que irão servir às necessidades de seus moradores; o arquiteto precisa levantar essas necessidades, organizá-las em um padrão coerente que determine sua natureza e suas interações, e projetar uma construção que as satisfaça.

O **arquiteto da informação** é “um indivíduo que organiza os padrões inerentes aos dados, tornando o complexo claro; [...] que cria a estrutura ou mapa da informação que permite outros a encontrarem seu caminho pessoal para o conhecimento (WURMAN, 1991). “As estruturas de informação influenciam interações no mundo da mesma forma que as estruturas dos edifícios estimulam ou limitam as interações sociais” (WURMAN, 1996).

Para caracterizar a área de Arquitetura da Informação, serão respondidas duas questões epistemológicas, de forma análoga à realizada por Van Gigch e Pipino (1986) ao descreverem a disciplina de Sistemas de Informação: qual o **propósito** da disciplina e como seu **objeto de estudo** é definido?

### 10.1.1 Propósito da AI: produção de sentido

*“Only poetry in all its forms (also as the ‘art of living’) makes human existence meaningful and **meaning** is the fundamental human need”*

*(Martin Heidegger, 1962)*

A **Arquitetura da Informação** oferece teorias e métodos para a compreensão e o design de **espaços de informação** de qualquer natureza. Cabe à área investigar formas de estruturar informações para promover sua captura e apreensão por sujeitos, visando à satisfação de suas necessidades, em conformidade com os objetivos do contexto. É necessário, portanto, conhecer os processos que promovem os fluxos de informação para que seja possível modelá-los (LACERDA, 2005).

Para Dillon (2002) “o **domínio** da informação será tanto da alçada da Arquitetura quanto é hoje o mundo físico, e o impacto causado por aqueles que derem forma aos novos espaços será tão relevante para a humanidade que irá além dos limites da arquitetura física” (DILLON, 2002).

Na plenária de encerramento do EuroIA (2013), em Edimburgo, Resmini fez a relação entre ‘**poética**’ e produção de sentido (*sensemaking*), remetendo às origens gregas do termo poética – ‘*poiesis*’ – que refere-se a ‘fazer’ (em termos de ação, processo de criação). “Arquitetura da Informação é o ato de fazer: arquiteturas, estruturas, e significado [...] é o que fazemos para alcançar determinados objetivos,

produzir certos efeitos [...] É preciso ter consciência do que se faz, para melhor formalizar e comunicar visões” (RESMINI, 2013c).

**Poética**, na intenção expressa na palestra, refere-se também a critérios de **valor**, à “boa arquitetura”. Essa concepção encontra eco nas ideias de Gaston Bachelard (1994) - “A Poética do Espaço”, que relaciona Fenomenologia e Arquitetura, baseando sua análise na experiência vivida da arquitetura; e em Anthony Antoniades (1992) – “A Poética da Arquitetura”, que propõe um conceito de poética “altamente contemplativo; rigoroso; mentalmente, espiritualmente e cientificamente exigente: aquele que visa a criação de trabalhos que atendam à multiplicidade de necessidades e expectativas humanas, tanto práticas quanto espirituais. O “fazer” da Arquitetura é um caso por excelência dessa categoria de poética – e representa um modo consciente e sistemático de solucionar problemas, considerando especialmente as demandas de uma sociedade complexa e multifacetada”. A Arquitetura da Informação deriva sua relevância da atribuição de sentido a problemas complexos, transformando-os em valores de negócio, culturais ou artísticos (RESMINI, 2013c).

### **10.1.2 Objeto de estudo da AI: espaços de informação**

Considera-se o projeto de **espaços de informação** e seus aspectos sociais, culturais e tecnológicos como objeto de estudo da Arquitetura da Informação, em uma abordagem mais ampla (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2014). Para Albuquerque (2010), o objeto de estudo da área constitui-se em “um conjunto de fenômenos nos quais se pode identificar relações estruturais, no mínimo e necessariamente, entre forma, contexto, manifestação e significado”. Os quatro construtos dividem-se em duas dimensões: **arquitetura** e **informação**.

- Dimensões da arquitetura: forma e contexto. Forma é definida como a organização que emerge da disposição de relações entre elementos constituintes de uma arquitetura. A forma engloba aspectos estéticos. Contexto é considerado como a inter-relação de circunstâncias ou coisas associadas a um fato ou situação.
- Dimensões da informação: manifestação e significado. Manifestação materializa um fato ou coisa, fenômeno ou representação existente. Significado representa a correlação semântica atribuída a um fenômeno dentro de uma intencionalidade funcional, quando realizada por um mecanismo (artificial ou natural), ou subjetiva, quando realizada por um sujeito.

O conceito de informação é compreendido neste trabalho a partir das seguintes propriedades: a **informação** tem caráter **ontológico** – localiza-se na esfera dos objetos ou do mundo, sendo inerentemente objetiva, ou seja, sua existência é independente do sujeito; dissemina-se em fluxos; e

pode ser definida como conhecimento representado em uma linguagem. A informação torna-se **conhecimento** na presença de um sujeito cognoscente, quando interpretada a partir de conexões particulares com os conteúdos absorvidos pelo sujeito ao longo de sua existência e com as **experiências** individuais. O conhecimento retorna ao ciclo como informação, quando registrado por meio de alguma forma de representação ou **linguagem** (BROOKES, 1980; FLORIDI, 2010).

Para que haja conhecimento são imprescindíveis o sujeito e o objeto. Este é o princípio básico da **epistemologia fenomenológica** (HESSEN, 1999).

Em "*Fundamental Forms of Information*", Bates (2006) define **informação**, de modo abrangente, como "o padrão de organização de matéria e energia"; ou um padrão específico de organização de matéria e energia ao qual foi atribuído significado por um ser vivo ou um componente. Afirma ainda que "toda informação é informação natural, na medida em que existe no mundo material de matéria e energia". Informação representada é a informação natural codificada ou corporificada. Informação codificada é aquela que possui padrões de organização simbólicos, linguísticos ou baseados em sinais. Informação corporificada é a expressão corpórea ou manifestação da informação codificada. Conhecimento, por sua vez, é compreendido pela autora como "informação agregada de significado e integrada a outros conteúdos de entendimento".

[...] podemos falar sobre a informação como um fenômeno objetivamente existente no universo, que é também construído, armazenado, e atuado por seres vivos de inúmeras maneiras subjetivas diferentes, cada uma delas distinta para cada indivíduo que tem a experiência (BATES, 2006).

Bates (2006) classifica a **informação** em uma série de tipologias, com finalidade didática. Para o propósito deste trabalho, importam as seguintes classes:

- **Informação para ação** (*enacted information*): seres experimentam suas vidas mentalmente em privado, mas quando começam a agir no mundo, seus talentos genéticos e conhecimento da vida se tornam visíveis para o mundo externo. Quando um animal aciona informações, ele atua no mundo a partir de suas capacidades e das experiências armazenadas em suas reservas neurais.
- **Informação exossomática** (*exosomatic information*): armazenada externamente aos seres, é central para o interesse da Ciência da Informação. Pode ser corporificada ou registrada.
  - **Informação corporificada** (*embodied information*): tudo o que resulta da presença de seres vivos na terra, como objetos e outros efeitos criados ou alterados por suas ações

no mundo, de forma acidental ou deliberada (a teia para a aranha; o ninho para o pássaro; as ferramentas e artefatos para o ser humano); coisas que não existiriam sem sua ação. Embora seja possível deduzir informações sobre esses objetos, eles não foram criados para informar, mas são informativos como consequência incidental das atividades e habilidades que viabilizam. Seres vivos relacionam-se com a informação corporificada em três momentos: na experiência, em ações no mundo, e na expressão comunicativa.

- Informação registrada (*recorded information*): tem finalidade comunicativa ou memorial; é preservada em suporte duradouro. O cheiro de um animal na floresta pode ser destinado a comunicar, mas a autora limita a discussão a registros humanos. O registro é realizado a partir do uso de símbolos que representam algo em diferentes linguagens, por associação, semelhança ou convenção. O significado não é inerente à informação, é sempre atribuído pelo sujeito.

Haverty (2014) divide a **informação** em **perceptual** (pré-atentiva, biológica) e **linguística** (estabelecida por convenção), ambas multifacetadas. As facetas oferecem a matéria-prima para que arquitetos da informação construam “estruturas semânticas efetivamente habitáveis”, nas palavras de Hinton (2013), ou “lugares feitos de informação”.

O termo ‘**arquitetura**’, por sua vez, é definido em sua raiz etimológica como “a arte ou técnica de projetar e edificar o ambiente habitado pelo ser humano”; “arte e técnica de organizar espaços e criar ambientes para abrigar os diversos tipos de atividades humanas, visando também à determinada intenção plástica”; “conjunto de princípios, normas, materiais e técnicas usados para criar o espaço arquitetônico”; e “conjunto de elementos que perfazem um todo; estrutura, natureza, organização” (CUNHA, 2007). “Antes de edificar construções ou prédios, o arquiteto trabalha essencialmente com a edificação do espaço”, como observa o arquiteto e urbanista Bruno Zevi (1948).

Todas essas definições aplicam-se à Arquitetura da Informação. Ao comparar a Arquitetura tradicional com a Arquitetura da Informação, observa-se que ambas possuem a mesma matéria-prima: o ‘espaço’; e servem a necessidades humanas, mesmo que de natureza diversa (LACERDA, 2005). “Arquitetura da informação usa a informação como matéria-prima para projetar um novo tipo de arquitetura” (HINTON, 2013b).

Como observa McCauley (2001), o que diferencia em essência espaços físicos dos informacionais é o **fluxo de informações** infinitamente configurável em termos de design e estrutura dos espaços de informação, ao contrário dos espaços físicos, de caráter mais estático e materializado. Nesse sentido, a

arquitetura pode ser vista como “a especificação de padrões abstratos que governam os relacionamentos entre objetos de informação” (LUCAS; BALLAY; MCMANUS, 2012).

O **espaço** é a expressão da sociedade. Uma vez que nossas sociedades estão passando por transformações estruturais, é razoável sugerir que atualmente estão surgindo novas formas e processos espaciais. Se o espaço de **fluxo** realmente for a forma espacial predominante da sociedade em rede, nos próximos anos a arquitetura e o design provavelmente serão redefinidos em sua forma, função, processo e valor (CASTELLS, 1999).

Netto (2011), nessa linha, afirma que “as novas redes digitais impactam as possibilidades da prática humana e sua relação com o espaço”. Segundo Castells (1999), é necessário identificar a lógica subjacente a esses novos processos e formas, o que não é trivial. “Formas e processos espaciais são compostos pelas dinâmicas de toda a estrutura social”.

Dale (2002) observa que a Arquitetura da Informação demonstra claramente as propriedades emergentes de um **sistema complexo**, quando muitos de seus componentes são bem compreendidos isoladamente; mas sua combinação faz emergir novos padrões e princípios, que devem ser entendidos de forma sistêmica. Haverty (2002) afirma, “o corpo de conhecimentos que faz com que a Arquitetura da Informação caracterize-se como uma disciplina poderia ser um conjunto de padrões de design, que podem ser reutilizados, dependendo da situação” (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2014).

[...] a articulação de relacionamentos entre diversos elementos de informação, a criação de trilhas através de oceanos de datas e a recuperação de conhecimentos formalizados caracterizam a construtiva e poderosa influência do desenho em espaços informacionais, com relacionamentos não menos influentes e construtivos do que os da arquitetura de construção de espaços físicos. Tanto artista quanto engenheiro, o arquiteto é responsável por criar soluções que sejam ao mesmo tempo funcionais e belas (SALVO, 2004).

Lima-Marques (2011) apresenta uma Teoria Geral da Arquitetura da Informação (TGAI) com os seguintes princípios:

- Todo **espaço** possui uma **arquitetura** subjacente, assim como a arquitetura da informação é inerente a qualquer espaço de informação;
- **Estado** (E) é uma configuração única de informação em um intervalo de **tempo** (t). Estado é inerente a qualquer espaço de informação;

- **Arquitetura da informação** é a configuração dos estados da coisa em si, caracterizada pela espaço-temporalidade de informações distinguidas.

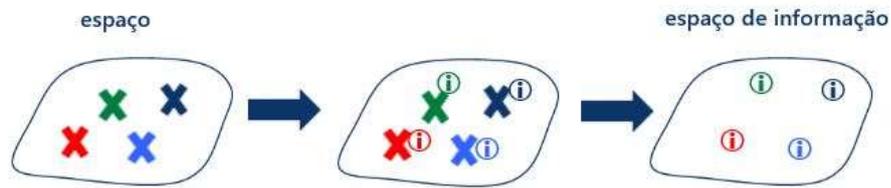


Figura 24: Teoria Geral da Arquitetura da Informação – TGA

Fonte: Lima-Marques (2011)

Com base nas ideias de Spencer Brown (1969) – que define ‘forma’ como uma **distinção** no espaço – Lima-Marques (2011) declara na TGA que “não há espaço sem distinção”. Conforme mostra a Figura 24, espaços distintos possuem ‘estados’ e ‘conteúdos’. ‘Conteúdos’, por sua vez, são compostos por ‘coisas’, que possuem propriedades. Deriva-se daí a definição de ‘espaço de informação’, como “conjunto de informações distinguidas em um espaço distinguido” (LIMA-MARQUES, 2011).

Lima-Marques (2011) propõe ainda uma extensão do conceito de ‘atos de fala’ de Austin (1975) e Searle (1962), onde da concepção de que “todo discurso é um ato” deriva “todo fazer é um ato” e “todo ato é uma transformação”, sendo ‘ato de transformação’ definido como “um conjunto de eventos aplicados a um estado particular, pelo sujeito, para provocar mudanças em estados futuros”, ilustrado pela Figura 25.

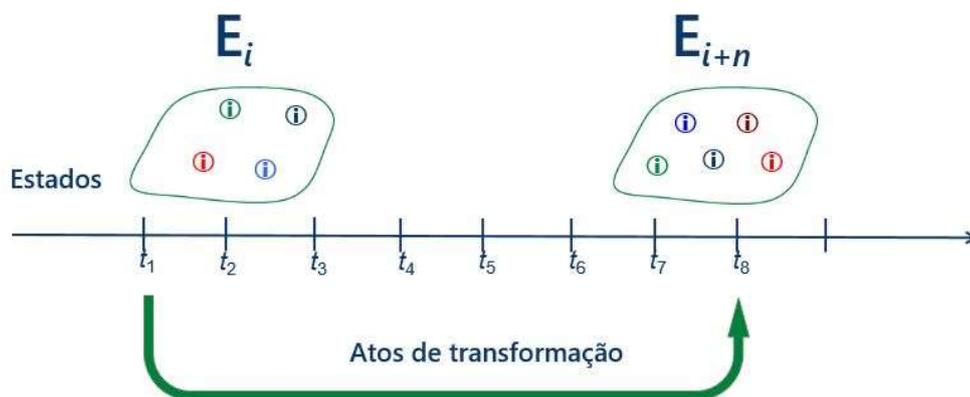


Figura 25: Atos de transformação

Fonte: Lima-Marques (2011)

## 10.2 Arquitetura da Informação Pervasiva

Defende-se neste trabalho que **ecossistemas de informação**, materializados em grande medida pelo advento da Internet das Coisas, representam um **novo paradigma** para a Arquitetura da Informação. Considerando essa realidade, surge a subdisciplina **Arquitetura da Informação Pervasiva (AIP)**, como especialidade da AI. Os referidos conceitos são explorados a seguir.

### 10.2.1 Objeto de estudo da AIP: ecossistemas de informação

O cenário atual é caracterizado pela crescente **convergência** entre espaços físicos e digitais, promovida pelos avanços na computação ubíqua. Conforme descrito no decorrer da tese, a manifestação atual mais concreta deste fenômeno é a chamada 'Internet das Coisas' e seus impactos tecnológicos, sociais e econômicos.

Informações estão sendo incorporadas em objetos de uso comum em toda parte. Isto muda fundamentalmente a maneira de compreender a Arquitetura da Informação, a forma de lidar com suas questões científicas e, definitivamente, a forma de praticá-la (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2014).

A **computação ubíqua**, idealizada por Mark Weiser (1991), é a base da Internet das Coisas e pode ser entendida como uma tentativa de quebrar o padrão de relacionamento tradicional entre usuários e serviços computacionais, estendendo as interfaces para o ambiente do usuário (ABOWD; SCHILIT, 1997). Weiser vislumbrou um mundo onde a computação permearia o ambiente do ser humano através de microprocessadores minúsculos e de baixo custo; onde ubíquo significa não somente 'em todo lugar', mas também 'em todas as coisas'; onde a interação entre objetos e pessoas acontece naturalmente, de forma fluida, sem que elas percebam o processamento envolvido. A tecnologia deve 'desaparecer', ou ficar em segundo plano. A esta abordagem Weiser e Brown (1996) denominaram de 'tecnologia calma'.

O impacto social dos computadores embutidos pode ser análogo a duas outras tecnologias que se tornaram onipresentes. A primeira é a escrita, que é encontrada em todos os lugares, de etiquetas de roupas a outdoors. A segunda é a eletricidade, que surge de forma invisível através das paredes de cada casa, escritório e carro. Escrita e eletricidade tornaram-se tão lugar-comum, tão banais, que nos esquecemos de seu enorme impacto sobre a vida cotidiana. Assim será com a computação ubíqua (WEISER; BROWN, 1996).

O mundo físico está se tornando um grande **ecossistema de informação**, fato que adquire proporções inimagináveis com o surgimento da Internet das Coisas. Os objetos tanto podem sentir o ambiente como se comunicar independentemente de intervenções humanas. Tornam-se, portanto, participantes ativos nos processos de negócio, e passam a ser reconhecidos e identificados em ambientes inteligentes, que recuperam dinamicamente informações na Internet, promovendo sua funcionalidade adaptativa e responsiva (CHUI; LÖFFLER; ROBERTS, 2010; WEBER, 2013).

### 10.2.2 AIP: conceito e mudança de paradigma

O conceito de **Arquitetura da Informação Pervasiva**, proposto Resmini e Rosati (2011) em "*Pervasive Information Architecture*", trata essencialmente do design de **ecossistemas de informação em ecologias ubíquas**. Pela definição dos autores:

Nós denominamos esses novos espaços estendidos de informação – nos quais interagimos tanto com entidades digitais quanto físicas - ecologias ubíquas: são sistemas que conectam pessoas, informações, processos, que estão em toda parte. São arquiteturas da informação pervasivas. São a camada estruturante que atravessa as diferentes mídias, canais e processos: na qual expressamos nosso eu expandido, socialmente (RESMINI; ROSATI, 2011).

Resmini e Rosati (2011) afirmam perceber claramente uma mudança radical de posicionamento da Arquitetura da Informação Pervasiva em relação à Arquitetura da Informação clássica. Segundo eles, no design de **experiências através de canais** (*cross-channel*), a Arquitetura da Informação Pervasiva é a camada difusa, pervasiva, onipresente, que agrega todas as peças. Não trata apenas de rótulos, taxonomias, menus, websites. É o design e o trabalho com a informação como matéria-prima, com a qual modelam-se significados e propósitos em mais de um domínio ao mesmo tempo. "A Arquitetura da Informação Pervasiva desenvolve-se a partir da tensão entre o que funciona no interior do silo de um único canal e o que funciona no nível ecológico, da transversalidade por múltiplos canais" (RESMINI; ROSATI, 2011).

A questão central de interesse da Internet das Coisas para a Arquitetura da Informação, na qualidade de disciplina da Ciência da Informação, é a concretização de um mundo onde o processamento de informações estará em toda parte. São novos espaços de informação, com diferentes propriedades, que precisam ser compreendidas e arquitetadas. A Internet das Coisas requer de uma abordagem humanista e sistêmica, baseada essencialmente em princípios, com vistas a evitar soluções pautadas em valores comerciais ou tecnicistas (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2015).

Resmini e Rosati (2012) falam em “uma nova etapa, uma nova fase, onde a **Arquitetura da Informação** torna-se **pervasiva**, e passa a abordar a concepção de espaços de informação como um processo, abrindo o diálogo com a computação ubíqua e design de serviços” (RESMINI; ROSATI, 2012). Pelas definições apresentadas, assim como a Arquitetura, a Arquitetura da Informação e o Design designam a disciplina e seu produto, o mesmo ocorre com a Arquitetura da Informação Pervasiva.

Peter Morville (2011) acredita que, num contexto de computação ubíqua e Internet das Coisas, num mundo de objetos inteligentes, sensores, consumo colaborativo, realidade aumentada, informática urbana, “uma coisa é clara: precisamos de um novo mapa”. Nesse sentido, refere-se à Arquitetura da Informação, área na qual tornou-se referência como autor. “Nunca antes fomos capazes de empregar combinação tão poderosa de redes, dispositivos e sensores para capturar e compartilhar conhecimento e para criar jornadas significativas de usuários”. E remete ao conceito de “*intertwingularity*” – termo cunhado por Ted Nelson (1974) para descrever a complexidade das inter-relações do conhecimento humano: “esta ‘*intertwingularity*’ representa uma oportunidade sem precedentes para repensar a Arquitetura da Informação” (MORVILLE, 2011, 2014).

McCulloch (2004) afirma que a mudança de **paradigma** se manifesta quando a tecnologia da informação passa a estruturar espaços físicos: “quanto mais os princípios de localidade, corporificação e percepção ambiental fundamentarem a computação pervasiva, mais esta se aproximará da arquitetura”, e continua: “assim como a arquitetura, a tecnologia da informação tornou-se uma infraestrutura social”.

Wendt (2014) acredita que a Internet das Coisas seja interessante por diversas razões, não necessariamente relacionadas a ‘internet’ ou a ‘coisas’, mas principalmente porque “nos força a repensarmos os paradigmas de interação entre pessoas e objetos”. Um dos desafios apresentados aos arquitetos desses ecossistemas é a busca pelo ideal de ‘**tecnologia calma**’, de Weiser e Brown (1996). “Dispositivos são definidos por sua capacidade de ocultar o trabalho envolvido em seu uso e pela satisfação que são capazes de promover” (BORGMANN, 2001). E Kuniavsky (2010) ressalta: “os produtos da computação ubíqua são híbridos de hardware, software e serviços. Não são claras as habilidades necessárias para projetar esses ambientes”.

Greenfield (2006) observa que o fenômeno da Internet das Coisas representa claramente uma mudança de **paradigma**, pois implica em uma alteração fundamental de visões de mundo, talvez até em um novo “estado de ser”. Do ponto de vista das pessoas, ecossistemas de informação apresentam várias facetas de uma única experiência - que envolve uma ecologia diversa de dispositivos e plataformas, muitos dos quais não lembram em nada um computador pessoal. Trata-se de um fenômeno distribuído:

o poder e o significado que atribuímos a ele é mais uma propriedade da rede do que de um nó em particular (GREENFIELD, 2006).

Alison Powell (2014) realizou apresentação no evento "*Internet of Things Philosophy*" intitulado "Filosofia na cidade de dados". Segundo ela, a Internet das Coisas vem com a promessa de racionalizar experiências pela coleta de dados por objetos cotidianos, otimizando a entrega de serviços e eliminando a necessidade de interpretação humana de informações. Ela acredita que essa mudança implica em redução da intermediação, conseqüentemente do poder da mídia e de alguns tipos de exploração da ineficiência. Essas forças passam a concorrer com o potencial dos dados gerados por uma rede de máquinas. "Precisamos de um **novo entendimento** da economia da informação e da tecnologia subjacente que gera todos esses dados", defende.

Nesse sentido, Castells (1999) constata que a **inovação tecnológica** e sua aplicação social têm o resultado final dependente de uma complexa interação. "A sociedade usufrui da tecnologia e orienta a sua evolução. A evolução traz novas necessidades e estas reorientam a tecnologia". Esse ciclo de **mudança** constante influencia todo o conjunto de relações e estruturas sociais, provocando o surgimento de um novo modo de desenvolvimento social, político e econômico. Jonas (2003) observa também essa circularidade na relação entre tecnologias emergentes, onde uma inovação promove a geração incessante de inovações subsequentes, fomentadas pela competição e pelas comunicações.

Capurro (2003) alerta para a dimensão da presença tecnológica para a humanidade no contexto atual, observando que o foco da epistemologia é hoje tanto 'naturalista' quanto 'tecnológico', fato que se configura em uma 'ontologia digital', no sentido heideggeriano de um projeto existencial, de **conseqüências imprevisíveis**: "o conhecimento humano divide seu espaço com processos cognitivos e realidades artificiais".

Lacerda e Lima-Marques (2015) observam que a comunidade de Arquitetura da Informação está se movendo para a expansão das **visões de mundo**, de seu escopo de atuação e de suas motivações, fato que pode ser percebido nos discursos de Morville (2012), Arango (2012), Resmini (2013), Hinton (2013), e Klyn (2013), entre outros; e nas principais publicações e eventos promovidos pela comunidade científica da disciplina. O livro "*Reframing Information Architecture*" (RESMINI, 2014) aborda esse movimento por diferentes pontos de vista. O capítulo "*Information Architecture as a Discipline: a Methodological Approach*" (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2014) traz a perspectiva da Metodologia de Meta-modelagem (M<sup>3</sup>) de Van Gigch e Pipino (1986) aplicada à Arquitetura da Informação, ressaltando a importância de discutir a disciplina nos níveis epistemológico, científico e prático.

Chamar para uma renovação epistemológica significa pedir aos estudiosos da disciplina para elevarem-se ao meta-nível do sistema de investigação, a fim de questionar algumas das abordagens atuais. A produção de trabalho inovador duradouro sinaliza o advento de um novo paradigma, ou, pelo menos, a modificação do existente (VAN GIGCH, 1990).

“Por trás de todas as invenções materiais do último século e meio está não meramente um desenvolvimento interno de técnicas: há também uma **mudança de mentalidade**” (MUMFORD; WINNER, 2010).

## 11 Referencial teórico transdisciplinar

Dados os desafios emergentes do fenômeno da Internet das Coisas, é possível analisá-lo e compreendê-lo com base em um **referencial teórico transdisciplinar**, a partir de aspectos **humanos, arquitetônicos e sistêmicos**.

### 11.1 Transdisciplinaridade da AI

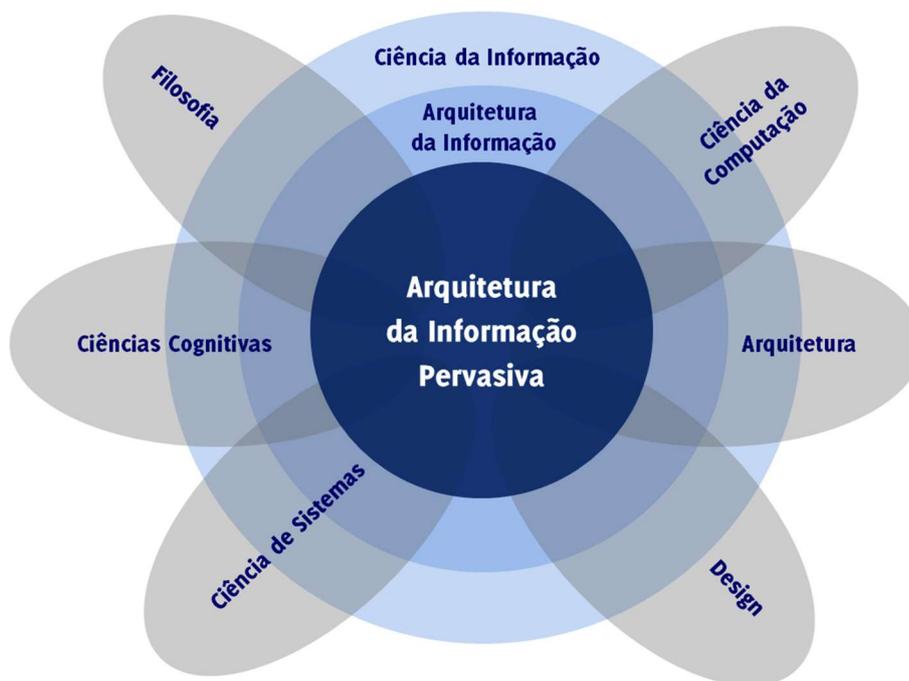
A Arquitetura da Informação é estabelecida em um contexto onde os valores de universalidade e certeza deram lugar à **pluralidade** e **complexidade**. Assim, sua natureza é inerentemente transdisciplinar, e seus métodos, modelos e teorias são fortemente influenciados por ou mesmo provenientes de outras disciplinas. Este diálogo entre disciplinas é extremamente positivo e enriquecedor, uma vez que se baseia em reciprocidade e alinhamento de fundamentos. Como definido por Jean Piaget em seminário da OCDE (1970), '**transdisciplinaridade**' é uma forma de interdisciplinaridade "que não limita-se a reconhecer as interações e/ou reciprocidades entre pesquisas especializadas, mas que localiza essas ligações dentro de um sistema total, sem fronteiras estáveis entre as disciplinas" (NICOLESCU, 2010). Para Gibbons *et al.* (1994), "a transdisciplinaridade ocorre apenas quando a pesquisa é baseada em uma compreensão teórica comum, e deve ser acompanhada por uma mútua interpenetração das epistemologias disciplinares" (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2014).

Defende-se neste trabalho uma visão da AI na qual a '**informação**' é sua matéria-prima, materializada em 'objetos' delimitados por 'espaços' intencionalmente concebidos de modo a promover 'experiências de usuários'. As disciplinas relacionadas enfocam aspectos específicos de seu objeto de estudo: a informação em si, os objetos, os espaços, o design, ou a experiência do usuário. Os múltiplos pontos de vista devem complementar-se para fornecer um artefato final mais rico (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2014). Van Gigch (1993) afirma:

É difícil antecipar claramente hoje que disciplinas estarão na vanguarda do mundo pensando no amanhã. É fato que as disciplinas científicas também mudam seus nomes e continuam existindo no contexto de outra metadisciplina mais recente. O ponto que precisa a ser lembrado é que uma disciplina científica deve sempre consultar seu

metanível de indagação, onde a disputa entre as disciplinas e paradigmas concorrentes ocorre (VAN GIGCH, 1993).<sup>6</sup>

A Figura 26 representa as áreas do conhecimento consideradas como base para compor o referencial teórico proposto para esta tese. É importante ressaltar que a lista de disciplinas não é exaustiva. Consiste, portanto, em apenas um dos possíveis recortes transdisciplinares acerca do objeto de estudo da Ciência da Informação (CI), representada pelo círculo maior. A Arquitetura da Informação (AI) é exibida no segundo círculo, como disciplina da CI, e a Arquitetura da Informação Pervasiva (AIP), por sua vez, como subdisciplina da AI. As áreas transversais são detalhadas neste capítulo, no contexto das perspectivas humana, arquitetônica e sistêmica. A título de referência, a tese de Henry de Oliveira (2014) aborda também a AIP sob a ótica da Ciência da Informação.



**Figura 26:** Transdisciplinaridade da Arquitetura da Informação Pervasiva

Fonte: elaborada pela autora

---

<sup>6</sup> Citação original: "It is difficult to anticipate clearly today which disciplines will be at the forefront of world thinking tomorrow. It is a fact that scientific disciplines also change their names and continue their existence in the context of another newer metadiscipline. The point that needs to be remembered is that a scientific discipline must always refer to its metalevel inquiring system, where the struggle among competing disciplines and paradigms takes place".

O mapa da Figura 27 sintetiza as principais áreas transversais e teorias adotadas como base para a identificação de **premissas, princípios e heurísticas** que compõem o Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva, apresentado no capítulo 12. No intuito de analisar as questões propostas sob diferentes olhares, o referencial foi dividido em: perspectiva humana (com enfoque subjetivo, busca a análise da experiência e da interatividade das pessoas com a tecnologia); perspectiva arquitetônica (com enfoque objetivo, visa a compreensão da natureza e da concepção de artefatos, espaços e lugares); e perspectiva sistêmica (com enfoque nas relações e no fluxo de informações entre os elementos acima - pessoas, artefatos, espaços - no contexto de um ecossistema). A divisão é meramente didática, na medida em que os limites entre as perspectivas são convergentes.



Figura 27: Mapa conceitual do referencial teórico

Fonte: elaborada pela autora

## 11.2 Perspectiva humana

*"Fomos criados pelo mundo em que vivemos<sup>7</sup>".*

*(James J. Gibson, 1979)*

Esta seção trata da relação do homem com a tecnologia sob o prisma da experiência humana em uma realidade interconectada. A discussão é amparada por conceitos da **Filosofia**, das **Ciências Cognitivas**, e da **Ciência de Sistemas**, dos quais pretende-se extrair um conjunto de princípios humanos que possam pautar os projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas. São exploradas teorias da **Fenomenologia**, como a **cognição corporificada** (*embodied cognition*) (BLAY, 2003; DOURISH, 2004; HEIDEGGER, 1962; HESSEN, 1999; HUSSERL, 1931; MERLEAU-PONTY, 1945; MINGERS, 2001); da **Psicologia Ecológica** (GIBSON, 1979), da **Gestalt** (KÖHLER, 1947; SOEGAARD, 2014; STERNBERG, 2011), e da **Cibernética** (WIENER, 1965), que analisam o processo de interpretação e a relação do homem com a natureza e com as máquinas, fornecendo a base para o entendimento da **experiência** e da **interatividade**.

### 11.2.1 Experiência e significado

*"Tudo é real, porque tudo é inventado".*

*(João Guimarães Rosa, 1956)*

A **Fenomenologia** é adotada como referencial teórico para a tese. Seu objeto de estudo é a **experiência humana**, ou a percepção subjetiva da realidade objetiva; está interessada em como percebemos, experimentamos e agimos no mundo. A opção por esta corrente deve-se à sua precisão metodológica em considerar a relação sujeito-objeto-conhecimento de forma sistêmica. A tradição fenomenológica tem justificativa histórica e posicionamento consolidado na Filosofia da Ciência (LACERDA, 2005).

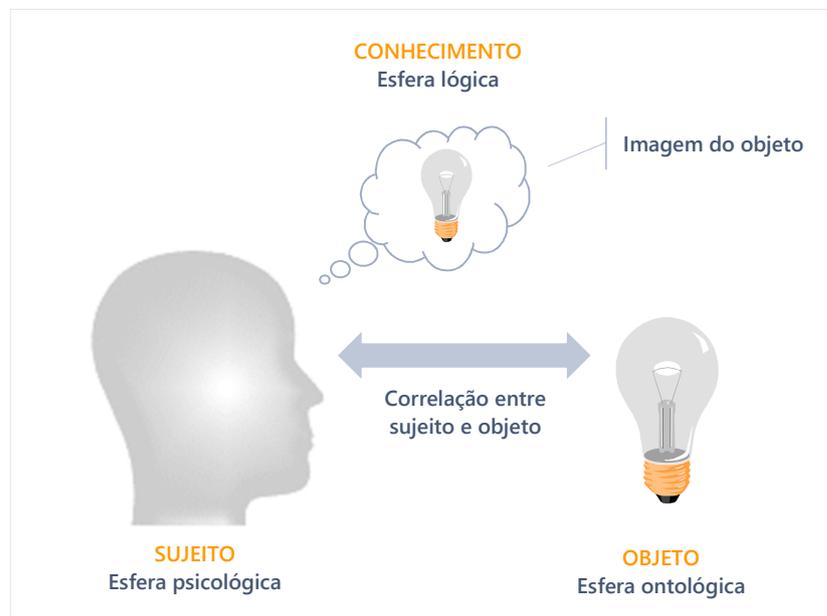
**Fenômeno**, do grego *'phainómenon'*, é "aquilo que se mostra", o que se revela à percepção de um sujeito. É interpretado por meio dos sentidos ao entrarem em contato com a realidade, que é, em essência, inalcançável. O fenômeno representa, então, aquilo que é percebido da realidade. O conceito de **'mundo'** pela acepção fenomenológica, do latim *'mundus'*, não se confunde com a noção da Astrofísica, remete a "dimensão essencial da abertura do sujeito ao outro", é o que é apreendido pelo sujeito como **significado**. Portanto, "o mundo não existe fora do sujeito". É "uma totalidade que supõe

---

<sup>7</sup> Citação original: "We were created by the world we live in".

certa ordem em torno de um princípio comum de inteligibilidade; um conjunto de coisas organizadas”. Consequentemente, “a ideia de mundo se opõe à ideia de caos, que representa a multiplicidade de fenômenos” (BLAY, 2003).

Nesse sentido, a investigação fenomenológica busca a compreensão da gênese e da natureza do fenômeno do ‘**conhecimento**’, que considera como consequência da relação entre o homem e o mundo, sendo este dualismo determinante de sua essência. O conhecimento consiste na ‘**imagem**’ do objeto apreendida pelo sujeito por meio de sua consciência cognoscente – e é definido como uma “determinação do sujeito pelo objeto”. O fenômeno do conhecimento pode ser analisado sob três aspectos: pelo sujeito, na esfera psicológica; pela ‘**imagem**’, na esfera lógica; e pelo objeto na ontológica (BLAY, 2003; HESSEN, 1999), como ilustra a Figura 28.



**Figura 28:** Modelo fenomenológico do conhecimento

Fonte: elaborada pela autora

O termo **objeto** vem do latim, *ob-iectum*, no sentido de algo que “se apresenta diante de nós”. É definido como “qualquer coisa material que pode ser percebida pelos sentidos” ou também “coisa mental ou física para a qual converge o pensamento, um sentimento ou uma ação”. Num sentido filosófico, considera-se objeto “qualquer realidade investigada em um ato cognitivo, apreendida pela percepção e/ou pelo pensamento, que está situada em uma dimensão exterior à subjetividade cognoscente”. O **sujeito**, por sua vez, do latim *sub-iectum*, no sentido de “posto diante, exposto a”,

implica em um ser autossuficiente. Na epistemologia, é considerado “o eu pensante, consciência, espírito ou mente enquanto faculdade cognoscente e princípio fundador do conhecimento” (HESSEN, 1999; TURK, 2001).

A Fenomenologia, segundo Husserl (1931), interessa-se essencialmente pelos vários tipos de **experiência**: percepção, pensamento, memória, imaginação, emoção, desejo e vontade de manifestação corporal, ação corporificada (*embodied action*), além de atividade social, que inclui atividade linguística (SMITH, 2011). Importa aos fenomenologistas compreender de que maneira o sujeito constrói **significado**. Questionam, por exemplo, quais as condições transcendentais que diferenciam para as pessoas uma música de meros sons gravados (INTRONA, 2011).

Subjetividade e consciência – que regem a percepção do ser e sua interação com o mundo – são fundamentadas no conceito de **intencionalidade**. Pela concepção fenomenológica de Husserl (1931), a intencionalidade constitui-se na propriedade da consciência de tender para um objeto e de lhe dar um **sentido**; o caráter **intencional** da consciência determina que “a consciência é sempre consciência de algo”. A mente traz à tona os objetos e torna-os disponíveis para a experiência. “A consciência não cria os fatos – como na visão idealista, mas também não é criada por estes – como na visão materialista; a consciência cria seus **significados**” (HUISMAN; VERGEZ, 1973; LIMA-MARQUES, 2011; VARELA; THOMPSON; ROSCH, 1993). A estrutura dessas formas de experiência constitui-se em diferentes **intencionalidades** (SMITH, 2011). “A consciência, então, não é fechada em si mesma, mas aberta ao mundo e à alteridade” (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 1993).

Em “*Ser e Tempo*”, Heidegger (1962) reafirma a **intencionalidade** como característica primordial da natureza humana, com base em Husserl (1931), mas estende a ideia para um contexto de intenção de **ação**. E apresenta o conceito de *Dasein* (ser-no-mundo) como aquele que se depara com uma realidade onde encontra coisas, outros seres e a si mesmo com uma atitude básica de **agir**, exceto em momentos de contemplação.

Teorias fenomenológicas têm fundamentado estudos sobre **interatividade** entre pessoas e artefatos, tendo em vista que boa parte das tecnologias desenvolvidas, especialmente no âmbito da Internet das Coisas, aplicam-se ao cotidiano. Nessa perspectiva, os valores de design passam de objetos para experiências, de performance para adequação, de procedimento para situação, de comportamento para intenção, sendo a **intencionalidade** o que diferencia, em última análise, pessoas de máquinas (MCCULLOUGH, 2004).

### 11.2.2 Cognição corporificada e contexto

As **Ciências Cognitivas** – em sua composição interdisciplinar, influenciada por teorias da Computação, Linguística, Biologia, Neurociência e Filosofia – buscam explicitar princípios e mecanismos de **cognição** e compreender as capacidades da mente, como atenção, memória, habilidades linguísticas, raciocínio, entre outras.

A visão tradicional da área apresenta uma **abordagem computacional** para a cognição, baseada no modelo de processamento de informações, onde a solução de problemas é caracterizada em termos de entradas e saídas, com enfoque nos processos cognitivos internos do organismo, entendendo a mente como um dispositivo para a representação e a manipulação de símbolos. Dessa forma, o cérebro teria o papel de intermediário, recebendo *inputs* do sistema sensorial e enviando-os para o sistema motor, que promove as ações. A atuação do cérebro seria, assim, compreendida de modo isolado da atuação do corpo, como um computador que processa e gera informações, num ciclo onde o “corpo sente, o cérebro pensa e o corpo age” (SHAPIRO, 2010; THOMPSON, 2010; WILSON; GOLONKA, 2013).

Na perspectiva fenomenológica de Heidegger (1962), a atividade prática engajada no mundo é considerada como parte do processo cognitivo, reconhecendo-se a influência do **contexto** e a natureza ‘localizada’ (situada) da atividade humana (*Dasein*), além do relacionamento entre **linguagem, ação e cognição**. A publicação “*Understanding Computers and Cognition*”, de Winograd e Flores (1987), é considerada um marco deste paradigma. Em “*Fenomenologia da Percepção*”, Merleau-Ponty (1945) amplia essa visão ao afirmar que:

A teoria do corpo é uma teoria da percepção [...] O corpo é nosso meio geral de ter o mundo. Algumas vezes restringe-se às ações necessárias para a conservação da vida [...] outras move-se de um sentido literal para um figurativo [...], como na dança. Algumas vezes o significado não pode ser alcançado pelos meios naturais do corpo; este precisa então tornar-se instrumento, e projetar em torno de si um mundo cultural [...]. Nosso corpo está no mundo como o coração está no organismo: mantém o espetáculo constantemente vivo, respira vida em si e a sustenta interiormente, e com esta forma um sistema (MERLEAU-PONTY, 1945).

A **cognição corporificada** (*embodied cognition*), fundamentada nas visões acima, apresenta uma alternativa à visão **classicista/cognitivista** da mente, que conceitua as funções cognitivas pela metáfora computacional. Os teóricos da cognição corporificada consideram a integração do **corpo em ação** em um contexto e a maneira pela qual esses elementos interagem como chave do processo cognitivo. Questionam, portanto, a dicotomia corpo-mente, ao reconhecer a natureza da cognição humana e da

ação social como inerentemente “corporificadas” (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 1993; WILSON, ANDREW; GOLONKA, 2013; WILSON, MARGARET, 2002)

Merleau-Ponty (1945) enfatiza a influência da estrutura na percepção da realidade, alertando para o fato de que:

O comportamento humano não deve ser explicado em termos das causas externas, nem internamente, pela intencionalidade da consciência, mas deve ser compreendido a partir das **estruturas físicas** do corpo e de seu sistema nervoso, na medida em que estes se desenvolvem por meio da interatividade circular com o mundo [...] o mundo não determina a percepção, assim como a percepção não constitui o mundo (MERLEAU-PONTY, 1945).

Os fenomenólogos, portanto, contrapõem-se em essência ao modelo cartesiano, que propõe a separação entre mente e matéria (*res cogitans* e *res extensa*, para Descartes); acreditam que o ‘pensar’ não ocorre separadamente do ‘ser’ e do ‘agir’. Nesse sentido, a Fenomenologia busca reconstruir a relação entre **experiência** e **ação** a partir da **percepção**. “A forma de pensarmos e agirmos é moldada pelas experiências físicas de interação com o mundo, e inseparável desta” (DOURISH, 2004; WILSON, 2002).

Mingers (2001) sintetiza a contribuição da Fenomenologia para a compreensão da **cognição** destacando que, para Husserl (1931), a cognição seria essencialmente o pensamento puro, livre do mundo cotidiano. Heidegger (1962), por outro lado, fez das atividades cotidianas o ponto de partida para sua análise do ser. No famoso *cogito ergo sum* (penso, logo existo) de Descartes, pode-se notar um ponto de partida para ambos, sendo que, enquanto Husserl se preocupava com o *cogito* (pensamento e consciência), Heidegger voltava-se para o *sum* (existência e atividade). Seguindo a linha heideggeriana, de ação no mundo, Merleau-Ponty (1945) deu um passo à frente, revelando a extensão pela qual a subjetividade humana é essencialmente um fenômeno **corporificado** (*embodied*): “[...] o sujeito que sou, quando tomado concretamente, é inseparável deste corpo e deste mundo [...]”.

Varela, Thompson e Rosch (1993) destacam os dois pontos fundamentais sobre o conceito de **corporificação** (*embodiment*): “primeiro, a cognição depende dos tipos de experiência que advém de termos um corpo com várias capacidades sensório-motoras; segundo, estas capacidades individuais estão inseridas em um **contexto** biológico, psicológico e cultural mais abrangente”. Corporificação é compreendida, assim, como a “maneira pela qual as capacidades sensório-motoras de um organismo o habilitam para interagir com sucesso com seu nicho ambiental”. As diferentes teses sobre a cognição corporificada têm em comum o desenvolvimento de uma explicação que capture de que forma **mente**,

**corpo e ambiente mutuamente interagem** e influenciam um ao outro para promover a adaptação bem-sucedida de um organismo (COWART, 2015). “Corporificação é a hipótese surpreendentemente radical de que o cérebro não é o único recurso cognitivo que temos à nossa disposição para resolver problemas” (WILSON; GOLONKA, 2013).

Dizer que a cognição é corporificada significa que ela surge de interações corporais com o mundo. A cognição depende dos tipos de experiências que advêm de se ter um corpo com capacidades perceptivas e motoras particulares, que estão inseparavelmente ligadas e que juntas formam a matriz dentro da qual a memória, emoção, linguagem e todos os outros aspectos da vida estão conjugados. A noção contemporânea de cognição corporificada está em contraste com a postura prevaiente cognitivista que vê a mente como um dispositivo para manipular símbolos, e preocupa-se com a adequação das regras e dos processos formais pelos quais os símbolos representam o mundo (THELEN *et al.*, 2001).

Na mesma linha, Dourish (2004) argumenta que a corporificação oferece uma explicação para a forma como criamos **significado** a partir de nossas **interações** com o mundo no cotidiano. A experiência é inerentemente dependente do corpo. O corpo está envolvido no processamento das informações que o organismo precisa para interagir. O autor considera a corporificação não como propriedade de sistemas, tecnologias ou artefatos; mas como propriedade de **interação**, enraizada nas formas pelas quais as pessoas e tecnologias atuam no mundo, ou no modo como relacionam ação e significado.

Na medida em que um organismo aprende a controlar seus movimentos e executar determinadas ações, desenvolve uma compreensão de suas próprias habilidades de percepção e motoras básicas, que servem como um primeiro passo em direção a aquisição de processos cognitivos mais complexos, tais como habilidades linguísticas (COWART, 2015).

Wilson (2002) compilou seis premissas sobre **cognição** encontradas na literatura: (1) cognição é situada; (2) cognição é pressionada pelo tempo; (3) nós descarregamos trabalho cognitivo no ambiente; (4) o ambiente é parte do sistema cognitivo; (5) cognição é para a ação; (6) cognição *off-line* é baseada no corpo. A autora apresenta uma ampla discussão e questiona alguns pontos dos enunciados. Para este trabalho, interessam em particular as premissas 1, 3 e 5, desenvolvidas ao longo das seções a seguir.

Em relação à primeira premissa, (1) “**cognição é situada**”, Wilson (2002) afirma que a atividade cognitiva ocorre no **contexto** de um ambiente do mundo real, e envolve inerentemente **percepção e ação**. Thompson (2010) ressalta que “a vida mental é também **corpórea e situada** no mundo. As raízes da vida mental encontram-se não apenas no cérebro, mas ramificam-se através do corpo e de seu

ambiente (material, social e cultural) [...] portanto, não podem ser reduzidas a processos mentais” (THOMPSON, 2010).

A experiência habitual de uma atividade emprega um fluxo crescente de símbolos e inevitavelmente ocorre num **cenário**. Configurações fixas de espaços, objetos e artefatos, mais do que abrigar atividades, dão a elas suporte. Isso aponta para a raiz da **interatividade**. A ideia de ação situada em **contexto** é fundamental para o design de interações. Contextos são cheios de objetos e pistas, que funcionam como recursos de aprendizagem e memória para a evolução de padrões de uso. Muitas dessas pistas servem como limitadores; o contexto desconsidera algumas coisas para que outras assumam o foco de atenção. “‘**Contexto**’ não é o cenário em si, mas o envolvimento nele, bem como o viés que dá às interações que abriga. ‘**Ambiente**’ é a soma de todos os presentes contextos” (MCCULLOUGH, 2004). “O contexto emerge da interação, é determinado pelo fazer” (DOURISH, 2004).

Em livro dedicado ao tema, “*Understanding Context: Environment, Language and Information Architecture*”, Andrew Hinton (2014) define ‘**contexto**’ como “a compreensão por um agente das relações entre os elementos de seu ambiente”, sendo ‘**agente**’ “pessoa ou objeto capaz de agir no ambiente”; e ‘**compreensão**’ o “engajamento cognitivo de um agente e o ato de dar sentido aos seus arredores”. Em suma, o contexto é definido pela forma como “um agente percebe e entende o ambiente, não uma propriedade que existe fora desse entendimento”. O autor conclui que “é preciso compreender o ambiente, seja este digital, semântico ou físico, para que possamos agir; e cada ambiente exige habilidades específicas para ação. E as pessoas são certamente melhores que máquinas para capturar as sutilezas do contexto”.

Nesse sentido, Norman (2009) destaca a importância da compreensão do **contexto** para o design da interação homem-máquina. Sensibilidade ao contexto refere-se ao conhecimento sobre o ambiente, o estado atual das coisas e o que deve acontecer em seguida. “Facilitaria se as máquinas soubessem o que intencionamos fazer, assim como ajudaria se soubéssemos o que pretendem”. O ideal, segundo o autor, seria que as máquinas se adaptassem aos indivíduos. Mas, considerando que a inteligência da máquina é limitada, o ônus recai sobre as pessoas, que são flexíveis e adaptáveis. A computação ubíqua potencializa o uso dessas funcionalidades, que permitem a organização e a personalização de informações, diminuindo a necessidade de interações diretas com o sistema; mas não a necessidade de lidar com a imprevisibilidade e multiplicidade de cenários. Designers devem se esforçar para realizar projetos sensíveis ao contexto baseados essencialmente em valores e atividades humanos. É uma área que ainda necessita de muito investimento em pesquisa (RESMINI, 2013b).

### 11.2.3 Interatividade: relação homem-tecnologia

A Fenomenologia de Heidegger (1962) apresenta uma visão acerca da **interação** entre pessoas e os equipamentos disponíveis na experiência cotidiana, na qual a *technē* seria pertencente à *poiesis* – algo que se apresenta de determinada forma e serve a finalidades específicas. Ele entende a essência da **tecnologia** como um modo dos seres humanos conduzirem-se para o mundo: “a ‘vontade de poder’ que se manifesta como ‘vontade de tecnologia’”.

O filósofo destaca ainda a tendência dos objetos a ‘desaparecerem’ quando utilizados; “no momento do uso não há **consciência** de suas características”. Na mesma linha, Dreyfus (1996) observa que, quando o indivíduo fica absorvido com uma tarefa, a consciência sobre os equipamentos torna-se transparente e a ação intuitiva. Mas, quando falha, torna-se inútil ou indisponível, o equipamento passa a ser notado, pois interrompe o fluxo da atividade (INTRONA, 2011). “Os objetos cotidianos são como partes de nós, perto demais para serem vistos” (TUAN, 1977).

Numa escala mais ampla, tomando-se a relação do homem com o espaço, na qual considera-se que os princípios se aplicam de maneira sistêmica, Walter Benjamin (1968) observa que a “arquitetura sempre representou o protótipo de uma obra de arte, que é percebida pela coletividade em um estado de **distração**. Arquitetura é apropriada de dupla forma: pelo **uso** e pela **percepção**, ou melhor, por tato e visão”. Segundo o filósofo, exceto pelos turistas atentos, edifícios são apreendidos “não tanto pela atenção, mas pelo hábito”.

Don Ihde (1990) adota uma base fenomenológica para analisar a variedade e a complexidade da **simbiose** entre tecnologias e pessoas, estabelecendo quatro tipos para essa relação: (1) **corporificada**, forma pela qual a tecnologia é incorporada ao sujeito e permeia sua experiência, transformando sua maneira de perceber o mundo (ex: óculos, experiência do espaço através do carro, etc.) – a transparência citada em Heidegger (1962) vem dessa relação, o sujeito passa a não mais notar a tecnologia quanto melhor estiver adaptada ao corpo; (2) **hermenêutica**, quando a tecnologia é entendida como algo a ser lido e interpretado (ex: painel de instrumentos do carro, display de um artefato, etc.) – navegar por uma cidade não familiar, por exemplo, envolve relações hermenêuticas, de interpretação de mapas e sinais; ao contrário, a relação com os espaços do dia-a-dia ocorre de forma mais inconsciente e intuitiva (WASIAK, 2009); (3) **de alteridade**, quando a tecnologia é vista como um ente distinto, e o indivíduo relaciona-se *com* a tecnologia, e não *através* dela (ex: dispositivos autônomos como robôs, GPS com comando de voz que guia o automóvel, etc.) – pode representar também a relação da tecnologia em uso com as outras ao redor (ex: os outros carros na rua, comunicação M2M, etc.); e (4) **de fundo** (*background*), quando a tecnologia é periférica ou fica em segundo plano no foco de atenção

(ex: termostato e suspensão num carro, etc.). Para Ihde (1990), a tecnologia não pode ser encarada como neutra em termos éticos, pois altera ativamente as interpretações humanas da realidade.

Norman (2009) observa que um diálogo bem-sucedido requer conhecimentos e experiências compartilhados. Exige a valorização do ambiente e do contexto, da história e dos diferentes objetivos e motivações dos envolvidos. Ele acredita que esse entendimento mútuo seja um grande desafio, que pode limitar a plena **interação** homem-máquina, tendo em vista que a comunicação muitas vezes não é fácil nem entre as pessoas. “É necessária uma forma mais natural de interação, que possa ocorrer de modo transparente, sem esforço, para obter uma simbiose harmoniosa entre o homem e a máquina ao realizarem uma tarefa em conjunto”.

Norman (2009) faz um paralelo entre a evolução dos humanos e das máquinas inteligentes e autônomas. Ambos precisam funcionar de forma eficaz, confiável e segura no mundo real; o mundo, por sua vez, impõe as mesmas exigências e requisitos sobre todas as criaturas: animais, humanas e artificiais. Para lidar com a realidade, animais e humanos desenvolveram complexos sistemas de percepção e ação, emoção e cognição. O autor sugere a necessidade de desenvolver sistemas análogos para que as máquinas possam perceber o mundo e agir sobre ele, pensar, tomar decisões e resolver problemas: “máquinas são fundamentalmente diferentes: superiores em alguns aspectos, especialmente em velocidade, potência e consistência; inferiores em outros, especialmente em habilidades sociais, criatividade e imaginação”. Ele acredita que a ausência de empatia e de habilidades sociais nas máquinas seja a causa dos **problemas de interação**, que não se resolvem com soluções meramente técnicas.

**Cibernética** (do grego *kybernēt* - condutor, timoneiro, piloto) foi definida em obra homônima por Norbert Wiener (1965) como “a ciência da comunicação e controle em animais e máquinas”. A teoria busca explicar a síntese da informação automatizada. Wiener percebeu que era possível desenvolver máquinas capazes de reunir informações sobre o mundo e inferir conclusões lógicas, resultando em ações que a máquina poderia implementar de forma automática, sem a participação de um agente humano. A obra traz conceitos fundamentais, como o de retroalimentação (*feedback*) e autorregulação, que traduzem a habilidade do autômato (ou sistema) de controlar as próprias atividades.

No livro *“The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society”*, Wiener (1988) declarou que, se sua visão da Cibernética fosse concretizada, haveria enormes preocupações morais, tornando-se necessário guiar a tecnologia de forma proativa, no sentido de aumentar as capacidades de raciocínio moral em seres humanos e máquinas.

Para Bell e Dourish (2007), a tecnologia desempenha um papel libertador no mundo social, na medida em que **umenta o potencial humano**, ampliando a capacidade das pessoas de realizar tarefas

que não conseguiriam de outra maneira. Marshall McLuhan (1965) acreditava que palavras, objetos e meios de comunicação poderiam ser compreendidos como “objetos que estendem as capacidades humanas”: “a roda é uma extensão do pé; o livro é uma extensão do olho; a roupa é uma extensão da pele; o circuito elétrico é uma extensão do sistema nervoso central [...]”.

Das seis premissas propostas por Wilson (2002), apresentadas anteriormente, a terceira estabelece que “**nós descarregamos trabalho cognitivo no ambiente**”. Em função dos limites de nossa capacidade de processamento de informações (ex: atenção, memória, etc.), nos valemos do ambiente para reduzir a carga de trabalho cognitivo, que passa a armazenar ou até manipular informações que usaremos apenas diante de necessidade, **umentando** nossas capacidades cognitivas.

Nesse contexto, Norman (2009) defende uma abordagem mais humana para o design de máquinas que estão interagindo socialmente com as pessoas de forma cada vez mais ampla: “precisamos de **umento**, não automação”. Kuniavsky (2010) também alerta para a necessidade de se evitar automação, substituindo as atividades humanas por tecnologias. Em vez disso, ele sugere a **mediação**, ou suporte às ações das pessoas. Tonkinwise (2014) questiona: “Por que nós, seres humanos, fazemos coisas úteis? Quando as coisas feitas se revelam úteis, parece óbvio - são feitas para facilitar nossas vidas; aumentar a eficácia e eficiência de ‘ser’ humano”.

Para Stiegler (1998), a tecnologia é uma questão filosófica central, “não é apenas algo ‘lá fora’, é também algo imediatamente ‘aqui’, na própria fonte de nossa humanidade”. Isto significa que quando projetamos novos sistemas tecnológicos também estamos projetando o tipo de humanos que somos (ou nos tornaremos). “Estamos interferindo nas possibilidades de ser das futuras gerações e também na forma como seremos lembrados”.

#### 11.2.4 Potencialidades (*affordances*), percepção e ação

*“A função das coisas reais é concretizar ou “revelar” a vida em seus vários aspectos. [...] Nós habitamos poeticamente quando somos capazes de “ler” as revelações das coisas que compõem nosso ambiente<sup>8</sup>.”*

*(Christian Norberg-Schultz, 1980)*

---

<sup>8</sup> Citação original: “The function of real things is therefore to concretize or “reveal” life in its various aspects. [...] We dwell poetically when we are able to “read” the revealing of the things which make up our environment”.

Avanços na pesquisa sobre percepção-ação encontram fundamentos no trabalho de James J. Gibson (1966, 1979). Em sua '**psicologia ecológica**', Gibson procura compreender a interação entre as pessoas e o ambiente.

Nós agimos no mundo explorando suas potencialidades [*affordances*] físicas – as propriedades funcionais percebidas de objetos, lugares e eventos em relação a um observador. Potencialidades geram relações complementares – oportunidades de ação oferecidas pelo ambiente a um dado organismo. A percepção existe apenas na medida em que percebemos potencialidades (GIBSON, 1979).

A teoria das *affordances*<sup>9</sup> de Gibson estabelece que as coisas são experimentadas interativamente, como existentes para os seres humanos ao comunicarem suas 'possibilidades-de-ação'. Percebemos as 'coisas-no-mundo' não como formas abstratas que necessitam ser decodificadas, mas como potenciais 'utilizáveis', 'extensões-corpo-ação' que já imaginamos como empregar. "O mundo se apresenta como aquilo que é e não é consumível, e como tal presta-se às minhas ações" (TONKINWISE, 2014). O comportamento emerge a partir de um conjunto de recursos de tarefas potenciais que incluem o corpo, o ambiente e o cérebro (SHAPIRO, 2010). É a ideia da **cognição corporificada**, tratada anteriormente.

*Affordances* podem ser entendidas, assim, como propriedades funcionais perceptíveis e acionáveis, que são apreendidas por um indivíduo ao agir no mundo; e as potencialidades do próprio sujeito agente. "O ambiente oferece informação rica e variada, que somos capazes de usar para produzir todos os tipos de comportamentos complexos". Em essência, importa saber o que o ambiente oferece para ação (GIBSON, 1966, 1979).

Em outras palavras, *affordances* "denotam todos os comportamentos possíveis (forma) que confirmam o que o usuário espera do objeto (significado)" (KRIPPENDORFF, 1989). Na prática, significa dizer que entendemos que há objetos dos quais podemos beber, como copos, canecas e xícaras; entendemos que podemos sentar em coisas como sofás e cadeiras, e que é possível manter gatos e coelhos como animais de estimação em casa, mas raramente elefantes ou focas. Essas informações abstratamente codificadas orientam nossas ações no mundo. Portanto, ao nos depararmos com um copo de vinho, embora nunca tenhamos visto este exemplar em particular antes, podemos reconhecê-lo como tal pela maneira como se encaixa em nosso modelo – como uma instância da classe abstrata

---

<sup>9</sup> Termo sem correspondente em português, é utilizado como sinônimo de 'potencialidade'.

de copos e recipientes de bebida. “Objetos são “informações físicas”, e referem-se à relação ecológica entre um organismo e seu ambiente” (DOURISH, 2004).

Quando em uso, a ferramenta é uma espécie de extensão da mão, quase um anexo a esta ou parte do próprio corpo do usuário, e assim não mais uma parte do ambiente. Mas quando não está em uso, a ferramenta é simplesmente um objeto destacado do ambiente, que se pode pegar e é portátil, certamente, mas é externo ao observador. [...] Quando consideramos as *affordances* das coisas, escapamos da dicotomia filosófica [objetivo e subjetivo] (GIBSON, 1979).

É importante ressaltar que a categorização é **contextual** e as propriedades não são fixas, dependem da relação sujeito-objeto. Ou seja, uma pedra pode ser um objeto em dado momento de interação, ou um periférico, que fica em segundo plano no ambiente, em outro. A percepção varia também em função do observador. A mesma pedra pode ser vista como um míssil ou como um peso de papel, dependendo do contexto (GIBSON, 1979; NORMAN, 2009). Para Krippendorf (1989), “a totalidade do que significa algo para alguém consiste na soma total de seus contextos imagináveis”. O autor ilustra com o exemplo de uma faca: pode ser usada para cortar algo, abrir uma caixa, apertar um parafuso, espetar um pedaço de fruta de um jarro ou limpar as unhas. No contexto da fabricação é um custo, no de vendas tem valor de mercado, no de um roubo, uma ameaça.

Essa teoria tem sido muito utilizada no *design* de **sistemas de informação**, na medida em que é possível organizá-los de modo a comunicar as *affordances* ou potencialidades de cada funcionalidade, e as interações que permitem. Nesse sentido, *affordance* seria a oportunidade relacional que surge entre as habilidades do corpo e características do mundo; portanto, podem ser modificadas de duas formas: alterando recursos disponíveis no ambiente, ou habilidades estendidas do usuário (OVERHILL, 2012).

Outra abordagem psicológica muito utilizada no design de **interfaces**, sejam gráficas ou tangíveis, é da **Gestalt**. A teoria considera o todo na análise do fenômeno comportamental, apresentando uma perspectiva sistêmica para a compreensão das características comuns da **percepção**, compreendida em termos de processos subjacentes organizados para ajudar o sujeito a significar o mundo. O desafio de design de um sistema passa não somente por apresentar as informações necessárias para a realização de tarefas e objetivos, mas por apresentá-las de maneira a facilitar a percepção. Na prática, a **Gestalt** oferece um conjunto de princípios que descrevem noções como frente/fundo, agrupamento, simetria, e outras abstrações (KOHLENER, 1947; SOEGAARD, 2014; STERNBERG, 2011).

Simon Norris (2012) observa que a melhor maneira de pensar sobre o design é uma ecologia: um conjunto dinâmico de elementos que se combinam para formar uma **experiência** de interação significativa. Pelo efeito **Gestalt**, reduzimos a realidade combinando todos os elementos de uma 'forma' e a simplificamos, independentemente da sua complexidade subjacente, de maneira imediata e natural, pois é perceptual.

Norman (2009) acredita que as interações cotidianas com objetos sejam, em grande parte, **intuitivas**: "encontramos dezenas de milhares de objetos diferentes ao longo de nossas vidas, mas na maioria dos casos, sabemos exatamente o que fazer com eles, sem instrução ou qualquer hesitação". A grande questão do design, segundo o autor, é deixar claros o leque de operações possíveis, o progresso da ação e a mudança ocorrida, para evitar frustrações com objetos cotidianos.

### 11.2.5 Dinamismo e cognição

Varela, Thompson e Rosch (1993) defendem a complementaridade entre as ciências da mente e a **Fenomenologia** para um entendimento mais abrangente dos processos cognitivos. Consideram dinamismo e cognição corporificada como complementares; e investigam a experiência humana com base no arcabouço fenomenológico. Acreditam que a interação entre corpo, mente e mundo é **sistêmica** e **dinâmica** – transforma-se em função do tempo. Essa premissa fundamenta a **abordagem enativa** ou **enação** (*enactivism*), proposta pelos autores.

**Cognição** é o exercício da habilidade na ação **corporificada** e **situada**. O acoplamento sensório-motor com o ambiente modula, mas não determina, a formação de padrões endógenos e dinâmicos das atividades neurais; o mundo de um ser cognitivo não é um domínio externo e pré-determinado, representado internamente pelo cérebro, mas um domínio **relacional** ativado ou trazido a tona pela agência autônoma do ser e por seu modo de acoplamento com o ambiente; e a **experiência** não é uma questão secundária ou periférica, mas é central para qualquer entendimento da mente, e precisa ser investigada de maneira fenomenológica (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 1993).

Sob a ótica da **enação**, a cognição é uma construção ativa, que surge através da **interação dinâmica** entre um organismo e o ambiente. "Enação significa a ação de promulgar uma lei, mas também refere-se à performance ou realização de uma ação de maneira mais genérica" (THOMPSON, 2010). A ação é determinada pela percepção; e o sujeito interage com o ambiente a partir de suas potencialidades sensório-motoras (THOMPSON, 2010; VARELA; MATURANA, 1973).

Organismos não recebem informações passivamente do ambiente e as traduzem internamente como representações internas. [...] Sistemas cognitivos naturais participam na geração de significado engajados em interações **transformacionais**, e não meramente informacionais; eles “ativam” [*enact*] o mundo (STEWART; GAPENNE; PAOLO, 2010).

Em síntese, a abordagem da **enação** de Varela, Thompson e Rosch (1993) parte dos princípios de que a **ação dinâmica** é essência da **cognição**; o conhecimento é **corporificado**, ou seja, ocorre num contexto inseparável do corpo; e o conhecimento resulta de interpretações que emergem das **capacidades** sensório-motoras de compreensão enraizadas nas estruturas da corporificação biológica, vivida e experimentada em um domínio de ação. Varela e Maturana (1973) observam que a “cognição depende de corporificação, pois a habilidade de distinguir é consequência da estrutura específica do organismo”.

### 11.3 Perspectiva arquitetônica

*“Always design a thing by considering it in its next larger context - a chair in a room, a room in a house, a house in an environment, an environment in a city plan”.*

*(Eliel Saarinen, arquiteto finlandês, 1962)*

Este capítulo visa a compreensão da relação do homem com o **espaço** e os **objetos**, e elenca princípios arquitetônicos para a construção de espaços de informação na Internet das Coisas. Para a elaboração deste referencial teórico, retorna-se às origens da **Arquitetura**, com a intenção de extrair os princípios fundamentais que formam seu alicerce. O capítulo tem como base os trabalhos de Vitruvius Pollio, “*De Architectura*”, escrito por volta de 27 a 16 a.C.; do geógrafo brasileiro Milton Santos, “*A natureza do espaço*” (1996); Christian Norberg-Schulz, “*Genius loci*” (1980) e “*Existence, space and architecture*” (1971); Nikos Salingaros, “*A theory of Architecture*” (2007); Jane Jacobs, “*The death and life of great American cities*” (1961); Manuel Castells, “*Space of flows, space of places*” (2005); e William Mitchell, “*City of Bits*” (1996) e “*The revenge of place*” (2001), entre outros.

Em busca de **princípios** e **heurísticas** para o **design** dos espaços e de seus objetos com enfoque nas pessoas, o capítulo aborda também teorias do **Design**, dentre as quais **Design Ontológico** (WILLIS, 1999; WINOGRAD; FLORES, 1987) e **Design Sensível aos Valores** (*Value Sensitive Design*) (FRIEDMAN; KAHN; BORNING, 2006); além de uma série de referências em **Design Centrado no Humano**

(ANDERSON, STEPHEN, 2011, 2014; CHALMERS *et al.*, 2004; CHALMERS; MACCOLL, 2003; CRUMLISH; MALONE, 2009; DIETHELM, 2013; LIDWELL; HOLDEN; BUTLER, 2010; MAEDA, 2006; RETTIG, 2012b).

### 11.3.1 Arquitetura: edificação do espaço

*"Architecture is the thoughtful making of space".*

*(Louis Kahn, arquiteto americano)*

'Arquitetura', do latim *'architectúra,ae'*, significa 'arte de edificar'; e do grego *'arché'*, 'primeiro ou principal' e *'téhton'*, 'construção', sendo 'a arte ou técnica de projetar e edificar o ambiente habitado pelo ser humano'. 'Arquiteto', por sua vez, do latim *architéctus,i*, tem o sentido de 'chefe, construtor, edificador', adaptado do grego *arkhitéktón*, que significa literalmente 'carpinteiro-chefe' ou 'o que detém uma ciência ou uma arte e dirige as outras pessoas' (CUNHA, 2007; HARPER, 2007). Para a finalidade deste trabalho, o termo 'arquitetura' é utilizado tanto como a atividade executada pelo arquiteto quanto como o produto de seu trabalho; e 'Arquitetura', com a inicial em maiúscula, referindo-se à disciplina.

Pela definição do arquiteto e urbanista Lúcio Costa:

Arquitetura é, antes de mais nada, construção, mas, construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o **espaço** para determinada **finalidade** e visando à determinada **intenção**. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente arte plástica, porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto desde a germinação do projeto até a conclusão efetiva da obra, há sempre, para cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites - máximo e mínimo - determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionados pelo meio, reclamados pela função ou impostos pelo programa, cabendo então ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de **artista**, portanto, escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada [...]. A intenção plástica que semelhante escolha subentende é precisamente o que distingue a arquitetura da simples construção (COSTA, 1952).

O arquiteto Christian Norberg-Schulz (1971) é um dos principais teóricos da tradição fenomenológica da Arquitetura. Ele acredita ser "urgente a compreensão qualitativa e fenomenológica" da área, afirmando que "não ajuda muito a solução de problemas práticos enquanto essa lacuna não for superada". E propõe uma '**linguagem** para a arquitetura', composta por três elementos inter-relacionados:

- **Topologia:** voltada para a organização espacial, tem como componentes estruturais o 'centro' e o 'caminho', oferecendo uma visão sistêmica. O centro representa para o homem o 'interior' em oposição ao 'lado de fora' ao redor. Do centro, os caminhos levam ao ambiente. As direções horizontais representam o mundo da ação concreta do homem.
- **Morfologia:** o 'como' das formas arquiteturais. Uma organização do espaço pode concretizar-se de diversos modos, mas é necessário definir estruturas básicas, ou elementos que estabeleçam as fronteiras espaciais (dentro-fora) de uma edificação, por exemplo: chão, parede e teto.
- **Tipologia:** por sua vez, envolve as estruturas conceituais de convivência humana (*being-with*). Na arquitetura, representa um determinado tipo de edificação (quarto, casa, rua, vila, escola, p.e.), percebido como uma 'imagem forte', algo como a ideia de 'instituição' para Louis Kahn: um fenômeno compartilhado. A cidade seria, portanto, é um lugar de "instituições reunidas".

### 11.3.2 Pilares da arquitetura

*"Nada é tão perigoso na arquitetura como lidar com problemas separados. Se dividirmos a vida em problemas separados, dividiremos as possibilidades de fazer boas construções artísticas".<sup>10</sup>*

*(Alvar Aalto, arquiteto finlandês)*

A obra "*De Architectura*", do arquiteto e engenheiro romano Marco Vitrúvio Polião (*Marcus Vitruvius Pollio*), escrita em 10 volumes em meados de 27 a 16 a.C., constitui-se no mais antigo tratado arquitetônico conhecido, sendo o único do período greco-romano a ter sido preservado (VITRÚVIO POLIÃO, 2007). Vitrúvio (2007) estabelece como pilares da Arquitetura: **estrutura** (*firmitas*), **utilidade** (*utilitas*), e **estética** (*venustas*), conforme ilustra a Figura 29.

---

<sup>10</sup> Citação original: "Nothing is as dangerous in architecture as dealing with separated problems. If we split life into separated problems we split the possibilities to make good building art".

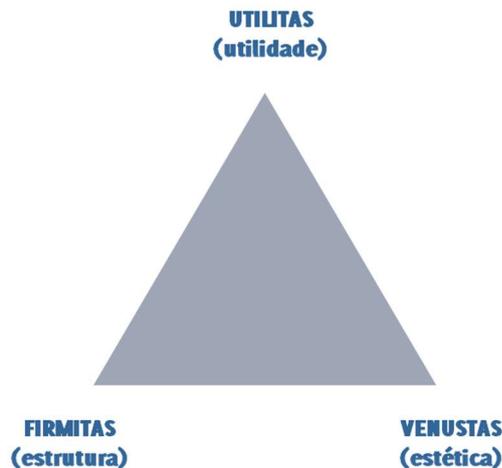


Figura 29: Tríade vitruviana

Fonte: elaborada pela autora

Os pilares, conhecidos como tríade vitruviana, podem ser interpretados como:

- **Utilitas** (*l. utilitatis*): utilidade, que remete à comodidade, conveniência ou função. “Expressa os aspectos funcionais da arquitetura, a forma como os edifícios abrigam atividades humanas, como as pessoas vivem e como as sociedades operam no ambiente físico, ou simplesmente as relações dialéticas entre as pessoas e seus ambientes” (SALAMA, 2013). “Arquitetura requer utilidade, deve satisfazer necessidades externas, sua coerência interna não é suficiente. Deve servir aos usos da humanidade e ser vista como sua expressão” (SCOTT, 1914). As questões **éticas e socioculturais** devem ser consideradas para a compreensão desse princípio, ou seja, os valores humanos.
- **Firmitas** (*l. firmitatis*): solidez; durabilidade, refere-se à estabilidade, ao caráter construtivo da arquitetura. “Arquitetura requer consistência, firmeza, que são princípios garantidos pelo uso de matérias-primas (tijolo, concreto, madeira, ferro) e de teorias e modelos científicos para a construção, oriundos da Física, da Engenharia, do Design, que em última instância revelam as propriedades dos materiais e leis que as regem” (SCOTT, 1914). Consideram-se nesse princípio os valores **tecnológicos**. Para Norberg-Schulz (1971), “a concretização da dimensão existencial depende de como as coisas são feitas, ou seja, depende de forma e tecnologia; “tecnologia inspirada”, como disse Louis Kahn.
- **Venustas** (*l. venustatis*): beleza, associada à estética, à capacidade de “encantar as pessoas e elevar seu espírito”. O componente estético e baseia-se no fato de que a arquitetura

“busca expressar conceitos ideais de beleza que emergem de símbolos incorporados em uma cultura particular. Cada um dos princípios vitruvianos relaciona-se de forma interdependente com os outros dois” (SALAMA, 2013). “Arquitetura requer **encantamento**, o desejo pela beleza, mas não somente pela estética pura e simples, a estética onde a arquitetura torna-se **arte**” (SCOTT, 1914). Recorrendo-se às origens do termo (HARPER, 2007), ‘estética’ vem do grego *aisthetikos*, “sensível, perceptivo” ou *aisthanesthai*, “perceber (pelos sentidos ou pela mente), sentir”. O verbete foi popularizado pela tradução de Immanuel Kant para o inglês, utilizado originalmente pelo filósofo em seu sentido clássico, como “ciência que trata das condições da percepção sensorial”. Isto posto, interpreta-se, para fins deste trabalho, *venustas* como ‘manifestação’, num sentido amplo, como relativa ao que é percebido pelo sujeito; e como propriedade necessariamente presente na arquitetura, juntamente com os outros dois pilares.

Vitrúvio (2007) elencou ainda como princípios arquitetônicos: **ordinatio** (ordenação) – o ajuste equilibrado dos detalhes individualmente e como um todo, que leva a um resultado simétrico, feito de dimensões; **symmetria** (simetria) – comensurabilidade, disposição harmoniosa de um sistema proporcional de medidas, representa a unidade de todas as partes e a relação entre estas e com o todo; **dispositio** (disposição) – arranjo, é o posicionamento adequado dos elementos arquiteturais, que representam a identidade da obra através de sua composição ou configuração; **eurythmia** (eurritmia) – qualidade da aparência física, da manifestação, da forma, da estética; **decor** (conveniência), **distributio** (distribuição) e **ratiocinatio** (raciocínio), que determina a teoria como fundamento epistemológico da Arquitetura. Lefas (2000) observa que os conceitos acima muitas vezes se confundem; mas são considerados relevantes em sua essência para este trabalho.

Frederick (2007), em seu livro “*101 Things I Learned in Architecture School*”, defende que o planejamento e a organização do espaço devem ter como objetivo acomodar necessidades **funcionais**. E recomenda não se utilizar a arquitetura de maneira arbitrária, mas projetar o espaço “para acomodar um programa, experiência ou intenção específicos, investigando as particularidades das atividades que possivelmente ocorrerão no local”. Ressalta ainda que “o que escolhemos construir importa tanto quanto a aparência da construção, ou o quão bem podemos fazer funcionar”.

Espaço é um termo abstrato para um complexo conjunto de ideias. Apesar de variáveis culturalmente, é possível identificar semelhanças ou princípios fundamentais da organização espacial, tais como: postura e estrutura corporal; e as relações entre seres humanos. O homem na experiência íntima com seu corpo e com outras pessoas,

organiza o espaço para atender às suas necessidades biológicas e relações sociais (TUAN, 1977).

Roger Scruton (1980), filósofo da estética, enumera cinco características que distinguem a Arquitetura das outras artes: (1) caráter **funcional** - edificações são projetadas para atender a necessidades; (2) caráter **localizado** - construções estão localizadas em determinado lugar e determinado ambiente; (3) caráter **técnico** – é uma ciência, bem como uma arte; (4) caráter **público** – edifícios, mesmo casas particulares, estão geralmente visíveis ao público; e (5) caráter **artístico** - é uma arte vernacular de múltiplos objetivos.

Numa visão crítica ao tecnicismo, Salinas (2007) alerta para a necessidade de reconsiderar a relação entre ciência e arquitetura – “o papel da ciência não deve ser incrementar tecnologias por si, mas melhorar a **condição humana**, colocando o ser humano no centro do processo criativo e construtivo”.

Naquele tempo, Vitruvius já fazia referências à interdisciplinaridade da Arquitetura e à sua intencionalidade na produção de significados, o que ratifica a atualidade de seu texto:

A ciência do arquiteto é ornada de muitas disciplinas e de vários saberes, estando a sua dinâmica presente em todas as obras oriundas das restantes artes, que nasce do justo equilíbrio da prática e da teoria e que na Architectura, de uma feição especial, se verificam estas duas realidades: o que é significado e o que significa (VITRUVIO POLIÃO, 2007).

### 11.3.3 Espaço de objetos

*“Things themselves are places and do not merely belong to a place”.*

*(Martin Heidegger, 1973)*

Sob a ótica sistêmica, o **espaço** é composto por **objetos** inter-relacionados, e cada objeto reproduz as propriedades do espaço, ao apresentar uma **estrutura**, manifestar-se **esteticamente** e servir a uma **finalidade**. A relação das pessoas com os objetos obedece, portanto, a princípios análogos aos de sua relação com o espaço, em diferentes escalas. A distinção das fronteiras espaço/objeto e suas conexões sistêmicas são abordadas na seção 11.4.

A composição do **espaço** é, assim, um **sistema** de elementos justapostos: objetos sob objetos, objetos perto de objetos, objetos sustentando objetos – e o foco deve ser não somente em cada **objeto**, mas na forma como se inter-relacionam no sistema como um todo. “Arquitetura está interessada na

criação de **sistemas complexos** e organizados de partes, na criação da ordem a partir da desordem, na transformação de simples matérias-primas em totalidades organizadas e coerentes, capazes de manter sua organização” (SOLÀ-MORALES, 2012).

Conforme previamente descrito, o conceito de '**objeto**', pela acepção fenomenológica, tem um sentido mais amplo, de “qualquer realidade investigada em um ato cognitivo, apreendida pela percepção e/ou pelo pensamento, que está situada em uma dimensão exterior à subjetividade cognoscente” (TURK, 2001). O objeto, portanto, tem caráter **ontológico**, sendo sua existência independente do sujeito. Um objeto pode ser “uma coisa, pessoa ou matéria para a qual o pensamento ou a ação é dirigida” (HARPER, 2007).

'**Artefato**', por sua vez, é entendido como “qualquer objeto feito por seres humanos, especialmente tendo em vista a posterior utilização”. Considerando a raiz etimológica, do latim '*arte+factum*', [algo] “feito com habilidade” (HARPER, 2007) ou “feito com arte” (CUNHA, 2007). No contexto desta tese, as '**coisas**' da Internet das Coisas são qualificadas como artefatos. Vale ressaltar que estamos em uma realidade de **agentes** humanos e não humanos. Artefatos adquirem capacidades de perceber o mundo e agir de forma independente. Essa questão foi abordada no tópico 7.2.5 deste trabalho. Como previu Milton Santos (1996):

Os objetos não mais obedecem a nós, mas sugerem o papel a desempenhar, porque são instalados obedecendo a uma lógica que nos é estranha, uma nova fonte de alienação. Sua funcionalidade é extrema, mas seus fins últimos nos escapam. Essa intencionalidade é mercantil, mas não raro é, também, simbólica (SANTOS, 1996).

Santos (1996) traz a noção de '**objeto técnico**', com base em Seris (1994): “o homem se relaciona com a natureza por meio de técnica. As técnicas são um conjunto de meios instrumentais e sociais, com os quais o homem realiza sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço”. Segundo o autor, objetos técnicos estão suscetíveis ao princípio da evolução darwiniana: “sua adoção pelas sociedades seria função de uma avaliação dos valores técnicos, em relação com o êxito ou o fracasso prováveis”. Esse entendimento encontra eco no conceito de **tecnologia** de Heidegger (1962), discutido em seção anterior.

Sob essa ótica, Santos (1996) acredita que “a essência de um **objeto** é sua natureza, aquilo que o distingue de outros objetos; sua existência é a forma como se manifesta ou se apresenta”. E continua, “os objetos têm um discurso que vem de sua estrutura e revela sua **funcionalidade**. É o discurso do uso, mas, também, o da sedução. E há o discurso das ações, do qual depende sua legitimação: “o sentido do objeto aparece nas situações pragmáticas” (SANTOS, 1996). As *affordances* de Gibson (1979), tratadas

anteriormente, refletem essa perspectiva. “A ação é tanto mais eficaz quanto os objetos são mais adequados”, assegura Santos (1996). E completa, com base em Simondon (1958): “construir um objeto técnico é preparar uma disponibilidade”.

A estrutura do objeto define, inclusive, sua relação com os demais (SANTOS, 1996): “[...] uma coisa tem propriedades, que são, antes de tudo, suas **relações** com outras coisas” (HEGEL, 1991). “Esta é a base em que os sistemas de objetos se constroem e obtêm um **significado**”. Essas condições relacionais incluem o espaço e se dão por intermédio do espaço. “É o espaço considerado em seu conjunto que redefine os objetos que o formam” (SANTOS, 1996).

#### 11.3.4 Espaço de ações

A seção anterior do trabalho analisou, sob a ótica do sujeito, de que forma o **espaço** se apresenta como palco da **ação corporificada** (*embodied action*) e **situada** (contexto). Conforme citado, “configurações fixas de espaços, objetos e artefatos, mais do que abrigar atividades, dão a elas suporte” (MCCULLOUGH, 2004).

O espaço é formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de **objetos** e sistemas de **ações**, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá. No começo era a natureza selvagem, formada por objetos naturais, que ao longo da história vão sendo substituídos por objetos fabricados, objetos técnicos, mecanizados e, depois, cibernéticos, fazendo com que a natureza artificial tenda a funcionar como uma máquina (SANTOS, 1996).

A dinâmica da relação entre pessoas, objetos e espaços é tratada na próxima seção, que tem como escopo compreender, a partir de princípios sistêmicos, de que forma esses elementos se conectam num **ecossistema**.

**Sistemas de objetos e sistemas de ações interagem.** De um lado, os sistemas de objetos condicionam a forma como se dão as ações e, de outro lado, o sistema de ações leva à criação de objetos novos ou se realiza sobre objetos preexistentes. É assim que o espaço encontra a sua dinâmica e se transforma (SANTOS, 1996)

Santos (1996) compreende ‘**ação**’ no sentido de Norberg-Schutz (1980), como “a execução de um ato projetado”; ou no sentido de Moles (1974), em “*Phénoménologie de l'Action*”, como “o deslocamento visível do ser no espaço, criando uma modificação do meio”. A ação é um processo dotado de **propósito** (MORGENSTERN, 1960), na qual “um agente, ao mudar algo, muda a si mesmo”. As **ações** resultam de **necessidades** – materiais, imateriais, econômicas, sociais, culturais, morais, afetivas

– que levam a funções. Estas, por sua vez, remetem aos objetos, ou “conduzem à criação e ao uso de objetos” (SANTOS, 1996).

### 11.3.5 Espaço de informação

Conforme definido na seção 10.1, a Arquitetura da Informação interessa-se fundamentalmente pela natureza dos **espaços de informação**. Retoma-se neste ponto a declaração de Lima-Marques (2011), na Teoria Geral da Arquitetura da Informação, de que “não há **espaço** sem **distinção**”, sendo a afirmativa fundamentada em Brown (1969), que define ‘forma’ como uma distinção no espaço. A ideia de distinção relaciona-se com a de ‘**indicação**’, na medida em que “não se pode fazer uma indicação sem fazer uma distinção”. Espaços distintos possuem ‘estados’ e ‘conteúdos’. ‘Conteúdos’, por sua vez, são compostos por ‘coisas’, que possuem propriedades. Deriva-se daí a definição de ‘**espaço de informação**’, como “conjunto de informações distinguidas em um espaço distinguido” (LIMA-MARQUES, 2011).

Em reflexão extremamente atual, Milton Santos (1996) afirma: “todos esses objetos modernos aparecem com uma enorme carga de informação”. E esclarece, “os objetos são eles próprios **informação**, e não apenas movidos pela informação”. Ele dá o exemplo de um barbeador, que somente funciona com um tipo de corrente, pois dispõe de uma informação específica, levando a que se recuse a responder a um estímulo diferente daquele para o qual foi fabricado. E ratifica, “os objetos técnicos tendem a ser ao mesmo tempo técnicos e informacionais, já que, graças à extrema intencionalidade de sua produção e de sua localização, eles já surgem como **informação**; e, na verdade, a energia principal de seu funcionamento é também a **informação**” (SANTOS, 1996).

O ambiente em que vivemos é carregado de **informações** com as quais interagimos constantemente. A simples locomoção em uma cidade envolve a disponibilidade de informações sobre as estruturas do ambiente, que levam à ação. Onde podemos andar? O que podemos comer? O que podemos pegar em nossas mãos? A maior parte do ambiente surgiu naturalmente. Dentre as primeiras estruturas criadas pelo homem estão as que determinam limites ou barreiras, como muros de pedras. Essas estruturas carregam sentidos culturais, do abrigo, da posse. O muro altera o contexto do campo, transformando uma paisagem indiferente em um lugar humano, com camadas adicionais de **significado**. Esse fenômeno é observado em qualquer tipo de espaço, seja físico ou digital (HINTON, 2014).

Benyon (2014) observa que, na medida em que o mundo se torna cada vez mais ativado computacionalmente, as teorias que fundamentam a **interatividade** precisam evoluir. “As pessoas deixaram de interagir com um computador para literalmente moverem-se por um espaço carregado de **informação**”. Emergem novas formas de interatividade, mais naturais às pessoas, por fala, gestos ou

toques, e cresce o número de interações que envolvem emoções e senso real de **presença corporificada**: são os novos espaços de interação que precisamos compreender e arquitetar.

Para Santos (1996), “a densidade informacional deriva, em parte, da densidade técnica. Os objetos, mesmo quando são constitucionalmente ricos em informação, podem, todavia, não ser ‘agidos’, permanecendo em repouso ou inatividade, à espera de um ator. A **informação** apenas se perfaz com a **ação**”. Entretanto, numa realidade onde os objetos tornam-se **ativos** e passam a atuar independentemente das pessoas, cria-se uma nova categoria de agentes. Curiosamente, o próprio Milton Santos, em outro ponto de seu texto, fazendo referência a Sartre (1962), prevê em alguma medida o advento desses autômatos: “o objeto atual é um objeto que se tornou sujeito. Esse **objeto-ator** nos aponta comportamentos, porque ele próprio é um sistema, um mecanismo que apenas funciona se obedecemos às regras próprias predeterminadas” (SANTOS, 1996).

Resmini (2012) defende a aplicação de princípios arquitetônicos ao domínio da informação, em consonância com autores como Wurman (1991), Arango (2011), Hinton (2013) e Klyn (2013). Arango (2011) acredita que a Arquitetura tradicional ofereça um campo rico que pode servir como trampolim para o design de ambientes de informação efetivos. E cita Gaston Bachelard (1969) enfatizando que “seres humanos têm projetado espaços para abrigar suas interações e encenar suas experiências por milhares de anos”. Assim como a Arquitetura habilita ambientes para ‘**habitação**’ pela organização de formas e espaços, a Arquitetura da Informação habilita ambientes para o ‘**entendimento**’ por meio da organização de nós e links (ARANGO, 2011).

Nessa linha, os princípios arquiteturais vitruvianos citados no item anterior estendem-se à Arquitetura da Informação, uma vez que espaços de informação têm uma **utilidade** (*utilitas*), servindo a necessidades humanas; materializam-se em uma **estrutura** (*firmitas*); e manifestam-se **esteticamente** (*venustas*), na camada de interatividade (LACERDA, 2005; LASNIK, 2003). Mitchell (1996) apresenta alguns exemplos dessa correlação em “City of Bits”. É possível considerar que *utilitas* esteja relacionado ao ‘por quê/para que’ do projeto, *firmitas* ao ‘o quê’ será materialmente construído, e *venustas* ao ‘como’, que forma ou aparência terá.

Em “*A Theory of Architecture*” Nikos Salingaros (2007) organizou padrões de design com base em analogias com sistemas complexos biológicos e físicos, e abordou o papel da **Arquitetura da Informação** na modelagem do ambiente urbano. “Diferentes tipos de sistemas urbanos se sobrepõem para estabelecer a complexidade em uma cidade, onde se aplicam os conceitos sistêmicos de **coerência**, **emergência** de informações, **auto-organização** e **adaptabilidade**”. O autor traçou como objetivos para a disciplina de AI: derivar leis sobre como a matéria se reúne para definir edifícios que satisfazem os

seres humanos; e explicar, com argumentos científicos, o que fundamenta a **satisfação** das pessoas em relação a algumas formas e não outras (SALINGAROS, 2007).

Coward e Salingaros (2004) propõem, em *"The information architecture of cities"*, a analogia das influências das **redes de informação** para a compreensão de cidades e para o diagnóstico de problemas urbanos. "Ao invés de otimizar conexões de canais únicos entre nós espaciais monofuncionais, sugerimos a otimização da troca de informações geral em uma cidade". A partir de uma visão sistêmica, os autores afirmam que a base da arquitetura é a forma pela qual os componentes de um **sistema complexo** interagem. Encaram a arquitetura da cidade como composta por nodos urbanos e suas inter-relações, e buscam o processo pelo qual uma cidade viva se desenvolve e uma cidade patológica entra em decadência.

Afirmam ainda que as cidades operam de forma heurística, como um sistema que vai incrementando suas experiências e **adaptando-se** às mudanças. Eles partem do princípio que as cidades devem ser planejadas para otimizar o **fluxo de informações**, oferecendo aos cidadãos mais opções de experiências que lhes acrescentem valores. Assim, para a construção de um edifício deve-se considerar o contexto que cerca (COWARD; SALINGAROS, 2004).

Uma importante lição dos sistemas de computadores é a separação entre software e hardware. A decomposição modular no software, que ocorre nos objetos e modelos, funciona inteiramente no espaço abstrato no qual o programa é executado. Isto é completamente independente da estrutura física do hardware do computador. Exatamente da mesma maneira, uma cidade funciona em dois espaços distintos: a rede de troca de **informações** e o espaço à parte das **estruturas físicas** (COWARD; SALINGAROS, 2004).

Em termos de **estrutura**, Netto (2011) ressalta a "relativa fragilidade material" dos espaços mediados por tecnologias, e sua dependência de energia e *hardware*. Se este fato é determinante quando se fala apenas nos espaços digitais da Internet, no âmbito da Internet das Coisas toma proporções ainda maiores, tendo em vista que o funcionamento dos artefatos, que agora compõem o próprio espaço físico, é totalmente dependente dos dois fatores. A observação do princípio da **contingência** é fundamental nesse contexto. Os dispositivos devem manter suas funções básicas operando em caso de indisponibilidade de infraestrutura, com planos de contingenciamento (ex: um refrigerador inteligente deve manter a função de gelar ainda que a rede esteja fora do ar e as 'funções inteligentes', como montar a lista de compras, parem de funcionar).

Ainda sobre a questão estrutural, McEwen e Cassimally (2013) recomendam que os serviços na IoT sejam desenvolvidos em componentes não muito acoplados, que possam ser flexíveis e

modularmente reutilizáveis, em funções não imaginadas no projeto original (ex: *twitters* são consumidos por aplicativos desenvolvidos com arduíno). É fundamental, para tanto, seguir os padrões da Internet.

Acerca das propriedades informacionais dos objetos, Morville (2005) define como princípio a **encontrabilidade**, ou qualidade de ser localizável ou navegável. O atributo pode ser medido, por exemplo, pela presença de uma etiqueta RFID embutida num objeto inteligente. O desafio de aplicar esse princípio é prever os contextos de utilização. O autor exemplifica: os usuários estarão no escritório ou na banheira no momento do uso? Qual é a sua largura de banda e tamanho de tela? As variáveis só se multiplicam na IoT.

### 11.3.6 Espaço e lugar

*“Caminha-se por vários dias entre árvores e pedras. Raramente o olhar se fixa numa coisa, e, quando isso acontece, ela é reconhecida pelo símbolo de alguma outra coisa: a pegada na areia indica passagem de um tigre; o pântano anuncia uma veia de água; a flor o hibisco, o fim do inverno. O resto é mudo intercambiável – árvores e pedras são apenas aquilo que são. Finalmente, a viagem conduz à cidade... penetra-se por ruas cheias de placas que pendem das paredes. Os olhos não vêem coisas, mas figuras de coisas que significam outras coisas [...]”.*

*(Ítalo Calvino, 1972)*

A distinção entre ‘**espaço**’ e ‘**lugar**’, tema recorrente na literatura especializada da Arquitetura, é de fundamental importância para este trabalho, pois tem implicações diretas nos projetos de ecossistemas de informação na Internet das Coisas.

Harrison e Dourish (1996) os distinguem, de forma sintética e ilustrativa, com base em diversas referências: **espaços** são a matéria da qual **lugares** são construídos. Lidando com estruturas físicas, topologia, orientação e conectividade, espaços oferecem oportunidades e limitações. Lugares refletem entendimentos culturais e sociais e podem ter propriedades temporais – o mesmo espaço pode significar diferentes lugares em tempos diferentes. Lugares moldam comportamentos, e a eles atribuem-se valores subjetivos e abstratos (bom, ruim, ontem, amanhã), ao passo que aos espaços atribuem-se propriedades objetivas (cima, baixo, dentro fora). Um estádio, por exemplo, pode dar lugar a um jogo, a um show ou a um culto religioso. Nesses casos não é a estrutura que determina os comportamentos, mas a finalidade do lugar onde as pessoas se encontram. Lugares têm significado social, enraizado em

práticas e entendimentos comunitários. Pessoas ou grupos diferentes possuem diferentes entendimentos de lugares similares. Estamos localizados fisicamente no espaço, mas agimos no lugar (HARRISON; DOURISH, 1996).

O geógrafo Yi-Fu Tuan (1977) considera o 'espaço experiencial' como definido pelos objetos e lugares que o compõem. "Espaço é transformado em lugar na medida em que adquire definição e **significado**<sup>11</sup>" – e ilustra com o exemplo da casa (*house*), que interpretamos como lar (*home*). Norberg-Schulz (1980) acredita que, "por meio da construção, o homem dá ao **significado** presença concreta, transformando a vida cotidiana em um lar onde possa habitar". E declara, "a criação de lugares é o propósito da Arquitetura".

Com base no conceito de Heidegger (1971a) de **habitar** (*dwell*), Norberg-Schulz (1980) afirma que "o homem habita quando é capaz de orientar-se em um ambiente e identificar-se com ele" ou seja, "quando experimenta o ambiente como **significativo**". Ele considera lugar como 'paisagem habitada', que inclui tanto entidades naturais como fabricadas pelo homem. E remete a uma crença romana antiga, segundo a qual cada ser tem seu gênio (espírito guardião), que dá vida a pessoas e lugares, determinando o seu caráter ou sua essência (o que a coisa 'é' ou 'quer ser'). A dimensão do lugar (*place*) onde a vida acontece (*takes place*) é o **Genius Loci**, que representa as estruturas existenciais reunidas pelo lugar. Cabe à Arquitetura concretizar o *genius loci* ou a essência do lugar, compreendendo sua vocação.

Habitar implica em algo além de 'abrigo'. Implica dizer que os espaços onde a vida acontece são lugares, no sentido verdadeiro da palavra. Um lugar é um espaço com caráter distinto. Desde tempos antigos, o *genius loci*, ou 'espírito do lugar', foi reconhecido como a realidade concreta a ser enfrentada pelo homem em seu cotidiano. Arquitetura significa visualizar o *genius loci*, e a tarefa do arquiteto é criar lugares significativos, pelos quais ele ajude o homem a habitar (NORBERG-SCHULZ, 1980).

Louis Kahn também acreditava que "cada edifício deve ter sua própria alma". Em aula emblemática na *University of Pennsylvania* em 1971, exibida no filme "*My Architect: a son's journey*" (2003), o arquiteto declara: "quando você quer dar **presença** a alguma coisa, você precisa consultar a **natureza**. É aí que entra o **design**". E ilustra: "Você diz a um tijolo: 'O que você quer, tijolo?' E o tijolo

---

<sup>11</sup> Texto original: "Space is transformed into place as it acquires definition and meaning".

responde: 'Eu gosto de um arco'. E você diz ao tijolo: 'Olha, arcos são caros, eu posso usar uma verga de concreto em cima de você. O que acha disso, tijolo?' E o tijolo diz: 'Eu gosto de um arco'".

A ideia de *genius loci* está relacionada aos conceitos de 'significado' e 'estrutura'. O significado de um objeto consiste de suas relações com outros objetos. Estrutura denota as propriedades formais do sistema de relacionamentos. "Estrutura e significado são aspectos da mesma totalidade". **Significado** depende de identificação, e implica em um senso de **pertencimento**. Constitui, então, a base do habitar. A necessidade humana mais fundamental é experimentar sua existência como significativa (NORBERG-SCHULZ, 1980).

Van Schaik (2008) nota que "quando nos permitimos buscar e habitar **espaços** que causam admiração, descobrimos que há um *continuum* de experiência espacial, entre o íntimo e o imenso, com intervalos que podem ser celebrados ao longo de toda a escala".

O que começa como espaço indiferenciado torna-se lugar na medida em que o conhecemos melhor e atribuímos-lhes valor. [...] 'espaço' 'e' lugar' requerem um ao outro por definição. A partir da segurança e estabilidade do lugar é que nos tornamos cientes da amplitude, da liberdade e da ameaça do espaço, e vice-versa. Além disso, se pensarmos o espaço como aquele que permite o movimento, então lugar é pausa; cada pausa no movimento faz com que seja possível para o local ser transformado em lugar (TUAN, 1977).

São inúmeras as referências aos dois conceitos, que tornam claros o caráter objetivo do espaço, e o caráter fenomenológico do lugar: "espaço é alienação; lugar é identificação" (NORBERG-SCHULZ, 1980); "espaço é movimento; lugar é descanso" (TUAN, 1977); "espaço é uma produção social; lugar é uma leitura pessoal (LEFEBVRE, 1992); "espaços são as divisões básicas de nossos arredores; lugar é nossa história de adaptação a eles (JACKSON, 1967)"; "espaço é a cena do ser; lugar é um local onde modos humanos de ser estão bem providos" (HEIDEGGER, 1971). Adaptando o modelo fenomenológico da seção anterior, é possível ilustrar a diferença da seguinte forma:

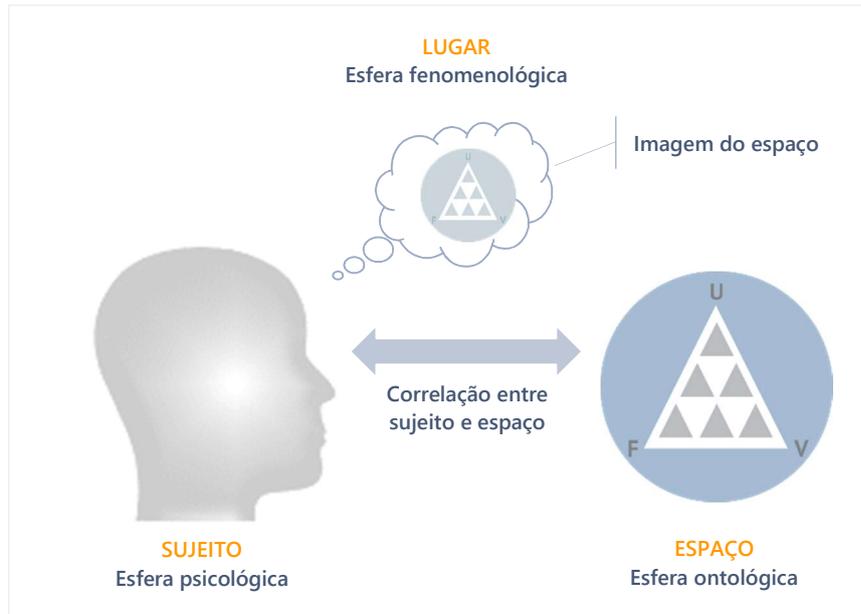


Figura 30: Modelo fenomenológico do lugar

Fonte: elaborada pela autora

A Fenomenologia estabelece uma distinção crítica entre espaço **vivido** e espaço **geométrico**, entre a experiência do lugar e as simulações geométricas que são um meio para a sua transformação efetiva (SEAMON, 2000). O sentido de lugar transforma o espaço em função da forma como o espaço é usado ou experimentado. Mas o que pode ser arquitetado é o espaço, que tem caráter objetivo, e não o lugar, cuja concepção é determinada subjetivamente (HARRISON; DOURISH, 1996). Para Heidegger (1973), “espaços são expressos por lugares e não por espaços”.

Para Frederico Holanda (2002) a arquitetura pode ser compreendida como “lugares de um certo ponto de vista”. De forma genérica, afirma, “a arquitetura atua sobre os espaços com os quais as pessoas estabelecem relações”, e que “em tais relações, os homens procuram satisfazer uma família de expectativas que eles têm com o espaço”.

Tuan (1977) reforça a ideia de identificação de espaços e também de objetos como ‘**lugares**’, ao afirmar que “lugares existem em diferentes **escalas**, que podem ir da poltrona predileta à cidade natal ou ao planeta Terra”. E cita como exemplo o conceito de ‘**pátria**’, que representa um lugar em média escala ao qual as pessoas se apegam. “Objetos e lugares são centros de **valor**. Eles atraem ou repelem em graus sutis. Adotá-los mesmo que momentaneamente é conhecer sua realidade e valor” (TUAN, 1977). Nesse sentido, Tuan (1977) afirma que “a sensação de **pertencimento** a um lugar leva tempo, e a qualidade e intensidade das experiências importam mais do que a duração”.

### 11.3.7 *Placemaking*: arquitetura do lugar

*"Place is an organized world of meaning".*

*(Yi-Fu Tuan, 1977)*

Seamon (2000) declara-se particularmente interessado na razão pela qual lugares são importantes para as pessoas e como a arquitetura e o design podem levar ao *placemaking*<sup>12</sup>, e acredita na abordagem fenomenológica para oferecer um caminho para o entendimento da relação homem-espaço.

O Relatório do MIT (2013) *"Places in the making: how placemaking builds places and communities"* traça as raízes do *placemaking*, nos trabalhos seminais de urbanistas como Jane Jacobs (1961), Kevin Lynch (1960) e William Whyte (1980). Eles defendiam uma nova maneira de entender e projetar espaços públicos, colocando as pessoas e comunidades à frente de eficiência e estética. O objetivo do *placemaking*, em essência, é a melhoria da vida pública através do lugar. Em uma discussão sobre o contexto atual das cidades inteligentes, Adam Greenfield (2006) alerta para a importância do 'espaço público', e de "explorar as maneiras pelas quais entendemos e usamos coletivamente o domínio espacial comum". E ressalta, "o espaço público, em todas as suas formas, é uma das poucas ferramentas capazes de servir ao bem comum, portanto, valem os esforços para preservar esse recurso".

Resmini (2013a) define *placemaking* como uma forma centrada no humano de ajudar as pessoas a navegarem nos espaços e compreenderem sistemas complexos. Harrison e Dourish (1996) observam, "não é possível projetar lugares, mas podemos projetar espaços de forma que as pessoas os transformem em lugares". O *placemaking* reflete um arranjo consciente de elementos para criar um espaço que acomode atividades e a interação, mas só os ocupantes do espaço podem torná-lo um lugar. O melhor que os designers podem fazer é colocar as ferramentas em suas mãos (HARRISON; DOURISH, 1996).

O *placemaking* é baseado na compreensão dos mecanismos cognitivos que descrevem a experiência humana no mundo. Com base nesses mecanismos, Harrison e Dourish (1996) definem alguns princípios que podem ser norteadores para a arquitetura:

- **Orientação relacional e reciprocidade:** a organização espacial do mundo é a mesma para todos nós. Baixo vai em direção ao centro da Terra; alto remete ao céu; reconhecemos trás

---

<sup>12</sup> Termo sem tradução para o português.

e frente. Nossa orientação comum para o mundo físico é um recurso inestimável na apresentação e interpretação de atividades e comportamentos”.

- **Proximidade e ação:** no cotidiano, agimos (mais ou menos) onde estamos. Pegamos objetos perto de nós, e não distantes.
- **Particionamento:** considerando que ações e interações diminuem com a distância, então é possível usá-la como parâmetro para particionar atividades e a dimensão da interação.
- **Presença e consciência:** à medida que caminhamos, percebemos que o mundo cotidiano é preenchido não só com os artefatos, ferramentas e representações, mas também com outras pessoas e com sinais de sua atividade.
- **Adaptação e apropriação:** fazemos um lar de uma casa organizando-a para comportar nossas vidas.

Resmini e Rosati (2011) incluíram *placemaking* nas heurísticas do modelo de **Arquitetura da Informação Pervasiva**, descrito como a capacidade do modelo de ajudar usuários a reduzirem a desorientação; construir senso de lugar; e ampliar a legibilidade e o senso de orientação (*wayfinding*) em ambientes físicos, digitais e através de múltiplos canais (*cross-channel*), no que eles denominam ‘ecologias ubíquas’. E destacam a importância de estruturar os elementos que farão parte da experiência de uso como num **fluxo** contínuo, considerando o espaço como um todo. Afirmam ainda que ‘lugar’ é segmentado em camadas, sendo estas: relacional, que inclui arquétipos como cerco, vizinhança, continuidade, tempo; e comportamental, com interações e movimentos.

### 11.3.8 **Sensemaking: produção de sentido**

Ao entrarem em contato com espaços ou artefatos no cotidiano, as pessoas atribuem **significados à experiência**, ou seja, produzem **sentido** (*sensemaking*). Os objetos, então, são percebidos pelo significado, como determina a concepção husserliana de **intencionalidade** – propriedade da consciência de tender para um objeto e de lhe dar um **sentido**, conforme discutido anteriormente.

Krippendorff (2004) sugere, portanto, que a ‘forma’ de um artefato deve seguir seu **significado**, e não sua função, como indica o conhecido princípio do design funcionalista “forma segue função”, de Louis Sullivan (1896). Assim, o sujeito passaria a ser incluído na equação no momento da concepção do objeto. Segundo o autor, “objetos são sempre vistos em um contexto”, e “significado é um relacionamento construído cognitivamente, que conecta características de um objeto e de um contexto (real ou imaginário) em uma unidade coerente” (KRIPPENDORFF, 2004).

Weick (1995) elenca sete propriedades para a compreensão do processo de *sensemaking*: (1) **identidade e identificação** – a ideia que as pessoas têm de quem são no contexto molda a forma como agem e interpretam eventos; (2) **retrospecção** – o ponto de retrospectiva no tempo, em focos de atenção e interrupções, afeta o que as pessoas percebem; (3) **enação** - as pessoas atuam nos ambientes por meio de diálogos e narrativas; (4) **produção de sentido** é uma atividade social, em que as histórias plausíveis são preservadas ou compartilhadas; (5) **produção de sentido** é um processo contínuo, no qual os indivíduos reagem simultaneamente aos ambientes que encontram e influenciam-se mutuamente; (6) as pessoas extraem indícios do **contexto** para ajudá-las a interpretar informações; (7) **plausibilidade** prevalece sobre precisão no que tange a eventos e contextos (WEICK, 1995).

Trazendo a discussão para os **espaços de informação**, Tyler Tate (2013) afirma que o *sensemaking* é central para a compreensão de como os usuários internalizam a informação que encontram. E cita o trabalho de Kuhlthau (1991), que define um modelo para o processo de recuperação da informação - *Information Search Process (ISP)* – em seis etapas: iniciação, seleção, exploração, formulação, coleta e ação, cada uma delas associada a diferentes sentidos (incerteza, otimismo, dúvida/frustração, clareza, direção/confiança e satisfação/desapontamento). No âmbito dos projetos de **ecossistemas de informação**, Resmini e Rosati (2010) acreditam que a Arquitetura da Informação Pervasiva é a ‘cola’ de significado que une a experiência em múltiplos canais, dando-lhe sentido.

### 11.3.9 *Wayfinding*: orientação espacial

*Wayfinding*<sup>13</sup>, termo cunhado pelo arquiteto Kevin Lynch em “*The Image of the City*” (1960), pode ser compreendido como “a habilidade de encontrar o caminho”, processo pelo qual utilizamos informações espaciais e ambientais para nos localizarmos. Lynch argumenta que as pessoas se orientam por mapas mentais em situações urbanas. E propõe cinco elementos de localização para garantir a **legibilidade** da cidade: (1) **caminhos**: as rotas ao longo das quais as pessoas se movem pela cidade; (2) **bordas (edges)**: fronteiras e soluções de continuidade; (3) **distritos**: áreas caracterizadas por aspectos comuns; (4) **nós (nodes)**: focos estratégicos de orientação, como praças e entroncamentos; e (5) **marcos (landmarks)**: pontos externos de orientação, normalmente objetos facilmente identificáveis na paisagem urbana.

Lynch (1960) define ainda três componentes da imagem ambiental: (1) **identidade** (reconhecimento de elementos urbanos como entidades separadas), **estrutura** (relação de elementos

---

<sup>13</sup> Termo sem tradução para o português.

urbanos com outros objetos e com o observador) e **significado** (valor prático e emocional para o observador).

O trabalho de Lynch tem influenciado tanto o urbanismo quanto projetos de tecnologias móveis no contexto urbano, passando pelo *design* de **espaços de informação**. Nestes, os princípios de *wayfinding* ajudam a busca por informações, como os elencados por Foltz (1998): (1) crie uma **identidade** em cada local, diferente de todas as outras; (2) use **pontos de referência** para fornecer pistas de orientação e locais memoráveis; (3) crie **caminhos** bem estruturados; (4) crie **regiões** com diferentes características visuais; (5) não dê ao usuário muitas **opções** de navegação; (6) ofereça **visões** de pesquisa (panorama ou mapa); (7) forneça **sinais** em pontos de decisão; e (8) use **linhas** de visibilidade para mostrar o que vem à frente.

Dito de outro modo, as pistas sugeridas por Lynch podem ser interpretadas como *affordances* do ambiente. O conjunto de recursos perceptíveis (*affordances*) para ativar intenções cria um contexto para ação. A soma de todos esses contextos presentes é o ambiente. Assim, *affordances* passam a ser propriedades inerentes ao ambiente. Quando são percebidas de forma similar por diferentes pessoas, reforçam a **identificação** do ambiente, formando a base da identidade do lugar (MCCULLOUGH, 2004). "Ecologicamente, um lugar é definido por suas *affordances* para um observador" (GIBSON, 1979).

O *wayfinding* está ligado a fatores **endógenos**, como experiências anteriores, idioma, cultura, educação, idade; e fatores **exógenos**, como construção do espaço, sinalização, simetria, interação entre elementos. A Semiótica oferece fundamentos para compreensão da espacialidade, pela análise dos lugares com significação coletiva, que expressam e representam os valores comuns, as interações sociais aceitáveis ou inapropriadas, e a forma dos indivíduos expressarem sua identidade (RESMINI, 2010).

Diversos trabalhos têm relacionado *wayfinding* a espaços de informação e ambientes híbridos, onde convergem o físico e o digital (BRANDON, 2003; MORVILLE, 2005; RESMINI, 2010; TATE, 2013). Brandon (2003) enumera os seguintes princípios: (1) o *wayfinding* interno de um espaço é dependente da lógica de **organização** de seus elementos e do design; (2) **rotulação, numeração e organização** geral são aspectos críticos para o *wayfinding*; (3) **usuários** têm habilidades, limitações e memórias que devem ser consideradas na estratégia de *wayfinding*; (4) **informações** públicas tornam-se parte da oferta de informações às pessoas, facilitando o uso de determinado ambiente; por isso, devem ser consistentes para aumentar o nível de reconhecimento e encontrabilidade geral, mesmo através de diferentes domínios.

Em "*Ambient Findability*", Peter Morville (2005) propõe, com base em Carpmann e Grant (2006), a compreensão do *wayfinding* como um processo de cinco passos: saber onde está, para onde vai, qual

a melhor rota; reconhecer o destino e encontrar o caminho de volta. O autor atenta para o fato de o *wayfinding* é um solo fértil para estudos em uma era onde, apesar de cada vez mais conectados e com mais informações disponíveis, ainda perdemos muito tempo tentando nos localizar no espaço.

### 11.3.10 Design Centrado no Humano

*“Design é o esforço consciente de impor uma ordem significativa”.*

*(Victor Papanek, 1972)*

Neste tópico são enumerados alguns **princípios** para o design de espaços e objetos no contexto da Internet das Coisas. Ressalta-se que são inúmeros os princípios e heurísticas aplicáveis ao desenvolvimento de interfaces em geral na literatura, como os compilados por Covert (2012), que ainda continuam válidos. Mas para os fins deste trabalho, são selecionados os mais diretamente relacionados aos projetos de **ecossistemas** de informação como um todo.

**Design**, pela etimologia, do latim *de* + *signare*, significa ‘fazer algo’, distinguir por um sinal, dar significado. “Design é fazer sentido (das coisas)”. O termo pode ser interpretado como verbo (*to design*) – “**atividade** de criação de sentido”, relacionando-se com percepção, experiência, estética; quanto como substantivo (*design*) – referindo-se aos **produtos** como compreensíveis ou significativos para alguém. As ‘coisas’ entre parênteses dão margem a uma terceira interpretação: “design preocupa-se com os significados **subjetivos** de objetos ‘objetivamente existentes’ (KRIPPENDORFF, 1989; PASSOS; LIMA-MARQUES; MEALHA, 2011).

Como observam Passos, Lima-Marques e Mealha (2011), “na língua portuguesa não há um termo próprio para design”. Para a finalidade deste trabalho, consideraremos design como relativo ao **projeto de objetos (artefatos)**, conforme diagrama proposto pelos autores na Figura 31, e também como o ato de projetar tais artefatos. E ‘Design’, iniciado por maiúscula, referindo-se à disciplina.

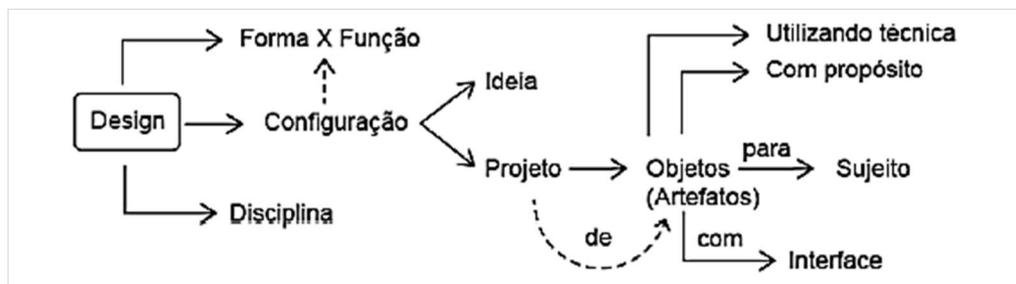


Figura 31: Diagrama do conceito de design

Fonte: Passos; Lima-Marques e Mealha (2011)

Para Norman (2009); “design é a modelagem deliberada do ambiente de forma a satisfazer necessidades individuais e sociais”. Designers precisam compreender que não é possível especificar uma ecologia, o que não os torna incapazes de afetar sua evolução. É preciso olhar de forma sistêmica para os problemas complexos e inter-relacionados dessa ecologia de dispositivos conectados (LUCAS; BALLAY; MCMANUS, 2012).

Na conferência “*Computer Human Interaction (CHI) Congress*” em Haia, John Thackara (2000) deu um recado bastante atual aos **designers**, na forma de um diálogo com as ‘pessoas que usam sistemas’, no qual estabeleceu dez “artigos de associação entre design, tecnologia, e as pessoas anteriormente conhecidas como usuários”, quais sejam:

- Artigo 1: apreciamos o fato das pessoas serem naturalmente curiosas, brincalhonas e criativas. Por isso, suspeito que a tecnologia não desaparecerá: é muita **diversão**.
- Artigo 2: entregaremos **valor** para as pessoas - não pessoas para sistemas. Daremos prioridade à agência **humana**, e não trataremos seres humanos como ‘fatores’ de uma visão maior.
- Artigo 3: não teremos a presunção de projetar experiências ‘para você’ – o faremos ‘**com você**’, se solicitados.
- Artigo 4: não acreditamos em tecnologia ‘à prova de idiotas’ - porque não somos idiotas, e nem você. Usaremos a **linguagem** com cuidado, procurando palavras menos paternalistas do que ‘usuário’ e ‘consumidor’.
- Artigo 5: iremos nos concentrar em ‘**serviços**’, e não em ‘coisas’. Não inundaremos o mundo com dispositivos inúteis.
- Artigo 6: acreditamos que ‘**conteúdo**’ é algo que você faz - não é algo que lhe é dado.
- Artigo 7: consideraremos fluxos de material e energia em todos os sistemas que projetarmos. Pensaremos sobre as **consequências** da tecnologia antes de agir, e não depois.
- Artigo 8: não fingiremos que as coisas são simples, quando são **complexas**. Valorizamos o fato de que, agindo dentro de um sistema, estaremos provavelmente tornando-o melhor.
- Artigo 9: acreditamos na importância do ‘**lugar**’ (*place*), e cuidaremos dele.
- Artigo 10: acreditamos que velocidade e tempo importam também - mas que às vezes é preciso mais, às vezes menos. Não preencheremos todo o **tempo** com o conteúdo.

McCullough (2004) considera que “qualquer atividade propositiva que cria representações de realidades desejadas constitui um ato de design”. O autor propõe uma abordagem baseada em **componentes** para o design de ambientes de macro-escala, divididos por tipos inter-relacionados:

espaço, tecnologia usada, convenção social e atividade. Segundo ele, um mapa de atividades pode dizer muito sobre a usabilidade de lugares tecnologicamente incrementados. A título de exemplo, a lista por tipo de atividade poderia conter:

- **No trabalho**
  - Deliberar (lugares para pensar)
  - Apresentar (lugares para falar para grupos)
  - Colaborar (lugares para trabalhar em grupo)
  - Negociar (lugares para negociação)
  - Documentar (lugares para recursos de referência)
  - Criar (lugares para práticas qualificadas)
  - Aprender (lugares para experimentos e explicações)
  - Observar (lugares para monitoramento)
  
- **Em casa**
  - Abrigar (lugares confortáveis)
  - Recarregar (lugares para manter-se em forma)
  - Descansar (lugares para relaxar)
  
- **Na cidade**
  - Socializar (lugares para comer, beber, conversar)
  - Pertencer (lugares para pessoas locais)
  - Comprar (lugares para comércio e entretenimento)
  - Confraternizar (lugares para rituais)
  
- **Na rua**
  - Contemplar (lugares para visitar)
  - Hospedar (lugares para acolhimento)
  - Aventurar (lugares para desafios)
  - Caminhar (lugares em escala humana)

McCullough (2004) acredita que, ao estender **padrões** de espaços habitados, é possível tornar a tecnologia mais simples, mais adaptável, mais social. Um tipo é tanto **forma** quanto **função**. **Estabilidade, duração, firmeza** (imutabilidade, solidez) e **repetição** são qualidades da experiência que agregam valor a contextos humanos. O autor ressalta que tipos podem permitir na mesma medida que restringir. Portanto, o "design tipológico não é um conjunto rígido de regras, mas um corpo de essências

de fenômenos que atuam de forma diferente em cada instância. Essa modulação fornece uma base mais rica para a construção de arranjos manejáveis”.

Com o advento das interfaces naturais, a tecnologia torna possível o design de artefatos com usabilidade cada vez maior. É importante observar os padrões de interação, pois as pessoas se adaptam a eles (ex: pressionar, deslizar e girar são ações comuns em interfaces de celulares, e podem ser exploradas para a criação de experiências intuitivas). Na medida em que funcionam como o esperado, as interfaces tornam-se transparentes; só são percebidas quando há falha ou necessidade de decisão (SVANAES, 2015).

Entretanto, Kuniavsky (2010) alerta, “uma usabilidade ruim pode inviabilizar um produto, mas uma boa usabilidade é insuficiente para criar uma boa experiência”. Para Greenfield (2006) “é preciso considerar os problemas inerentes ao encontro entre sistemas técnicos complexos e pessoas os utilizando”.

O design apropriado configura o espaço para a experiência humana. Estruturas persistentes criam habilidades e disposições; configurações sociais definem escala e tipos para arranjos no espaço construído. “A satisfação ocorre não só ao atender as expectativas, mas ao modificá-las” (MCCULLOUGH, 2004).

Em “*The laws of simplicity*”, John Maeda (2006) enumera dez princípios e três chaves para o design de artefatos, baseados essencialmente na ‘simplicidade’:

Princípios:

- **Reduzir:** “a maneira mais simples de alcançar a simplicidade é através da redução consciente”, removendo as características desnecessárias ou tudo o que não está relacionado aos objetivos do projeto. O autor sugere três formas de fazê-lo: encolher, ocultar ou agregar.
- **Organizar:** “a organização faz um sistema de muitos parecerem menos”. Quando não for possível ocultar ou reduzir mais, só resta organizar de forma a fazer sentido. O autor sugere quatro formas de fazê-lo: ordenar, rotular, integrar e priorizar.
- **Tempo:** “promover a economia de tempo transmite simplicidade”. A premissa desse princípio é “como tornar a espera mais curta ou tolerável?”
- **Aprender:** “o conhecimento torna tudo mais simples”. Conhecer o funcionamento de um objeto do projeto (como um parafuso), torna mais fácil sua simplificação.

- **Diferença:** “simplicidade e complexidade necessitam uma da outra”. Reconhecer o contraste ajuda a identificar as características desejadas. Se tudo é significativo, então nada é.
- **Contexto:** “o que reside na periferia da simplicidade definitivamente não é periférico”. Este princípio prega a sutileza, e o equilíbrio entre o direcionamento e a liberdade do usuário, que deve sentir-se “confortavelmente perdido”. Outro ponto é a necessidade de se criar espaços em branco para destacar o que é importante – o contraste entre vazio e cor.
- **Emoção:** “mais emoção é sempre melhor”. Para alcançá-la, é preciso adicionar mais camadas de significados. Algumas vezes o óbvio pode ser significativo.
- **Confiança:** “na simplicidade nós confiamos”. Esse princípio prega o equilíbrio entre o que o usuário precisa saber sobre o sistema e o que o sistema precisa saber sobre o usuário. Os passos dados pelo sistema precisam ser claros, e devem poder ser desfeitos, quando viável.
- **Fracasso:** “algumas coisas nunca poderão ser simples”. Há vezes em que mesmo quando sobra apenas o significativo, ainda é complexo.
- **A única lei:** “simplicidade consiste em subtrair o óbvio e acrescentar o significativo”. As demais leis se reduzem a esta. Quando algo é óbvio, provavelmente é desnecessário.

Chaves para o uso de tecnologia com simplicidade:

- **Distanciamento:** “mais parece menos de longe”. Essa solução prega o foco no essencial e a terceirização do secundário. Adotar serviços de nuvem, por exemplo.
- **Abertura:** “abertura simplifica a complexidade”. O uso de API ou dados abertos em projetos, por exemplo.
- **Energia:** “use menos, ganhe mais”. É o princípio da sustentabilidade. Aparelhos eletrônicos precisam ser recarregados. Então, só poderão ser realmente simples quando estiverem livres dessa dependência, ou puderem ser recarregados de forma automática. Caso contrário, geram muito desperdício de tempo e recursos. O autor sugere aqui um aumento da consciência global para o uso sustentável de energia.

No livro *“Universal Principles of Design”*, os autores William Lidwell, Kritina Holden e Jill Butler (2010) elencam 125 princípios para melhorar a usabilidade, influenciar a percepção, aumentar o apelo, tomar melhores decisões de projeto, e ensinar pelo design. Esses princípios aplicam-se, de modo geral, ao design de interfaces de dispositivos; portanto, devem ser considerados no contexto da IoT para esta finalidade.

Em "*Design future things*", Donald Norman (2009) lista algumas regras para a comunicação entre pessoas e máquinas, das quais selecionadas e adaptadas (com descritores) as mais pertinentes para este trabalho, de forma sintética:

- **Clareza:** sinalização clara, simplicidade na linguagem.
- **Previsibilidade:** As 'máquinas inteligentes' não devem tentar adivinhar as intenções das pessoas, por dois motivos: elas provavelmente estarão erradas e realizarão ações imprevisíveis.
- **Simbiose** (modelo conceitual preciso): a interação com a máquina deve ser tão natural e intuitiva que não deve requerer treinamento ou explicações. Máquinas devem apresentar respostas rápidas para evitar perigos e acidentes, e habilidade de aprender e prever; devem saber onde estão localizadas, quem são seus donos, e como se comunicar com outros artefatos e com o ambiente (ex: barulhos para falhas).
- **Comunicação:** feedback contínuo, mas não intrusivo: o feedback provê pistas sobre o que está ocorrendo, o que vai ocorrer e o que deve ser feito. É útil para reafirmar situações, reportar o progresso e o tempo de ações, aprender, confirmar, lidar com situações inesperadas e gerenciar expectativas.
- **Protagonismo humano:** controle pelo usuário. Sistemas devem sugerir e não demandar, devem permitir que as pessoas os compreendam e tomem as decisões.

Parasuraman, Sheridan e Wickens (2000) apresentam **níveis de automação**, onde a máquina: (1) não oferece nenhuma assistência, as pessoas tomam decisões e realizam todas as ações; (2) oferece alternativas completas para decisão e ação; (3) limita a seleção em algumas decisões pelo contexto; (4) sugere alternativas; (5) executa a sugestão após aprovação; (6) permite veto em tempo limitado antes da execução automática; (7) executa automaticamente e informa; (8) informa apenas se questionada; (9) decide se vai informar ou não; (10) decide tudo e age de forma autônoma, ignorando o ser humano.

Mark Weiser (1991), idealizador da **computação ubíqua**, destaca os princípios a seguir como fundamentais no contexto das 'máquinas inteligentes':

- **Aumento do potencial humano:** o propósito de um computador é ajudá-lo a fazer outra coisa.
- **Transparência x clareza** (tecnologia 'calma'): equilíbrio entre transparência das ações da máquina e a clareza sobre o que está ocorrendo em projetos de computação ubíqua, num processo denominado *seamful* e *seamless design* (maior ou menor transparência). O mais

difícil é decidir sobre o que deve ser comunicado e o que deve ficar transparente, ocorrendo em segundo plano. A busca pela transparência mostrou-se uma forte tendência na área, mas Weiser (1991) trouxe a proposta de tornar a comunicação uma oportunidade para criar um diálogo entre pessoas e máquinas, que ele chamou de *beautiful seams*, com a ideia de dar ao usuário a liberdade de escolha sobre que informações ele quer ter ciência e quais devem ficar ocultas. Um exemplo é o sinalizador de bateria do celular. O usuário médio quer ver apenas o percentual restante de carga. Um usuário avançado pode ter a opção de expandir as informações com um toque, para um detalhamento maior do funcionamento do aparelho. Como observa Norman (2009), “a interação precisa ser contínua, mas não intrusiva”.

Em instigante apresentação no *IA Summit 2014*, Stephen Anderson (2014) propôs como metodologia de design a mudança de abordagem de ‘caminhos’ para ‘caixas de areia’ (“*From paths to sandboxes*”), teoria fundamentada em princípios montessorianos. Pela proposta, ao invés de mapear os caminhos possíveis a serem percorridos pelos usuários, como é habitual na área de design (por meio de técnicas de jornadas de usuários e cenários, por exemplo), Anderson propõe a criação de caixas de areia, direcionando o foco do design para o espaço e os objetos que o compõem e não para a previsão de ações dos usuários.

Ele argumenta que caminhos são desenhados para guiar o usuário para o bem ou para o mal, e que, apesar de não serem necessariamente ruins, moldam comportamentos, são previsíveis, são detalhados, criam dependência, são inflexíveis – e têm como recompensa uma troca. Caixas de areia, por outro lado, criam espaços abertos para a **criatividade** e a **autonomia**. São plataformas que oferecem maior liberdade, na medida em que não há uma forma prescrita de utilizá-las. Funcionam como espaços sociais, nos quais as pessoas aprendem com as outras. Criam **engajamento**, são espaços para jogar, permitem a exploração, possuem saídas imprevistas, são observáveis, seu propósito é autodeterminado, levam ao entendimento e à melhoria contínua da performance – e têm como recompensa **aprendizado** e **descoberta**.

A analogia feita pelo autor é a do Lego, que permite que o indivíduo monte seus próprios brinquedos, em oposição a um brinquedo pronto. Como disse Maria Montessori, educadora que inspirou o modelo, “nós preparamos o ambiente e os materiais”. O ambiente estabelece os limites, os materiais seriam artefatos, e a interatividade se daria por meio de regras e jogadores (atores) em torno de um objetivo. Na mesma linha, Norman (2009) afirma que um bom produto deve ser concebido para

usos imprevistos no projeto original, dando ao usuário a liberdade de criar novas utilidades. Estes princípios denominaremos de **modularidade e imprevisibilidade**.

### 11.3.11 Design Ontológico

A ideia de '**design**', na concepção fenomenológica, está associada a **interações** entre o homem e seu ambiente e mais especificamente à forma pela qual as intervenções humanas produzem efeitos que afetam a própria humanidade, de maneira sistêmica, tendo em vista que a cognição e a ação humanas são moldadas pelo meio. Essa acepção mais ampla, baseada na 'teoria do design', foi explorada na publicação do arquiteto Christopher Alexander, em "*Notes on the synthesis of form*" (1964), que apresenta o conceito de '**design ontológico**', construto que fundamentou o trabalho de Winograd e Flores (1987) e o de Tony Fry (2012) e Anne-Marie Willis (1999).

Em seu espaço de convivência, o ser humano está em constante processo criação e interação. Na medida em que modela o mundo, é por este modelado, num movimento que alude ao conceito de '**acoplamento estrutural**', proposto por Varela e Maturana (1980), anteriormente detalhado. Criam-se modelos que, ao serem implementados, transformam a realidade, modificando, assim, os próprios indivíduos em sua maneira de ser.

Winograd e Flores (1987) remetem à questão de como a sociedade produz invenções que, em contrapartida, alteram o comportamento daquela sociedade. Os autores atentam para o fato de que é necessário estabelecer uma base teórica para investigar a função essencial dos **artefatos** criados pelo homem, e não somente de que forma operam. Na opinião de Turk (2001), é preciso compreender a complexa base filosófica e metafísica que está por trás do processo de design.

Em "*Building Dwelling Thinking*", Heidegger (1971a) repensa o '**construir**' como uma atividade de fundamento e de ligação de espaços, e reforça a hipótese de que, se o homem cria edifícios, estes também o criam: "entradas, corredores, degraus, elevadores, salas grandes, salas pequenas – todos determinam nosso modo de ocupação espacial e nossos movimentos através do espaço, permitindo alguns, proibindo outros". Ou seja, são "projetados para projetar" (WILLIS, 1999).

**Consciências** formam cidades. São lugares construídos, resultados de imaginação e planejamento humanos. As cidades também moldam a consciência por conseguinte, tornando-se lugares de nossa habitação e ocupação e casos de amor. Elas abrigam nossos pensamentos e guiam nosso fluxo (KINGWELL, 2008).

### 11.3.12 Design Sensível aos Valores (*Value Sensitive Design*)

'Design Sensível aos Valores' é uma abordagem proposta por Friedman e Kahn (2002), fundamentada na tese de que, para a concepção de tecnologias, devem ser considerados **valores humanos e sociais**, baseados em **princípios** e de forma abrangente em todo o processo de design. Emprega uma metodologia integrativa e iterativa, que consiste em investigações conceituais, empíricas e técnicas. Diversas pesquisas na área de Interação Humano-Computador têm focado tais valores, como **vida privada, posse e propriedade, bem-estar físico, usabilidade universal, autonomia, consentimento informado e a confiança**.

A teoria apoia-se na premissa de que alguns **valores humanos são universalmente aceitos** (como bem-estar, direitos e justiça) embora haja variações culturais e temporais. E propõe questionamentos aos projetos, tais como: que valores devem ser sustentados no processo de design? Como os valores são sustentados ou menosprezados por determinados projetos tecnológicos? Como exercer *trade-offs* entre valores concorrentes na concepção, implementação e utilização de sistemas de informação (por exemplo, autonomia versus segurança ou anonimato versus confiança)? Valores morais (por exemplo, privacidade) devem ter maior peso, ou mesmo superar, valores não-morais (por exemplo, preferências estéticas)? De que forma as propriedades tecnológicas e mecanismos subjacentes consideram ou negligenciam valores humanos? Os autores acreditam que pessoas e sistemas sociais afetam o desenvolvimento tecnológico, e as novas tecnologias modelam, mas não determinam rigidamente, o comportamento individual e os sistemas sociais (FRIEDMAN; KAHN; BORNING, 2006).

**Valores** são sempre incorporados ao projeto de qualquer sistema, conscientemente ou não. Ser claro e explícito sobre a importância do design sensível aos valores ajuda a fazer a transposição dos desejos expressos pelas pessoas às soluções de engenharia e sistemas sócio-técnicos da Internet das Coisas. Buscar os valores das audiências oferece a chance de engajá-la de formas significativas (HOVEN, 2012).

Marc Rettig (2012a) acredita que os valores do design estejam sendo direcionados por um paradigma mais centrado no humano, onde surgem premissas como "útil, utilizável e desejável" ou "possível, viável e necessário". Segundo ele, artefatos estão sendo avaliados não só pela qualidade técnica ou mercadológica, mas pela qualidade de impacto para as comunidades. Para ilustrar, o autor cita os princípios que pautaram a avaliação de projetos no "*Interaction Awards*": **otimização**: tornar as atividades cotidianas mais eficientes; **engajamento**: capturar a atenção, promover satisfação e entregar significado; **empoderamento**: capacitar as pessoas a ultrapassarem seus limites; **expressão**: encorajar

**auto-expressão** e criatividade; **conexão**: facilitar a comunicação entre pessoas e comunidades; e **disrupção**: reimaginar completamente um produto ou serviço existente.

## 11.4 Perspectiva sistêmica

*“As propriedades do objeto e as intenções do sujeito não estão apenas interligadas; constituem um novo todo”.*

*(Maurice Merleau-Ponty, 1945)*

Este capítulo busca a compreensão da Internet das Coisas como um **ecossistema**, e a identificação de princípios sistêmicos que expliquem sua **dinâmica** de funcionamento. A perspectiva sistêmica adotada neste trabalho baseia-se principalmente na **Teoria Geral dos Sistemas** de Ludwig Von Bertalanffy (1998); a **Teoria da Complexidade** de Edgar Morin (1992); e o pensamento sistêmico de Donella Meadows (2008) e de Humberto Maturana e Francisco Varela (1980). Analisa-se também a aplicabilidade da **Teoria Ator-Rede**, de Bruno Latour (1996).

Para compreender a dinâmica do **fluxo de informações** nos ecossistemas, são abordados os fenômenos da **ação** e da **transformação** oriundos da experiência e da interatividade entre pessoas e artefatos. Neste ponto, são examinadas a teoria da **conversa-para-ação** (*conversations for actions*) – (DOURISH, 2004; WINOGRAD; FLORES, 1987), baseada nos **atos de fala** de John Austin e John Searle (1962), que deram origem também à teoria dos **atos de transformação**, adotada por Lima-Marques (2011) para fundamentar a **Teoria Geral da Arquitetura da Informação**.

### 11.4.1 Pensamento complexo

A origem do chamado ‘pensamento complexo’ remonta aos pré-socráticos, e encontra alicerces em filósofos como Aristóteles e Blaise Pascal. É uma abordagem interdisciplinar, com aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento. Fundamenta-se essencialmente em teorias que descrevem as propriedades e o comportamento de sistemas, seus elementos e suas inter-relações. Seus princípios aplicam-se tanto aos sistemas biológicos quanto aos tecnológicos e sociais.

O pensamento complexo é, pois, essencialmente o pensamento que trata com a incerteza e que é capaz de conceber a organização. É o pensamento capaz de reunir (*complexus*: aquilo que é tecido conjuntamente), de contextualizar, de globalizar, mas, ao mesmo tempo, capaz de reconhecer o singular, o individual, o concreto (MORIN, 2000).

No Ocidente, a visão sistêmica moderna desenvolveu-se a partir das ideias do biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy (1998). Em sua Teoria Geral dos Sistemas (TGS), formulada na década de 30, Bertalanffy postula que “o **todo** é mais que a soma de suas partes”; “[...] se nós conhecemos o total das partes contidas em um sistema e a relação entre estas, o comportamento do sistema pode ser derivado do comportamento das partes”.

Na Arquitetura, por exemplo, Sérgio Bernardes adotava em seus projetos uma visão sistêmica, articulando “a tensão entre módulo individual e malha sistêmica”. Segundo Cardoso (2010), o diferencial do arquiteto era a busca do mimetismo com a natureza: “o grande mérito da ação projetiva de Bernardes está no hábito de pensar os sistemas de forma metabólica, como algo que tem seu equilíbrio na mudança e não na estabilidade”. Para o biógrafo, Bernardes “tornou-se um projetista não mais de artefatos, mas de usos e ambientes”. Ele acredita que Bernardes seja um exemplo a ser seguido por arquitetos e designers que buscam projetar experiências, interações ou um ‘design emocional’. A analogia é bastante pertinente ao contexto desta tese.

A seguir são definidos **componentes** e enumerados alguns **princípios** que regem a **dinâmica** dos sistemas, para fundamentar a compreensão dos ecossistemas de informação na Internet das Coisas.

#### 11.4.2 Componentes sistêmicos

Os objetos da ecologia são as interlocuções que existem no seio de um ecossistema entre os constituintes geológicos, físicos, climáticos, mas também biológicos, e, portanto, os microorganismos, os vegetais e os animais de todas as espécies [...]. O ecologista estuda as **interações** formando **sistemas** (MORIN, 1992).

- **Ecologia (*ecology*):** estudo das interações entre sistemas e seu ambiente (MORIN, 1992); as relações entre organismos e seu ambiente (HARPER, 2007).
- **Ambiente ou meio-ambiente (*environment*):** tomando-se um domínio particular, o ambiente é o que está fora dos limites, nos arredores do sistema (BERTALANFFY, 1998); “[...] é o locus de nossa existência e identidade” (LAKOFF; JOHNSON, 1999).
- **Ecossistema (*ecosystem*):** complexo de sistemas, seu ambiente, e todas as suas inter-relações em um espaço distinto (BERTALANFFY, 1998).
- **Sistema (*system*):** conjunto articulado de elementos coerentemente organizados e interligados em um padrão ou estrutura, que produz comportamentos característicos, que representam sua ‘função’ ou ‘propósito’. Um sistema é mais do que a soma de suas partes,

é uma totalidade integrada. Todo sistema é subsistema de um sistema maior (BERTALANFFY, 1998; MEADOWS, 2008).

- **Elementos:** partes (coisas ou substâncias) que compõem um sistema. Estão relacionados a atributos perceptíveis e mensuráveis que os caracterizam (quantidade, tamanho, cor, volume, temperatura e massa, etc.) (MEADOWS, 2008).
- **Fluxo (*flow*):** material ou informação que entra ou sai de um estoque ao longo de um período de tempo; muitas das interconexões em sistemas operam através do fluxo de informações (MEADOWS, 2008).
- **Estoque (*stock*):** acúmulo de material ou informação em um sistema ao longo do tempo; a memória do sistema (MEADOWS, 2008).

### 11.4.3 Princípios sistêmicos

Os princípios que regem o comportamento de sistemas são enumerados por diversos autores, como Bertalanffy (1998); Morin (1992); Meadows (2008); e Maturana e Varela (1980). A seguir estão descritos os mais relevantes para este trabalho.

- **Interação:** conjunto de relações entrelaçadas, ações e reações que coletivamente criam um sistema (MEADOWS, 2008).
- **Distinção:** um sistema é considerado **unidade** a partir de sua distinção, característica essencial que estabelece suas fronteiras e o diferencia do ambiente. Um ambiente é sempre um ambiente para um sistema. Os limites que distinguem o sistema no ambiente constituem seu domínio. O conceito de **domínio** é utilizado no sentido de reino ou esfera, que engloba os componentes e suas interações. O mundo é um *continuum*; as fronteiras de cada sistema são distinguidas pela função ou propósito, que, juntamente com a estrutura, são determinantes de seu comportamento (MATURANA; VARELA, 1980; MEADOWS, 2008).
- **Organização:** conjunto das interações que formam, mantêm, protegem, regulam, regem e regeneram o sistema (MORIN, 1992); a fonte do comportamento do sistema (MEADOWS, 2008). Conjunto das relações entre seus componentes, que delineiam sua forma em dado momento, determinando sua identidade ou configuração geral (MATURANA; VARELA, 1980). A **identidade** sistêmica se mantém a despeito das mudanças dinâmicas em seu meio-ambiente ao longo do tempo. A organização da unidade sistêmica é realizada pela interação de componentes em determinado espaço, configurando sua estrutura, que

estabelece a forma pela qual as partes do sistema articulam-se ou interconectam-se fisicamente. Mas a estrutura não é suficiente para definir o sistema como uma unidade. O principal atributo de um sistema é a manutenção da sua organização, ou seja, a preservação da rede de relações que o define como unidade (MATURANA; VARELA, 1980).

- **Auto-organização:** capacidade de um sistema para estruturar-se, reestruturar-se, aprender ou diversificar. Consiste de regras que governam como, onde e o que o sistema pode adicionar ou subtrair de si e sob que condições. Produz heterogeneidade, imprevisibilidade e hierarquia (MEADOWS, 2008). Está diretamente relacionado ao princípio da adaptação (MATURANA; VARELA, 1980).
- **Adaptação:** ocorre quando sistema e ambiente modificam-se e influenciam-se mutuamente. Qualquer entidade física com múltiplas entradas e saídas – um sistema vivo, uma população, um processo de produção, uma economia – é cercada por camadas de limites. Na medida em que o sistema se desenvolve e interage com o ambiente, ele afeta seus limites (MEADOWS, 2008). A interação contínua com o ambiente e com os outros sistemas provoca um processo de mútua **adaptação**, denominado de **acoplamento estrutural** (*structural coupling*). Por este processo, a autonomia estrutural do sistema é mantida, mas interações entre o sistema e o ambiente permanecem reciprocamente influentes, ou seja, tanto o sistema quanto o ambiente modificam-se estruturalmente de forma congruente (MATURANA; VARELA, 1980). A Figura 32 ilustra este processo.

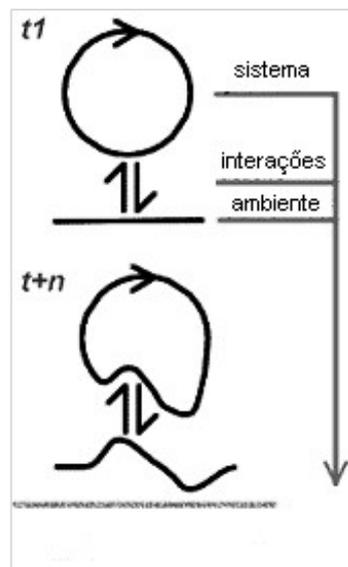


Figura 32: Acoplamento estrutural

Fonte: Maturana e Varela (1980)

- **Autonomia:** característica biológica essencial. Seres vivos são agentes autônomos que geram e mantêm a si mesmos ativamente, produzindo seus próprios domínios cognitivos (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 1993). A preservação da autonomia depende da interação (MORIN, 1992).
- **Hierarquia:** habilidade de criar sistemas maiores a partir de um conjunto de **subsistemas**. Para ser altamente funcional, a hierarquia deve equilibrar bem-estar, liberdade e responsabilidades dos subsistemas e do sistema total; deve haver controle central suficiente para alcançar objetivo maior do sistema, e autonomia suficiente para manter todos os subsistemas florescentes, funcionando e auto-organizados (MEADOWS, 2008).
- **Resiliência:** capacidade de sobreviver e persistir em um ambiente variável. Sempre há limites para a resiliência; portanto, sistemas devem ser geridos para resiliência, não só para produtividade ou estabilidade (MEADOWS, 2008).
- **Imprevisibilidade:** característica inerente aos sistemas auto-organizados: não são controláveis, são imprevisíveis e geralmente surpreendentes (MEADOWS, 2008).
- **Dinâmica** comportamento do sistema ou de qualquer de seus componentes considerado ao longo do tempo. O equilíbrio dinâmico é a condição na qual o estado do estoque – tamanho ou nível – é estável, a despeito dos fluxos de entrada e saída (MEADOWS, 2008).
- **Retroalimentação (*feedback*):** é um ciclo que representa uma cadeia fechada de conexões causais em um estoque, por meio de um conjunto de decisões, regras, leis ou ações que controlam a relação entre fluxo e estoque ao longo do tempo. É função essencial para o funcionamento do sistema; quando as ligações entre diferentes elementos e subsistemas funcionam bem, problemas de *feedback* são minimizados, evitando sobrecarga de informações nos diferentes níveis hierárquicos. Assim, o sistema funciona com eficiência e resiliência. Caso contrário, quando os objetivos de um subsistema são dominantes em relação aos do sistema global, há sub-otimização. Por outro lado, o excesso de controle central também é nocivo ao funcionamento do sistema (MEADOWS, 2008).
- **Retroatividade:** estabelece a autorregulação, que possibilita a autonomia do sistema, ou uma 'circularidade retroativa'. "Existem qualidades emergentes que nascem da organização de um todo e que podem retroagir às partes" (MORIN, 1992).
- **Recursividade:** estabelece a retroalimentação. "Os produtos e os efeitos são causadores e produtores do que se produz" (MORIN, 1992).

- **Hologramático:** determina que não só a parte está no todo como o todo está na parte. Há uma “substituição da causalidade unilinear e unidirecional por uma causalidade em círculo e multi-referencial, em que o conhecimento da integração das partes num todo é completado pelo reconhecimento da integração do todo no interior das partes” (MORIN, 1992).
- **Dialógico:** estabelece uma relação de complementaridade e antagonismo, na qual os elementos dos sistemas são distintos, mas complementam-se para formar o todo; ou seja, são indissociáveis numa mesma realidade e se adaptam um ao outro num processo de acoplamento estrutural (MORIN, 1992).

#### 11.4.4 Sistemas de informação

Conforme mencionado na seção 10.1, **informação** é definida por Bates (2006) como “padrão de organização de matéria e energia”; ou um padrão específico de organização de matéria e energia ao qual foi atribuído **significado** por um ser vivo ou um componente. Nesse sentido, **sistema de informação**, para a finalidade aqui proposta, é entendido pela concepção de Robredo (2003): “uma entidade complexa, organizada, que capta, armazena, processa, fornece, usa e distribui informação”. O autor destaca que “a **informação** é indissociável de algum tipo de sistema”.

Ao analisar a **dinâmica** dos ecossistemas sob a ótica da informação, seres humanos são entendidos como sistemas (vivos) que interagem (trocando informações) com outros sistemas (espaços e artefatos compostos de energia, matéria e informação em fluxo). Pelo princípio sistêmico, sistemas de informação são constituídos por conjuntos de subsistemas recursivamente relacionados; os subsistemas são, cada um deles, um sistema de informação, como observam Van Gigch e Pipino (1986).

Uma **rede** de relações entre sistemas pode ser compreendida como “infraestrutura que permite o transporte de matéria, energia ou **informação**, inscrita sob um território caracterizado pela topologia de seus pontos de acesso [...]” (CURIEN, 1988). As relações ocorrem em um contexto. **Contexto**, segundo McCullough (2004), não deve ser entendido como o cenário em si, mas sim o engajamento e as interações que nele ocorrem.

Considerando a aplicabilidade dos princípios sistêmicos, tomando-se um domínio particular, um **ambiente de informações** (*information environment*) é o que está fora dos limites, nos arredores do sistema. Consequentemente, o **ambiente** seria a soma de todos os contextos presentes. De acordo com princípios cognitivos, ambiente não é ‘outro’ ou um container vazio, mas a percepção de **possibilidades** persistentes de ação. Nessa linha, Mingers (2001) observa que “o mundo é sempre um mundo de

**possibilidades**, não da atualidade – são formas possíveis de ser reveladas por nosso entendimento”. E as possibilidades que se concretizam se transformam no próprio ser, afetando sua estrutura e abrindo caminho para novas possibilidades.

Salingaros (2007) acredita que a cultura se desenvolve em direção à organização de **informações** complexas que nos conectam ao universo real. O aumento do número de ligações entre entidades de informação conduz à maior **complexidade** e, portanto, torna-se necessário organizá-la em sistemas compreensíveis.

Uma galáxia caótica de sistemas independentes substitui a monocultura de interatividade existente. Na medida em que sistemas abertos tornam-se mais comuns em computação, e os processos que modelam incluem mais **complexidades** sociais do cotidiano, o desafio de design torna-se mais próximo da **arquitetura** – que configura intencionalmente o espaço por meio de esquemas. Como um conjunto de intenções acerca da organização do espaço, a arquitetura mostra-se como um meio filosófico de ordenar diversos aspectos da experiência, um modo particular onde o espaço reflete uma cultura em particular (MCCULLOUGH, 2004).

McCullough (2004) afirma que, quando observamos um crescente número de elementos de **escalas** diferentes mantendo uma relação de dependência mútua, quando os elementos evoluem em conjunto com base no contexto, e quando a resiliência opera no nível do sistema como um todo, algum tipo de **ecologia** está funcionando. Uma ecologia de serviços é uma agregação autorregulada em torno de um **fluxo**. A atenção dos desenvolvedores de tecnologias deve voltar-se não só para **funcionalidades** individuais, mas para a **interoperabilidade** e o **fluxo sistêmico de informações**.

O conceito de **escala** é fundamental para o entendimento da dinâmica da Internet das Coisas, conforme tratado no item 6.4.6. Na década de 90, Milton Santos (1996) já previa, “graças aos progressos recentes da ciência e da tecnologia, e, mais precisamente, aos formidáveis avanços da informática, vivemos num mundo onde objetos infinitamente pequenos e objetos incomensuravelmente grandes convivem e colaboram. É a época da miniaturização e do gigantismo” (SANTOS, 1996). Só não era tão evidente, naquele tempo, o potencial de conexões entre esses objetos.

#### **11.4.5 Ecossistemas de informação**

Conforme tratado no capítulo 10, o design de **ecossistemas de informação** se estabelece como novo paradigma para a Arquitetura da Informação. Na prática, o foco passa do design de produtos e sistemas isolados ao design de **experiências através de canais** (*cross-channel*) que provêem **serviços**. Como observam Resmini e Rosati (2011), a atenção precisa ser voltada tanto para o interior do silo de

um canal ou nó do sistema, quanto na relação deste com os demais pontos da ecologia. É preciso, portanto, compreender as propriedades desses canais e das relações que os configuram como ecossistemas.

Em seu manifesto sobre as mudanças que a Arquitetura da Informação Pervasiva representa, Resmini e Rosati (2011) declaram: (1) arquiteturas da informação tornam-se **ecossistemas**; (2) usuários tornam-se **intermediários**; (3) estático transforma-se em **dinâmico**; (4) dinâmico torna-se **híbrido** (na convergência entre espaços físicos e digitais); (5) **horizontal** prevalece sobre vertical; (6) design de produtos passa a ser design de **experiências**; e (7) experiências passam a ocorrer em **múltiplos canais**.

Os autores elencam cinco heurísticas para ecossistemas de informação (RESMINI; ROSATI, 2011):

- **Placemaking** (tratado no item 11.3.6).
- **Consistência**: capacidade de prover e sustentar coerência interna e externa, em dado contexto na execução de ações. Deve considerar as propriedades do contexto, os objetivos do sistema, questões subjetivas e culturais, e os diferentes ambientes e meios pelos quais o serviço se estenderá. A consistência pode ocorrer nos níveis funcional, comportamental, organizacional ou estético.
- **Correlação**: cria continuidade e descoberta através dos caminhos e possibilidades dos canais do ecossistema, gerando um significado compartilhado; é implementada pela agregação de peças de informação, serviços e bens para ajudar os usuários a alcançar metas explícitas ou estimular necessidades latentes. A correlação pode ser interna (proximidade semântica dos itens no mesmo canal) ou externa (proximidade semântica entre itens de diferentes canais, conectados por tarefas, processos ou pessoas em comum). Ex: um garfo guarda correlação interna com a colher e a faca do mesmo conjunto, e correlação externa com outros garfos de cozinha.
- **Resiliência**: capacidade de adaptação de um espaço de informação às necessidades e comportamentos dos usuários. As histórias de interação de usuários com informações, lugares e outros usuários são utilizadas para modelar e remodelar os próprios lugares em tempo real. Usuários são co-designers e suas ações ficam registradas no ambiente na medida que o afetam.
- **Redução**: capacidade de um espaço de informação de minimizar a carga cognitiva e frustração associada a uma escolha de um conjunto de opções de recursos de informação, serviços e objetos. As técnicas de design associadas ao princípio são organização e agrupamento; foco e ampliação. A consistência dá suporte à redução.

Destacando o caráter de complexidade dos **ecossistemas de informação**, Resmini e Rosati (2011) ressaltam: “estamos lidando com um ambiente dinâmico onde o que os usuários fazem com a informação disponível modifica ou influencia o status atual e futuro do sistema”. Nesse paradigma, pessoas possuem capacidades e responsabilidades. “A realidade é complexa, e representar a complexidade é o desafio”.

#### 11.4.6 Ecologias ubíquas

O conjunto dos ecossistemas de informação e de suas relações formaria o que Resmini e Rosati (2011) denominam **ecologia ubíqua**. Em abordagem análoga, Floridi (2002) propôs o conceito de **Infosfera** – um neologismo baseado na ideia de biosfera, definido como “um complexo ambiente constituído por todas as entidades de informação (inclusive os agentes), suas propriedades, interações, processos e relações mútuas”. O chamado ciberespaço seria considerado apenas uma de suas sub-regiões, na medida em que a Infosfera engloba também espaços de informação desconectados (*offline*), baseados em suportes físicos. Em uma dimensão mais ampla, Infosfera (com i maiúsculo) seria sinônimo da realidade, ou uma forma de referir-se ao que existe a partir de uma perspectiva da **informação**. O termo foi anteriormente utilizado por Alvin Toffler, em “*The Thrird Wave*” (1980). Está também relacionado à concepção de noosfera - a esfera do pensamento humano, apresentada por Teilhard de Chardin em “*Le Phénomène Humain*” (1955).

**Ecologias ubíquas** apresentam a característica de pervasividade da **computação ubíqua** e a natureza sistêmica e emergente da **complexidade** (RESMINI; ROSATI, 2011). Sob a perspectiva de negócios, são implementadas por meio de **serviços**. Kuniavsky (2010) observa que o design de serviços em artefatos distribuídos unifica as formas de interação dos usuários com as organizações. Projetos de artefatos ‘inteligentes’ (*smart things*) envolvem o design do objeto físico; de suas interfaces de software e hardware; da forma de interação com outros dispositivos; e da forma como será representado na rede para as pessoas e os outros dispositivos.

Serviços são ofertados por meio de **canais** (*channels*). Um canal, em sentido amplo, é “um método ou sistema para comunicação ou de distribuição” (HARPER, 2007). Meios de comunicação precisam necessariamente canais para transmitir mensagens; um canal pode compreender um ou mais meios de comunicação (um site, um programa de TV, um jogo, um aplicativo para celular, etc.). Canais funcionam como **pontos de contato** (*touchpoints*) nos ecossistemas de informação e podem ser físicos, digitais ou mesmo humanos (como um atendente de quiosque) (RESMINI; ROSATI, 2011). Canais devem ser otimizados para que cada um opere com seu potencial; devem ser consistentes, seguindo padrões de organização; e contínuos, propagando as ações de um canal para outro (MORVILLE, 2011). Jenkins

(2011) distingue, "por canal não me refiro apenas ao meio, mas a todas as condições ambientais que o rodeiam".

Trazendo a discussão para uma escala maior, que envolve a cidade e seus objetos cotidianos, Wasiak (2009) observa a cidade pode ser pensada como uma **ecologia tecnológica**, pois estar na cidade significa manter uma relação simbiótica constante entre o corpo e as diversas tecnologias, que se configuram como sistemas socio-técnicos. O autor cita o exemplo do relacionamento diário que estabelecemos com o ambiente ao acordar: "interagimos com uma série de objetos: cama, cobertor, banheiro, sistema de canalização, utensílios de cozinha, sistemas de transporte, automóveis, etc. – e toda interação é uma **negociação**. Interações tecnológicas são inerentemente relações de mão dupla" (WASIAK, 2009).

A Arquitetura da Informação Pervasiva ou design de experiências *cross-channel* eficazes exige uma nova abordagem, novas habilidades e novos métodos (RUSSELL-ROSE; TATE, 2013). O design com foco na experiência do usuário estendeu o escopo de sistemas individuais para sistemas de sistemas. Começamos a compreender as **ecologias** e a projetar para elas. Na medida em que a **dinâmica** dos sistemas naturais complexos embasa crescentemente o design de sistemas artificiais, princípios ecológicos tornam-se relevantes para organizações e serviços (MCCULLOUGH, 2004).

#### 11.4.7 Fluxos de informação: conversação

*"Man cannot be understood in isolation from his environment".*

*(Martin Heidegger, 1973)*

Pela perspectiva sistêmica adotada, a **Internet das Coisas** configura-se como um conjunto de **ecossistemas**, com **informações** fluindo entre os diferentes **agentes**, os quais incluem pessoas e artefatos, eles próprios atuando como sistemas, que se comunicam dinamicamente para atingir sua função ou propósito. O fenômeno neste ponto é observado sob a ótica dos fluxos de informação.

Seres humanos são os melhores processadores de **informação** entre todos os animais. Nossa tecnologia e cultura **estendem** nossas habilidades informacionais artificialmente, ampliando-as por ordens de magnitude. Nosso desejo e capacidade de nos conectarmos com o mundo físico através do toque, audição, cheiro, gosto, visão e nossa compreensão mental da estrutura física estendem nosso aparato mental conceitual ao mundo externo (SALINGAROS, 2007).

Conforme citado, Haverty (2014, 2015) classifica a **informação** em **perceptual** (pré-atentiva, biológica) e **linguística** (estabelecida por convenção), e sugere que o **fluxo de informação** apresenta propriedades, como **viscosidade** (facilidade de fluir) e **textura** (facetas). E exemplifica: a linguagem é viscosa, mais trabalhosa para fluir; requer atenção, concentração, consciência, associatividade. A informação perceptual, por outro lado, é mais responsiva, demanda reflexo, coordenação. A proposta de Haverty é baseada na teoria das *affordances* de Gibson (1979). Segundo a autora, muitos designers de interfaces utilizam pistas perceptuais para fornecer informações sobre o estado do sistema, como telas de sensores na IoT. Na medida em que interagimos com a informação, deslocamos a atenção para a linguagem, como ilustra a Figura 33.

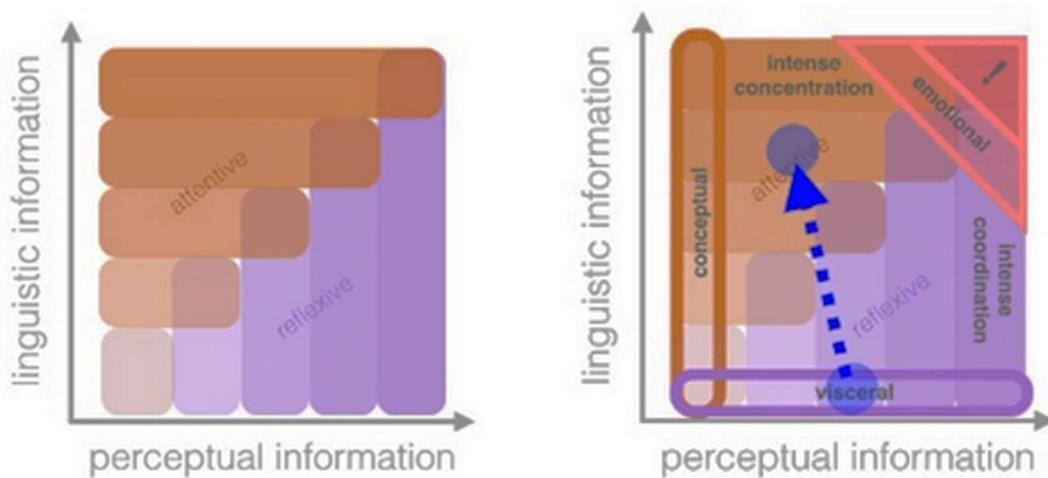


Figura 33: Fluxos de informação

Fonte: Haverty (2014)

Isto posto, parte-se neste trabalho da premissa de que **informações** fluem num ecossistema como **conversações**. Em abordagem baseada na Semiótica, a pesquisadora brasileira Clarisse de Souza defende que "**affordance** é uma **conversação** entre designer e usuário, que pode ocorrer em mão dupla, ainda que o designer não esteja presente no momento em que o usuário entra em cena" (SOUZA; LEITÃO, 2009). Seu argumento acabou por influenciar a mudança de ponto de vista do próprio Donald Norman (2009) que popularizou a teoria de Gibson (1979) na área do Design.

Pela perspectiva da **informação**, a teoria das *affordances*, pode, portanto, ser analisada do seguinte modo: "o indivíduo interpreta sinais e símbolos do ambiente e de seus habitantes, e capta as possibilidades de ação. O sistema perceptual absorve pelos sensores do corpo sensações de espaço, imagens, sons e cheiros e transmite impressões, convertidas em informações". A percepção é, em última

instância, um processo de captação de informações (GIBSON, 1979; NORMAN, 2009; WILSON, GOLONKA, 2013).

Sob a ótica da troca de **informações** com o ambiente, a Cibernética adota uma abordagem sistêmica, composta de relações e contextos. Cada processo cibernético envolve implicitamente um **diálogo**. Assim, sistemas cibernéticos interagem uns com os outros por meio de **conversações**, e **co-criam** sua realidade através de influência circular, como um termostato, que, ao captar a temperatura, influencia a entrada de ar quente no ambiente e altera a configuração do ar (SUSSNA, 2014).

Mingers (2014) também discute a questão do **diálogo**, com base em Heidegger (1962): “nossos estados de mente e nosso entendimento são inteligíveis para nós, porque eles podem ser articulados ou expressos na fala, como discurso”. O discurso é entendido aqui como “parte do processo de criação de estados compartilhados da mente”. O autor ressalta que a comunicação, nessa acepção, não se trata apenas de “transporte de experiências, tais como opiniões ou desejos, a partir do interior de um objeto para o interior de outro”. Remete a uma dimensão existencial compartilhada com os **outros** e com as **coisas** (*being-in-the-world-with-others*). Santos (1996) reforça a ideia do ‘comunicar’, que etimologicamente significa ‘pôr em comum’; “esse processo, no qual entram em jogo diversas interpretações do existente, isto é, das situações objetivas, resulta de uma verdadeira **negociação social**”.

Para Gibson (1979), o termo **informação** remete às pistas estruturais intrínsecas que um animal captura a partir da interação energética com as superfícies e meios do ambiente. Animais percebem através da **ação**, e agem com base no que eles percebem, formando uma espécie de ciclo cognitivo, que ele denominou ‘loop de percepção-ação’, onde os seres agem, percebem, ajustam a próxima ação, percebem, e assim por diante. Este ciclo não é baseado em regras e símbolos computados no cérebro; ao contrário, emerge da interação entre corpo e ambiente (HINTON, 2014).

Wilson (2002) indaga, “de que forma a arquitetura cognitiva humana suporta a **ação**?” Segundo ela, “provavelmente com uma estratégia mais indireta, flexível e sofisticada, na qual a **informação** sobre a natureza do mundo externo é armazenada [com o indivíduo] para uso futuro, sem previsões sobre como este uso se daria”, acredita. “Os conceitos mentais muitas vezes contêm ricas informações sobre as propriedades dos objetos, que podem ser extraídas para uma variedade de usos imprevistos”. A autora ilustra afirmando que é possível que um não-músico, ao avistar um piano, utilize-o como assento ou como apoio, para fazer barulho, para segurar uma porta contra invasores ou para fazer fogueira numa nevasca. As **affordances** do objeto permitem múltiplas interpretações, que vão além das funcionalidades originalmente pretendidas.

Esse tipo de informação é classificado por Bates (2006), conforme citado no item 10.1.2, como **informação para ação** (*enacted information*): seres experimentam suas vidas mentalmente em privado, mas quando começam a agir no mundo, seus talentos genéticos e conhecimento da vida se tornam visíveis para o mundo externo. Quando um animal aciona **informações**, ele atua no mundo a partir de suas capacidades e das experiências armazenadas em suas reservas neurais.

Dentre as seis premissas compiladas por Wilson (2002) sobre cognição citadas anteriormente, está: (5) “**cognição é para a ação**”. O argumento representa um princípio essencial para este trabalho. A função da mente é orientar a **ação**, e mecanismos cognitivos – tais como percepção e memória – devem ser entendidos em termos de sua contribuição definitiva para o comportamento adaptado a cada situação, segundo Wilson (2002). Como observa Dourish (2004), “nós percebemos pela ação. Nós agimos porque percebemos. Percebemos o que o ambiente significa para nossos corpos. A compreensão fenomenológica é capaz de fornecer a base para uma abordagem fundacional para a interação corporificada”.

#### **11.4.8 Conversação-para-ação**

*“A prática humana é baseada na comunicação, daí o potencial transformador da Internet – que modifica o modo como nos comunicamos e distribui o poder da informação por todo o domínio da atividade humana”.*

*(Manuel Castells, 2003).*

Neste tópico busca-se a análise da troca de **informações** entre os diferentes **agentes** em um ecossistema. As relações podem ser entre pessoas-artefatos, artefatos-pessoas ou artefatos-artefatos (M2M). Para os propósitos deste trabalho, consideram-se ‘artefatos’ como o subconjunto de coisas capazes de agir (atores ou agentes). ‘Agência’ sugere autonomia, e, na medida em que interfere em outras coisas ou pessoas, implica em relação ou conexão.

Tecnologias modernas, amplamente adotadas no contexto da Internet das Coisas permitem a **comunicação** entre agentes humanos e não humanos por linguagem natural, o que facilita o **diálogo**, considerando o que declaram Winograd e Flores (1987): “seres humanos são fundamentalmente linguísticos: ações acontecem na linguagem em um mundo constituído por linguagem”. Mas esse tipo de comunicação é complexo, devido às imprecisões e à multiplicidade de possibilidades de comandos. A **comunicação** é, portanto, um dos grandes desafios na IoT.

Pela 'Teoria Ator-Rede', originária do trabalho de Bruno Latour, Michel Callon, Madeleine Akrich and John Law (1996), "todos os atores são redes e redes são atores". "Atores humanos e não humanos são **agentes**, apresentam habilidades de decisão e ação. Um 'ator' na teoria, por definição semiótica, é um **atuante**, a quem foi concedida a possibilidade de ser a fonte de uma ação. A teoria busca a aplicação do princípio de 'nós' (nodos) e relações a todos os entes de um ecossistema (pessoas, objetos). A identificação das propriedades de cada nó possibilita a compreensão e a criação de relações.

Em sua tese, Mitew (2008) analisa a Internet das Coisas à luz da Teoria Ator-Rede, e chega às seguintes conclusões:

- Objetos ganham um endereço na rede, fazendo com que cada objeto seja unicamente identificável.
- Objetos ganham capacidades sensoriais, que permitem que eles registrem dinamicamente as mudanças no ambiente.
- Objetos armazenam e processam **informações** (local/nuvem), assim como iniciam **ações** de forma independente (atuação).
- Objetos podem ser localizados remotamente em seu ambiente.
- Objetos podem ter interfaces semânticas para humanos.
- No vocabulário da IoT, contexto é compreendido como localização + identidade + estado.
- Objetos produzem **conversações** ao enviarem mensagens sobre os mais diversos tópicos.
- Surgem desafios políticos em um ambiente '**animado**' que envolve a mudança de percepção da subjetividade humana em relação a um mundo de objetos que não são mais passivos ou inertes.
- Com a ajuda da tecnologia pervasiva, espaços físicos estão gradualmente transformando-se de localidades ou destinos a lugares que 'hospedam transições'.

Winograd e Flores (1987) e Mingers e Walsham (2010) discutem a Perspectiva da Linguagem-Ação (*Language-Action Perspective - LAP*), fundamentada na teoria dos 'atos de fala' de Austin (1975) e Searle (1962), e na Teoria da Ação Comunicativa de Jürgen Habermas (1984). A sistemática propõe-se a representar situações em que **agentes** (humanos ou computadores) cumprem **papéis** envolvendo outros **agentes**, e facilitando a realização dos objetivos de ambas as partes. Conversações que levam à ação apresentam **intencionalidade**, e diferenças na estrutura linguística. O modelo LAP as classifica em três

tipos: **orientação** (compartilhar entendimentos e contextos), **possibilidade** (questões interpessoais, perguntas, co-criação de novos contextos) e **ação** (que requer, como determina Searle, condições de satisfação – algum resultado combinado, consenso sobre características das ações, tempo).

A teoria sustenta-se em quatro premissas: (1) cognição e pensamento não são funções mentais isoladas, fazem parte da atividade cotidiana, estão **incorporados** nos comportamentos intencionais contínuos de interação com o mundo; (2) conhecimentos não consistem de representações mentais, são distinções feitas por meio da **linguagem**, no curso das interações; (3) diálogos são baseados em experiências passadas e tradição, no **histórico** de acoplamentos estruturais; e (4) **ações** estão diretamente relacionadas à linguagem, não como representação, mas como **conversações**, que se tornam a unidade central de análise. Essas conversações são redes de distinções, pedidos e compromissos, válidos mais em relação à sua aceitação pelos outros do que em correspondência a uma realidade externa (WINOGRAD; FLORES, 1987). A função principal da comunicação é, portanto, “a construção de compreensão e concordância sobre atividades compartilhadas (MINGERS; WALSHAM, 2010).

A estrutura básica da teoria da ‘**conversação-para-ação**’ determina a coordenação de **conversas** em vez de informações. Pronunciar um ato de fala envolve mais do que transmitir informações, implica em estabelecer compromissos sobre como as ações serão coordenadas pelas partes. Winograd e Flores (1987) propõem, para o desenvolvimento de sistemas de informação, quatro **atos de fala**: (1) pedir ou oferecer; (2) prometer ou aceitar; (3) declarar conclusão; e (4) declarar satisfação. Segundo os autores, é possível caracterizar, por exemplo, um **pedido ou oferta** por um conjunto elementos comuns: (a) solicitante/proponente; (b) receptor; (c) condições de satisfação; (d) conhecimento compartilhado (*background*); (e) tempo estimado de execução; (f) ação futura a ser promovida; (g) preenchimento de lacunas (novas possibilidades); (h) pressuposição de capacidade do receptor; (i) sinceridade; e (j) consentimento das condições de satisfação.

O foco do design de sistemas passa a ser nas **conversações** com propósito, com intenção de modificar uma situação. Modelos de conversação podem ser classificados em **racionais** (instrumentais, tecnológicos, focados em padrões), **pragmáticos** (design como prática comunicativa, sistema de significados aplicados a um problema num contexto, métodos customizados para um propósito) e **fenomenológicos** (onde todo o significado surge pela linguagem, a atividade humana não é separada da linguagem. O design em si é uma conversação. Produtos e serviços são redes de conversações e atos de design são promovidos e reconhecidos pela linguagem, que molda e delimita a experiência). As abordagens não são mutuamente exclusivas (JONES, 2010).

Uma das ideias-chave da teoria é a **simplicidade**. O sistema que viabiliza a ‘conversa-ção-para-ção’ não precisa modelar todas as realidades do mundo externo. A conversa-ção é dependente de certas requisições estereotipadas sobre o estado do mundo. Assim, pode ser facilmente monitorada e facilitada por um dispositivo com pouca ou nenhuma capacidade de modelar circunstâncias no mundo real, além da capacidade de registrar requisições de agentes específicos sobre um domínio (WINOGRAD; FLORES, 1987).

McCullough (2004) destaca que, numa era onde as roupas são capazes de nos reconhecer, interagimos por gestos, máquinas sentem nosso humor, e quartos se transformam de acordo com nossas necessidades, a experiência interativa pode ser vista como **conversa-ção** – uma parte age ou fala, a outra interpreta e responde, num processo negociação, onde a troca engajada distingue-se de mera transmissão de informação.

O Gartner prevê que, até 2018, 30% das nossas interações com tecnologia serão através de "**conversas**" com máquinas inteligentes.

As tecnologias de máquinas inteligentes [*smart-machines*] terão um impacto significativo em praticamente todos os setores da indústria ao longo dos próximos cinco anos, com sistemas adquirindo a habilidade de observar seu ambiente, treinar-se e aprender com os próprios erros, conversar com as pessoas e entre si, permear o ambiente humano, entregar novos serviços 24/7, aumentar as capacidades cognitivas humanas, substituir trabalhadores envolvidos em tarefas de rotina, e definir novos processos de negócios digitais (GARTNER, 2015).

Com base em Winograd e Flores (1987), Rettig (2012b) afirma que, “ao projetarmos um produto interativo, estamos abrindo espaço para milhares de **conversa-ções**; criando a linguagem que será falada entre o produto e a pessoa”. Ele acredita que ‘atos de fala’ sejam os elementos fundacionais da interação, e podem constituir-se em um arcabouço adequado para gerar composições. E, numa perspectiva fenomenológica, declara: “no coração do design está a **inten-ção**; todo o trabalho de design vem de uma inten-ção em direção ao mundo, estejam os designers conscientes ou não”.

Rettig (2012b) declara ainda que “o coração da interação é a **conversa-ção**: entre pessoas e sistemas, entre as pessoas através de sistemas, e diretamente entre pessoas, mediada por um ato de design”. Cabe aos designers criarem canais ou meios para conversa-ção, e as linguagens visuais, auditivas, táteis, cronológicas e gestuais com as quais pessoas e sistemas possam dialogar, criando significados compartilhados. Ele acredita que a metodologia de ‘**conversa-ção-para-a-ção**’ se aplique no design de interface e interação, pois grande parte do que se faz envolve “estado, controle, consciência, solicitação e realização”.

A teoria da 'conversa-para-ação', da forma como foi proposta por Winograd e Flores (1987), aplica-se adequadamente à IoT, onde agentes automáticos interagem, por propósito, entre si e com agentes humanos. A comunicação deve ser inteligível; portanto, requer uma linguagem comum. E os 'atos de fala' não consistem apenas em declarações de intenções, na medida em que provocam a própria ação (SINGH; WOOD-HARPER; WOOD, 2008). "Conversa não é meramente um prelúdio para a ação, é sua própria essência" (WINOGRAD; FLORES, 1987).

Nesse sentido, conforme mencionado na seção 10.1, Lima-Marques (2011) propõe uma extensão do conceito de 'atos de fala' de Austin (1975) e Searle (1962), onde da concepção de que "todo discurso é um ato" deriva "todo fazer é um ato" e "todo ato é uma transformação", sendo '**ato de transformação**' definido como "um conjunto de eventos aplicados a um estado particular, pelo sujeito, para provocar mudanças em estados futuros". Pela perspectiva fenomenológica do **Design Ontológico** tratada na seção anterior, o design deve ter em mente um propósito claro, baseado em valores, considerado seu poder transformador da realidade.

## 12 Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva para a Internet das Coisas

*"There are two things to be considered with regard to any scheme. In the first place, 'Is it good in itself?' In the second, 'Can it be easily put into practice?'"*

*(Jean-Jacques Rousseau, 1911)*

Conforme enunciado na seção 11.1, considera-se a hipótese de que a estrutura teórica e metodológica transdisciplinar da Arquitetura da Informação, como campo disciplinar da Ciência da Informação, oferece a base para a concepção de um modelo capaz de descrever, explicar e prever as questões práticas emergentes no cenário atual e futuro da Internet das Coisas.

As evidências de que surgem novos problemas práticos para a Arquitetura da Informação com o advento da IoT foram descritas no capítulo 7. O capítulo 10 analisa a mudança de paradigma na área de Arquitetura da Informação a partir da necessidade de projetar ecossistemas de informação, e não somente espaços ou objetos isolados. Este capítulo propõe, a partir do referencial teórico e metodológico apresentado, um **modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva**, que elenca um conjunto de **premissas, princípios e heurísticas** capazes de fundamentar o design de ecossistemas de informação na Internet das Coisas, classificados pelas perspectivas **humana, arquitetônica e sistêmica**. Essa divisão tem finalidade meramente didática, tendo em vista que há correlação e influência mútuas entre os elementos. A ideia foi enfatizar os diferentes aspectos com maior impacto sob cada ponto de vista.

A **Internet das Coisas** é compreendida, no âmbito deste trabalho, como a materialização em potencial de ecossistemas de informação, ou instância dessa classe. Assim, consideram-se os ecossistemas de informação como construtos genéricos, que não se limitam às implementações viabilizadas pela IoT. Optou-se pela análise do fenômeno da informação no contexto da IoT devido aos impactos emergentes que acarreta para a sociedade.

As **premissas** apresentadas são postulados assumidos com base na fundamentação teórica proposta e anteriormente justificada, que estabelecem pontos de vista reconhecidos como verdadeiros no contexto deste trabalho.

Foltz (1998) enumera um conjunto de propriedades que definem **princípios** efetivos de design:

- **Suficiente:** em oposição a necessário – é uma de muitas formas de atender a um requisito.
- **Comprovado:** a maioria dos princípios eficazes surgem por indução de exemplos práticos bem-sucedidos.
- **Específico:** restrito o bastante para deixar claras as condições que indicam sua aplicabilidade, mas abrangente o suficiente para cobrir uma classe útil de problemas.
- **Relevante:** deve ter consequências reais para o projeto, e delimitar o espaço de design sob consideração de maneira significativa.

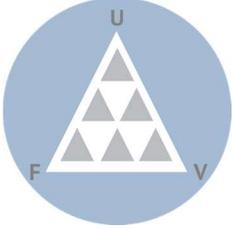
Com base nessas propriedades, Foltz (1998) sugere um esquema geral para a apresentação de princípios de design, que foi adaptado para utilização na estrutura do modelo proposto neste trabalho:

1. **Princípio:** fundamento enunciado em um conceito ou frase
2. **Descrição:** detalhamento ou motivação do princípio
3. **Heurísticas:** conjunto de boas práticas de design relacionadas aos princípios, aplicáveis ao domínio em questão
4. **Referencial:** arcabouço teórico e fontes
5. **Aplicabilidade:** neste caso, ao domínio dos ecossistemas de informação da Internet das Coisas

As **heurísticas** são regras gerais que refletem boas práticas de aplicação dos princípios, baseadas em pesquisas, na razoabilidade e na prática. Não são estruturalmente formais ou precisas, são apenas direcionamentos metodológicos para a solução de questões complexas, neste caso reativas ao design. São amplamente utilizadas nas áreas de Arquitetura da Informação e Design de Interação (LAWSON, 2001; SOEGAARD; DAM, 2013).

O modelo é validado a partir da análise de sua adequabilidade para compreender e endereçar os desafios e questões emergentes da IoT apresentados.

Tabela 6: Premissas do Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva

PERSPECTIVAS	PREMISSAS	REFERENCIAL
<p><b>Humana</b></p> 	<p>A cognição é corporificada, situada em contexto, e voltada para ação.</p> <p>As pessoas atribuem significados a experiências com espaços e objetos.</p> <p>As pessoas percebem objetos por suas potencialidades (<i>affordances</i>) e agem no mundo explorando-as.</p> <p>Objetos com significado são extensões das pessoas.</p>	<p>Husserl (1931); Merleau-Ponty (1945); Tuan (1983); Varela, Thompson e Rosch (1993); Thelen et al. (2001); Wilson (2002); Dourish (2004); McCullough (2004); Shapiro (2010); Wilson e Golonka (2013)</p>
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p>Todo espaço possui uma arquitetura subjacente, assim como a arquitetura da informação é inerente a qualquer espaço de informação.</p> <p>O espaço (de informação) arquitetado tem utilidade, estrutura e estética.</p> <p>Não há espaço sem distinção.</p> <p>Objetos inteligentes e autônomos precisam funcionar de forma eficaz, confiável e segura.</p> <p>Valores são sempre incorporados ao projeto de qualquer sistema, conscientemente ou não.</p> <p>Espaços com significado são lugares para as pessoas (espaços apropriados pelo homem tornam-se lugares).</p> <p>O homem habita quando é capaz de orientar-se em um ambiente e identificar-se com ele, ou seja, quando experimenta o ambiente como significativo. Significado depende de identificação, e implica em um senso de pertencimento.</p> <p>Objetos e informações têm caráter ontológico, sua existência é independente do sujeito.</p>	<p>Heidegger (1962); Ihde (1990); Santos (1996); Weiser e Brown (1996); Dreyfus (1996); Friedman e Kahn (2002); Wilson (2002); Bell e Dourish (2007); Introna (2011); Lima-Marques (2011)</p>

PERSPECTIVAS	PREMISSAS	REFERENCIAL
<p><b>Sistêmica</b></p> 	<p>Sistemas distinguem-se pela função ou propósito.</p> <p>Um sistema é considerado uma unidade a partir de sua distinção, característica essencial que estabelece suas fronteiras e o diferencia do ambiente.</p> <p>Espaços de informação são sistemas complexos, a combinação de seus componentes faz emergir novos padrões e princípios, que devem ser entendidos de forma sistêmica.</p> <p>Ecosistemas são inerentemente incontroláveis, imprevisíveis e geralmente surpreendentes.</p> <p>O espaço é composto por objetos inter-relacionados, e cada objeto reproduz as propriedades do espaço, ao apresentar uma estrutura, manifestar-se esteticamente e servir a uma finalidade.</p> <p>Sistemas de informação são formados por conjuntos de subsistemas recursivamente relacionados; os subsistemas são, cada um deles, um sistema de informação.</p> <p>Informações fluem num ecossistema como conversações que levam a ações.</p> <p>A tecnologia não pode ser encarada como neutra em termos éticos, pois altera ativamente as interpretações humanas da realidade.</p>	<p>Merleau-Ponty (1945); Norberg-Schulz (1971); Maturana e Varela (1973, 1980); Van Gigch e Pipino (1986); Hegel (1991); Morin (1992); Harrison e Dourish (1996); Santos (1996); Bertalanffy (1998); Norman (2009); Lima-Marques (2011); Resmini e Rosati (2011); Norris (2012)</p>

Fonte: elaborada pela autora

Tabela 7: Princípios e Heurísticas do Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Humana</b></p> 	<p><b>Cognição corporificada (embodied cognition)</b></p>	<p>A cognição depende dos tipos de experiências que advêm de se ter um corpo com capacidades perceptivas e motoras particulares, que estão inseparavelmente ligadas e que juntas formam a matriz dentro da qual memória, emoção, linguagem e todos os outros aspectos da vida estão conjugados.</p> <p>A natureza da atividade humana é situada, e as pessoas extraem indícios do contexto para ajudá-las a interpretar informações.</p> <p>A tecnologia é incorporada ao sujeito e permeia sua experiência, moldando sua maneira de perceber o mundo. A ação é tanto mais eficaz quanto os objetos são mais adequados.</p> <p>“<i>Dasein</i> (ser-no-mundo) é aquele que se depara com uma realidade onde encontra coisas, outros seres e a si mesmo com uma atitude básica de agir” (HUSSERL, 1931). A ação é determinada pela percepção; o sujeito interage com o ambiente a partir de suas potencialidades sensório-motoras.</p>	<p>Considerar as capacidades das pessoas que irão utilizar os espaços e objetos em contexto biológico, psicológico e cultural mais abrangente.</p> <p>Projetar espaços e objetos para satisfazer as necessidades de ação das pessoas.</p>	<p>Husserl (1931); Merleau-Ponty (1945); Maturana e Varela (1973, 1980); Tuan (1983);Varela, Thompson e Rosch (1993); Thelen et al. (2001);Wilson (2002); Dourish (2004); McCullough (2004); Shapiro (2010); Wilson e Golonka (2013); Hinton (2014); Cowart (2015)</p>	<p>[HS] Ética</p> <p>[HS] Interatividade</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p>	<p>Ex: experiência de uso de óculos, experiência do espaço através do carro, etc.</p> <p>Ex: uma pedra pode ser um objeto em dado momento de interação, ou um periférico, que fica em segundo plano no ambiente, em outro. A percepção varia também em função do observador. A mesma pedra pode ser vista como um míssil ou como um peso de papel, dependendo do contexto.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Humana</b></p> 	<p><b>Produção de sentido (sensemaking)</b></p>	<p>Significado é um relacionamento construído cognitivamente, que conecta características de um objeto e de um contexto (real ou imaginário) em uma unidade coerente.</p> <p>“A necessidade humana mais fundamental é experimentar sua existência como significativa” (PLATÃO, [s.d]).</p>	<p>Compreender de que maneira as pessoas constroem significado e projetar espaços e objetos que promovam experiências significativas.</p> <p>Buscar inspiração (padrões) na natureza para compreender os processos de interatividade, ao dotar máquinas de capacidade de percepção, decisão e ação. A ausência de empatia e de habilidades sociais nas máquinas causa problemas de interação, que não se resolvem com soluções meramente técnicas (mimetismo).</p> <p>Fundamentar o design de espaços e objetos em valores humanos, elencados pelos usuários, de forma a engajá-los significativamente com os projetos.</p> <p>Questionar nos projetos: que valores devem ser sustentados no processo de design, e como exercer <i>trade-offs</i> entre valores concorrentes na concepção, implementação e utilização de artefatos.</p>	<p>Norberg-Schulz (1980); Weick (1995); Hessen (1999); Turk (2001); Krippendorff (2004); Albuquerque (2010); Resmini e Rosati (2010); Smith (2011); Marc Rettig (2012a); Tonkinwise (2014)</p>	<p>[HS] Ética</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p> <p>[HS] Interatividade</p>	<p>Ex: valores concorrentes: autonomia <i>versus</i> segurança; anonimato <i>versus</i> confiança. Valores morais (ex: privacidade) devem ter maior peso, ou mesmo superar, valores não-morais (ex: preferências estéticas).</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Humana</b></p> 	<p><b>Empoderamento humano (human empowerment)</b></p> <p>O homem se relaciona com a natureza por meio de técnica.</p> <p>A tecnologia desempenha um papel libertador no mundo social ao ampliar a capacidade das pessoas de realizar tarefas que não conseguiriam de outra maneira.</p> <p>Quando em uso, um artefato é uma espécie de extensão do próprio corpo do indivíduo, não mais uma parte do ambiente.</p>	<p>Projetar objetos com foco no aumento do potencial humano, não na automação.</p> <p>Habilitar as pessoas a ultrapassarem os limites de sua capacidade humana.</p> <p>Tornar as atividades cotidianas mais eficientes, oferecendo soluções que reduzam a carga de trabalho cognitivo.</p>	<p>Marshall McLuhan (1965); Ihde (1990); Seris (1994); Mark Weiser (1991); Thackara (2000); Friedman e Kahn (2002); Wilson (2002); Bell e Dourish (2007); Salingaros (2007); Norman (2009); Kuniavsky (2010); Rettig (2012a); Hoven (2012); Resmini (2013); Tonkinwise (2014)</p>	<p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p> <p>[HS] Interatividade</p> <p>[HS] Ética</p>	<p>Ex: objetos que possibilitam a melhoria da qualidade de vida (óculos, cadeira de rodas, celular, tecnologias assistivas em geral, etc); dispositivos para armazenamento e recuperação de informações que serão usadas apenas diante de necessidades, aumentando a capacidades cognitiva humana.</p>
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Utilidade (utilitas)</b></p> <p>Artefatos e espaços de informação devem ter uma utilidade clara.</p>	<p>Projetar artefatos e espaços de informação com o objetivo de acomodar necessidades funcionais.</p> <p>Considerar que uma atividade só será realizada se seus benefícios forem iguais ou maiores do que os custos.</p> <p>Atender as necessidades básicas das pessoas antes de satisfazer as de nível mais alto.</p> <p>Promover a economia de tempo das pessoas.</p>	<p>Scott (1914); Spencer Brown (1969); Louis Kahn (1971); Lúcio Costa (1952); Tuan (1977); Roger Scruton (1980); Thackara (2000); Maeda (2006); Frederick (2007); Vitruvio Polião (2007); Lidwell, Holden e Butler (2010); Lima-Marques (2011)</p>	<p>[HS] Bens e interesses públicos</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p>	<p>Ex: uma casa tem a função de abrigar o morador e oferecer-lhe conforto, antes de mais nada.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Estrutura (firmitas)</b></p>	<p>Artefatos e espaços de informação materializam-se em uma estrutura.</p>	<p>Focar no essencial em termos estruturais para a solução e delegar o secundário.</p> <p>Adotar padrões e dados abertos; reaproveitar componentes já desenvolvidos.</p> <p>Realizar planos de contingenciamento. Dispositivos devem manter suas funções básicas operando em caso de indisponibilidade de infraestrutura.</p>	<p>Scott (1914); Norberg-Schulz (1971); Roger Scruton (1980); Mitchell (1996); Lasnik (2003); Lacerda (2005); Morville (2005); Greenfield (2006); Vitruvio Polião (2007); Mitew (2008); Albuquerque (2010); Lidwell, Holden e Butler (2010); Netto (2011); IERC (2012); Gubbi et al. (2013); IOT-A (2014)</p>	<p>[TI] Eficiência energética e sustentabilidade</p> <p>[TI] Plataforma aberta e interoperabilidade</p> <p>[TI] Sensoriamento e localização</p> <p>[TI] Identificação e endereçamento</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p>	<p>Ex: adotar serviços de nuvem quando armazenamento não for o foco no negócio; usar APIs ou dados abertos em projetos.</p> <p>Ex: aparelhos eletrônicos precisam ser recarregados; só poderão ser realmente simples quando estiverem livres dessa dependência, ou puderem ser recarregados de forma automática.</p> <p>Ex: um refrigerador inteligente deve manter a função de gelar ainda que a rede esteja fora do ar e as 'funções inteligentes', como montar a lista de compras, parem de funcionar.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Estética (venustas)</b></p>	<p>Artefatos e espaços de informação manifestam-se esteticamente.</p> <p>Estética é entendida como 'manifestação', num sentido kantiano, como relativa ao que é percebido pelo sujeito; e como propriedade necessariamente presente na arquitetura.</p> <p>A disposição harmoniosa de um sistema proporcional de medidas representa a unidade de todas as partes e a relação entre estas e com o todo.</p> <p>O posicionamento adequado dos elementos arquiteturais representa a identidade da obra através de sua composição ou configuração (arranjo).</p> <p>Objetos razoavelmente diferentes têm maior probabilidade de serem lembrados do que objetos comuns (Efeito von Restorff).</p> <p>Elementos conectados entre si por propriedades visuais uniformes, como a cor, são percebidos como mais relacionados do que os elementos que não estão conectados.</p>	<p>Apresentar as informações necessárias para a realização de tarefas e objetivos de maneira a facilitar a percepção e a ação.</p> <p>Ajustar de forma equilibrada os detalhes individualmente e como um todo para obter um resultado simétrico (simetria).</p> <p>Usar imagens pictóricas para melhorar o reconhecimento e a memorização de sinais e controles (representação icônica).</p> <p>Combinar várias unidades de conteúdo em uma pequena quantidade de segmentos para que a informação seja mais fácil de processar e memorizar (segmentação).</p> <p>Apresentar clareza visual em textos, em geral baseada em tamanho, tipografia, contraste, bloco de texto e espaçamento dos caracteres usados.</p> <p>Reduzir (encolher, ocultar ou agregar): remover características desnecessárias ou tudo o que não está relacionado aos objetivos do projeto para simplificar.</p>	<p>Kohler (1947); Lúcio Costa (1952); Scott (1914); Norberg-Schulz (1971); Lasnik (2003); Lacerda (2005); Maeda (2006); Vitruvio Polião (2007); Norman (2009); Resmini e Rosati (2011); Lidwell, Holden e Butler (2010); Sternberg (2011); Soegaard (2014)</p>	<p>[HS] Interatividade</p> <p>[TI] Encontrabilidade e precisão</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p>	<p>Ex: questões relacionadas ao design de interfaces e de interatividade.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
	<p>A realidade pode ser reduzida ao combinar elementos de forma simplificada, independentemente da sua complexidade subjacente (efeito Gestalt).</p> <p>Redução é a capacidade de minimizar a carga cognitiva e frustração associada a uma escolha de um conjunto de opções de recursos, serviços e objetos. As técnicas de design associadas ao princípio são organização e agrupamento; foco e ampliação.</p>	<p>Organizar de forma a fazer sentido, quando não for possível ocultar ou reduzir mais (ordenar, rotular, integrar e priorizar).</p> <p>Criar espaços em branco para destacar o que é importante – o contraste entre vazio e cor.</p> <p>Agregar peças de informação, serviços e bens para ajudar os usuários a alcançar metas explícitas ou estimular necessidades latentes.</p> <p>"Cabe ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de artista, escolher na escala dos valores contidos entre dois extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada" (COSTA, 1952).</p>			

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Responsividade</b></p> <p>Objetos da IoT são agentes ou atores; respondem aos estímulos do meio, comunicam-se entre si (M2M), agem e tomam decisões com diversos graus de complexidade.</p> <p>Um 'ator' por definição semiótica, é um atuante, humano ou não, a quem foi concedida a possibilidade de ser a fonte de uma decisão ou ação.</p> <p>'Artefato' é entendido como qualquer objeto feito por seres humanos, especialmente tendo em vista a posterior utilização; as 'coisas' da IoT são qualificadas como artefatos.</p> <p>Portabilidade da informação digital implica na possibilidade da mesma informação manifestar-se simultaneamente de diferentes formas ou suportes, agregando maior valor ao usuário. A portabilidade possibilita a criação de interfaces responsivas.</p>	<p>Não tentar adivinhar as intenções das pessoas e realizar ações imprevisíveis.</p> <p>Sugerir ações quando a decisão for relevante, mas não demandar excessiva atenção. Oferecer opções de configuração sobre a quantidade e o nível de decisões que as pessoas desejam delegar.</p> <p>Verificar e confirmar ações antes da sua execução a fim de prevenir erros.</p> <p>Projetar artefatos e espaços de informação que possam ser utilizados pelo maior número de pessoas e dispositivos (acessibilidade e portabilidade).</p>	<p>Santos (1996); Latour (1996); Turk (2001); McCullough (2004); Harper (2007); Mitew (2008); Norman (2009); Chui, Löffler, Roberts (2010); Lidwell, Holden e Butler (2010); Kuniavsky (2010); IERC (2012); Gubbi et al. (2013); Ning (2013); Weber (2013); IOT-A (2014)</p>	<p>[HS] Interatividade</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p>	<p>Ex: sinais dos sensores podem ser interpretados estatística e comparativamente, a partir de informações gravadas em memória, tornando os objetos responsivos e adaptáveis à situação, por meio dos atuadores.</p> <p>Ex: considerar o uso das informações e adequar as interfaces para dispositivos de múltiplos propósitos (celulares, tablets, relógios e óculos inteligentes) e dispositivos especializados (sensores de temperatura, dispositivos ativos e passivos, etc.), suportados por uma variedade de plataformas de software e hardware.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Produção de potencialidades (<i>affordances</i>)</b></p>	<p><i>Affordances</i> são propriedades funcionais perceptíveis e acionáveis, que são apreendidas por um indivíduo ao agir no mundo, e as potencialidades do próprio sujeito agente.</p> <p>Potencialidade é a oportunidade relacional que surge entre as habilidades do corpo e características do mundo.</p> <p>As propriedades dos espaços e objetos não são fixas, são contextuais, dependem das relações.</p> <p>Objetos são experimentados interativamente como existentes para os seres humanos ao comunicarem suas ‘possibilidades-de-ação’.</p> <p>Quando <i>affordances</i> são percebidas de forma similar por diferentes pessoas, reforçam a identificação do ambiente, formando a base da identidade do lugar.</p> <p>A estrutura do objeto define, inclusive, sua relação com os demais.</p>	<p>Projetar artefatos que comuniquem de maneira efetiva as potencialidades (<i>affordances</i>) de cada funcionalidade, e as oportunidades de ação que permitem.</p> <p>Criar pistas de orientação como <i>affordances</i> do ambiente, que funcionem como recursos perceptíveis para ativar intenções e promover um contexto para ação.</p> <p>Compreender o contexto de uso do espaço ou objeto; conhecer a situação das pessoas, o ambiente onde ocorre a interação, o estado das coisas no momento e o que deve acontecer em seguida (<i>sensibilidade ao contexto - context awareness</i>).</p> <p>Compreender as propriedades dos canais e das relações que os configuram como ecossistemas para projetar o funcionamento de cada canal (<i>silos</i>) e da transversalidade por múltiplos canais.</p> <p>Otimizar cada canal para que opere com todo o seu potencial; o canal deve ser consistente, seguindo padrões de organização; e contínuo, propagando as ações para outros canais.</p>	<p>Simondon (1958); Heidegger (1962); Gibson (1966, 1979); Norberg-Schulz (1980); Krippendorff (1989); Santos (1996); Dey (2001); Hightower e Borriello (2001); Mingers (2001); McCullough (2004); Morville (2005); Maeda (2006); Grossman (2006); Meadows, (2008); Mitew (2008); Norman (2009); Kuniavsky (2010); Morville (2011); Resmini e Rosati (2011); Overhill (2012); McEwen e Cassimally (2013); Gubbi et al. (2013); Anderson (2014)</p>	<p>[HS] Interatividade</p> <p>[TI] Sensoriamento e localização</p> <p>[TI] Encontrabilidade e precisão</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p> <p>[TI] Encontrabilidade e precisão</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p>	<p>Ex: há objetos dos quais podemos beber, como copos, canecas e xícaras; podemos sentar em coisas como sofás e cadeiras; é possível manter gatos e coelhos como animais de estimação em casa, mas raramente elefantes ou focas.</p> <p>Ex: o sensor dos artefatos responde a alterações de estado ou ação. O meio pode ser mecânico, elétrico, magnético, hidrostático, corrente, químico, luminoso ou ótico. Sensores são integráveis a quaisquer objetos ou até mesmo a seres humanos e animais (<i>biochips</i>).</p> <p>Ex: soluções com reconhecimento de objetos, código de barras, RFID (ex: chips subcutâneos). O desafio de aplicar esse princípio é prever os contextos de utilização - os usuários estarão no escritório ou</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
	<p>As potencialidades do objeto permitem múltiplas interpretações, que vão além das funcionalidades originalmente pretendidas.</p> <p>O mundo é sempre um mundo de possibilidades, não da atualidade – são formas possíveis de ser reveladas por nosso entendimento. E as possibilidades que se concretizam se transformam no próprio ser, afetando sua estrutura e abrindo caminho para novas possibilidades.</p> <p>A adoção de tecnologias pelas sociedades ocorre função da avaliação dos valores técnicos, em relação ao êxito ou fracasso prováveis.</p> <p>Não importa o quão bem são projetados produtos e serviços, a interpretação ocorre sempre em um contexto completamente fora de controle.</p>	<p>Conceber objetos para usos imprevistos no projeto original, dando ao usuário a liberdade de criar novas utilidades.</p> <p>Criar potencialidades (“caixas de areia”, para Anderson (2014)) ao invés de mapear os “caminhos” possíveis a serem percorridos pelas pessoas, direcionando o foco do design para o espaço e os objetos que o compõem e não para a previsão de ações dos usuários.</p> <p>Desenvolver serviços como componentes não muito acoplados, que possam ser flexíveis e modularmente reutilizáveis, em funções não imaginadas no projeto original.</p> <p>Valorizar as propriedades do ambiente e do contexto, da história e dos diferentes objetivos e motivações dos envolvidos.</p>			<p>na banheira no momento do uso? Qual é a sua largura de banda e tamanho de tela? As variáveis só se multiplicam na IoT.</p> <p>Ex: é possível detectar remotamente a presença de objetos e identificar possibilidades de ação na IoT.</p> <p>Ex: <i>twitters</i> são consumidos por aplicativos desenvolvidos com equipamentos como o Arduino. É fundamental, para tanto, seguir os padrões da Internet.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Naturalidade e clareza (<i>seamfulness</i>)</b></p> <p>É necessária uma forma mais natural de interação, que possa ocorrer de modo transparente, sem esforço, para obter uma simbiose harmoniosa entre o homem e a máquina ao realizarem uma tarefa em conjunto.</p> <p>Não há consciência do uso de objetos no momento da ação, a não ser quando há interrupção no fluxo da atividade por dificuldade de uso ou falha.</p> <p>As pessoas passam a não mais notar a presença da tecnologia quanto melhor estiver adaptada ao corpo.</p>	<p>Projetar objetos capazes de "desaparecer" ou ficar em segundo plano no momento do uso, tornando a interatividade fluida e natural.</p> <p>Deixar claros o leque de operações possíveis, o progresso da ação e a mudança ocorrida, para evitar frustrações.</p> <p>Gerenciar a complexidade pela revelação progressiva: estratégia onde apenas as informações necessárias ou solicitadas são exibidas em dado momento.</p> <p>Equilibrar a transparência das ações da máquina e a clareza sobre o que está ocorrendo (<i>seamful e seamless design</i> - maior ou menor transparência). Os passos dados pelo sistema precisam ser claros, e devem poder ser desfeitos, quando viável.</p>	<p>Heidegger (1962); Ihde (1990); Santos (1996); Weiser e Brown (1996); Dreyfus (1996); Weiser (1991); Chalmers <i>et al.</i> (2004); Maeda (2006); Norman (2009); Lidwell, Holden e Butler (2010); Introna (2011)</p>	<p>[TI] Contexto e comunicação</p> <p>[HS] Interatividade</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p>	<p>Ex: termostato e suspensão num carro, eletricidade, etc.</p> <p>Ex: sinalizador de bateria do celular. Um usuário médio quer ver apenas o percentual restante de carga. Um usuário avançado pode ter a opção de expandir as informações com um toque, para um detalhamento maior do funcionamento do aparelho.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Produção de lugares (placemaking)</b></p> <p>A criação de lugares é o propósito da arquitetura.</p> <p>“Cabe à Arquitetura concretizar o <i>genius loci</i> ou a essência do lugar, compreendendo sua vocação” (NORBERG-SCHULZ, 1980).</p> <p>A dimensão do lugar (<i>place</i>) onde a vida acontece (<i>takes place</i>) é o <i>genius loci</i>, que representa as estruturas existenciais reunidas pelo lugar.</p> <p><i>Placemaking</i> reflete um arranjo consciente de elementos para criar um espaço que acomode atividades e interação, mas só os ocupantes do espaço podem torná-lo um lugar.</p> <p>Lugares existem em diferentes escalas, incluindo de objetos a espaços.</p> <p>A arquitetura e o design projetam espaços e objetos; lugares e experiências são subjetivos, não podem ser projetados.</p> <p>O espaço público, em todas as suas formas, é uma das poucas ferramentas capazes de servir ao bem comum, portanto, valem os esforços para preservar esse recurso.</p>	<p>Projetar espaços para que sejam transformados em lugares pelas pessoas.</p> <p>Configurar apropriadamente o espaço ou artefato para a experiência humana, de forma a atender ou até superar expectativas.</p> <p>Preservar o espaço público e explorar as maneiras pelas quais entendemos e usamos coletivamente o domínio espacial comum.</p>	<p>Jacobs (1961), Lynch (1960); Heidegger (1971); Yi-Fu Tuan (1977); Norberg-Schulz (1980); Whyte (1980); Harrison e Dourish (1996); Santos (1996); McCullough (2004); Greenfield (2006); Albuquerque (2010); Resmini (2013)</p>	<p>[HS] Bens e interesses públicos</p> <p>[HS] Ética</p> <p>[HS] Governança</p> <p>[HS] Interatividade</p>	<p>Ex: lugares moldam comportamentos, e a eles atribuem-se valores subjetivos e abstratos (bom, ruim, ontem, amanhã), ao passo que aos espaços atribuem-se propriedades objetivas (cima, baixo, dentro fora).</p> <p>Ex: lugares refletem entendimentos culturais e sociais e podem ter propriedades temporais – o mesmo espaço pode significar diferentes lugares em tempos diferentes.</p> <p>Ex: fazemos um lar de uma casa organizando-a para comportar nossas vidas.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Orientação espacial (<i>wayfinding</i>)</b></p>	<p>O senso de orientação (<i>wayfinding</i>) é o processo pelo qual utilizamos informações espaciais e ambientais para nos localizarmos no espaço.</p> <p>A arquitetura deve facilitar a localização no espaço.</p> <p><i>Wayfinding</i> está ligado a fatores endógenos, como experiências anteriores, idioma, cultura, educação, idade; e fatores exógenos, como construção do espaço, sinalização, simetria, interação entre elementos.</p> <p>O <i>wayfinding</i> interno de um espaço é dependente da lógica de organização de seus elementos e do design.</p>	<p>Utilizar informações espaciais e ambientais para ajudar na navegação até um destino, em ambientes físicos ou digitais.</p> <p>Considerar aspectos de rotulação, numeração e organização geral como críticos para o <i>wayfinding</i>.</p> <p>Utilizar informações públicas como parte da oferta de informações às pessoas, facilitando o uso de determinado ambiente, de forma consistente, para aumentar o nível de reconhecimento e encontrabilidade geral.</p> <p>Usar pontos de referência para fornecer pistas de orientação e locais memoráveis.</p> <p>Usar a distância como parâmetro para particionar atividades e a dimensão da interação.</p> <p>Não oferecer ao usuário muitas opções de navegação (Lei de Hick: o tempo necessário para tomar uma decisão aumenta proporcionalmente em relação a quantidade de alternativas possíveis).</p> <p>Oferecer visões de pesquisa (panorama ou mapa).</p> <p>Fornecer sinais em pontos de decisão.</p>	<p>Lynch (1960); Foltz (1998); Brandon (2003); McCullough (2004); Morville (2005); Resmini (2010); Lidwell, Holden e Butler (2010); Resmini e Rosati (2011); Tate (2013)</p>	<p>[HS] Bens e interesses públicos [TI] Sensoriamento e localização [TI] Identificação e endereçamento [TI] Encontrabilidade e precisão [HS] Interatividade</p>	<p>Ex: <i>wayfinding</i> pode ser implantado num processo de cinco passos: saber onde está, para onde vai, qual a melhor rota; reconhecer o destino e encontrar o caminho de volta (MORVILLE, 2005).</p> <p>Ex: baixo vai em direção ao centro da Terra; alto remete ao céu; reconhecemos trás e frente; pegamos objetos perto de nós, e não distantes.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Arquitetônica</b></p> 	<p><b>Ubiquidade da informação</b></p> <p>“A arquitetura da informação torna-se pervasiva; o foco vai do design de produtos e sistemas isolados ao design de experiências através de canais (<i>cross-channel</i>) que provêm serviços” (RESMINI; ROSATI, 2011).</p> <p>O ambiente em que vivemos é carregado de informações com as quais interagimos constantemente.</p> <p>Objetos armazenam e processam informações (locais e remotas).</p> <p>A infraestrutura de rede possibilita o transporte de matéria, energia ou informação.</p> <p>Na IoT, informações passam a se mover em sentido inverso do que ocorria no ciberespaço. O mundo físico é alimentado pelo digital, a realidade é aumentada por aplicações centradas no usuário que promovem consumo e produção de informações. É como se o ciberespaço, que antes era um universo paralelo, transbordasse.</p>	<p>Compreender os impactos de se embutir informação nas complexidades do ambiente social do mundo físico.</p> <p>Considerar as propriedades da informação nos projetos de soluções (perceptual ou linguística).</p> <p>Projetar serviços mais do que produtos, considerando a experiência através de canais (<i>cross-channel</i>).</p>	<p>Mitchell (1996); Weiser e Brown (1996); McCullough (2004); Greenfield (2006); Morville (2009); Albuquerque (2010); Kuniavsky (2010); Meira (2010); Shin (2010); Netto (2011); Resmini e Rosati (2011); McEwen; Cassimally (2013); Haverty (2014)</p>	<p>[HS] Interatividade</p> <p>[TI] Plataforma aberta e interoperabilidade</p> <p>[TI] Sensoriamento e localização</p> <p>[TI] Identificação e endereçamento</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p>	<p>Ex: dispositivos móveis, recursos em rede e sistemas em tempo real estão fazendo com que nossas interações com informações sejam constantes e ubíquas.</p> <p>Ex: diferentes tipos de sensores especializados e dispositivos coletam bits em locais arbitrários; processadores estão sendo incorporados em todos os lugares (ex: computação vestível).</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Sistêmica</b></p> 	<p><b>Complexidade</b></p> <p>A arquitetura deve considerar o conjunto dinâmico de elementos que se combinam para formar uma experiência de interação significativa.</p> <p>Não é possível especificar uma ecologia, o que não significa que somos incapazes de afetar sua evolução.</p> <p>“As propriedades do objeto e as intenções do sujeito não estão apenas interligadas; constituem um novo todo” (MERLEAU-PONTY, 1945).</p> <p>Organização é o conjunto das relações entre os componentes de um sistema, que delinham sua forma em dado momento, determinando sua identidade ou configuração geral.</p> <p>A organização da unidade sistêmica é realizada pela interação de componentes em determinado espaço, configurando sua estrutura, que estabelece a forma pela qual as partes do sistema articulam-se ou interconectam-se fisicamente. Mas a estrutura não é suficiente para definir o sistema como uma unidade.</p>	<p>Dividir sistemas maiores em diversos sistemas menores e autossuficientes, em busca de otimização, flexibilidade e reutilização.</p> <p>Criar sistemas complexos e organizados de partes; transformar simples matérias-primas em totalidades organizadas, capazes de manter sua organização.</p> <p>Considerar os problemas inerentes ao encontro entre sistemas técnicos complexos e pessoas os utilizando.</p> <p>Focar no design de experiências como um todo, em múltiplos canais, não apenas em produtos isolados, criando experiências coerentes.</p> <p>Definir estruturas básicas, ou elementos que estabeleçam as fronteiras espaciais (dentro-fora) de um sistema.</p> <p>Equilibrar bem-estar, liberdade e responsabilidades dos subsistemas e do sistema total; estabelecer controle central suficiente para alcançar objetivo maior do sistema, e autonomia suficiente para manter todos os subsistemas florescentes, funcionando e auto-organizados</p>	<p>Spencer Brown (1969); Merleau-Ponty (1945); Norberg-Schulz (1971); Maturana e Varela (1973, 1980); Van Gigch e Pipino (1986); Hegel (1991); Morin (1992); Harrison e Dourish (1996); Santos (1996); Bertalanffy (1998); Dale (2002); Greenfield (2006); Meadows (2008); Norman (2009); Albuquerque (2010); Kuniavsky (2010); Lima-Marques (2011); Resmini e Rosati (2011); Norris (2012)</p>	<p>[HS] Interatividade</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p> <p>[TI] Encontrabilidade e precisão</p>	<p>Ex: serviços são ofertados por meio de canais (<i>channels</i>). Canais funcionam como pontos de contato (<i>touchpoints</i>) nos ecossistemas de informação e podem ser físicos, digitais ou mesmo humanos (como um atendente de quiosque).</p> <p>Ex: a variedade de escalas na IoT envolve desde <i>nanochips</i> implantados em seres vivos a objetos de uso comum interconectados, equipados com sensores e identificados por radiofrequência (RFID) – capazes de trocar informações entre si, com as pessoas ou com o ambiente - até cidades inteiras sendo projetadas de maneira totalmente conectada e automatizada (as chamadas '<i>smart cities</i>' ou '<i>cidades inteligentes</i>').</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
	<p>A identidade sistêmica se mantém a despeito das mudanças dinâmicas em seu meio-ambiente ao longo do tempo.</p> <p>Quando os objetivos de um subsistema são dominantes em relação aos do sistema global, há sub-otimização. Por outro lado, o excesso de controle central também é nocivo ao funcionamento do sistema.</p> <p>Hierarquia é a habilidade de criar sistemas maiores a partir de um conjunto de subsistemas.</p> <p>Objetos na IoT apresentam-se em diferentes escalas; suas formas de manifestação são heterogêneas; objetos infinitamente pequenos e grandes convivem e colaboram.</p> <p>Quando observamos um crescente número de elementos de escalas diferentes mantendo uma relação de dependência mútua, quando os elementos evoluem em conjunto com base no contexto, e quando a resiliência opera no nível do sistema como um todo, algum tipo de ecologia está funcionando.</p>	<p>Projetar artefatos e espaços para contemplar os diferentes níveis de granularidade das escalas da IoT.</p>			

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Sistêmica</b></p> 	<p><b>Consistência e correlação</b></p>	<p>Consistência é a capacidade de prover e sustentar coerência interna e externa, em dado contexto na execução de ações. Pode ocorrer nos níveis funcional, comportamental, organizacional ou estético.</p> <p>Correlação cria continuidade e descoberta através dos caminhos e possibilidades dos canais do ecossistema, gerando um significado compartilhado.</p> <p>A correlação pode ser interna (proximidade semântica dos itens no mesmo canal) ou externa (proximidade semântica entre itens de diferentes canais, conectados por tarefas, processos ou pessoas).</p>	<p>Considerar, para o design, propriedades do contexto, objetivos do sistema, questões subjetivas e culturais, e os diferentes ambientes e meios pelos quais o serviço se estenderá.</p> <p>Expressar de modo semelhante partes similares do sistema, para melhorar a usabilidade.</p> <p>Considerar cada ação, cada resposta do sistema, cada mensagem - seja verbal ou visual, silenciosa ou audível, visceral ou comportamental, tátil ou casual - como parte do todo.</p> <p>Manter a coordenação entre os canais, preservando a autonomia e autossuficiência de cada ponto de contato.</p>	<p>Lidwell, Holden e Butler (2010); Resmini e Rosati (2011)</p>	<p>[HS] Interatividade</p> <p>[TI] Encontrabilidade e precisão</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p>	<p>Ex: um garfo guarda correlação interna com a colher e a faca do mesmo conjunto, e correlação externa com outros garfos de cozinha.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Sistêmica</b></p> 	<p><b>Conversa-para-ação</b></p> <p>Todo o fluxo de informações no ecossistema ocorre como conversações, que levam a ações; a comunicação entre pessoas e artefatos e artefatos entre si são negociações.</p> <p>Cada processo cibernético envolve implicitamente um diálogo. Sistemas cibernéticos interagem uns com os outros por meio de conversações, e co-criam sua realidade através de influência circular.</p> <p>“Todo discurso é um ato; todo ato é uma transformação; ato de transformação é um conjunto de eventos aplicados a um estado particular, pelo sujeito, para provocar mudanças em estados futuros” (LIMA-MARQUES, 2011).</p> <p>Atos de fala’ não consistem apenas em declarações de intenções, na medida em que provocam a própria ação.</p> <p>A comunicação deve ser inteligível; portanto, requer uma linguagem comum, além de conhecimentos e experiências compartilhados.</p> <p>O diálogo é entendido como parte do processo de criação de estados</p>	<p>Criar canais ou meios para conversação, em linguagens visuais, auditivas, táteis, cronológicas e gestuais com as quais pessoas e sistemas possam dialogar, criando significados compartilhados; o entendimento mútuo é um grande desafio de design, que pode limitar a plena interação homem-máquina.</p> <p>Focar não somente em funcionalidades individuais, mas em interoperabilidade e fluxo sistêmico de informações.</p> <p>Oferecer feedback contínuo, mas não intrusivo; o feedback provê pistas sobre o que está ocorrendo, o que vai ocorrer e o que deve ser feito. É útil para reafirmar situações, reportar o progresso e o tempo de ações, aprender, confirmar, lidar com situações inesperadas e gerenciar expectativas.</p>	<p>Gibson (1979); Winograd e Flores (1987); Curien (1988); Hegel (1991); Weick (1995); Santos (1996); McCullough (2004); Meadows (2008); Wood-Harper e Wood (2008); Norman (2009); Wasiak (2009); Lidwell, Holden e Butler (2010); Lima-Marques (2011); Mingers e Walsham (2010); Resmini e Rosati (2011); Rettig (2012a); Solà-Morales (2012); Lucas, Ballay e McManus (2012); Wilson e Golonka (2013); Mingers (2014); Sussna (2014)</p>	<p>[TI] Plataforma aberta e interoperabilidade</p> <p>[TI] Contexto e comunicação</p> <p>[HS] Interatividade</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p>	<p>Ex: ao acordar, interagimos com uma série de objetos: cama, cobertor, banheiro, sistema de canalização, utensílios de cozinha, sistemas de transporte, automóveis, etc. – e toda interação é uma negociação. Interações tecnológicas são inerentemente relações de mão dupla.</p> <p>Ex: o Gartner prevê que, até 2018, 30% das nossas interações com tecnologia serão através de "conversas" com máquinas inteligentes.</p> <p>Ex: roupas são capazes de nos reconhecer, interagimos por gestos, máquinas sentem nosso humor, e quartos se transformam de acordo com nossas necessidades, a experiência interativa pode ser vista como conversação – uma parte age ou fala, a outra interpreta e responde, num processo</p>

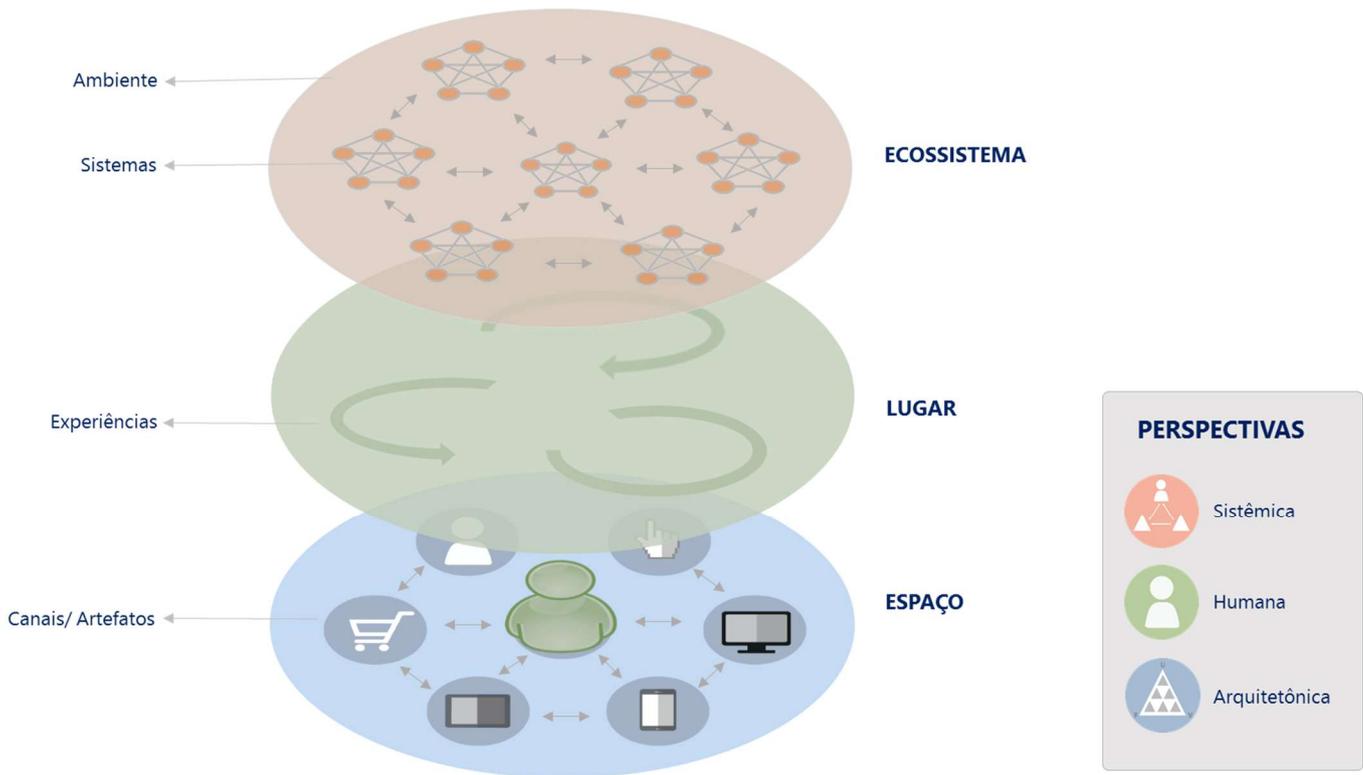
PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
	<p>compartilhados. Não se trata apenas de transporte de experiências, tais como opiniões ou desejos, a partir do interior de um objeto para o interior de outro. Remete a uma dimensão existencial compartilhada com os outros e com as coisas (<i>being-in-the-world-with-others</i>).</p> <p>Ao projetar um produto interativo, abre-se espaço para milhares de conversações; criando a linguagem que será falada entre o produto e a pessoa.</p> <p>Grande parte do que se faz na interação em ecossistemas de informação envolve estado, controle, consciência, solicitação e realização.</p> <p>Computação pervasiva é fundamentalmente uma questão de representação de ação: quem está presente e o que está tentando fazer.</p> <p>A percepção é, em última instância, um processo de captação de informações. O indivíduo interpreta sinais e símbolos do ambiente e de seus habitantes, e capta as possibilidades de ação.</p>				<p>negociação, onde a troca engajada distingue-se de mera transmissão de informação.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS		HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
<p><b>Sistêmica</b></p> 	<p><b>Design ontológico</b></p>	<p>O design vem de uma intenção em direção ao mundo. A interação é a conversação: entre pessoas e sistemas, entre as pessoas através de sistemas, e diretamente entre pessoas, mediada por um ato de design. Arquitetos e designers devem ter a consciência de seu papel transformador da realidade.</p> <p>A ação é um processo dotado de propósito, na qual um agente, ao mudar algo, muda a si mesmo; os produtos e os efeitos são causadores e produtores do que se produz.</p> <p>A tecnologia altera ativamente as interpretações humanas da realidade. Ao projetar novos sistemas tecnológicos também estamos projetando o tipo de humanos que somos (ou nos tornaremos).</p> <p>Na medida em que o sistema se desenvolve e interage com o ambiente, ele afeta seus limites. A interação contínua com o ambiente e com os outros sistemas provoca um processo de mútua adaptação, denominado de acoplamento estrutural (<i>structural coupling</i>). Por este processo, a autonomia</p>	<p>Ter em mente um propósito claro para o design, baseado em valores.</p> <p>Projetar artefatos e espaços de informação capazes de moldar-se e adaptar-se às necessidades das pessoas.</p> <p>Gerir sistemas para resiliência, não só para produtividade ou estabilidade, pois sempre há limites para a resiliência.</p> <p>Considerar os fluxos de material e energia em todos os sistemas a serem projetados, visando à eficiência energética e à sustentabilidade.</p>	<p>Morgenstern (1960); Searle (1962); Christopher Alexander (1964); Heidegger (1971); Maturana e Varela (1973, 1980); Austin (1975); Winograd e Flores (1987); Ihde (1990); Morin (1992); Santos (1996); Stiegler (1998); Willis (1999); Castells (1999); Thackara (2000); Jonas (2003); Meadows (2008); Albuquerque (2010); Lima-Marques (2011); Resmini e Rosati (2011); Fry (2012); Hinton (2014)</p>	<p>[HS] Ética</p> <p>[HS] Governança</p> <p>[HS] Direito aos dados, privacidade e segurança</p> <p>[HS] Bens e interesses públicos</p> <p>[HS] Tecnicismo e artificialismo</p> <p>[TI] Eficiência energética e sustentabilidade</p>	<p>Ex: num ambiente dinâmico, o que os usuários fazem com a informação disponível modifica ou influencia o status atual e futuro do sistema. A sociedade usufrui da tecnologia e orienta a sua evolução. A evolução traz novas necessidades e estas reorientam a tecnologia.</p>

PERSPECTIVAS	PRINCÍPIOS	HEURÍSTICAS	REFERENCIAL	DESAFIOS IOT	APLICAÇÕES
	<p>estrutural do sistema é mantida, mas interações entre o sistema e o ambiente permanecem reciprocamente influentes, ou seja, tanto o sistema quanto o ambiente modificam-se estruturalmente de forma congruente.</p> <p>Existem qualidades emergentes que nascem da organização de um todo e que podem retroagir às partes (retroatividade).</p> <p>A resiliência do sistema determina sua capacidade de sobreviver e persistir em um ambiente variável</p>				

Fonte: elaborada pela autora

O esquema em camadas da Figura 34 ilustra a representação geral das diferentes perspectivas do modelo, detalhadas acima, com o intuito de apresentar graficamente o que Resmini (2011) define como **Arquitetura da Informação Pervasiva**, ou seja, “a camada de informação que habilita e conecta todos os canais que participam de uma **ecologia ubíqua**. O modelo ilustra também a dinâmica das relações, concretizadas por meio de **conversações-para ação**.



**Figura 34:** Perspectivas de Arquitetura da Informação Pervasiva

Fonte: elaborada pela autora

A camada inferior (azul) retrata o caráter objetivo do **espaço** – cenário onde ocorrem as interações entre pessoas/atores e canais/artefatos e entre estes. Aqui se aplicam os princípios e heurísticas da perspectiva arquitetônica. A camada intermediária (verde) mostra a conexão do sujeito, corporificado no espaço (camada inferior), ilustrando a natureza fenomenológica do **lugar**, que surge no momento da interação entre o sujeito e o espaço, conforme descrito no item 11.3.6. Os princípios e heurísticas humanos relacionam-se aos fenômenos desta camada. Por fim, a camada superior demonstra a característica **sistêmica** que define cada um dos elementos do espaço, formando o ecossistema de informações, que inclui o sujeito e os objetos como sistemas, o ambiente que os rodeia e suas relações. Os limites em torno de um sistema são arbitrários e dependentes do contexto, dos atores e dos objetivos.

## **Parte IV:**

# **Conclusão**

## 13 Considerações finais

*"O homem é um ser em busca de sentido".<sup>14</sup>*

*(Platão, [s.d.])*

### 13.1 Alcance dos objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi contribuir com a temática da Internet das Coisas a partir da visão de mundo da **Arquitetura da Informação (AI)**, integrada a um arcabouço transdisciplinar, do qual extraíram-se **premissas, princípios e heurísticas** para um Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva, apresentado no Capítulo 12.

Quanto ao alcance dos objetivos específicos, seguem as considerações:

- (1) **Compreender o cenário da Internet das Coisas (IoT) e os impactos e desafios que representa para a sociedade.**

O capítulo 6 retratou o cenário da IoT ao apresentar sua definição, seu histórico, os modelos que explicam seu funcionamento sob o ponto de vista da arquitetura tecnológica (incluindo os modelos funcional, de referência, de domínio, de informação, de comunicação e de segurança). Elencou um conjunto de características que definem a IoT, tais como conectividade e comunicação; identificação, endereçamento e localização; sensoriamento e atuação; ubiquidade da informação; convergência entre físico e digital; e variedade de escalas, heterogeneidade e complexidade. Por fim, trouxe exemplos de aplicações da IoT e dos potenciais benefícios técnicos, sociais, econômicos, ambientais para a sociedade, em especial nas áreas de meio ambiente, saúde, comunicação, segurança, comodidade e urbanismo.

O capítulo 7 alertou para os desafios e questões emergentes do fenômeno da IoT para a sociedade, considerando aspectos tecnológicos e informacionais – plataforma aberta e interoperabilidade; sensoriamento e localização; identificação e endereçamento; encontrabilidade e precisão; contexto e comunicação; eficiência energética e sustentabilidade; bem como aspectos humanos e sociais, dentre os quais ética; governança;

---

<sup>14</sup> Citação original: "Man is a being in search of meaning".

direito aos dados, privacidade e segurança; bens e interesses públicos; interatividade e agência de objetos; além de tecnicismo e artificialismo.

Concluiu-se neste ponto que os aspectos tecnológicos e informacionais devem ser tratados para viabilizar o funcionamento adequado da IoT, mas os aspectos humanos e sociais representam a oportunidade de fazer a diferença em termos de projetos de ecossistemas de informação direcionados às necessidades das pessoas.

**(2) Analisar em que medida o advento da IoT representa uma mudança de paradigma para a área de Arquitetura da Informação (AI), definir Arquitetura da Informação Pervasiva como subdisciplina da AI e apresentar seu estado da arte.**

O capítulo 10 trouxe a discussão sobre a mudança de paradigma na área de Arquitetura da Informação, ocasionada em função da necessidade de projetar ecossistemas de informação, não apenas espaços de informação isolados. Espaços passam a constituir ecossistemas interconectados, que congregam pessoas, objetos e lugares pelos quais a informação deve fluir. O foco dos projetos passa de produtos para serviços. Essa realidade tornou-se ainda mais concreta a partir do surgimento da Internet das Coisas. Objetos tornam-se atores e comunicam-se entre si e com os seres humanos, compondo uma ecologia da informação.

A relação das pessoas com os espaços adquire um caráter ainda mais corporificado, pela interação direta com informações linguísticas e perceptuais embutidas em objetos de uso comum, em diferentes níveis de escala – de *nanochips* a cidades inteligentes, agora dispersos de maneira ubíqua pelo espaço físico. As mudanças na manifestação desses espaços de informação afetam substancialmente a maneira de projetá-los e a forma como impactam a humanidade.

O item 10.2 apresentou o propósito da Arquitetura da Informação Pervasiva na qualidade de subdisciplina da Arquitetura da Informação, e tratou das especificidades de seu objeto de estudo, sendo este o design de ecossistemas de informação em ecologias ubíquas. Demonstrou ainda a relação de ascendência e complementariedade que estabelece com a Arquitetura da Informação, ao tratar aspectos particulares de seu objeto de estudo, mantendo seu propósito de promover a produção de sentido pelas pessoas ao projetar espaços de informação para sua utilização, mas considerando com maior ênfase as relações sistêmicas nesse contexto.

- (3) **Propor referencial teórico baseado na Arquitetura da Informação e em áreas transdisciplinares correlatas – tais como Arquitetura, Design, Ciências Cognitivas, Ciência de Sistemas, Ciência da Computação e Filosofia – para fundamentar a análise do fenômeno da IoT e seus desdobramentos.**

A seção 11.1 evidenciou a natureza transdisciplinar da Arquitetura da Informação de um modo geral, e da Arquitetura da Informação Pervasiva em particular.

A seção 11.2 abordou a perspectiva humana de projetos de ecossistemas de informação, ao buscar compreender a natureza da experiência humana no espaço e da interatividade entre pessoas e artefatos. Tomou como base as teorias da Filosofia, mais especificamente da Fenomenologia, as Ciências Cognitivas, incluindo a Psicologia Ecológica e a Gestalt, e a Ciência de Sistemas, em particular a Cibernética. Em síntese, o ponto mais relevante da discussão apresentada neste item foi ressaltar a função essencial das tecnologias: o aumento do potencial humano para agir no mundo.

A seção 11.3 teve o intuito de analisar a concepção de espaços de informação sob a perspectiva arquitetônica. Foram examinados os pilares da arquitetura vitruviana e sua aplicabilidade em espaços de informação, onde verificou-se a extrema atualidade da teoria, que data de meados de 27 a 16 a.C, tendo em vista sua base em princípios essenciais. Caracterizaram-se as propriedades de espaços em geral e sua relação com objetos, ações e informações que os compõem, bem como a relação do homem com os espaços, aos quais atribui significados pelas experiências, transformando-os em lugares. As abordagens metodológicas de *placemaking* (criação de lugares), *sensemaking* (produção de sentido) e *wayfinding* (orientação espacial) ofereceram fundamentos para princípios de design de espaços como lugares. Por fim, foram apresentadas teorias e metodologias do Design, em particular as linhas centradas no humano, como Design Ontológico e Sensível aos Valores. Concluiu-se desse referencial que valores são sempre incorporados ao projeto de qualquer sistema, conscientemente ou não; portanto, é preciso basear o design de espaços e objetos em valores humanos, elencados pelas pessoas, de forma a engajá-los significativamente com os projetos. Ademais, é necessária a consciência dos efeitos do design e de seu potencial transformador da sociedade.

A seção 11.4 buscou a compreensão da Internet das Coisas como um ecossistema, e a identificação de princípios sistêmicos capazes de explicar sua dinâmica de funcionamento, com base na Ciência de Sistemas, particularmente no Pensamento Complexo, na Teoria

Geral dos Sistemas e na Teoria Ator-Rede. Foram definidos os componentes sistêmicos que integram as ecologias ubíquas, como canais, artefatos, sistemas e ecossistemas de informação, e foram estabelecidas suas relações semânticas. A dinâmica do fluxo de informações entre os diversos atores e artefatos da ecologia foi interpretada como conversações que levam a ações, com base em teorias da Filosofia da Linguagem (atos de fala) e na Teoria Geral da Arquitetura da Informação.

- (4) Derivar do arcabouço teórico apresentado um conjunto de premissas, princípios e heurísticas que possam servir de norteadores para projetos de ecossistemas de informação na IoT, a partir das perspectivas humana (como fenômeno sociocultural), arquitetônica (como espaço) e sistêmica (como ecossistema de informações).**

A partir do arcabouço teórico proposto, foram selecionados premissas, princípios e heurísticas aplicáveis genericamente ao design de ecossistemas de informação, classificadas pelas perspectivas humana, arquitetônica e sistêmica, constituindo o Modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva. O modelo reflete o entendimento sobre a forma de interação das pessoas com o mundo, sobre a natureza dos objetos, espaços e ecossistemas de informação e sobre a dinâmica do fluxo de informações e ações nessa ecologia.

No referencial teórico foram analisados e sintetizados textos seminais e clássicos de cada área indicada, bem como referências atuais com ideias originais relativas ao tema da tese. O modelo não tem a pretensão de ser um guia de desenvolvimento de soluções para a Internet das Coisas, tem o intuito de oferecer uma visão sobre alguns aspectos a serem considerados ao projetar ecossistemas de informação.

Ressalta-se neste ponto a importância de compreender as reais necessidades das pessoas que utilizam tecnologias e sua forma de interação. A investigação dos princípios e regularidades subjacentes às soluções tecnológicas justifica-se, se considerarmos que tecnologias evoluem e ficam obsoletas constantemente ao longo do tempo, mas necessidades e motivações humanas são mais estáveis, na medida em que sintetizam essencialmente a busca por aumentar suas capacidades e seu potencial de atuação no mundo.

## 13.2 Contribuições

*“Como tecnólogos, nosso interesse não é simplesmente dar suporte a formas particulares de prática, mas impulsionar a evolução da prática – a “conversação com materiais” dos quais emergem novas formas de ação e significado”.*

*(Paul Dourish, 2014)*

A tese apresentou olhares possíveis para um fenômeno complexo. O resultado contribui ao oferecer uma visão sistêmica acerca dos ecossistemas de informação e de sua materialização na Internet das Coisas a partir de perspectivas transdisciplinares; e ao sistematizar teorias e modelos que agregam valor ao corpo de conhecimentos da área de Arquitetura da Informação.

O momento é oportuno para reflexão sobre as implicações socioculturais, tecnológicas e sistêmicas que afetam a dimensão prática desse novo contexto. A Arquitetura da Informação está sendo repensada e reformatada para lidar com os desafios que se apresentam. Surge nesse cenário a subdisciplina **Arquitetura da Informação Pervasiva**, como uma especialidade da Arquitetura da Informação, sendo esta, por sua vez, considerada no escopo deste trabalho como disciplina da Ciência da Informação, na medida em que trata de aspectos específicos do ‘fenômeno da informação’. O arcabouço de fundamentos proposto na tese teve o intuito de contribuir com o referencial teórico-metodológico da subdisciplina, considerando as influências transdisciplinares de disciplinas como Arquitetura, Design, Filosofia, Ciências Cognitivas, Ciência de Sistemas e Ciência da Computação.

O trabalho oferece também uma reflexão sobre a importância de compreender os fundamentos filosóficos que estão por trás das escolhas de design em espaços de informação, dado seu potencial transformador da realidade. É fundamental ter consciência de como as pessoas interagem nos ecossistemas, e do valor daquilo que está sendo projetado. Parte-se da premissa de que o propósito da tecnologia deve ser sempre aumentar o potencial humano de ação no mundo, nunca a automação com fim em si mesma.

Defende-se que a Internet das Coisas requer uma abordagem humanista e sistêmica, baseada essencialmente em princípios, com vistas a evitar soluções pautadas em valores comerciais ou tecnicistas (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2015). Valores requerem filosofia na medida em que são inerentemente subjetivos – nada tem valor em si, tem valor apenas para alguém. Mas alguns valores humanos são universalmente aceitos (como bem-estar, direitos e justiça) embora haja variações culturais e temporais.

É preciso escapar do reducionismo que representam os valores de mercado que vem pautando o desenvolvimento da Internet das Coisas.

Em síntese, os **ecossistemas de informação** criam uma dimensão transformadora da sociedade, e representam uma mudança de paradigma para a Arquitetura da Informação. É preciso compreender os desafios trazidos por esse novo contexto para consolidar um arcabouço de fundamentos, teorias e metodologias que sejam capazes de solucionar as questões emergentes. A atitude inquisitiva leva à evolução da disciplina, sempre que as evidências da realidade demandem readequações e adaptações. Por isso, é essencial repensar constantemente os fundamentos e métodos da área. Acredita-se que as discussões apresentadas na tese sejam capazes de oferecer uma visão de mundo aos profissionais da informação – como cientistas, arquitetos da informação ou indivíduos – tornando-os conscientes de seu papel e do poder de sua intervenção social nos espaços de informação.

Que a Internet das Coisas seja, de fato, para as **peessoas**.

### **13.3 Estudos futuros**

*“Vivendo, se aprende; mas o que se aprende, mais, é só a  
fazer outras maiores perguntas”.*

*(João Guimarães Rosa, 1956)*

Como estudos futuros relacionados à tese, cabem todos os aprofundamentos acerca do fenômeno da informação no contexto da Internet das Coisas, dos quais propõe-se:

- [1] Desenvolvimento de um conjunto mais amplo de heurísticas relacionadas aos princípios elencados, bem como o desenvolvimento de metodologias para aplicação das heurísticas em projetos de ecossistemas de informação.
- [2] Abordagens que tratem de maneira mais específica os desafios e questões emergentes da Internet das Coisas em seus aspectos tecnológicos, informacionais, humanos e sociais (explorando questões como a exclusão digital, por exemplo) e seus impactos para a área de Arquitetura da informação, no sentido de identificar as habilidades e conhecimentos necessários para lidar com essa realidade.
- [3] Produção de artigos específicos sobre cada uma das perspectivas analisadas no modelo de Arquitetura da Informação Pervasiva – humana, arquitetônica e sistêmica, destacando: investigação sobre como os indivíduos interagem em um mundo com um número cada vez maior de objetos com informações embutidas; como arquitetar

espaços que se tornem lugares para as pessoas; como projetar objetos que aumentem o potencial humano para agir no mundo; como projetar artefatos e espaços de informação no contexto de um ecossistema, com todas as relações possíveis advindas da dinâmica da complexidade; e como implementar conversações efetivas entre os diferentes atores e artefatos do ecossistema.

- [4] Verificação da aplicabilidade do Modelo de AIP proposto em experimentos e situações reais de projetos de soluções para a Internet das Coisas. Conforme mencionado na seção 6.3, o consórcio *European Lighthouse Integrated Project - IoT-A* da União Europeia elencou **184** (cento oitenta e quatro) requisitos para a Internet das Coisas (IOT-A, 2014). Sugere-se que a validação do modelo tome como ponto de partida essa lista, que é bastante abrangente.

Esses trabalhos futuros podem tanto partir do arcabouço teórico e metodológico proposto, que apresenta inúmeras alternativas de exploração, quanto de outras áreas que mantêm diálogo transdisciplinar com a Ciência da Informação ou com a Arquitetura da Informação. Sugere-se considerar as áreas de Design Colaborativo (Co-Design), *Design Thinking*, Semiótica, Computação Tangível, dentre as diversas possibilidades.

Recomenda-se, ainda, a busca pela consolidação da subdisciplina Arquitetura da Informação Pervasiva, ou até mesmo a incorporação total das teorias e modelos desta na Arquitetura da Informação, quando não houver mais necessidade de diferenciação entre projetos para ecossistemas de informação e projetos para espaços isolados, ao tornarem-se aqueles a realidade presente e inconteste.

## Referências

- ABBAS, Mazlan. *Internet of Things: benefits for the Ummah*. Kuching, Malaysia. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/mazlan1/internet-of-things-benefits-for-the-ummah>>. Acesso em: 22 nov. 2014.
- ABOWD, Gregory D.; SCHILIT, Bill N. Ubiquitous computing: the impact on future interaction paradigms and HCI research. CHI EA '97, 1997, New York, NY, USA. *Anais...* New York, NY, USA: ACM, 1997. p. 221–222. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1120212.1120354>>. Acesso em: 31 dez. 2012.
- ALBUQUERQUE, Alfram Roberto Rodrigues de. *Discurso sobre fundamentos de Arquitetura da Informação*. Brasília: Universidade de Brasília, 2010. Tese de Doutorado.
- ALEXANDER, Christopher. *Notes on the Synthesis of Form*. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ANDERSON, Janna; RAINIE, Lee. The Internet of Things Will Thrive by 2025. *Pew Research Center's Internet & American Life Project*. Disponível em: <<http://www.pewinternet.org/2014/05/14/internet-of-things/>>. Acesso em: 14 maio 2014.
- ANDERSON, Stephen. From Paths to Sandboxes. In: IA SUMMIT 2014. San Diego. *Anais...* San Diego: mar. 2014. Disponível em: <<http://2014.iasummit.org/from-paths-to-sandboxes/>>. Acesso em: 9 out. 2015.
- ANDERSON, Stephen. *Seductive interaction design: creating playful, fun, and effective user experiences*. Berkeley: New Riders, 2011.
- ANTONIADES, Anthony C. *Poetics of Architecture: Theory of Design*. New York: Wiley, 1992.
- ARANGO, Jorge. Architectures. *Journal of Information Architecture*, v. 3, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://journalofia.org/volume3/issue1/04-arango>>. Acesso em: 3 fev. 2013.
- ASHTON, Kevin. That "Internet of Things" Thing. *RFID Journal*, 22 jun. 2009. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. Acesso em: 31 ago. 2013.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The Internet of Things: a survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, out. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128610001568>>. Acesso em: 31 dez. 2012.
- AUSTIN, John Langshaw. *How to do things with words*. Gloucestershire: Clarendon Press, 1975.
- BACHELARD, Gaston. *The Poetics of Space*. Boston: Beacon Press, 1969.
- BASSI, Alessandro et al. (Org.). *Enabling Things to Talk: Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model*. Berlin: Springer, 2013. Disponível em: <<http://www.springer.com/computer/database+management+%26+information+retrieval/book/978-3-642-40402-3>>. Acesso em: 9 mar. 2014.
- BATES, Marcia J. Fundamental forms of information. *Journal of the American Society for Information and Technology*, v. 57, n. 8, p. 1033–1045, abr. 2006. Disponível em: <[http://www.gseis.ucla.edu/faculty/bates/articles/NatRep\\_info\\_11m\\_050514.html](http://www.gseis.ucla.edu/faculty/bates/articles/NatRep_info_11m_050514.html)>.

BAUER, Martin *et al.* IoT Reference Model. In: BASSI, ALESSANDRO *et al.* (Org.). *Enabling Things to Talk*. Berlin: Springer, 2013. p. 113–162. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40403-0\\_7](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40403-0_7)>. Acesso em: 9 mar. 2014.

BELL, Genevieve; DOURISH, Paul. Yesterday's Tomorrows: Notes on Ubiquitous Computing Dominant Vision. *Personal Ubiquitous Computing*, v. 11, n. 2, p. 133–143, jan. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00779-006-0071-x>>. Acesso em: 24 nov. 2013.

BENJAMIN, Walter. *Illuminations*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 1968.

BENYON, D. *Spaces of Interaction, Places for Experience*. Sacramento, CA: Morgan & Claypool, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6920433>>. Acesso em: 19 set. 2015.

BERTALANFFY, Ludwig Von. *General system theory*. Revised ed. New York: George Braziller, 1998.

BLAY, Michel. *Dictionnaire des concepts philosophiques*. Paris: Larousse, 2003.

BORGMANN, Albert. Opaque and articulate design. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 11, n. 1, p. 5–11, jan. 2001. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1011238324239>>. Acesso em: 13 abr. 2014.

BRANDON, Kelly. Wayfinding. *Issues in Graphic Design*, 2003. Disponível em: <<http://www.kellybrandondesign.com/IGDWayfinding.html>>. Acesso em: 4 out. 2015.

BRIER, Søren. What is a Possible Ontological and Epistemological Framework for a True Universal "Information Science"? The Suggestion of a Cybersemiotics. *World Futures*, v. 49, n. 3, p. 287–308, 1997.

BROOKES, Bertrand C. The foundations of information science. Part I. Philosophical aspects. *Journal of Information Science*, v. 2, p. 125–133, 1980.

BROWN, G. Spencer. *Laws of form*. London: Allen & Unwin, 1969.

CALVINO, Italo. *As cidades invisíveis*. São Paulo: Companhia das Letras, 1972.

CAPURRO, Rafael. *Epistemologia e Ciência da Informação*. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, Belo Horizonte, 10 de novembro de 2003. Disponível em: <[http://www.capurro.de/enancib\\_p.htm](http://www.capurro.de/enancib_p.htm)>.

CARDOSO, Rafael. O curioso caso de Sérgio Bernardes: Investigações conceituais de um "arquitudo" no mundo do design. In: BERNARDES, Kykah; CAVALCANTI, Lauro. *Sergio Bernardes*. Rio de Janeiro: Artviva, 2010. p. 102–119. Disponível em: <<http://issuu.com/studiorb/docs/sb-selecionados-redux-1>>. Acesso em: 10 out. 2015.

CASTELLS, M. *A Galáxia da Internet: reflexões sobre a Internet, negócios e a sociedade*. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.

CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. São Paulo: Paz e Terra, 1999. v. 1. (A Era da Informação: economia, sociedade e cultura).

CASTELLS, M. Space of flows, space of places. In: BISHWAPRIYA, SANYAL (Org.). *Comparative Planning Cultures*. London: Routledge, 2005. p. 45–66.

CHALMERS, Matthew *et al.* Social Navigation and Seamliness Design. *Japanese Journal of Cognitive Science*, Special Issue on Social Navigation, v. 11, n. 3, p. 171–181, 2004.

CHALMERS, Matthew; MACCOLL, Ian. Seamliness and seamliness design in ubiquitous computing. In: V UBICOMP, 2003, International Conference on Ubiquitous Computing, Seattle, Oct. 12-15, 2003. *Workshop: At the crossroads: the interaction of HCI and systems issues*. Seattle: Oct. 2003.

CHARDIN, Pierre Teilhard de. *Le Phénomène humain*. Paris: Seuil, 1955.

CHUI, M.; LÖFFLER, M.; ROBERTS, R. The internet of things. *McKinsey Quarterly*, v. 2, 2010. Disponível em: <[http://scholar.google.com.br/scholar?cluster=4109556744406282630&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5](http://scholar.google.com.br/scholar?cluster=4109556744406282630&hl=pt-BR&as_sdt=0,5)>. Acesso em: 3 jan. 2013.

CISCO. *Internet of Things*, 2011. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/CiscoI/Internet-of-things-8470978>>. Acesso em: 30 jun. 2011.

COADIC, Yves-François Le. *A ciência da informação*. Brasília: Briquet de Lemos/Livros, 1996.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. A próxima web: o que esperar do futuro da Internet. *Revista .br*, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://www.cgi.br/publicacoes/revista/edicao02/txt.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. *Transição IPv6.br*. Disponível em: <<http://ipv6.br/entenda/transicao/>>. Acesso em: 23 dez. 2014.

COSTA, Lúcio. *Considerações sobre arte contemporânea*. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Saúde, Serviço de Documentação, 1952.

COSTANZA, Tina. *The internet of things: the past, the present, and the future (infographic)*. Disponível em: <<http://www.siliconrepublic.com/comms/item/36120-the-internet-of-things-the>>. Acesso em: 19 out. 2014.

COVERT, Abby. *Information Architecture Heuristics*. Dublin: 2012. Disponível em: <[http://abbytheia.com/2012/02/04/ia\\_heuristics/](http://abbytheia.com/2012/02/04/ia_heuristics/)>. Acesso em: 9 out. 2015.

COWARD, L. Andrew; SALINGAROS, Nikos A. The Information Architecture of Cities. *Journal of Information Science*, v. 30, n. 2, p. 107–118, 1 abr. 2004. Disponível em: <<http://jis.sagepub.com/content/30/2/107>>. Acesso em: 1 jan. 2013.

CRUMLISH, Christian; MALONE, Erin. *Designing Social Interfaces: Principles, Patterns, and Practices for Improving the User Experience*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2009.

CUNHA, Antônio Geraldo da. *Dicionário etimológico da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Lexikon, 2007.

CURIEN, Nicolas. D'une problématique générale des réseaux à l'analyse économique du transport des informations. *Réseaux territoriaux*, p. 211–228, 1988.

DALE, Adrian. Letter 12: Information Architecture: the next professional battleground? *Journal of Information Science*, v. 28, n. 6, p. 523–525, 2002. Disponível em: <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=14402115>>. Acesso em: 10 set. 2013.

DAVIS, Mills. Semantic Wave 2008 Report: Industry Roadmap to Web 3.0 & Multibillion Dollar Market Opportunities. *Executive Summary*, 2008. Disponível em: <<http://www.project10x.com>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

DEMO, Pedro. *Metodologia do conhecimento científico*. Brasília: Atlas, 2000.

DEY, Anind K. Understanding and Using Context. *Personal Ubiquitous Computing*, v. 5, n. 1, p. 4–7, jan. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s007790170019>>. Acesso em: 1 fev. 2015.

DIETHELM, Jerry. *Rendering Design Thinking from the Pattern Language*. Disponível em: <[http://www.academia.edu/2508117/Rendering\\_Design\\_Thinking\\_from\\_the\\_Pattern\\_Language](http://www.academia.edu/2508117/Rendering_Design_Thinking_from_the_Pattern_Language)>. Acesso em: 29 ago. 2013.

DILLON, Andrew. Information Architecture in JASIST: Just Where Did We Come From? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 10, n. 53, p. 821 – 823, 2002.

DONOVAN, Fred. *A brief history of the Internet of Things*. Disponível em: <<http://www.fiercemobileit.com/story/brief-history-internet-things/2014-07-23>>. Acesso em: 19 out. 2014.

DOUCETTE, D.; HOFKIRCHNER, W.; RAFFL, C. Toward a New Science of Information. *Data Science Journal*, v. 6, n. 7, p. 198–205, abr. 2007.

DOURISH, Paul. *Where the Action is: The Foundations of Embodied Interaction*. Cambridge: MIT Press, 2004.

DREYFUS, Hubert L. The Current Relevance of Merleau-Ponty's Phenomenology of Embodiment. *The Electronic Journal of Analytic Philosophy*, v. 4, Spring, 1996. p. 15. Disponível em: <<http://ejap.louisiana.edu/EJAP/1996.spring/dreyfus.1996.spring.html>>.

EMBODIED COGNITION. In: COWART, Monica. *Internet Encyclopedia of Philosophy*. North Andover: Merrimack College, 2015. Disponível em: <<http://www.iep.utm.edu/embodcog/>>. Acesso em: 21 jun. 2015.

EUROPEAN COMMISSION. *Conclusions of the Internet of Things public consultation*, n. 9. Brussels, 12 abr. 2012. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/conclusions-internet-things-public-consultation>>. Acesso em: 1 jan. 2015.

EUROPEAN STRATEGY FOR THE INTERNET OF THINGS. *Final Report of the EU IOT Task Force on IOT Governance*. Brussels, 14 nov. 2012. Disponível em: <[https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/ec/117236.pdf](https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/117236.pdf)>. Acesso em: 1 jan. 2013.

EVANS, Dave. The internet of things: how the next evolution of the internet is changing everything. *CISCO white paper*, v. 1, 2011.

FLORIDI, Luciano. *Information: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

FLORIDI, Luciano. *Internet of Things: start of a revolution*. 18 out. 2013. Disponível em: <<http://vimeo.com/77209992>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

FLORIDI, Luciano. On the intrinsic value of information objects and the Infosphere. *Ethics and Information Technology*, v. 4, n. 4, p. 287–304, 1 dez. 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com.ez54.periodicos.capes.gov.br/article/10.1023/A%3A1021342422699>>. Acesso em: 2 jan. 2013.

FOLTZ, Mark Alan. *Designing Navigable Information Spaces*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, Department of Electrical Engineering and Computer Science, 1998.

FORBES. *A Very Short History of the Internet of Things*. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/06/18/a-very-short-history-of-the-internet-of-things/>>. Acesso em: 19 out. 2014.

FRAMLING, K. *et al.* Smart Spaces for Ubiquitously Smart Buildings. In: 3. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE UBIQUITOUS COMPUTING, SYSTEMS, SERVICES AND TECHNOLOGIES, 2009. UBIComm '09, Out. 2009. *Anais...* Sliema, Malta, Out. 2009. p. 295 –300.

FREDERICK, Matthew. *101 Things I Learned in Architecture School*. 3. ed. Cambridge: MIT Press, 2007.

FRIEDMAN, Batya; KAHN, Peter H. Value Sensitive Design: Theory and Methods. *UW CSE Technical Report*, 2002. Disponível em: <<http://faculty.washington.edu/pkahn/articles/vsd-theory-methods-tr.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2014.

FRIEDMAN, Batya; KAHN, Peter H.; BORNING, Alan. *Value Sensitive Design and Information Systems*. 2006. Disponível em: <<http://www.vsdesign.org/publications/pdf/non-scan-vsd-and-information-systems.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2014.

FRY, Tony. *Becoming Human by Design*. London; New York: Bloomsbury Academic, 2012.

FUNDACIÓN BANKINTER INNOVACIÓN. *The Internet of things*. Madrid, 2011. Disponível em: <<http://www.fundacionbankinter.org/en/publications/the-internet-of-things>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

GARTNER. *Cool Vendors 2015: Business and "Things," the Next Innovation Frontier*. Abr. 2015. Disponível em: <<http://www.gartner.com/technology/research/cool-vendors/>>. Acesso em: 11 out. 2015.

GARTNER. *Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for 2013*. Mar. 2013a. Disponível em: <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=2209615>>. Acesso em: 1 jan. 2013.

GARTNER. *Gartner Says the Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020*. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/2636073>>. Acesso em: 28 jul. 2014b.

GARTNER. *Internet of Things Scenario: When Things Negotiate*. Jan. 2012. Disponível em: <<https://www.gartner.com/doc/1893214/internet-things-scenario-things-negotiate>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

GIBBONS, Michael *et al.* *The New Production of Knowledge: the Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1994.

GIBSON, James Jerome. *The Ecological approach to visual perception*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1979.

GIBSON, James Jerome. *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin, 1966.

GREENFIELD, Adam. *Everyware: the Dawning Age of Ubiquitous Computing*. San Francisco: New Riders Publishing, 2006.

GREENFIELD, Adam. *Public Objects and the Connected City*. Bristol, May 2010. Disponível em: <<http://www.dcrc.org.uk/2011/05/10/public-objects-and-connected-city-adam-greenfields-talk/>>. Acesso em: 11 jan. 2015.

GREENFIELD, Adam; KIM, Nurri. *Against the smart city: the city is here for you to use*. New York: Do projects, 2013.

GUBBI, Jayavardhana *et al.* Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, set. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

HABERMAS, Jürgen. *The Theory of Communicative Action*. Cambridge: Polity, 1984.

HARPER, Douglas. *Online Etymology Dictionary*, 2007. Disponível em: <[www.etymonline.com/index.php](http://www.etymonline.com/index.php)>. Acesso em: 29 ago. 2013.

HARRISON, Steve; DOURISH, Paul. Re-place-ing space: the roles of place and space in collaborative systems. In: CSCW '96, 1996, New York, NY, USA. *Anais...* New York: ACM, 1996. p. 67–76. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/240080.240193>>. Acesso em: 4 nov. 2013.

HAVERTY, Marsha. Exploring the Phase-Space of Information Architecture. *Praxicum*, May 2014. Disponível em: <<http://praxicum.com/home/2014/5/8/exploring-the-phase-space-of-information-architecture>>. Acesso em: 23 set. 2015.

HAVERTY, Marsha. Information architecture without internal theory: An inductive design process. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 10, n. 53, p. 839–845, 2002.

HAVERTY, Marsha. What we mean by meaning: new structural properties of Information Architecture. In: IA SUMMIT 2015, 22 Apr. 2015, Minneapolis. *Anais...* Minneapolis: Apr. 2015. Disponível em: <[http://pt.slideshare.net/mjane\\_h/what-we-mean-by-meaning-new-structural-properties-of-information-architecture-ias15-47485499](http://pt.slideshare.net/mjane_h/what-we-mean-by-meaning-new-structural-properties-of-information-architecture-ias15-47485499)>. Acesso em: 11 out. 2015.

HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich. *Hegel's Science of Logic*. Tradução A. V. Miller. Amherst, NY: Prometheus Books, 1991.

HEIDEGGER, Martin. Art and space. *Man and World*, v. 6, n. 1, p. 3–8, fev. 1973. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF01252779>>. Acesso em: 20 set. 2015.

HEIDEGGER, Martin. *Being and Time*. New York: Harper & Row, 1962.

HEIDEGGER, Martin. Building, Dwelling, Thinking. In: \_\_\_\_\_. *Poetry, Language, Thought*. New York: Harper Colophon Books, 1971a. Disponível em: <<http://www.geoacademia.cl/docente/mats/construir-habitar-pensar.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2013.

HEIDEGGER, Martin. *Poetry, Language, Thought*. New York: Harper Colophon Books, 1971b.

HEMPEL, Carl Gustav. *Aspects of Scientific Explanation: and other essays in the philosophy of Science*. New York: The Free Press, 1965.

HENNESSY, J. R. The tech utopia nobody wants: why the world nerds are creating will be awful. *The Guardian*, 22 Jul. 2014. Disponível em: <<http://www.theguardian.com/commentisfree/2014/jul/22/the-tech-utopia-nobody-wants-why-the-world-nerds-are-creating-will-be-awful>>. Acesso em: 3 jan. 2015.

HESSEN, Joahannes. *Teoria do Conhecimento*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

HIGHTOWER, Jeffrey; BORRIELLO, Gaetano. Location Systems for Ubiquitous Computing. *Computer*, v. 34, n. 8, p. 57–66, ago. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/2.940014>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

HINTON, Andrew. A Model for Information Environments: Reframe IA. In: IA SUMMIT, abr. 2013a, Baltimore, MD, USA. *Anais...* Baltimore, MD, USA: Apr. 2013. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/andrewhinton/a-model-for-information-environments-reframe-ia-workshop-2013>>. Acesso em: 15 set. 2013.

HINTON, Andrew. *Understanding Context: Environment, Language, and Information Architecture*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2014. 464 p.

HINTON, Andrew. *World IA Day in Ann Arbor*. 21 Feb. 2013. Disponível em: <[http://www.youtube.com/watch?v=UtD4\\_Mtk0lc&feature=youtube\\_gdata\\_player](http://www.youtube.com/watch?v=UtD4_Mtk0lc&feature=youtube_gdata_player)>. Acesso em: 22 set. 2013b.

HOLANDA, Frederico. *O espaço de exceção*. Brasília: Editora UnB, 2002.

HORN, Leslie. *Here's How Google Glass Actually Works*. *Gizmodo*, 9 abr. 2013. Disponível em: <<http://gizmodo.com/5994132/heres-how-google-glass-actually-works>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

HORVÁTH, I.; VROOM, R. W. Ubiquitous computer aided design: a broken promise or a Sleeping Beauty? *Computer-Aided Design*, v. 59, p. 161–175, fev. 2015.

HOVEN, Jeroen Van den. Ethics. In: 10TH MEETING OF THE INTERNET OF THINGS EXPERT GROUP, Nov. 2012, Brussels. *Anais...* Brussels: Nov. 2012. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetailDoc&id=7607&no=4>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

HUISMAN, Denis; VERGEZ, André. *Le philosophie contemporaine en cent textes choisies*. Paris: Nathan, 1973.

HUSSERL, Edmund. *Ideas: General Introduction to Pure Phenomenology*. New York: The Macmillan Company, 1931.

IERC. *European Research Cluster on the Internet of Things*. Disponível em: <<http://www.internet-of-things-research.eu/>>. Acesso em: 3 set. 2013.

IHDE, Don. *Technology and the Lifeworld: from Garden to Earth*. Bloomington: Indiana University Press, 1990.

INTERNET OF THINGS: PHILOSOPHY. 3 jul. 2014, York St John University, UK. *Anais...* York: York St John University, 2014. Disponível em: <<http://internetofthingsphilosophy.com/slides-proceedings-etc/>>. Acesso em: 1 ago. 2014.

INTRONA, Lucas. Phenomenological Approaches to Ethics and Information Technology. In: ZALTA, EDWARD N. (Org.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Summer, 2011. Disponível em:

<<http://plato.stanford.edu/archives/sum2011/entries/ethics-it-phenomenology/>>. Acesso em: 3 jan. 2013.

IOT-A. *IoT-A: Internet of Things Architecture*. Disponível em: <<http://www.iod-a.eu/public>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

ISHII, Hiroshi. Defy Gravity: Beyond Tangible Bits, Toward Radical Atoms. In: DW/AD '12, 4 dez. 2012, Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan. *Anais...* Kyoto, Japan: Kyoto International Conference Center, 4 dez. 2012. Disponível em: <[http://www.youtube.com/watch?v=SMdFus2nPyw&feature=youtube\\_gdata\\_player](http://www.youtube.com/watch?v=SMdFus2nPyw&feature=youtube_gdata_player)>. Acesso em: 20 abr. 2014.

ITU-T. *ITU-T Y.2060: Overview of the Internet of things*. Jun. 2012. Disponível em: <<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559>>. Acesso em: 20 set. 2014.

JACKSON, John Brinkerhoff. From monument to place. *Landscape*, v. 17, n. 2, p. 22–28, 1967.

JACOBS, Jane. *The death and life of great American cities*. New York: Vintage, 1961.

JENKINS, Henry. Transmedia 202: Further Reflections. *Confessions of an Aca-Fan*: the official weblog of Henry Jenkins, Ago. 2011. Disponível em: <[http://henryjenkins.org/2011/08/defining\\_transmedia\\_further\\_re.html](http://henryjenkins.org/2011/08/defining_transmedia_further_re.html)>. Acesso em: 24 out. 2013.

JONES, Peter. The Language/Action Model of Conversation: can conversation perform acts of design? *Interactions Magazine*, Dubberly Design Office, Jan. 2010. Disponível em: <<http://www.dubberly.com/articles/language-action-model.html>>. Acesso em: 28 out. 2013.

KAHN, Nathaniel. *My Architect: a son's journey*. 2003. Disponível em: <<https://vimeo.com/9418890>>. Acesso em: 20 set. 2015.

KENDE, Michael. *Global Internet Report*. Geneva: Internet Society, 2014. Disponível em: <<http://www.internetsociety.org/doc/global-internet-report>>. Acesso em: 28 jul. 2014.

KHAN, R. *et al.* Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. In: 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRONTIERS OF INFORMATION TECHNOLOGY (FIT), 17-19 Dez. 2012. *Anais...* Islamabad, Pakistan: IEEE, Dez. 2012. p. 257–260.

KINGWELL, Mark. *Concrete reveries: consciousness and the city*. London: Penguin Books, 2008.

KLYN, Dan. *Make Things Be Good: Five Essential Lessons from the Life and Work of Richard Saul Wurman*. In: UX WEEK 2013. 12 Sep. 2013. Disponível em: <<http://vimeo.com/74401319>>. Acesso em: 9 fev. 2014.

KOHLER, Wolfgang. *Gestalt psychology*. New York: Liveright, 1947.

KRIPPENDORFF, Klaus. Intrinsic motivation and human-centred design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, v. 5, n. 1, p. 43–72, 2004. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1463922031000086717>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

KRIPPENDORFF, Klaus. On the Essential Contexts of Artifacts or on the Proposition that "Design Is Making Sense (Of Things)". *Design Issues*, v. 5, n. 2, p. 9–39, 1 abr. 1989. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1511512>>. Acesso em: 26 set. 2015.

KUHLTHAU, Carol C. Inside the search process: information seeking from the user's perspective. *Journal of the Association for Information Science*, v. 42, n. 5, p. 361–371, 1991.

KUHN, Thomas S. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.

KUNIAVSKY, Mike. *Smart Things: Ubiquitous Computing User Experience Design*. Filadélfia: Elsevier, 2010.

LACERDA, Flávia. *Arquitetura da informação: aspectos epistemológicos, científicos e práticos*. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 190 f. Dissertação de Mestrado.

LACERDA, Flávia; LIMA-MARQUES, Mamede. Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 20, n. 2, p. 158–171, 30 jun. 2015. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/2356>>. Acesso em: 23 set. 2015.

LACERDA, Flávia; LIMA-MARQUES, Mamede. Information Architecture as a Discipline: a Methodological Approach. In: RESMINI, ANDREA (Org.). *Reframing Information Architecture*. Switzerland: Springer, 2014. (Human–Computer Interaction Series).

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LAKOFF, George; JOHNSON, Mark. *Philosophy in the flesh*. New York: Basic Books, 1999.

LASNIK, V. E. Architects of knowledge: an emerging hybrid profession for educational communications. 2003. In: IEEE STC, Software Technology Conference, 2003. *Proceedings...* p. 132–136.

LATOUR, Bruno. On actor-network theory: a few clarifications plus more than a few complications. *Philosophia*, v. 25, n. 3, p. 47–64, 1996.

LAWSON, Bryan. *The language of space*. Boston: Architectural Press, 2001.

LEFAS, Pavlos. On the Fundamental Terms of Vitruvius's Architectural Theory. *Bulletin of the Institute of Classical Studies*, v. 44, n. 1, p. 179–197, 2000. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2041-5370.2000.tb00603.x/abstract>>. Acesso em: 17 nov. 2013.

LEFEBVRE, Henri. *The Production of Space*. Malden: Wiley-Blackwell, 1992.

LÉVI-STRAUSS, Claude. *Mythologiques*. Chicago: University of Chicago Press, 1969.

LIDWELL, William; HOLDEN, Kritina; BUTLER, Jill. *Universal Principles of Design: 125 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Teach Through Design*. Beverly: Rockport Publishers, 2010.

LIMA-MARQUES, Mamede. Outline of a theoretical framework of Architecture of Information: a School of Brasilia proposal. In: BEZIAU, JEAN-YVES; CONIGLIO, MARCELO ESTEBAN (Org.). *Logic without Frontiers*. Festschrift for Walter Alexandre Carnielli on the occasion of his 60th birthday. London: College Publications, 2011.

LUCAS, Peter; BALLAY, Joe; MCMANUS, Mickey. *Trillions: Thriving in the Emerging Information Ecology*. Hoboken: Wiley, 2012.

LYNCH, Kevin. *The image of the city*. Cambridge: MIT Press, 1960.

MAEDA, John. *The Laws of Simplicity*. Cambridge: MIT Press, 2006.

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*. Dordrecht, Netherlands: D. Reidel Publishing Company, 1980.

MCCAULEY, Kym. Information Architecture: Building to Have Clients or Having Clients to Build? *Library Automated Systems Information Exchange*, v. 32, n. 1, p. 7, abr. 2001. Disponível em: <<http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=750652973045483;res=IELHSS>>. Acesso em: 23 set. 2015.

MCCULLOUGH, Malcolm. *Digital ground: architecture, pervasive computing, and environmental knowing*. Cambridge: MIT Press, 2004.

MCEWEN, Adrian; CASSIMALLY, Hakim. *Designing the Internet of Things*. Chichester: Wiley, 2013.

MCLUHAN, Marshall. *Understanding media: the extensions of man*. New York: McGraw-Hill, 1965.

MEADOWS, Donella H. *Thinking in systems: a primer*. White River Junction: Chelsea Green Publishing, 2008.

MEIRA, Silvio. A internet das coisas, 1: spimes. *Dia a dia, bit a bit*. Abr 2010. Disponível em: <<http://terramagazine.terra.com.br/silviomeira/blog/2010/04/26/a-internet-das-coisas-1-spimes/>>. Acesso em: 1 dez. 2013.

MENDES, Paulo. Social-driven internet of connected objects. Citeseer, 2011. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.228.1019&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2013.

MERLEAU-PONTY, M. *Phénoménologie de la perception*. Paris: Gallimard, 1945.

MINGERS, John. Embodying information systems: the contribution of phenomenology. *Information and Organization*, v. 11, n. 2, p. 103–128, Apr. 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1471772700000051>>. Acesso em: 3 jan. 2013.

MINGERS, John. What is information such that there can be information systems? *Working Paper*, Kent Business School Working Paper Series. v. 302, Ago. 2014. Disponível em: <<https://kar.kent.ac.uk/43294/1/What%20is%20information.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2015.

MINGERS, John; WALSHAM, Geoff. Toward Ethical Information Systems: The Contribution of Discourse Ethics. *MIS Q.*, v. 34, n. 4, p. 833–854, Dez. 2010. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2017496.2017505>>. Acesso em: 11 out. 2015.

MIRANI, Leo. Chip-makers are betting that Moore's Law won't matter in the internet of things. *Quartz*. 10 jun. 2014. Disponível em: <<http://qz.com/218514/chip-makers-are-betting-that-moores-law-wont-matter-in-the-internet-of-things/>>. Acesso em: 13 set. 2014.

MITCHELL, William J. *City of Bits: Space, Place, and the Infoban*. Cambridge: MIT Press, 1996.

MITCHELL, William J. The Revenge of Place. In: 3. INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, Atlanta 2001. *Proceedings...* Cambridge: MIT Press, 2001, p. 1–6. Disponível em: <[http://www.ucl.ac.uk/bartlett/3sss/papers\\_pdf/01\\_mitchell.pdf](http://www.ucl.ac.uk/bartlett/3sss/papers_pdf/01_mitchell.pdf)>. Acesso em: 3 jan. 2013.

MIT DEPARTMENT OF URBAN STUDIES AND PLANNING. Places in the making: how placemaking builds places and communities. Cambridge: MIT Press, 2013. Disponível em: <<http://dusp.mit.edu/cdd/project/placemaking>>. Acesso em: 6 nov. 2013.

MITEW, Teodor. *The Politics of Networks Using Actor Network Theory to Trace Techniques Collectives and Space Times*. Sydney: Curtin University of Technology, 2008. Tese de Doutorado. Disponível em: <[https://www.academia.edu/3003588/The\\_Politics\\_of\\_Networks\\_Using\\_Actor\\_Network\\_Theory\\_to\\_Trace\\_Techniques\\_Collectives\\_and\\_Space\\_Times](https://www.academia.edu/3003588/The_Politics_of_Networks_Using_Actor_Network_Theory_to_Trace_Techniques_Collectives_and_Space_Times)>. Acesso em: 11 out. 2015.

MOLES, Abraham. *Phénoménologie de l'action*. Paris: CEPL, 1974.

MORGENSTERN, Irvin. *The Dimensional Structure of Time*. New York: Philosophical Library, 1960. Disponível em: <<http://www.abebooks.com/Dimensional-Structure-Time-Morgenstern-Irvin-Philosophical/106962564/bd>>. Acesso em: 9 out. 2015.

MORIN, Edgar. From the concept of system to the paradigm of complexity. *Journal of Social and Evolutionary Systems*, v. 15, n. 4, p. 371–385, 1992. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/1061736192900248>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

MORVILLE, Peter. *Ambient Findability: What We Find Changes Who We Become*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005.

MORVILLE, Peter. Foreword. In: RESMINI, ANDREA; ROSATI, LUCA. *Pervasive Information Architecture: designing cross-channel user experiences*. Boston: Morgan Kaufmann, 2011.

MORVILLE, Peter. *Intertwined: Information Changes Everything*. Ann Arbor: Semantic Studios, 2014.

MUMFORD, Lewis; WINNER, Langdon. *Technics and Civilization*. Chicago: University of Chicago Press, 2010.

NELSON, Theodor H. *Computer Lib: You Can and Must Understand Computers Now*. South Bend: Nelson, 1974.

NETTO, Vinícius. Entre espaços urbanos e digitais, ou o desdobramento da prática. *Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 3, n. 1, p. 11–26, 2011. Disponível em: <[http://www.academia.edu/1866193/Entre\\_espacos\\_urbanos\\_e\\_digitais\\_ou\\_o\\_desdobramento\\_da\\_pratica](http://www.academia.edu/1866193/Entre_espacos_urbanos_e_digitais_ou_o_desdobramento_da_pratica)>. Acesso em: 2 jan. 2013.

NICOLESCU, Basarab. Methodology of transdisciplinarity—levels of reality, logic of the included middle and complexity. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, v. 1, n. 1, p. 18–37, 2010.

NING, Huansheng. *Unit and Ubiquitous Internet of Things*. Boca Raton: CRC Press, 2013.

NORBERG-SCHULZ, Christian. *Existence, Space and Architecture*. Santa Barbara: Praeger Publishers, 1971.

NORBERG-SCHULZ, Christian. *Genius loci: towards a phenomenology of architecture*. New York: Rizzoli, 1980.

NORMAN, Donald. *The design of future things*. New York: Basic Books, 2009.

NORRIS, Simon. Meaning first: a manifesto for user-experience design. *Humanising Technology Blog*, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.nomensa.com/blog/2012/meaning-first-a-manifesto-for-user-experience-design>>. Acesso em: 3 out. 2015.

OLIVEIRA, Henry Poncio Cruz de. *Arquitetura da informação pervasiva: contribuições conceituais*. Marília: Unesp, 2014. 202 f. Tese de Doutorado.

OVERHILL, Heidi. JJ Gibson and Marshall McLuhan: A survey of terminology and a proposed extension of the theory of affordances. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, v. 49, n. 1, p. 1–4, 2012. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/meet.14504901340/full>>. Acesso em: 26 out. 2013.

PAPANEK, Victor; FULLER, R Buckminster. *Design for the real world*. London: Thames and Hudson, 1972.

PARASURAMAN, R.; SHERIDAN, T.B.; WICKENS, Christopher D. A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, v. 30, n. 3, p. 286–297, May 2000.

PASSOS, Ravi; LIMA-MARQUES, Mamede; MEALHA, Oscar. Uma delimitação do conceito de informação para o Design da Informação. In: 5º CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO – CIDI, 31 de Agosto de 2011, Florianópolis, Brasil. *Anais...* Florianópolis: 2011.

POWELL, Alison. How Does It Feel? Philosophy in the data city. In: INTERNET OF THINGS PHILOSOPHY, Jul. 2014, York St John University. *Anais...* York: York St John University, 2014. Disponível em: <<http://internetofthingsphilosophy.com/slides-proceedings-etc/>>. Acesso em: 24 set. 2015.

RESMINI, Andrea. Building a Sense of Place: Part I. In: UX AUSTRALIA 2013, Workshop, 5 set. 2013. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/resmini/building-a-sense-of-place-across-channels>>. Acesso em: 30 set. 2013a.

RESMINI, Andrea. Del wayfinding, o del come se si entra finalmente nel labirinto, si hanno strane idee e, come accade nei labirinti, ci si perde. In: ROSATI, LUCA. *Architettura dell'informazione*. Milano: Apogeo Editore, 2010.

RESMINI, Andrea. Ghost in the Shell: Information Architecture in the Postdigital World. In: IA SUMMIT 2013, abr. 2013, Baltimore. *Anais...* Baltimore, 2013b. Disponível em: <<http://2013.iasummit.org/program/ghost-in-the-shell-information-architecture-in-the-postdigital-world/>>. Acesso em: 31 mar. 2013.

RESMINI, Andrea. Information architecture in the age of complexity. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, v. 39, n. 1, p. 9–13, 2012. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bult.2012.1720390104/abstract>>. Acesso em: 31 dez. 2012.

RESMINI, Andrea (Org.). *Reframing Information Architecture*. Switzerland: Springer, 2014. (Human–Computer Interaction Series).

RESMINI, Andrea. The poetics of information architecture. In: ASIS&T EUROIA, 2013c, Edinburgh. *Anais...* Edinburgh: 2013. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/resmini/the-poetics-of-information-architecture-26991604>>. Acesso em: 3 ago. 2014.

RESMINI, Andrea. *What is Cross-channel*. Jul. 2011. Disponível em: <<http://andrearesmini.com/print/blog/what-is-cross-channel>>. Acesso em: 19 nov. 2013.

RESMINI, Andrea; ROSATI, Luca. A Brief History of Information Architecture. *Journal of Information Architecture*, v. 3, n. 2, 2012. Disponível em: <<http://journalofia.org/volume3/issue2/03-resmini/>>. Acesso em: 2 jan. 2013.

RESMINI, Andrea; ROSATI, Luca. *Pervasive information architecture: designing cross-channel user experiences*. Boston: Morgan Kaufmann, 2011.

RESMINI, Andrea; ROSATI, Luca. *Space, Place, and Place-making*. Malmö: Malmö Högskolan, 31 mar. 2010. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/resmini/space-place-and-placemaking>>. Acesso em: 3 jan. 2013.

RETTIG, Marc. *Evaluating Design in a Time of Transition*. *TNW: The Next Web*, Ago 2012a. Disponível em: <<http://www.marcrettig.com/evaluating-design/>>. Acesso em: 28 out. 2013.

RETTIG, Marc. *The heart of design is intention, the heart of interaction is conversation*. Out 2012b. Disponível em: <<http://www.marcrettig.com/intention-and-conversation/>>. Acesso em: 28 out. 2013.

ROBREDO, Jaime. *Da ciência da informação revisitada aos sistemas humanos de informação*. Brasília, 2003.

ROMEO, Saverio. Promoting Multidisciplinary Thinking for Leading the Era of Wearable Technologies. *Creative, Digital & Design: Knowledge Transfer Network of Innovate UK Network*. Fev 2014. Disponível em: <<https://connect.innovateuk.org/web/creativektn/article-view/-/blogs/promoting-multidisciplinary-thinking-for-leading-the-era-of-wearable-technologies>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

ROSA, João Guimarães. *Grande Sertão: Veredas*. São Paulo: Livraria José Olympio, 1956.

ROUSSEAU, Jean-Jacques. *Emile*. London: J. M. Dent & Sons, 1911.

RUSSELL-ROSE, Tony; TATE, Tyler. Cross-Channel Information Interaction. In: \_\_\_\_\_. *Designing the Search Experience*. Filadélfia: Elsevier, 2013. p. 279–293.

SAGAN, Carl. *The demon-haunted world: science as a candle in the dark*. New York: Ballantine Books, 1997.

SALAMA, Ashraf M. Nikos A. Salingaros: a New Vitruvius for 21st-Century Architecture and Urbanism? *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 30 maio 2013. Disponível em: <<http://mylibrary.mediu.edu.my:8181/xmlui/handle/123456789/2532>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

SALINGAROS, Nikos A. *A Theory of Architecture*. Solingen: ISI Distributed Titles, 2007.

SALVO, Michael J. Rhetorical Action in Professional Space Information Architecture as Critical Practice. *Journal of Business and Technical Communication*, v. 18, n. 1, p. 39–66, 2004. Disponível em: <<http://jbt.sagepub.com/content/18/1/39>>. Acesso em: 13 set. 2013.

SANTOS, Milton. *A natureza do espaço: tempo e técnica, razão e emoção*. São Paulo: EdUSP, 1996.

SANTUCCI, Gérald. On the Philosophy of the Internet of Things. In: INTERNET OF THINGS PHILOSOPHY, 3 jul. 2014, York St John University. *Anais...* York: York St John University, 2014. Disponível em:

<<http://www.theinternetofthings.eu/content/g%C3%A9rald-santucci-internet-things-window-our-future>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

SARTRE, Jean-Paul. *Imagination: A psychological critique*. Paris: Presses universitaires de France, 1962.

SCOTT, Geoffrey. *The architecture of humanism; a study in the history of taste*. Boston: Houghton Mifflin, 1914. Disponível em: <<http://archive.org/details/cu31924014760353>>. Acesso em: 31 ago. 2014.

SCRUTON, Roger. *The Aesthetics of Architecture*. Princeton: Princeton University Press, 1980.

SEAMON, David. A Way of Seeing People and Place: Phenomenology in Environment-Behavior Research. In: WAPNER, S. et. al. (Eds.). *Theoretical Perspectives in Environment-Behavior Research*. New York: Plenum, 2000. p. 157-78. Disponível em: <<http://papers.ssrn.com/abstract=2214430>>. Acesso em: 19 set. 2013.

SEARLE, Jonh. Meaning and Speech Acts. *The Philosophical Review*, v. 71, n. 4, p. 423–432, 1962.

SERBANATI, Alexandru; MARIA, Carlo; BIADER, Ugo. Building Blocks of the Internet of Things: State of the Art and Beyond. In: TURCU, CRISTINA (Org.). *Deploying RFID: Challenges, Solutions, and Open Issues*. Rijeka, Croatia: InTech, 2011. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/deploying-rfid-challenges-solutions-and-open-issues/building-blocks-of-the-internet-of-things-state-of-the-art-and-beyond>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

SHAPIRO, Lawrence. *Embodied Cognition*. London: Routledge, 2010.

SHEPARD, Mark. *Sentient city: ubiquitous computing, architecture, and the future of urban space*. Cambridge: MIT Press, 2011.

SHIN, Dong-Hee. A realization of pervasive computing: ubiquitous city. In: PICMET 2010, TECHNOLOGY MANAGEMENT FOR GLOBAL ECONOMIC GROWTH. Jul. 2010. *Proceedings...* Phuket, Thailand: 2010. p. 1 –10.

SIMONDON, Gilbert. *Du mode d'existence des objets technique*, Paris: Aubier, 1958.

SINGH, Ramanjit; WOOD-HARPER, Trevor; WOOD, Bob. Designing Socio-Technical Systems for the Ubiquitous Information Environments. *Scientific Inquiry*, v. 9, n. 1, p. 37 – 46, jun. 2008.

SMITH, David Woodruff. Phenomenology. In: ZALTA, EDWARD N. (Org.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Fall, 2011. Stanford: Stanford University, 2011. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/phenomenology/>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

SOEGAARD, Mads. Gestalt principles of form perception. 2014. In: SOEGAARD, Mads; DAM, Rikke Friis. *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. 2. ed. 2013. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/book/the-glossary-of-human-computer-interaction/gestalt-principles-of-form-perception>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

SOEGAARD, Mads; DAM, Rikke Friis. *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. 2. ed. 2013. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed>>. Acesso em: 9 jan. 2014.

SOLÀ-MORALES, Pau de. Information, Architecture, Complexity. *Nexus Network Journal*, v. 14, n. 1, p. 17–24, 1 abr. 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00004-011-0094-0>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

SOUZA, Clarisse Sieckenius de; LEITÃO, Carla Faria. *Semiotic Engineering Methods for Scientific Research in HCI*. Sacramento, CA: Morgan & Claypool Publishers, 2009.

STARTING from scratch. *The Economist*, set. 2013. Disponível em: <<http://www.economist.com/news/briefing/21585003-building-city-future-costly-and-hard-starting-scratch>>. Acesso em: 29 nov. 2015.

STERLING, Bruce. *Shaping things*. Cambridge: MIT Press, 2005.

STERNBERG, Robert J. *Cognitive Psychology*. 6. ed. Belmont, CA: Cengage Learning, 2011.

STEWART, John Robert; GAPENNE, Olivier; PAOLO, Ezequiel A. di. *Enaction: Toward a New Paradigm for Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press, 2010.

STIEGLER, Bernard. *Technics and Time: the fault of Epimetheus*. Stanford: Stanford University Press, 1998.

SULLIVAN, Louis H. The tall office building artistically considered. *Lippincott's Magazine*, v. 57, n. 3, p. 406, 1896.

SUSSNA, Jeff. Cybernetics as conversation. *Praxicum*, 23 maio 2014. Disponível em: <<http://praxicum.com/home/2014/5/23/cybernetics-as-conversation>>. Acesso em: 3 out. 2015.

SVANAES, Dag. Philosophy of interaction. 2015. In: SOEGAARD, Mads; DAM, Rikke Friis. *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. 2. ed. 2013. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/philosophy-of-interaction>>. Acesso em: 20 out. 2015.

TATE, Tyler. Information Wayfinding. *UXmatters*, 1 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/05/information-wayfinding-part-2-elements-of-the-information-environment.php>>. Acesso em: 28 out. 2013.

THACKARA, John. The design challenge of pervasive computing. In: COMPUTER HUMAN INTERACTION (CHI) CONGRESS, 2000, Haia. *Anais...* Haia: 2000. Disponível em: <<http://www.doorsofperception.com/most-read/the-design-challenge-of-pervasive-computing/>>. Acesso em: 1 out. 2015.

THELEN, Esther *et al.* The dynamics of embodiment: a field theory of infant perseverative reaching. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 24, n. 01, p. 1–34, fev. 2001. Disponível em: <[http://journals.cambridge.org/article\\_S0140525X01003910](http://journals.cambridge.org/article_S0140525X01003910)>. Acesso em: 2 out. 2015.

THOMPSON, Evan. *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*. Cambridge: Belknap Press, 2010.

TOFFLER, Alvin. *The Third Wave*. New York: Bantam Books, 1980. 544 p.

TONKINWISE, Cameron. *The Practically Living Weight of Convenient Things*. 1 set. 2014. Disponível em: <[https://www.academia.edu/8157439/The\\_Practically\\_Living\\_Weight\\_of\\_Convenient\\_Things](https://www.academia.edu/8157439/The_Practically_Living_Weight_of_Convenient_Things)>. Acesso em: 21 set. 2015.

TUAN, Yi-Fu. *Space and place: the perspective of experience*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977.

TURK, Žiga. Phenomenological foundations of conceptual product modelling in architecture, engineering and construction. *Artificial Intelligence in Engineering*, v. 15, n. 2, p. 83–92, Abr. 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954181001000085>>. Acesso em: 3 jan. 2013.

UCKELMANN, Dieter; HARRISON, Mark; MICHAHELLES, Florian. An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things. *Architecting the Internet of Things*. Berlin: Springer, 2011. p. 1–24. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-19157-2\\_1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-19157-2_1)>. Acesso em: 29 ago. 2013.

VAN GIGCH, John P. Metamodeling: the Epistemology of System Science. *System Practice and Action Research*, v. 6, n. 3, p. 8, jun. 1993.

VAN GIGCH, John P. Systems science, the discipline of epistemological domains, contributes to the design of the intelligent global web. *Behavioral Science*, v. 35, n. 2, p. 122, 1990. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bs.3830350205/abstract>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

VAN GIGCH, John P.; PIPINO, Leo L. In search of a paradigm for the discipline of information systems. *Future Comput. Syst.*, v. 1, n. 1, p. 71–97, 1986.

VAN SCHAIK, Leon. *Spatial intelligence: new futures for architecture*. New Jersey: Wiley, 2008.

VARELA, Francisco J; MATURANA, Humberto R. De Máquinas y Seres Vivos: una teoría sobre la organización biológica. *Santiago de Chile*: Editorial Universitaria, 1973.

VARELA, Francisco J.; THOMPSON, Evan; ROSCH, Eleanor. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge: MIT Press, 1993.

VERMESAN, Ovidiu; FRIESS, Peter (Org.). *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. 4. ed. Aalborg, Denmark: River Publishers, 2013. (IERC - Internet of Things European Research Cluster).

VITRÚVIO POLIÃO, Marcos. *Tratado de Arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

W3C. *Architecture of the World Wide Web, Volume One*. 15 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/webarch/>>. Acesso em: 1 fev. 2015.

W3C. *Ubiquitous Web Domain*. 20 jul. 2010. Disponível em: <<http://www.w3.org/UbiWeb/>>. Acesso em: 1 fev. 2015.

WASIAK, Jason. Being-in-the-City: a Phenomenological Approach to Technological Experience. *Culture Unbound: Journal of Current Cultural Research*, v. 1, n. 2, p. 349–366, 21 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.cultureunbound.ep.liu.se/article.asp?DOI=10.3384/cu.2000.1525.09121349>>. Acesso em: 24 maio 2015.

WEBER, Rolf H. Internet of things – Governance quo vadis? *Computer Law & Security Review*, v. 29, n. 4, p. 341–347, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364913001015>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

- WEBER, Rolf H. Internet of Things – New security and privacy challenges. *Computer Law & Security Review*, v. 26, n. 1, p. 23–30, jan. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364909001939>>. Acesso em: 31 dez. 2012.
- WEICK, Karl E. *Sensemaking in Organizations*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1995.
- WEISER, Mark. The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, v. 265, n. 3, p. 94–104, 1991. Disponível em: <<http://www.nature.com/scientificamerican/journal/v265/n3/full/scientificamerican0991-94.html>>. Acesso em: 3 ago. 2014.
- WEISER, Mark; BROWN, John Seely. *The Coming Age of Calm Technology*. Palo Alto: Xerox PARC, 1996.
- WENDT, Thomas. Internet of Things and the Work of the Hands. *UX Magazine*, 12 mar. 2014. Disponível em: <<https://uxmag.com/articles/internet-of-things-and-the-work-of-the-hands>>. Acesso em: 13 abr. 2014.
- WHYTE, William H. *The Social Life of Small Urban Spaces*. Washington: Conservation Foundation, 1980.
- WIENER, Norbert. *Cybernetics: control and communication in the animal and the machine*. Cambridge: MIT Press, 1965.
- WIENER, Norbert. *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Boston: Da Capo Press, 1988.
- WILLIS, Anne-Marie. Ontological Designing. In: DESIGN CULTURES, CONFERENCE OF THE EUROPEAN ACADEMY OF DESIGN, May 1999. *Anais...* Sheffield: Sheffield Hallam University, 1999.
- WILSON, Andrew; GOLONKA, Sabrina. Embodied cognition is not what you think it is. *Cognitive Science*, v. 4, p. 58, 2013. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/Journal/10.3389/fpsyg.2013.00058/full>>. Acesso em: 9 abr. 2014.
- WILSON, Edward Osborne. *On human nature*. Cambridge: Harvard University Press, 1978.
- WILSON, Margaret. Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, v. 9, n. 4, p. 625–636, 1 dez. 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.3758/BF03196322>>. Acesso em: 16 jun. 2015.
- WINOGRAD, Terry; FLORES, Fernando. *Understanding Computers and Cognition*. 3. ed. Noorwood: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1987.
- WURMAN, Richard Saul. *Ansiedade de informação*. 2. ed. São Paulo: Cultura, 1991.
- WURMAN, Richard Saul. *Information architects*. 2. ed. Lakewood: Watson-Guptill, 1996.
- YAN, Lu *et al.* *The Internet of Things: from RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems*. Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008.
- ZORZI, M. *et al.* From today's INTRANet of things to a future INTERNet of things: a wireless - and mobility -related view. *IEEE Wireless Communications*, v. 17, n. 6, p. 44 –51, dez. 2010.

# Glossário

## A

<b>Affordances</b>	Propriedades funcionais perceptíveis e acionáveis, que são apreendidas por um indivíduo ao agir no mundo, e as potencialidades do próprio sujeito agente. Termo cunhado por James Gibson (1979), sem tradução para o português.
<b>Agente</b> ( <i>agent, actor</i> )	Ator ou atuante, humano ou não, a quem foi concedida a possibilidade de ser a fonte de uma decisão ou ação.
<b>Ambiente</b> ( <i>environment</i> )	Em um domínio particular, o ambiente é o que está fora dos limites, nos arredores do sistema (BERTALANFFY, 1998).
<b>Arquitetura da Informação Pervasiva</b> ( <i>Pervasive Information Architecture</i> )	Design de ecossistemas de informação em ecologias ubíquas (RESMINI; ROSATI, 2012). Nesta tese, é compreendida como uma especialização da disciplina de Arquitetura da Informação.
<b>Artefato</b> ( <i>artifact</i> )	Qualquer objeto feito por seres humanos, especialmente tendo em vista a posterior utilização; as 'coisas' da IoT são qualificadas como artefatos.

## C

<b>Cognição corporificada</b> ( <i>embodied cognition</i> )	Teoria que define a cognição como dependente dos tipos de experiências que advêm de se ter um corpo com capacidades perceptivas e motoras particulares, que estão inseparavelmente ligadas e que juntas formam a matriz dentro da qual memória, emoção, linguagem e todos os outros aspectos da vida estão conjugados.
<b>Computação pervasiva</b> ( <i>Pervasive computing</i> )	Termo usado para expressar a propagação da computação embutida em tudo, que promove uma conectividade abrangente e cria uma nova relação entre pessoas, informações e recursos computacionais (HORVÁTH; VROOM, 2015). Está vinculada ao sensoriamento do contexto, o qual utiliza dinamicamente para adaptar-se às necessidades de uso ( <i>context awareness</i> ). "Tudo aquilo que pode ser digital, será; e tudo o que é digital pode ser agregado, e será. Esta é a lógica da convergência: tudo se conecta" (GREENFIELD, 2006).

<b>Computação ubíqua</b> <i>(Ubiquitous computing)</i>	Refere-se à prática de embutir processamento de informações e comunicação em rede em objetos e ambientes cotidianos, para continuamente prover serviços, informação e comunicação. Termo usado quando a ênfase é colocada sobre a oportunidade de uso de vários dispositivos computacionais de qualquer lugar, a qualquer tempo e em qualquer forma (HORVÁTH; VROOM, 2015). "A computação ubíqua é, grosso modo, o oposto da realidade virtual [...] A realidade virtual coloca as pessoas dentro de um mundo gerado por computador, enquanto a computação ubíqua força o computador a viver no mundo aqui fora, com as pessoas" (WEISER; BROWN, 1996).
<b>Context awareness</b> (sensibilidade ao contexto)	Capacidade de percepção do contexto pelos atores, possibilitando a coleta de dados como identificação, localização, atividade (gestos, voz) e tempo. O contexto é compreendido a partir das informações que caracterizam a situação de uma entidade (DEY, 2001).
<b>Conversação-para-ação</b> <i>(conversations-for-actions)</i>	O fluxo de informações num ecossistema ocorre como conversações, que levam a ações; a comunicação entre pessoas e artefatos e artefatos entre si são negociações.
<b>Cross-channel experiences</b> (experiências através de canais)	Experiências de usuários em um ambiente com múltiplos canais integrados, não apenas em um único canal (ex: web).
<b>D</b>	
<b>Design ontológico</b> <i>(Ontological design)</i>	Forma pela qual o design, como intervenção humana, produz efeitos que afetam a própria humanidade, de maneira sistêmica.
<b>E</b>	
<b>Ecossistema</b> <i>(ecosystem)</i>	Complexo de sistemas, seu ambiente, e todas as suas inter-relações em um espaço distinto (BERTALANFFY, 1998).
<b>Ecossistema de informação</b> <i>(information ecosystem)</i>	Complexo de pessoas, objetos e sistemas de informação conectados em toda parte, seu ambiente, e todas as suas inter-relações em um espaço distinto. "Estamos lidando com um ambiente dinâmico onde o que os usuários fazem com a informação disponível modifica ou influencia o status atual e futuro do sistema" (RESMINI; ROSATI, 2011).
<b>Encontrabilidade</b> <i>(findability)</i>	Característica de uma informação ou objeto que o torna facilmente encontrável ou recuperável em determinado ambiente.

**Endereçamento (addressing)** Endereçamento não ambíguo ou identificador único. Representa um ponto crítico para a implementação da IoT, que só será viável devido à nova geração do IP (*Internet Protocol*) – o IPV6, com 128 bits de espaço de endereçamento, utilizado como identificador único para dispositivos em rede. “Seu objetivo é transformar cada ‘coisa’ ou cada parte de cada coisa no mundo um nó na rede” (GREENFIELD, 2006).

## I

**Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*)** Rede de objetos conectados à Internet. É fundamentada pela conectividade e interatividade entre pessoas, informações, processos e objetos, por meio de tecnologias que possibilitam acesso à rede por qualquer pessoa, de qualquer lugar, a qualquer tempo, utilizando quaisquer dispositivos, incluindo equipamentos multifuncionais com sensores inteligentes, tais como eletrodomésticos, automóveis, roupas, etc., a partir de aplicações que se adaptam dinamicamente às necessidades dos usuários (DAVIS, 2008; W3C, 2010).

**Interoperabilidade (interoperability)** Propriedade de um produto ou sistema, cujas interfaces e dados são compreensíveis por outros produtos ou sistemas, atuais ou futuros, sem qualquer restrição ou implementação adicional. É alcançada pela adoção de padrões, que delineiam princípios e diretrizes para a concepção de seus protocolos, interfaces e algoritmos (ZORZI et al., 2010).

**Intertwingularity** Termo cunhado por Ted Nelson (1974) para descrever a complexidade das inter-relações do conhecimento humano. Utilizado por Morville (2014) para designar a “[...] combinação poderosa de redes, dispositivos e sensores para capturar e compartilhar conhecimento”, materializada pela IoT. Sem tradução para o português.

## L

**Lugar (place)** É concebido pelas pessoas por meio da experiência em determinado espaço. Reflete entendimentos culturais e sociais e pode ter propriedades temporais – o mesmo espaço pode significar diferentes lugares em tempos diferentes. Lugares moldam comportamentos, e a eles atribuem-se valores subjetivos e abstratos (bom, ruim, ontem, amanhã), ao passo que aos espaços atribuem-se propriedades objetivas (cima, baixo, dentro fora) (HARRISON; DOURISH, 1996).

**M**

**M2M**  
(máquina a máquina,  
*machine-to-machine*)

Comunicação máquina-a-máquina. Tecnologia que possibilita a comunicação entre dispositivos de forma independente de intervenção humana. Disparadas por um evento ou por uma ocorrência no tempo, aplicações M2M incluem quatro estágios básicos: coleta de dados, transmissão de dados específicos via rede, avaliação dos dados e resposta às informações disponibilizadas (IOT-A, 2014).

**P**

**Placemaking**  
(Produção de lugares)

Reflete um arranjo consciente de elementos para criar um espaço que acomode atividades e a interação; mas só os ocupantes do espaço podem torná-lo um lugar (HARRISON; DOURISH, 1996). Sem tradução para o português.

**R**

**RFID**  
(*Radio-Frequency Identification*,  
identificação por radiofrequência)

Emitem via rádio um número identificador único. Aparecem em diversos formatos, inclusive no interior de seres ou outros objetos (ex: chips subcutâneos), pois as ondas de rádio atravessam matérias sólidas. Podem ser passivos – quando ativados pela energia dos leitores RFID, enviam-na de volta na forma de fluxo de dados que comunicam sua identificação única (não necessitam de fonte de energia própria para funcionar, mas operam apenas em curtas distâncias, de até 3 metros); ou ativos – usam a própria fonte de energia para transmissão de dados, alcançando distâncias mais longas, mas são mais caros e frequentemente necessitam de baterias.

**S**

**Sensemaking**  
(produção de sentido)

Ato de produzir sentido através da experiência. Ao entrarem em contato com espaços ou artefatos no cotidiano, as pessoas atribuem significados à experiência, ou seja, produzem sentido. Os objetos são percebidos pelo significado.

**Sensor**  
(*sensor*)

Dispositivo capaz de detectar estímulos (valores) do ambiente, transformando-os em variáveis elétricas. O sensor responde a uma alteração de estado ou ação, e o meio pode ser mecânico, elétrico, magnético, hidrostático, corrente, químico, luminoso ou ótico (MCCULLOUGH, 2004).

**Sistema**  
(*system*)

Conjunto articulado de elementos coerentemente organizados e interligados em um padrão ou estrutura, que produz comportamentos característicos, que representam sua 'função' ou 'propósito'. É mais do que a soma de suas partes, é uma totalidade integrada. Todo sistema é subsistema de um sistema maior (BERTALANFFY, 1998; MEADOWS, 2008).

# **Anexo**

## Anexo A: Notas de orientação

