



Pedro Filipe Rodrigues **Análise Tecno-Económica de Redes de Acesso de**
Domingues **Nova Geração**

A problemática do suporte a serviços M2M



Pedro Filipe Rodrigues Domingues **Análise Tecno-Económica de Redes de Acesso de Nova Geração**

A problemática do suporte a serviços M2M

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Eletrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Dr. Aníbal Manuel Oliveira Duarte, Professor Catedrático do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

Dedico esta dissertação aos meus pais, avós e à restante família e amigos que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

Júri

Presidente

Professor Doutor José Carlos da Silva Neves

Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Vogal – Arguente Principal

Professor Doutor Luís Filipe Botelho Ribeiro

Professor Auxiliar do Departamento de Eletrónica Industrial da Universidade do Minho

Vogal – Orientador

Professor Doutor Aníbal Manuel de Oliveira Duarte

Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao professor Aníbal Manuel de Oliveira Duarte pelo apoio, disponibilidade e orientação. Sem a sua contribuição não teria sido possível.

Gostaria igualmente de agradecer a todos os meus colegas de curso que para além disso foram amigos e partilharam comigo momentos e as vivências académicas. Em especial aos Engenheiros Miguel Caldeira e Ricardo Vieira, João Borges e Tiago Borges pelos momentos de companheirismo e de estudo ao longo de todo o percurso.

Aos meus pais agradeço pelo esforço que fizeram para me darem esta oportunidade e por todo o apoio ao longo destes anos.

Palavras-chave

Ligação de banda larga, dispositivos conetados, sistemas embutidos, casa inteligente, análise tecno-económica, operador de telecomunicações, cenários económicos, comunicações M2M, Internet das Coisas.

Resumo

As redes de acesso têm vindo a ser alvo de profundas alterações decorrente, principalmente, da utilização de fibra ótica e das tecnologias celular 4G. A motivação para estas alterações tem a ver com o aumento do consumo de largura de banda provocado pela utilização cada vez mais generalizadas de serviços de serviços como internet e aplicações de vídeo. A introdução de novos dispositivos M2M para vigilância, contagem remota de eletricidade, água e gás, etc. irá acentuar esta tendência.

Tendo em vista aquilo que poderá ser a evolução do mercado M2M residencial, esta dissertação teve por objetivo avaliar alguns dos impactos que este novo tipo de comunicações poderá ter nas redes de acesso. Foram construídos alguns cenários evolutivos do mercado alvo: (i) *do it yourself*, (ii) globalmente centralizado, e (iii) híbrido, onde se procura perceber os fatores que influenciam os custos associados as infraestruturas de comunicação (Rede de acesso), bem como o seu dimensionamento.

Os investimentos necessários para a introdução de equipamentos dedicados ao M2M são de grande dimensão e para lidar com a incerteza associada a todos estes fatores torna-se imperioso recorrer a ferramentas adequadas de análise tecno-económica e avaliação das soluções de engenharia associadas a cada um dos cenários a considerar.

Keywords

Broadband connection, connected devices, embedded systems, smart home, techno-economic analysis, telecom operator, economic scenarios, M2M communication, Internet of Things.

Abstract

The access networks had been targeted with several changes due, mainly, to the use of optical fiber, and wireless technologies 4G. The motivation behind these changes has been the bandwidth consumption growth caused by the generalized use of services like internet and video applications. The introduction of M2M devices to vigilance, smart metering, etc. will accentuate this trend.

Watching what the M2M Residential market evolution could be, this dissertation, aim to evaluate the impact that this new type of communications, can have in the access network. It were build some market scenarios of the evolution of the target market, (i) do it yourself, (ii)globally centralized, and (iii) hybrid scenario, where one looked to realize the factors that influences the costs associated with the network, as well as its sizing.

The investments needed for the introduction of M2M dedicated equipment are big, and to deal with the uncertainty of all estimated evolutionary factors, it's really important to use the right technical-economic tools to evaluate the engineering solutions of a project of this nature.

Índex

Índice de Figuras	XIX
Índice de Tabelas.....	XXI
Índice de Gráficos	XXIII
Lista de Siglas e Acrónimos	XXV
1. Introdução	1
1.1... Motivação e Enquadramento.....	1
1.2... Objetivos	1
1.3... Estrutura da Dissertação	2
2. Comunicações Máquina-a-Máquina (M2M).....	3
2.1... Conceito M2M	3
2.2... Arquiteturas e estruturas essenciais numa Rede M2M.....	3
2.3... Características-chave e tecnologias de uma rede M2M.....	5
2.4... Aplicações das Comunicações M2M.....	5
2.5... Tráfego M2M.....	6
2.6... Regulação.....	7
2.7... Normalização	7
2.8... Principais atores no Mercado M2M	8
2.8.1 Operadoras de Telecomunicação	8
2.8.2 Fabricantes de Equipamentos (OEM)	13
2.8.3 Projetistas e Integradoras de Serviços.....	13
3. Perspetiva global do mercado M2M	15
3.1... Desafios e expectativas de crescimento de Mercado	15
3.2... Custo Total da Posse	16
3.3... Principais Mercados Verticais.....	17
4. Casa Inteligente	21

4.1 ... Organização e Estrutura e tecnologias nas redes de telecomunicação	22
4.2 ... Classificação das Redes por área de cobertura	23
4.3 ... Tecnologias nas redes de acesso	24
4.4 ... Arquitetura de uma Rede M2M Doméstica.....	26
4.4.1 Tecnologias <i>wireless</i> nas redes M2M domésticas	27
4.4.2 Tecnologias e interfaces cablados em redes M2M domésticas.....	30
4.5 ... Equipamentos	31
4.5.1 M2M Gateway.....	31
4.5.2 Smart Meters	32
4.5.3 Painéis Fotovoltaicos.....	32
4.5.4 Sistemas de Videovigilância.....	33
4.5.5 Alarmes Técnicos ou de Segurança Pessoal.....	34
4.5.6 E-Health.....	35
4.5.7 Sistemas de Lazer e Entretenimento	36
4.5.8 Gestão da Climatização	37
4.5.9 Controlos de acesso	37
4.5.10 Automação Doméstica	37
5. Casa Inteligente no ambiente M2M: Possíveis cenários económicos.....	39
5.1 ... Período de estudo	39
5.2 ... Pressupostos do mercado	39
5.3 ... Dinâmica do mercado	40
5.4 ... Dimensão Financeira de um projeto.....	42
5.5 ... Custos para o utilizador de uma habitação inteligente	43
5.5.1 Custo dos equipamentos.....	44
5.5.2 Custos para o utilizador com os serviços de uma habitação	49
5.6 ... Caso de estudo (Visão do Operador de Telecomunicações).....	50
5.6.1 Capex - Materiais e os seus custos.....	50
5.6.2 Opex	53
5.6.3 Fontes de Receitas da operadora	53

5.7... Cenário A- Do it Yourself	55
5.8... Cenário B- Globalmente Centralizado	62
5.9... Cenário C- Cenário Híbrido	69
6. Considerações Finais.....	77
6.1... Conclusões	77
6.2... Trabalhos futuros	78
7. Bibliografia.....	79

Índice de Figuras

Figura 2.1- Arquitetura de uma rede M2M [19].....	3
Figura 2.2 Exemplo de um exemplo de possíveis camadas numa arquitetura M2M [39]	4
Figura 3.1 Perspectiva de evolução do mercado [17].....	16
Figura 3.2 Principais Mercados Verticais atrativos ao M2M [41]	17
Figura 3.3 Previsão da evolução do número de dispositivos M2M [4]	18
Figura 4.1 - Esquema de uma casa inteligente e das várias áreas abrangidas pelo conceito [65]21	
Figura 4.2- Estrutura base de uma rede de telecomunicações [38]	22
Figura 4.3 Classificação das redes de telecomunicação em função da sua área de cobertura [54]	23
Figura 4.4 Arquitetura de uma rede domestica atual M2M [41].....	27
Figura 4.5- Camadas do modelo OSI das diferentes tecnologias [41]	30
Figura 4.6 Elementos típicos de uma rede M2M num ambiente doméstico [31]	31
Figura 4.7 Arquitetura típica de um <i>gateway</i> M2M [41]	32
Figura 4.8- Exemplo simplificado de uma solução de microprodução [67]	33
Figura 4.9 Exemplo de uma possível arquitetura de uma implementação de um CCTV numa casa digital [68]	34
Figura 4.10 Exemplares de alarmes domésticos de inundações [46], fuga de gases [42] e de incêndios [45]	34
Figura 4.11 Arquitetura base de uma aplicação completa e-Health [35].....	36
Figura 4.12 Termostato inteligentes com ligação Wi-Fi [44].....	37
Figura 5.1 Modelo Tecno-Económico das Casas Digitais [34]	42
Figura 5.2 Descrição da implementação de uma rede dedicada ao M2M.....	50
Figura 5.3 Marketshare do Cenário A	55
Figura 5.4 Market Share do cenário B	62
Figura 5.8 Marketshare do cenário C.....	69

Índice de Tabelas

Tabela 4-1 Tecnologias de comunicação <i>Wireless</i> na Rede de acesso [66]	24
Tabela 4-2 Tecnologias de comunicação cabladas/fixas na rede de acesso [66].....	25
Tabela 4-3 Tecnologias <i>wireless</i> num contexto doméstico [66]	28
Tabela 4-4 Tecnologias cabladas num contexto doméstico [66]	28
Tabela 5-1 Valores das variáveis nos diferentes cenários	41
Tabela 5-2 – Parâmetros que definem classes de equipamentos [56].....	45
Tabela 5-3 Custos com os equipamentos.....	46
Tabela 5-4 Custo Total dos equipamentos quando adquiridos ao Operador	47
Tabela 5-5 Custos dos serviços típicos de uma casa inteligente	49
Tabela 5-6- Custo de cada Item da rede e o rácio entre eles.....	51
Tabela 5-7- Opex do Operador	53
Tabela 5-8 Comissões cobrada pelos serviços	54
Tabela 5-9 Mensalidades dos pacotes de banda larga disponíveis no mercado	54
Tabela 5-10- Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto, num cenário do it yourself.....	55
Tabela 5-11- Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto pela operadora .	56
Tabela 5-12 - Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto pelas utilities e provedoras de serviços	56
Tabela 5-13 Distribuição dos utilizadores pelos diferentes pacotes de banda larga.....	56
Tabela 5-14 Capex para o cenário A	57
Tabela 5-15 Capex Acumulado Depreciado	58
Tabela 5-16 Opex para o cenário A	58
Tabela 5-17 Receitas estimadas no decurso do projeto no cenário A	59
Tabela 5-18 Principais indicadores Financeiros	61
Tabela 5-19 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto equipadas pelo utilizador	62
Tabela 5-20 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto equipadas pela operadora	63

Tabela 5-21- Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas pelas utilities e provedoras de serviços	63
Tabela 5-22 Distribuição da adesão dos clientes pelo tipo de pacotes de dispositivos disponíveis	63
Tabela 5-23 Distribuição da adesão aos vários pacotes de banda larga	64
Tabela 5-24 Capex para o Cenário B.....	64
Tabela 5-25 Capex Acumulado depreciado	65
Tabela 5-26 Despesas operacionais no cenário B	65
Tabela 5-27 Estimativa das receitas ao longo do projeto	66
Tabela 5-28 Resultados Financeiros relevantes	68
Tabela 5-29 - Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas pelos próprios utilizadores	69
Tabela 5-31 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas pela operadora	70
Tabela 5-32 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas utilities e prestadoras de serviços	70
Tabela 5-33 Distribuição da adesão dos clientes pelo tipo de pacotes de dispositivos disponíveis	70
Tabela 5-34 Distribuição da adesão aos vários pacotes de banda larga	71
Tabela 5-35 Capex para o Cenário C	71
Tabela 5-36 Capex Acumulado depreciado	72
Tabela 5-37 Custos operacionais do projeto (OPEX)	72
Tabela 5-38 Estimativa das receitas no cenário C.....	73
Tabela 5-39 Resultados financeiros importantes	75

Índice de Gráficos

Gráfico 5.1 Previsão do Nº de edifícios concluídos entre 2012 a 2026 (Elaborado pelo autor com base no recurso a dados estatísticos do INE)	40
Gráfico 5.2 Curvas logísticas associadas ao projeto	41
Gráfico 5.3 Crescimento do número de casas clientes ao longo do projeto	41
Gráfico 5.4 Evolução do custo total dos equipamentos ao longo do projeto	48
Gráfico 5.5 Evolução da penetração dos vários equipamentos de uma casa inteligente	48
Gráfico 5.6 Capacidade Objetivo vs Capacidade instalada para o cenário A	51
Gráfico 5.7 Capacidade Objetivo vs Capacidade instalada para o cenário A	52
Gráfico 5.8 Capacidade Objetivo vs Capacidade instalada para o cenário A	52
Gráfico 5.9 Resultados Operacionais Cenário A Otimista	59
Gráfico 5.10 Resultados Operacionais Cenário A Mediano	60
Gráfico 5.11 Resultados Operacionais Cenário A Pessimista	60
Gráfico 5.12 Resultados Operacionais Cenário B- Globalmente Centralizado caso otimista	66
Gráfico 5.13 Resultados Operacionais Cenário B- Globalmente Centralizado caso mediano.....	67
Gráfico 5.14 Resultados Operacionais Cenário B- Globalmente Centralizado caso pessimista...	67
Gráfico 5.15 Resultados Operacionais Cenário C: Híbrido caso otimista.....	73
Gráfico 5.16 Resultados Operacionais Cenário C: Híbrido caso mediano	74
Gráfico 5.17 Resultados Operacionais Cenário C: Híbrido caso pessimista	74

Lista de Siglas e Acrónimos

3D	- Three-Dimensional
3GPP	- 3rd Generation Partnership Project
3G	- 3 rd Generation
4G	- 4 th Generation
ACS	- Auto-Configuration Server
ARIB	- Association of Radio Industry and Business
ADSL	- Asymmetric Digital Subscriber Line
ANACOM	- Autoridade Nacional de Comunicações
AP	- Access Point
BBC	- British Broadcasting Corporation
BL	- Banda Larga
CAPEX	- Capital Expenditures
CATV	- Cable Television
CD	- Compact Disc
CE	- Consumo Electrónico
CEA	- Consumer Electronics Association
CELTIC	- Co-operation for a European sustained Leadership in Telecommunications
CO	- Central Office
CNN	- Cable News Network
CPE	- Customer Premises Equipment
CSMA-CA	- Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CWMP	- CPE Wide area network Management Protocol
DHWG	- Digital Home Working Group
DLNA	- Digital Living Network Alliance
DOCSIS	- Data-Over-Cable Service Interface Specifications
DSL	- Digital Subscriber Line
DVB	- Digital Video Broadcasting

DVC	- Digital VCR Conference
DVD	- Digital Versatile Disc
ETSI	- European Telecommunications Standards Institute
FTTH	- Fiber To The Home
Gbps	- Gigabits per second
GPRS	- General Packet Radio Service
GSMA	- Groupe Spéciale Mobile Association
HD	- High-Definition
HDMI	- High-Definition Multimedia Interface
HDTV	- High-Definition Television
HG	- Home Gateway
HiperMAN	- High Performance Radio Metropolitan Area Network
HomePNA	- Home Phone line Networking Association
HSDPA	- High Speed Downlink Packet Access
HSPA	- High Speed Packet Access
HTTP	- Hypertext Transfer Protocol Identification
IEEE	- Institute of Electrical and Electronics Engineers
INE	- Instituto Nacional de Estatística
IP	- Internet Protocol
IPTV	- Internet Protocol Television
IT	- Information Technology
INR	- International Normalized Ratio
ITED	- Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios
ITUR	-Infraestruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Condomínios
IETF	- Internet Engineering Task Force
Kbps	- Kilobits per second
LAN	- Local Area Network
LTE	- Long Term Evolution

MAC	- Media Access Control
MAN	- Metropolitan Area Networks
MMO	- Mobile
Mbps	- Megabits per second
MoCA	- Multimedia over Coax Alliance
MP3	- MPEG-1 Audio Layer 3
MTV	- Music Television
NAT	- Network Address Translation
OA&M	- Operation, Administration and Maintenance
OPEX	- Operational Expenditures
OTG	- On The Go
PAN	- Personal Area Networks
PC	- Personal Computer
PDA	- Personal Digital Assistant
PLC	- Power Line Communication
PS3	- Sony PlayStation 3
PSP	- PlayStation Portable
PSTN	- Public Switched Telephone Network
QoS	- Quality of Service
RG	- Residential Gateway
STB	- Set-Top-Box
TCP	- Transmission Control Protocol
TIA	- Telecommunications Industry Association
TDT	- Televisão Digital Terrestre
TTA	- Telecommunications Technology Association
TTC	- Telecommunication Technology Committee
TIR	- Taxa Interna de Rentabilidade
TCO	- Total Cost of Ownership
UDP	- User Datagram Protocol

UMTS	- Universal Mobile Telecommunication System
UPnP	- Universal Plug and Play
USB	- Universal Serial Bus
UWB	- Ultra-WideBand
SDO	- Standard Development Organization
VAL	- Valor Actual Líquido
VCR	- Videocassette Recorder
VDSL	- Very High Speed Digital Subscriber Line
VHN	- Versatile Home Network
VoIP	- Voice over IP
VR	- Valor Residual
XML	- Extensible Markup Language
WCDMA	- Wideband Code Division Multiple Access
Web	- World Wide Web
Wi-Fi	- Wireless Fidelity
WiMAX	- Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	- Wireless Local Area Network
WAN	- Wide Area Network
WWRF	- Wireless World Research Forum
SRD	- Short Range Devices
OEE	- Overall Equipment Effectiveness
M2M	- Máquina-a-Máquina

1. Introdução

1.1 Motivação e Enquadramento

Com a evolução tecnológica e com o aumentar da complexidade dos sistemas de informação, começam a surgir situações em que certos mecanismos conseguem estabelecer entre si, de forma autónoma, processos de interação e processamento. A esta realidade é comum atribuir a designação *machine-to-machine (M2M) communications*.

Neste contexto emerge assim uma panóplia de dispositivos M2M que, para o correto aproveitamento das suas potencialidades, levanta um conjunto de desafios às redes de telecomunicações. Estes desafios refletem-se tanto nas infraestruturas dos operadores como dos próprios edifícios:

- Novas oportunidades de negócio podem surgir em setores anteriormente pouco explorados (e.g.: *public utilities*, transportes, saúde, segurança, etc. [1]).
- Novos perigos e ameaças podem espreitar (e.g.: Segurança, privacidade, “corrosão” dos modelos de negócio convencionais dos operadores de telecomunicações e mesmo um impacto, à data ainda imprevisível, dos volumes de tráfego decorrentes dos dispositivos M2M).
- Novas responsabilidades de normalização e regulação terão que ser enfrentadas.

Do exposto pode-se concluir que as comunicações M2M colocam novas necessidades de estudo e investigação das várias problemáticas associadas. Esta dissertação pretende contribuir nesse sentido.

1.2 Objetivos

O presente trabalho teve como objetivo contribuir para uma melhor compreensão dos aspetos técnico-económicos das comunicações M2M tomando o mercado residencial como referência. A avaliação de possíveis modelos de negócio associados aos respetivos serviços de instalação e operação foi também tomada em consideração.

De forma mais detalha foi dada especial atenção aos seguintes aspetos

- Compreender e estudar o fenómeno das comunicações M2M, tomando contacto com as tecnologias envolvidas e os cenários macroeconómicos.
- Identificar as principais tecnologias, equipamentos, arquiteturas de rede, e custos.
- Construir possíveis cenários económicos e modelos de negócio de uma rede M2M dedicada ao mercado residencial.

- Estudar a viabilidade económica dos cenários.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta por sete capítulos, estruturados da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Apresenta o enquadramento do projeto e os objetivos a serem cumpridos.
- **Capítulo 2 – Conceito M2M:** Apresenta informações técnicas e algumas definições do conceito M2M, incluindo uma visão global sobre a problemática, bem como, das tecnologias atuais, normas, equipamentos e serviços envolvidos.
- **Capítulo 3 – Mercado M2M:** Aborda uma visão geral do mercado M2M, uma estimativa da sua evolução, e uma breve abordagem do posicionamento dos principais atores do mercado M2M (internacional e nacional).
- **Capítulo 4 – Casa inteligente:** Apresenta a arquitetura de uma rede M2M doméstica, os seus principais componentes, dispositivos, serviços e custos.
- **Capítulo 5 – Estudos de Caso:** Apresenta e estuda três cenários evolutivos do conceito M2M aplicado ao mercado residencial.
- **Capítulo 6 – Conclusões e Considerações Finais:** Apresenta as conclusões do trabalho efetuado, bem como algumas sugestões para trabalho futuro.
- **Capítulo 7 – Bibliografia**

2. Comunicações Máquina-a-Máquina (M2M)

2.1 Conceito M2M

O conceito M2M tem ganho espaço no domínio das telecomunicações, no entanto, a sua definição ainda não é consensual, sendo possível encontrar variantes como:

“Machines” using network resources to communicate with remote application infrastructure for the purposes of monitoring and control, either of the “machine” itself, or of the surrounding environment.” [1]

“M2M represents a number of different types of communication: machine-to-machine; machine-to-man; man-to-machine; machine-to-mobile and mobile-to-machine, involving the process of giving machines, devices, and appliances the ability to share information with back-office information systems and the people who use them”[16]

“Be connected with your technical devices and systems wherever they are. M2M empowers you to monitor and control your assets at any time.”[25]

“Managed Connectivity lets you take control, automate and improve processes and expand your business with security and cost predictability.”[20]

“Machine-to-machine, or M2M, is when devices and machines communicate with each other”.[21]

Apesar das diferenças entre as várias definições, todas elas giram à volta de um conceito comum: comunicação e transferência, de forma autónoma de dados entre dispositivos inteligentes ligados à rede.

2.2 Arquiteturas e estruturas essenciais numa Rede M2M

No que à arquitetura básica diz respeito uma rede M2M obedece ao esquema representado na figura 2.1.

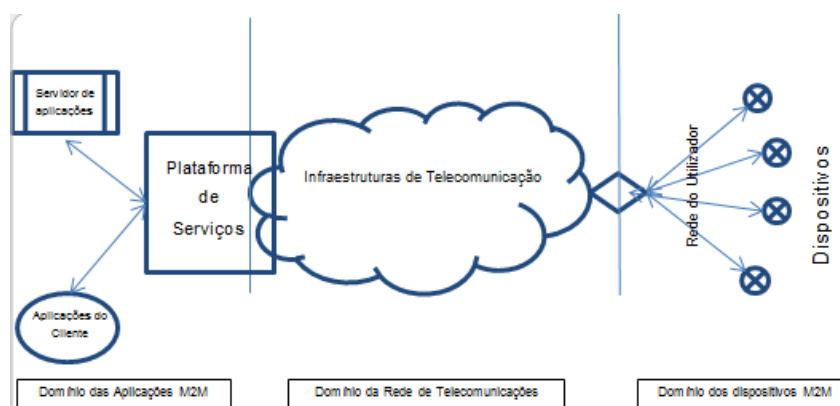


Figura 2.1- Arquitetura de uma rede M2M [19]

Como mostra a figura, os seus elementos essenciais são:

- Dispositivos M2M: têm a capacidade de responder a pedidos de informação, e autonomia na sua transmissão.
- M2M AREA NETWORK: estabelece a conectividade entre os dispositivos e o M2M Gateway através de várias tecnologias tipicamente usadas nas PAN (*Personal Area Networks*) (e.g. *SRD, Zigbee, Bluetooth, Wi-Fi*) ou usadas em LAN (*Local Area Network*) (e.g. *PLC, M-BUS, ou Wireless M-BUS, HomePlug, ou Ethernet*). A especificidade das comunicações M2M levou a inovações tecnológicas, que na rede do utilizador passam essencialmente por 6LoWPAN (*IPv6 over low power WPAN*), ou o *WirelessHART (Wireless Highway Addressable Remote Transducer [15]*.
- O M2M Gateway: Elemento que faz a interligação entre dispositivos na rede do utilizador e a ligação com rede de comunicação, na qual podem ser usadas várias tecnologias como o xDSL, fibra ótica, Satélite, LTE, *Wi-Max*.
- Infraestrutura de comunicação (*M2M Communication Network*): faz a ligação entre o Gateway da rede do cliente e centro de Aplicações M2M (*M2M Application Server*), onde se inclui a rede Core e a rede de acesso.
- Servidor de aplicações (*M2M Application Server*): representa o interface do lado da operadora de telecomunicações que garante a recolha, distribuição e processamento dos dados relativos aos serviços contratados pelo cliente.

A figura 2.2 dá outro detalhe ao que se acaba de referir identificando as principais camadas da arquitetura de uma aplicação M2M.

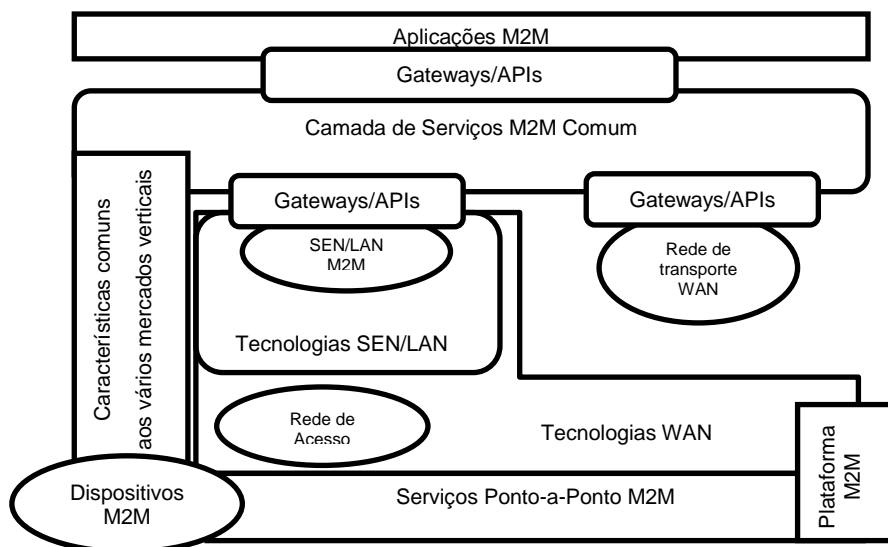


Figura 2.2 Exemplo de um exemplo de possíveis camadas numa arquitetura M2M [39]

2.3 Características-chave e tecnologias de uma rede M2M

O crescimento espectral, quer em termos de dispositivos ligados à rede, quer em termos de serviços que os operadores de telecomunicações estarão dispostos a oferecer, fazem com que uma infraestrutura de telecomunicações dedicada ao tráfego M2M deve possuir algumas características, tais como:

- Capacidade para lidar com tentativas de ligação simultâneas ou quase simultâneas à estação base, de um enorme número de dispositivos;
- Elevada fiabilidade independentemente dos ambientes de operação;
- Tabelas de prioridades reforçadas;
- Dispositivos de muito baixo consumo energético;
- Características na gestão de comunicação para suportar pequenos impulsos de dados.
- Capacidade para detetar, e corrigir falhas ou possíveis ataques à rede;
- Capacidade de endereçamento a elevado número de dispositivos;
- Suportar endereçamento e maneabilidade de grupos de dispositivos M2M;
- Tráfego controlado no tempo;
- Aplicações onde os dispositivos possam fazer uso intermitente dos recursos.

Esta lista já de si extensa continua a evoluir a medida que novas aplicações aparecem no mercado, o que faz que para além destas características seja fundamental que as estruturas sejam flexíveis, maleáveis, e capazes de se adaptar a novas circunstâncias [15].

2.4 Aplicações das Comunicações M2M

A constante evolução da tecnologia está a levar a adoção de novos comportamentos sociais como a digitalização da informação, ou disponibilização na rede de máquinas, “pessoas”, vídeos, mapas, sensores, etc., que posteriormente integrados em sistemas inteligentes possibilitam a sua interligação estimulam uma melhor compreensão de factos e uma melhor capacidade de decisão [65]. Esta tendência é conhecida por *Smart Business* e começa a alastrar a todos os setores do mercado.

No setor industrial as aplicações M2M podem ser usadas num vasto leque de aplicações, das quais se destacariam: a automação e agregação de dados, deteção e diagnóstico de falhas, calendarização de manutenções, acesso e suporte remoto, automatização de edifícios, logística, controlo de *stocks*, faturação automática, controlo de qualidade, segurança, recolha e análise dos

consumos energéticos, otimização de indicadores como o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), etc. [15].

Tendo informações sobre performances, disponibilidade, carga, ou mesmo métricas de qualidade, quer seja, através de algoritmos automáticos quer seja através de informação para os centros de decisão, podem ser procuradas soluções visando o aumento da eficiência e da produtividade na indústria.

Por outro lado no quotidiano do cidadão comum há a possibilidade ser criadas e implementadas aplicações M2M capazes de ajudar em muitas áreas tais como: o apoio a pessoas com necessidades especiais; o controlo e gestão dos lares (deteção de intrusão, de inundações, fugas de gás, incêndio, controlo da temperatura, programação de eletrodomésticos, controlo de acessos, etc.); gestão inteligente da energia; educação; pontos de venda, "vending machines"; segurança automóvel (auxiliares de navegação, pagamento automático de portagens etc.)[26].

2.5 Tráfego M2M

As comunicações M2M irão certamente trazer um novo paradigma às nas redes de acesso, principalmente devido ao aumento exponencial de volume de tráfego, mas também da alteração do tipo de tráfego que viaja na rede.

Um dos grandes desafios das redes M2M vai passar por endereçar e numerar um número extremamente elevado de dispositivos. Esta problemática tem dividido as diversas organizações, uma vez que, embora muitas operadoras acreditem que este problema não terá implicações, visto que, a maioria dos dispositivos usa a rede GSM, outros acreditam que a solução passa por um melhor aproveitamento das potencialidades do protocolo IPv4, outros defendem que a transição para IPv6 é urgente e poderia prevenir esta problemática [17]. Outra problemática que se levanta é a gestão da identidade digital, e se o atual sistema de numeração garante que com muita segurança se aceda ao dispositivo correto, a questão que se levanta é a de quem mais tem acesso a dispositivos, alguns de natureza bastante sensível, como *webcams*, ou circuitos internos de videovigilância.

A pouca divulgação de dados relativos a esta realidade torna difícil a caracterização e a estimativa do impacto deste tipo de tráfego numa rede de acesso, ou mesmo, nas redes core. O aumento do numero de dispositivos com capacidade de processamento, e com capacidade de ligar a rede através de protocolos como o TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), ou mesmo, HTTP(S) (*HyperText Transfer Protocol*), poderão dependendo das aplicações para as quais foram desenhados gerar um padrão de tráfego caracterizado por: pequena quantidade de dados provenientes da camada de aplicações; grande sobrecarga de camadas inferiores; intervalos de transmissão regulares e frequentes; intervalos de operação pequenos; eventos de sincronização de larga escala. O tráfego regular, frequente, e de baixo

volume de dados, gerado por milhões de dispositivos ligados á rede, que usam os protocolos e infraestruturas existentes vão provocar um impacto ainda incerto de prever.[70]

2.6 Regulação

Como referido o impacto das comunicações M2M será grande, não só ao volume de tráfego, mas também no tipo de tráfego que circula nas redes. Isto pode levar a uma mudança no paradigma dos reguladores, que poderá extravasar as esferas que são normalmente do seu domínio (estrutura concorrencial do mercado, interligação entre redes, elaboração de tarifários, ou defesa do consumidor). O seu papel poderá passar também pela criação de condições para o desenvolvimento de normas e meios de teste para validação das mesmas, ou mesmo por incentivos ao investimento em infraestruturas.

2.7 Normalização

A velocidade com que as aplicações M2M têm sido adotadas motivou que tenham sido efetuados esforços por parte dos principais atores em que surgissem normas adequadas aos requisitos arquiteturais e de interoperabilidade destas tecnologias. Assim as primeiras normas específicas para o M2M mais relevantes que já foram apresentadas são: por parte do 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) o *Release 10*, onde identifica os requerimentos e otimiza a rede para funcionalidades como baixa-potência, congestionamento, controlo de sobre-carregamento da rede, identificação, endereçamento, controlo de subscrições e segurança, e o *release 11*, onde descreve melhoramentos da rede para comunicação entre dispositivos e M2M Gateways; por parte do ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), o *M2M Network architecture*, onde define requerimentos funcionais e comportamentais dos elementos da rede; por parte do GSMA (Global System for Mobile Communications Association), um conjunto de módulos baseados em GSM endereçados a problemas operacionais; por parte do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) as normas 802.16p (Wi-Max), 802.11 (Wi-Fi), e o 802.15.4 (ZigBee), que se adaptam as características das comunicações M2M [13].

Mais recentemente surgiu a OneM2M, que tem como associados SDOs como a ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*), a TTC (*Telecommunication Technology Committee*) do Japão, a ATIS (*Alliance for Telecommunications Industry Solutions*), a TIA (*Telecommunications Industry Association*) dos Estados Unidos da América, a CCSA (*China Communications Standards Association*), a ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) e a TTA (*Telecommunications Technology Association*) da Coreia do Sul, tem por objetivo uniformizar e construir normas globalmente aceites, encontrar arquiteturas uniformizadas, colaborar com SDO de comunicação móvel e fixa para desenvolver normas para a rede de acesso, rede core, criar condições para colocar a industria num caminho que leve a otimização de custos, acesso mais rápido ao mercado e crie condições ao produção em massa e ajude a desenvolver economias de escala [39].

2.8 Principais atores no Mercado M2M

O M2M é um fenómeno transversal a todos os setores económicos, mas existem três tipos de atores que intervêm diretamente com as comunicações M2M:

- Operadoras de telecomunicações: de onde se destacam as operadoras tradicionais, mas também se tem de considerar as operadoras especializadas em M2M (MMO), e as operadoras de redes móveis virtuais (MVNO)
- Fabricantes de Equipamentos (OEM): Empresas dedicadas ao desenvolvimento e produção de novos dispositivos com comunicação M2M embutida
- Empresas Projetistas e Integradoras de Serviços: empresas que tomam partido das potencialidades dos dispositivos com capacidade de comunicação com a rede e criam serviços de valor acrescentado para os seus mercados verticais.

2.8.1 Operadoras de Telecomunicação

O mercado M2M está em franco desenvolvimento e as maiores Operadoras de Telecomunicações parecem já ter as suas estratégias de posicionamento no mercado mais ou menos definidas.

2.8.1.1 *AT&T*

A AT&T é uma das maiores empresas de telecomunicações do mundo por volume de negócios, e tem apostado forte na área do consumidor particular, tendo já no terreno um número considerável de dispositivos conectados. Propõe uma plataforma inovadora de monitorização e automação na área de segurança, energia, domótica, onde os utilizadores podem estar em contacto, gerindo, vigiando e cuidando remotamente o que mais importa. Apresenta ainda outros serviços, onde se destaca a parceria realizada com a eCardio, no setor da saúde, onde dispositivos remotamente alimentam a plataforma com dados relativos a sinais vitais do paciente, e num centro de monitorização técnicos credenciados interpretam, tratam e compilam os dados, notificando o médico no caso de eventos graves, ou compilando o histórico do paciente para fácil por parte do paciente, do médico ou mesmo dos familiares. Apresenta ainda soluções de monitorização remota do estado de motores de automóveis (Negócio das seguradoras), localização de veículos e equipamentos. Possui um centro de excelência para suporte de implementações M2M empresariais, e plataformas de desenvolvimento robustas [18].

A sua estratégia passa por aproveitar o seu domínio em termos de infraestruturas e na sua larga cobertura internacional, que permite que aos seus clientes criarem negócio virtualmente em qualquer parte do planeta.

2.8.1.2 **Verizon Wireless**

A Verizon Wireless resulta de uma parceria entre a Verizon Communication e a Vodafone. Opera sobretudo nos Estados Unidos, mas mantém posições estratégicas no México e Canadá. Com a aquisição da AllTel Wireless tornou-se a maior servidora de comunicações wireless nos Estados Unidos da América [6]. A Verizon fez uma parceria com a Qualcomm para criar uma plataforma de gestão móvel para integrar soluções M2M, e atacar diversos setores de mercado como o setor da saúde, retalho, rede de sensores e logística.

Do leque de soluções M2M a Verizon apresenta ainda: (i) no sector retalho máquinas automáticas de vendas, painéis e telas interativas, e caixas registadoras móveis; (ii) na área de saúde, o grupo aposta em levar a saúde a todos, nomeadamente com programas de diagnóstico em zonas rurais; (iii) no mercado de sensores, o grupo está a trabalhar em redes de energia inteligentes, ou em sistemas de conectividade entre veículos, em parceria com a GM (*General Motors*); (iv) na área da logística, a Verizon está envolvida em projetos de tele-monotorização de ativos ou otimização de rotas [18].

2.8.1.3 **Sprint**

A Sprint NextTel é, à data, a terceira maior companhia de telecomunicações dos Estados Unidos. Tem em funcionamento desde 2010 um centro de colaboração dedicado ao M2M em Burlingame, que permite que companhias com produtos e ideias para novos serviços colaborem com a Sprint, seus parceiros e clientes, de forma a desenvolverem ofertas M2M comercialmente viáveis [31]. Mais recentemente a Sprint criou um portal na internet denominado Sprint Comand Center, que faculta aos utilizadores ligados a Sprint, a capacidade para gerir, ativar, desativar, suspender e gerir o ciclo de vida dos dispositivos.

Na prática isso resulta em várias áreas de negócio em que a Sprint se envolve, por exemplo: (i) no setor das *utilities*, em parceria com a Neptune Technology, está a trabalhar na modernização do segmento das águas, fornecendo às companhias de água novas formas de recolher dados de consumo, e de diagnóstico; (ii) o setor dos transportes, monitorizando entrega, pessoal e veículos, otimizando a busca de destinos e postos de combustíveis [18].

2.8.1.4 **Telefónica**

A sua visão para o mercado M2M é alvejar a maior fatia de mercados verticais com uma solução unificada, convergente, completa, simples visando a integração de todos os ecossistemas que surjam através de parcerias estratégicas.

Apesar deste posicionamento predominantemente verticalizado a empresa recentemente apresentou parcerias com empresas como a Jasper Wireless, a EtiSalat e Giesecke & Devrient visando o desenvolvimento de soluções M2M maioritariamente para o sector automóvel, e para o sector das energias. Apresenta assim soluções como Controlo de semáforos, monotorização de

consumos de energia, ou chamadas de emergência em caso de acidentes. Outra parceria recente envolveu a Masteurnaut para serviços de controlo de frota, a Chargemeter para o desenvolvimento de aplicações para automóveis eléctricos, a O2 para aplicações no sector da energia e a Telit e Avea no sentido de assegurar conectividade global nas suas aplicações [37].

2.8.1.5 **France Telecom**

No mercado M2M, a France Telecom tem vindo a adquirir uma variedade de ativos, que lhe permite estar preparada para a amplitude e profundidade do mercado M2M. Foram ainda criados ao longo da estrutura da organização grupos dedicados ao M2M, e equipas de R&D focadas apenas em inovações relacionadas com a comunicação M2M [6]. As principais OEMs e organizações fazem uso do centro internacional M2M da Orange, inaugurado em 2009 na Bélgica. A France Telecom ainda disponibiliza também Interfaces de Programação Abertos para criadores de aplicações poderem colaborar com o grupo.

Destacam-se no portefólio da Orange projectos na área da segurança em parceria com a Securitas Direct France, na área da saúde com o grupo italiano Sorin, na área de telemonitorização de veículos [11], com a compra da Data & Mobiles uma das maiores fornecedoras de serviços de gestão de frota que trouxe um grande know-how às aplicações M2M da France Telecom neste mercado.

2.8.1.6 **Telenor**

O grupo definiu o M2M como sendo um dos setores de crescimento estratégico. Em 2008 criou uma subsidiária independente para operar como sendo uma fornecedora global de Soluções de ligações M2M, sendo esta responsável pela criação de uma plataforma M2M partilhada para as operadoras do grupo e para servir clientes internacionais, enquanto as operadoras móveis do grupo se encarregam de servir as necessidades pontuais do mercado local [6]. A Telenor Connexion oferece serviços de conectividade global, serviços de ativação M2M, um conceito de SIM global baseado numa plataforma de conectividade M2M dedicada, formatos SIM customizados a cada cliente, ativação SIM automática, *roaming*, perfis customizados para usos específicos nos portais online, manutenção e monitorização online dos elementos de rede. Estabeleceu diversas parcerias nos variados setores verticais do mercado (e.g. Volvo, Daimler Fleetboard e a Scania no setor automóvel, General Electric e Qualcomm Enterprise Services, Securitas Direct) [6].

2.8.1.7 **TeliaSonera**

A TeliaSonera tem uma vastíssima experiência no mercado M2M *wireless* que remonta ao tempo antes da fusão entre a empresa Sueca Télia com a sua semelhante Finlandesa Sonera. Hoje é uma operadora sólida líder de mercado nos seus mercados nacionais.

A TeliaSonera participa em vários grandes projetos M2M na região Nórdica, principalmente na área de *smart metering*, onde tem parcerias com a E.ON e a Vattenfall, as duas principais companhias elétricas tendo mais de 500000 SIM-Cards instalados em medidores elétricos automáticos para estas duas companhias. Tem também já instalada capacidade para servir uma larga franja do seu mercado alvo (1Milhão de famílias) com GPRS ponto-a-ponto [6]. Por outro lado, realizou também uma parceria com a Smarttrust que permitiu a fornecer aplicações M2M nas áreas de pagamento eletrónico, tele-monotorização de veículos. Mais recentemente a TeliaSonera realizou uma parceria com a Deutsche Telekom e com a Orange de forma a alargar a sua cobertura [21].

2.8.1.8 **Deutsche Telekom**

A T-Mobile aparece com sendo a maior fornecedora Europeia de ligações M2M, tendo na Alemanha o seu principal mercado. Dá uma grande ênfase a problemática da conectividade mesmo na aproximação aos mercados verticais, fazendo parcerias para buscar uma solução global, tomando responsabilidade total pela conectividade dos produtos e do suporte a essa mesma ligação, deixando aos parceiros a responsabilidade pelo desenvolvimento de hardware, colaborando com eles em todos os outros pontos, como desenvolvimento, teste e suporte de aplicações, integração de soluções, consultoria e vendas, instalação, faturação etc. Possuem um Centro de Competências Internacional em Bonn [6].

A T-Systems, outra empresa do grupo, por seu lado está envolvida em vários grandes projetos na Alemanha como o *GNSS road pricing*, sistema de cobrança automática de portagens para camiões desenvolvido em parceria com a Daimler. Os seus principais clientes neste mercado M2M são para já a BMW, com quem têm parcerias anteriores ao M2M, e a Continental. Veio recentemente lançar o primeiro mercado online de aplicações M2M, um local onde a Deutsche Telekom e os seus parceiros podem colocar a venda as suas aplicações M2M [25].

2.8.1.9 **Vodafone**

A implementação M2M tem sido liderada pela VGE (Vodafone Global Enterprise), uma unidade de negócio dentro da organização que gere as relações com as maiores multinacionais. Aposta no desenvolvimento de uma plataforma dedicada ao M2M, criou uma equipa para manter os clientes a par dos mais recentes desenvolvimentos ou para ajudar a instalações massivas a nível multinacional. A par da plataforma a Vodafone pretende oferecer contractos de gestão de serviços, e SLA (Service Level Agreement) para modelos comerciais de aplicações específicas ou novas ligações. Ainda fazendo parte da estratégia para o M2M a Vodafone criou dentro da VGE uma unidade dedicada a projetos internacionais de larga escala, e dá apoio técnico a subsidiárias nacionais em projetos mais pequenos de escala nacional/regional. O principal foco desta unidade tem sido o sector industrial e automóvel, onde a instalação massiva de dispositivos está prevista para um futuro muito próximo [6].

2.8.1.10 **Telecom Italia**

A Telecom Italia fornece ligações M2M móveis ou fixas para dispositivos M2M, CloudHosting para aplicações e aplicações para diversos mercados verticais como faturação automática, otimização de processos industriais, smart metering, serviços de gestão de transportes inteligente, aplicações na área da saúde [71]. As faces mais visíveis destes produtos da Telecom Italia são o Wanteat, uma aplicação em conjunto com a indústria gastronómica italiana, que visa uma conectividade total entre produtores, fornecedores, restaurantes e clientes finais impulsionando e promovendo o mundo gastronómico local, e o SeeAR, que visa mudar a forma como nos interligamos com o ambiente que nos rodeia, que com uma aplicação para uma plataforma móvel (e.g. Smartphone) seja possível controlar e ajustar o ambiente doméstico. A Telecom Italia possui ainda o Telecom Italia LAP, uma instalação laboratorial multifacetada onde os colaboradores podem ensaiar novas aplicações e/ou dispositivos, ou fazer avaliações de índole técnico-económicas.

2.8.1.11 **KPN**

O setor das comunicações M2M tornou-se a partir de 2010 uma das principais preocupações do grupo, sendo que essa preocupação se estende a todo o grupo, coordenando-se através de uma equipa central. Posicionou através Jasper Wireless para fornecer uma plataforma pan-Europeia global para o setor M2M [27].

Apostou muito forte nesta fase embrionária da evolução do conceito M2M nos setores da logística e dos transportes, mercado onde tem um forte legado, e aponta outros mercados emergentes como os consumíveis eletrónicos, e-helth, smart metering, e gestão energética.

2.8.1.12 **Portugal Telecom**

O potencial de negócio que existe nas soluções M2M não foi descurado pelas empresas portuguesas que começam a ter estratégias bem definidas para esta área e que procuram em muitos casos desenvolver iniciativas de internacionalização, uma vez que o potencial de mercado não está propriamente em Portugal mas sim no mercado europeu ou mesmo mundial.

A Portugal Telecom (PT) refere os sectores da telemetria de consumos energéticos, dos transportes automóveis, o da saúde e bem-estar, da agricultura e das cidades inteligentes. Já definiu estratégias no setor dos pagamentos eletrónicos, da domótica e a tele-vigilância até à Open Idea, que pode ser usada por operadores ou por grandes empresas para definir e disponibilizar serviços à medida.

2.8.2 Fabricantes de Equipamentos (OEM)

Neste setor existem inúmeras empresas ativas das quais se destacam Cinterion, Huawei, iWOW, Neoway, Novatel Wireless, Quectel, Sagemcom, Sierra Wireless, SIMcom Wireless Solutions, Telit Communications, u-blox, e a ZTE. Em 2011 as empresas neste sector com maior volume de negócio foram, a Cinterion, a Telit e a Sierra Wireless [72].

A Cinterion tem liderado este setor, estando na vanguarda da investigação e do fornecimento de módulos M2M desde que há dados recolhidos sobre esta matéria. Em 2010 a Cinterion adquiriu a Gemalto na esperança de potenciar os seus recursos e ofertas complementares, procurando oferecer ao mercado uma proposta mais abrangente e diferenciada.

A Sierra Wireless foi uma das primeiras empresas de módulos M2M que foi um pouco além do simples desenvolvimento de módulos M2M, oferecendo também uma plataforma de software que beneficiou financeiramente a empresa, uma vez que face a pressão a que os preços dos módulos têm sido sujeitos, permitiu a empresa focar-se no desenvolvimento de produtos com maior valor de mercado.

A Telit Communications tem a particularidade de ser a empresa, que tem um maior fator de crescimento nos últimos anos, crescendo de 6% de cota de mercado para mais de 20%, em volume de módulos transacionados em 2011. A Telit tem apostado em soluções e módulos que permitem aos clientes abstrair-se ao máximo da complexidade logística da cadeia de fornecimento de ligação, a preços competitivos e agressivos.

2.8.3 Projetistas e Integradoras de Serviços

Neste sector existe inúmeras empresas no mercado, serão apenas destacados dois exemplos a WeDo Technologies, e a ISA (Intelligent Sensing Anywhere), visto serem empresas portuguesas reconhecidas internacionalmente.

2.8.3.1 *WeDo Technologies*

A WeDo technologies acredita que processo de maturação do M2M em Portugal já é notório e já estão no terreno algumas soluções de telemonitorização de frotas, *pay-as-you-drive*, pontos de venda eletrónicos. A WeDo technologies considera que as plataformas móveis no mercado de consumo, as redes energéticas, os pagamentos inteligentes, a monitorização industrial e à telemática nos veículos de passageiros como as áreas mais promissoras e a ser exploradas [8].

Por outro lado a WeDo technologies aposta forte no setor do Lucro e Proteção da receita, área onde é reconhecida internacionalmente, como demonstra a sua carteira de clientes onde constam alguns líderes mundiais nos seus setores. Os seus softwares e serviços visam aumentar/melhorar a eficiência das empresas gerindo riscos associados às operações de uma empresa [73].

2.8.3.2 *Intelligent Sensing Anywhere*

A ISA, aposta forte principalmente em dois mercados verticais, o smartmetering e eficiência energética, e setor da saúde.

No setor da eficiência energética a ISA desenvolveu uma solução completa para monitorização e otimização dos consumos de gás, eletricidade, e água, que ajuda a reduzir os consumos. Este produto da ISA engloba monitorização, alarmes e *software* de gestão. É ainda líder mundial e especialista em soluções de monitorização remota que leva a otimização de processos e logística para as companhias de petróleo e gás natural. No setor da saúde, dispõe de soluções para aumentar o conforto, qualidade de vida e eficiência dos cuidados de saúde para pessoas com doenças crónicas [74].

Em Portugal a face mais visível dos produtos desenvolvidos, prende-se com a parceria efetuada com a GALP, para a telemetria das centenas de tanques que a GALP tem espalhado pelo país, bem como no projeto abastecimento seguro.

3. Perspetiva global do mercado M2M

3.1 Desafios e expectativas de crescimento de Mercado

Existem alguns fatores que têm contribuído para que o adiar da explosão no crescimento do mercado M2M como: (i) a falta da sensibilidade do mercado para a questão das comunicações M2M; (ii) a complexidade tecnológica; (iii) investimentos iniciais elevados; (iv) resistências com os operadores, que insistem em modelos de tarifários específicos e complexos para este tipo de tráfego; (v) as preocupações da operadoras com o retorno do investimento derivado do facto de cada um dos dispositivos gerar normalmente pouco tráfego [10].

Para o crescimento deste segmento de mercado tem contribuído um conjunto de fatores com: (i) a expansão agressiva da cobertura das redes móveis em todo o mundo; (ii) a telemetria e a telemática começam a ser encaradas como fatores de otimização operacional (como tal fonte de receita); (iii) a crescente pesquisa e desenvolvimento por parte do setor da indústria das comunicações móveis; (iv) massificação da produção de dispositivos com conectividade sem fios embutida; (v) avanços técnicos nas normas; (vi) a necessidade dos operadores de telecomunicações, em procurar novas fontes de receita e expandirem as suas ofertas de serviços; (vii) normas governativas, no que as Smart Grids dizem respeito, que em muitos países estão a fazer crescer o número de soluções que exigem o uso de tecnologia M2M [64]; (viii) novos modelos de faturação das operadoras de telecomunicações estão a criar cenários economicamente viáveis para o M2M; (ix) o decréscimo do preço nos Modem 3G/4G; (x) a crescente escalabilidade das redes para aparelhos de baixo tráfego; (xi) o crescente número de sistemas computacionais M2M que podem ser usados como *gateway*; (xii) soluções simplificadas para desenvolvimento e implementação de aplicação; (xiii) a existência de plataformas que permite as empresas terem ligações de dados de alto débito; (xiv) a existência de plataformas de aplicações; (xv) soluções de software que permitem a manutenção automática de dispositivos [15].

Como se pode verificar na figura 3.1 a tecnologia M2M já passou a fase de expectativas desmesuradas e começa-se a abrir uma janela de oportunidade que se estima atingir taxas de penetração no mercado deverão rondar os 20-30% nos próximos 5-10 anos, e as operadoras tem de começar a pensar onde querem estar nessa altura [17].

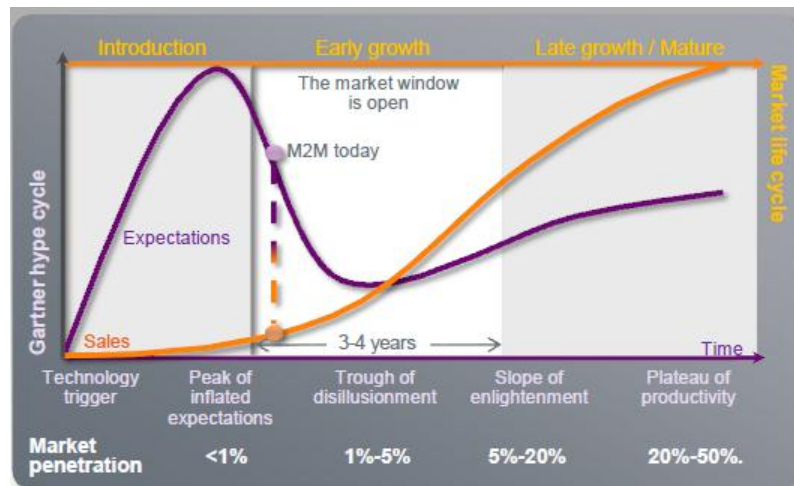


Figura 3.1 Perspetiva de evolução do mercado [17]

3.2 . Custo Total da Posse

Conhecido como TCO (*Total Cost of Ownership*), define uma estimativa para avaliar os custos diretos e indiretos relacionados com a compra manutenção e operabilidade de um dispositivo, sistema, ou rede [3]. No que a uma solução M2M diz respeito, os principais custos relacionados com a construção de uma solução/serviço M2M prendem-se essencialmente com:

- Custos dos componentes: Custos associados aos direitos de propriedade dos módulos de comunicação;
- Projeto dos módulos: Custos associados ao projeto global da solução com o módulo de comunicação integrado;
- Custos de Integração: Custos associados à integração dos módulos de comunicação em dispositivos das aplicações. (e.g. custos de armazenamento, de conetores, fontes de alimentação etc.);
- Homologação: Custos com testes, certificações e homologação junto da indústria e das operadoras;
- Distribuição e Instalação: Custos com a distribuição e instalação dos dispositivos;
- Sistemas e plataformas: Custos associados aos sistemas e ao software necessários para ativar os dispositivos M2M.
- Custo dos serviços: Custo associado a ativação da conta SIM na rede, plataformas de rede, portais de rede, gestão de IP associados aos cartões SIM, Roaming e requisitos de segurança.
- Uso da Rede: Custos inerentes ao tráfego gerado pelo dispositivo.

3.3 Principais Mercados Verticais

O Mercado M2M é bastante fragmentado e complexo de definir, uma vez que num futuro próximo qualquer dispositivo com microprocessador poderá ser passível se ligar a rede. Portanto é natural que a médio prazo não exista uma única área de negócio que não tenha sido revolucionada pelas comunicações M2M. Na figura 3.2 mostra-se, por traços gerais, os mercados alvo de aplicações e serviços M2M e dos quais se espera que seja os principais motores do desenvolvimento e crescimento da tecnologia M2M.

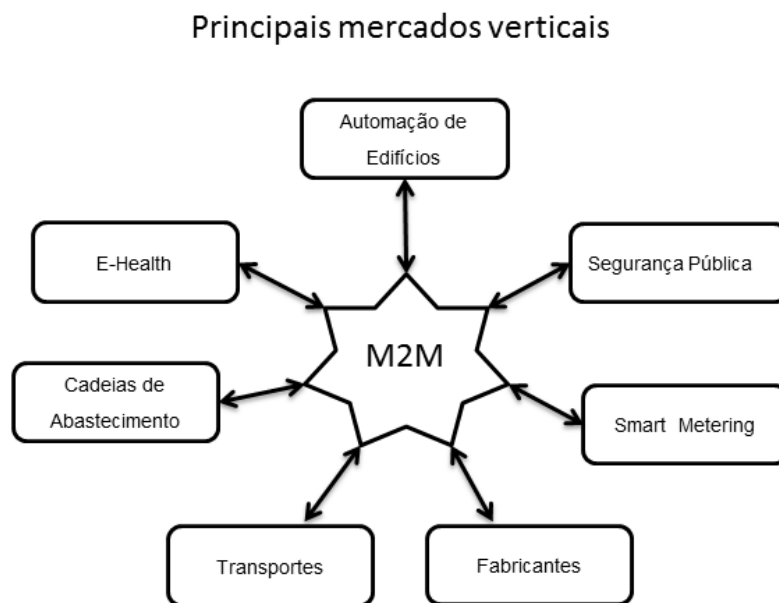


Figura 3.2 Principais Mercados Verticais atrativos ao M2M [41]

De acordo com a *Analysys Mason* [4], em 2011 já existiam cerca de 100 milhões de ligações M2M em todo o mundo, e as suas estimativas apontam para que os setores que se mostram mais promissores a curto prazo são os dos Cuidados de Saúde e das *Utilities*. No entanto, sendo que o setor dos cuidados de saúde tem um público-alvo relativamente pequeno no universo M2M (representarão ainda assim em 2021 cerca de 2% do mercado), o setor das *Utilities* representarão a maior franja do mercado estimando que sejam responsáveis por cerca de 60% das ligações M2M em 2021, e está a ser fortemente impulsionado por normas governativas em muitos países. Os outros setores como o automóvel e de transportes representarão cerca de 13% das ligações e o da segurança 21%, já o setor público, retalho e do setor financeiro, não representarão 2% do total.

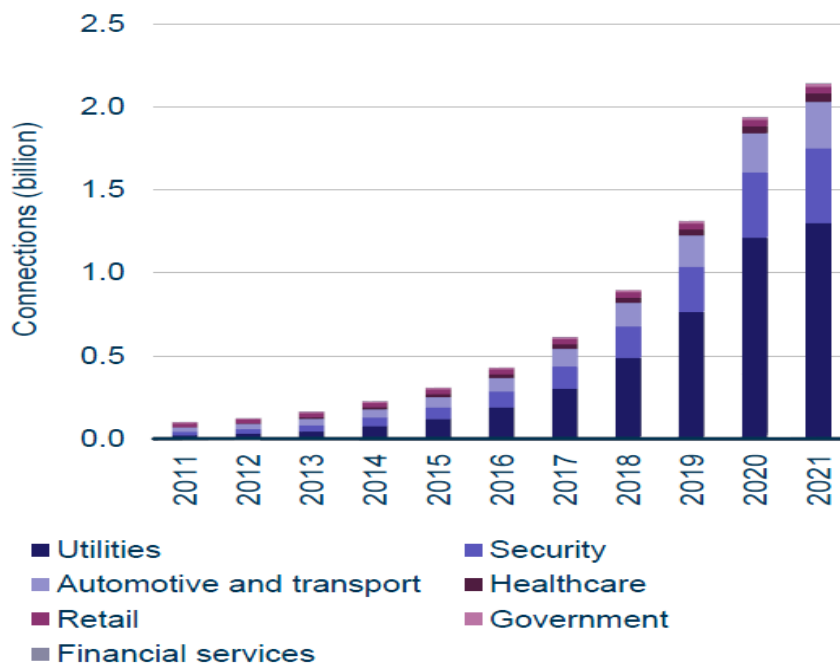


Figura 3.3 Previsão da evolução do número de dispositivos M2M [4]

Como se pode ver na figura 3.3, o setor automóvel é um mercado importante para as comunicações M2M, quer no fabrico, quer em serviços pós venda. As principais construtoras automóveis cedo tomaram consciência das potencialidades das comunicações M2M, e a integração de serviços de comunicação integrados nos principais carros de várias marcas foi um processo natural. Exemplos disto são os serviços OnStar da GM, G-BOOK da Toyota, SYNC da Ford, a plataforma mBased da Mercedes-Benz, ou o ConnectedDrive da BMW. Ainda no setor automóvel, o pós-venda é um setor importante para o mercado M2M. Neste setor existe um variadíssimo leque de aplicações como tele-monotorização de frotas, localização de veículos roubados, seguros automóveis, cobranças automáticas de portagens. Os modelos de negócio no setor pós venda automóvel são flexíveis gerando muitas oportunidades, e com isso bastante competição entre as operadoras [6]. Este setor tem atraído todo o tipo de empresas, grandes organizações que vêm neste setor potencial de crescimento (e.g. TomTom, e Qualcomm), empresas que já forneciam serviços no pós venda, especialmente em equipamentos de segurança (e.g. Cobra AT, LoJack, MetaSystem e PST).

O setor das *Utilities*, as *Smart Grids* representam um dos maiores potenciais de crescimento no M2M. Estima-se que não haverá casas no mundo desenvolvido que não possuam sensores inteligentes medindo consumos de gás, água ou eletricidade. As *Smart Grids* são um conceito criado para interligar todos estes mecanismos, de forma a otimizar produção, distribuição e consumo de energia, por isso muitas distribuidoras elétricas e governos tem planeado grandes investimentos nesta área.

No setor da segurança a expectativa passa por fazer uma migração dos serviços que atualmente tem uma ligação fixa, por uma ligação sem fios. Os principais alvos deste setor são locais de difícil acesso por rede fixa, ou onde a mesma não é muito fiável.

No setor do retalho existem um sem número de aplicações, como aplicações para gestão de stock, faturação automática, máquinas de venda eletrónicas, pontos de venda móveis, etc.. Estas aplicações vêm otimizar e agilizar o setor evitando deslocações ou compras desnecessárias, facilitando posteriormente também a contabilidade.

No setor da saúde o crescimento deste setor é limitado, uma vez que o público-alvo é sobretudo idosos, e pessoas com doenças crónicas. A ideia é monitorizar remotamente o paciente, mantendo um histórico dos vários dados mantendo-os disponíveis para o acesso quer por médicos ou familiar, podendo também solicitar meios de emergência caso se verifique um incidente grave.

4. Casa Inteligente

Casa Inteligente ou *Smart Home*, ou ainda Casa Digital, são termos utilizados para descrever uma habitação dotada de uma infraestrutura de comunicação e de dispositivos que visam a automação de tarefas do dia-a-dia, aumentando o seu conforto e eficiência. Graças aos seus sistemas computacionais e de comunicação a habitação pode adaptar-se aos hábitos dos seus moradores, monitorizando e controlando alguns dos aspetos da vida quotidiana [65]. A figura 4.1 mostra as principais funcionalidades compõem uma Casa Inteligente.

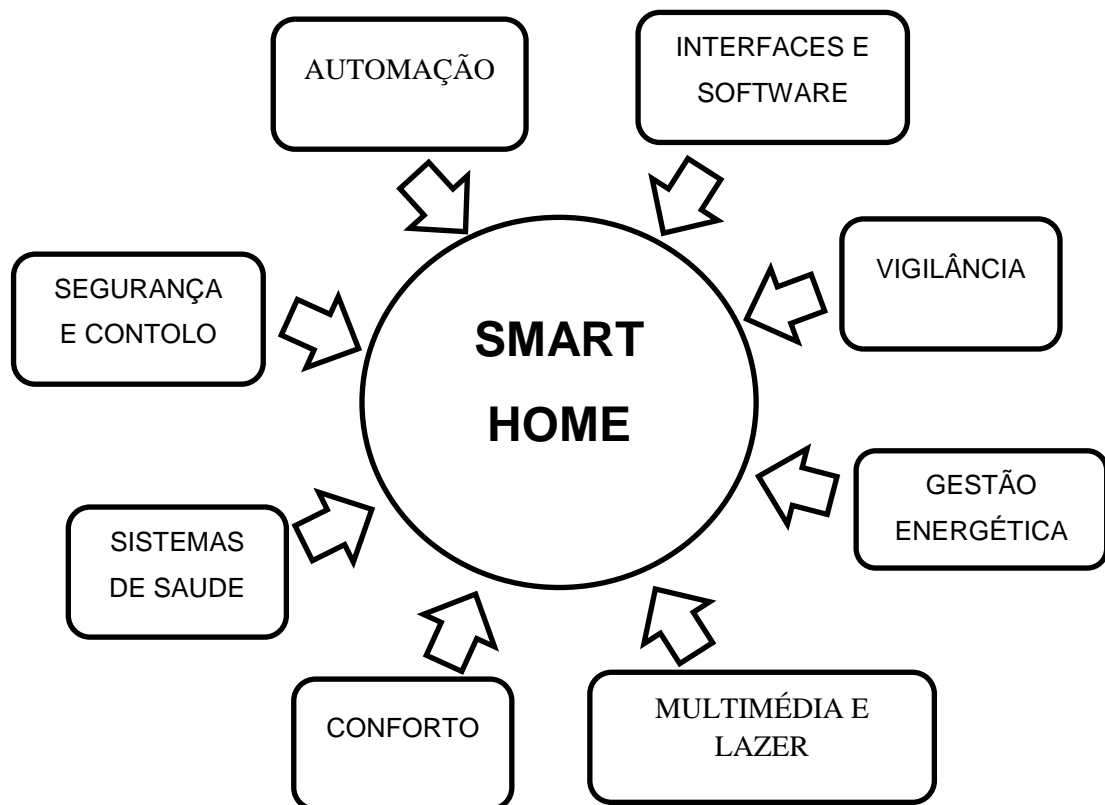


Figura 4.1 - Esquema de uma casa inteligente e das várias áreas abrangidas pelo conceito [65]

4.1 Organização e Estrutura e tecnologias nas redes de telecomunicação

Tendo em conta o conceito acima citado, para além dos dispositivos essenciais é também necessária uma infraestrutura de rede eficiente. Neste cenário a rede M2M doméstica não pode ser olhada de forma isolada, uma vez que faz parte de uma infraestrutura global.

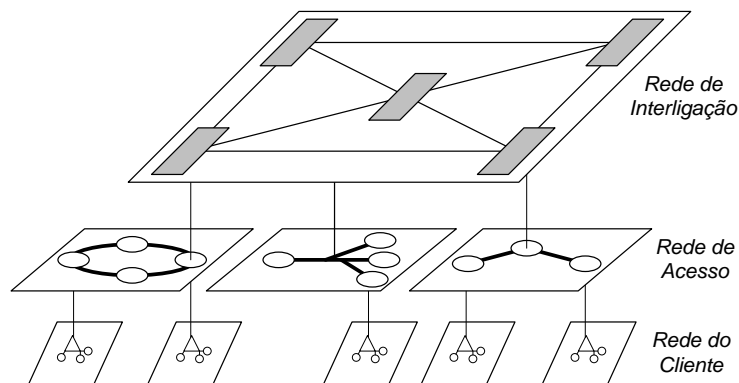


Figura 4.2- Estrutura base de uma rede de telecomunicações [38]

Como se pode constatar na figura 4.2 a infraestrutura básica de uma rede de telecomunicações está estruturalmente dividida em 3 grandes segmentos, a rede nuclear ou de interligação (CORE), a rede de acesso, e a rede do cliente [38]. Cada um destes segmentos tem características próprias que os identificam.

Rede Core

O segmento da Rede Core é constituído por componentes e estruturas de alto débito capazes de agregar e transmitir a informação recolhida nas redes de acesso, e fazer a interligação das várias redes de acesso, usando para tal tecnologias de transporte normalizadas para comunicações de alto débito nos diversos meios, como rádio, elétrico ou ótico, e mecanismos de gestão ao nível físico que garantem qualidade de transmissão e transporte com elevada fiabilidade.

Rede de Acesso

O segmento de acesso, que faz a ligação entre os equipamentos do utilizador e o ponto de comutação e encaminhamento mais próximo, normalmente na central local. Estas redes podem usar os mais variados suportes físicos, pares de cobre entrançado, cabo coaxial de cobre, tecnologias *wireless*, ou fibra ótica. A escolha do suporte físico a utilizar na rede de acesso resulta da conjugação de fatores como largura de banda exigida, distância, mobilidade, flexibilidade, ou

mesmo modelos económicos para caso em estudo. Atualmente a tecnologia que ainda é mais comum na rede de acesso é xDSL.

Rede do Cliente

O segmento de rede do cliente faz a interligação e a distribuição dos serviços pelos equipamentos do cliente. São normalmente de pequenas dimensões e são instalações que e implementadas já no interior de edifícios. As tecnologias a usar neste segmento estão dependentes de vários fatores, como número de utilizadores a servir, mobilidade, dimensão da rede, e o tipo de serviços que são servidos à rede do cliente pelo fornecedor de serviços.

4.2 Classificação das Redes por área de cobertura

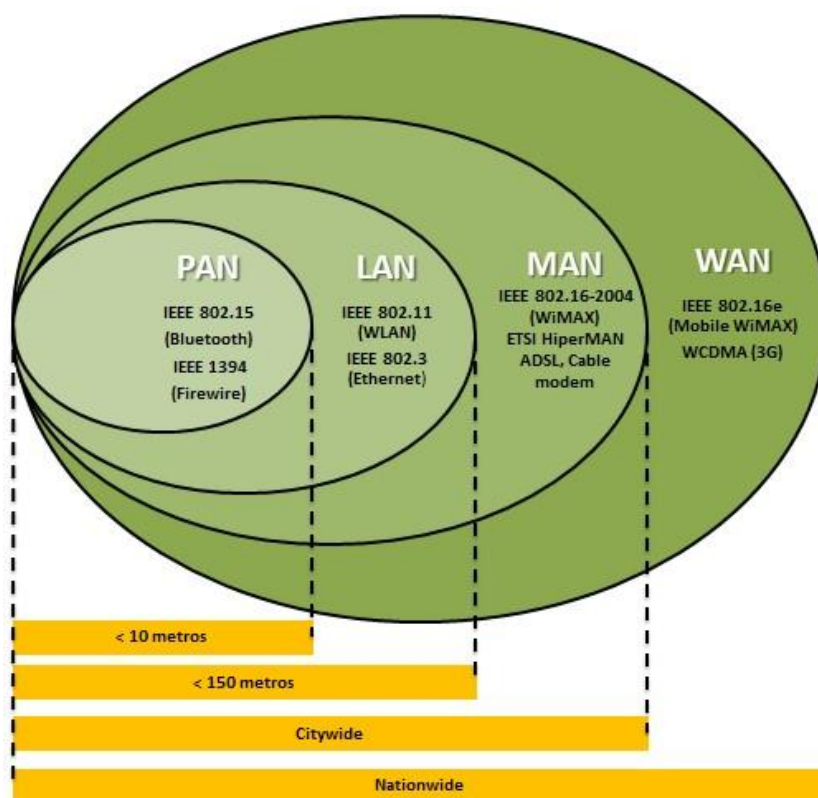


Figura 4.3 Classificação das redes de telecomunicação em função da sua área de cobertura [54]

As redes de telecomunicação podem ser classificadas também pelas suas dimensões e características, na figura 4.3 está representada a classificação das redes de telecomunicações em relação às suas dimensões. As redes podem assim ser classificadas em quatro categorias diferentes [54]: PAN (*Personal Area Network*), que são normalmente redes muito pequenas destinadas ao acesso pessoal para ligar computadores, *smartphones*, *tablets*, etc., LAN (*Local Area Network*), que permite a ligação de servidores, computadores, *smartphones*, *tablets*, impressoras, e os mais variados equipamento possíveis de se ligar a rede, numa área limitada (habitação, escritório, sala, vizinhança). Numa visão mais alargada, surgem as MAN (*Metropolitan*

Area Network), capazes de fazer a interligação de pequenas redes e equipamentos em vários pontos de uma cidade, por fim as WAN (*Wide Area Network*) permite a interligação de PAN,LAN,MAN numa área alargada, como um país ou continente.

4.3 Tecnologias nas redes de acesso

As tecnologias a utilizar nas redes de acesso podem utilizar tecnologias sem fio (Wireless), ou tecnologias cabladas ou fixas.

Segundo a ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações) revela no seu relatório referente ao segundo trimestre do ano de 2012, existiam nesse momento 2.3 milhões de acessos fixos. O acesso por ADSL continua a ser o acesso mais utilizado pelos portugueses, com 47%, seguido do *modem* por cabo com 39.6% e Fibra ótica (FTTH/B) com 13,3%. As variações homólogas revelam que estes números se encontram de acordo com as suas tendências históricas, sendo que os acessos por fibra ótica são aqueles que revelam uma mais variação tendo crescido 75% em relação ao mesmo período de 2011 [43].

Em relação às tecnologias *wireless*, o relatório da ANACOM refere que no segundo trimestre de 2012 existiam em Portugal 2.6 milhões de ligações á internet móvel dos quais apenas 1.04 milhões de acessos são feitos através de placas/modems. Embora não ainda não existam dados oficiais da ANACOM, tudo leva a crer que uma boa parte destas ligações sejam já de sensores, ou dispositivos ligados á rede [43].

Tabela 4-1 Tecnologias de comunicação *Wireless* na Rede de acesso [66]

Tecnologia	Taxa de dados (downlink / uplink)	Vantagens	Desvantagens	Caso de utilização
WCDMA	2 Mbps / 384 kbps	Boa cobertura; muitos utilizadores	Velocidade limitada	Acesso no segmento de distribuição sem fios (móvel celular)
HSDPA	14,4 Mbps / 384 kbps	Upgrades das, redes 3G; baixa latência		
IEEE 802.16d Fixed WiMAX	10 / 5 Mbps	Muito mais barato de construir do que DSL em áreas rurais	Gastos nos terminais; capacidade partilhada numa célula	Acesso nos segmentos de distribuição sem fios (fixo) e em áreas rurais
IEEE 802.16e Mobile WiMAX	46 / 4 Mbps	Cobertura	Licença móvel do WiMAX necessária	Equipamentos portáteis em áreas urbanas; acesso na última milha em áreas rurais
HSPA HSPA+	14,4 / 5,76 Mbps 336 / 46 Mbps	Cobertura, Baixa latência	Requer licença 3G	Equipamentos móveis, Computadores
LTE	100 / 50 Mbps	Boa cobertura, Melhor interoperabilidade dos sistemas móveis actuais, Velocidades de dados mais rápidos	Licença e falta de compatibilidade com equipamentos já existentes	Equipamentos móveis, Computadores

Tabela 4-2 Tecnologias de comunicação cabladas/fixas na rede de acesso [66]

Tecnologia	Taxa de dados (downlink / uplink)	Vantagens	Desvantagens	Caso de utilização
Modem por cabo (DOCSIS / EuroDOCSIS 3.0)	160 / 120 Mbps	Utiliza a capacidade da rede CATV	Disponibilidade das redes por cabo	Acesso no segmento de distribuição nas casas com CATV
ADSL	24 / 3,5 Mbps (1,5 km)	Utiliza as redes telefónicas	Velocidades dependentes da distância mais próxima da troca	Acesso no segmento de distribuição (rede do cliente)
VDSL VDSL 2	52 / 2,3 Mbps; até 100Mbps (0,3-1,5 km)	Utiliza as redes telefónicas	Velocidades dependentes da distância mais próxima da troca	Acesso no segmento de distribuição (rede do cliente)
Fibra (FTTH)	> 1 / 1 Gbps	Alta capacidade	Alto investimento inicial	Acesso no segmento de distribuição (rede do cliente) em áreas urbanas; backbone das redes

Algumas destas tecnologias têm como grande vantagem a reutilização de grande parte das infraestruturas existentes pelo que as suas vantagens económicas ao nível da sua implementação são óbvias. No entanto as evoluções constantes das tecnologias de comunicação começam a tornar as velocidades oferecidas por esse tipo de ligações limitadas, pelo que a migração para novas tecnologias acabar por ser natural [56].

As tecnologias fixas são mais rentáveis em zonas populacionais densas, o que torna as distâncias aos pontos de flexibilidade das redes mais curtos. Neste cenário as tecnologias mais propícias serão o xDSL (*Digital Line Subscriber*), redes HFC (*Híbrido Fibre Co-axial*), ou as redes em fibra ótica (FTTx).

As redes xDSL têm a seu favor o facto de reaproveitarem toda a infraestrutura de cobre da antiga rede telefónica, reduzindo assim os custos de implementação. No entanto, estas tecnologias acabam por ser limitadas na velocidade de transmissão que oferecem e o desempenho sofre bastante com a distância. No entanto embora não sejam redes adequadas ao serviço já possuem largura de banda para aplicações como VoIP, e IPTV.

As redes HFC surgiram como uma evolução das CATV (*Community Antenna Television*), fazendo com que as mesmas deixassem de ser rede de difusão de televisão passando a efetuar comunicação nos dois sentidos permitindo também o transporte de voz e dados. Também aqui o facto de reaproveitar toda uma infraestrutura existente é uma enorme vantagem nos custos de implementação. No entanto a natureza partilhada da rede HFC limita a largura de banda disponível a cada utilizador.

As redes de fibra ótica aparecem mais recentemente nas redes de acesso, uma vez que até á bem pouco tempo eram apenas usadas nas redes core, e em infraestruturas de alto débito,

elas são classificadas consoante o local onde se encontra colocado o ponto de determinação da rede. No caso extremo o FTTH (*Fibre To The Home*), em que a fibra é levada efetivamente até casa do consumidor, pode-se não só oferecer taxas de transmissão elevadíssimas, como mostra a tabela 4.2, mas também elevada qualidade de serviço (QoS).

Nos casos onde não existe infraestrutura fixa, disponível e a densidade populacional é baixa, os custos de implementação de uma solução fixa, são exorbitantes e não possuem retorno de investimento suficiente para ser atrativo às operadoras de telecomunicação. Nesses casos as soluções *wireless* aparecem como uma solução para levar banda larga a estas regiões. A evolução nos últimos anos tem sido estonteante, portanto é natural que se apontem tecnologias *wireless* capazes de satisfazer as necessidades de banda larga das populações, neste âmbito as redes wireless têm sido desenvolvidas nos últimos anos em conjunto com a indústria. Com o foco de garantir o suporte ao protocolo IP e altas taxas de transmissão surgem duas tecnologias o WiMax, e o LTE.

O WiMax trata-se de uma tecnologia *wireless* com QoS e capacidade para servir uma área metropolitana na ordem dos quilómetros com taxas de transmissão que podem chegar a 40 Mbps, e com suporte para redes IP, ATM, e Ethernet, têm boas características no que aos custos, mobilidade e flexibilidade diz respeito, tendo no entanto a desvantagem de ter limitações na distância e limitações ao fornecer serviço a vários utilizadores em simultâneo.

A tecnologia LTE apresenta-se como a evolução na continuidade, ou seja, permite o uso dos recursos já existentes, pelo que as operadoras estejam a optar pela implementação da mesma, visto não ser necessário a descontinuidade das tecnologias antigas permitindo uma migração natural para a nova rede.

4.4 Arquitetura de uma Rede M2M Doméstica

As redes domésticas começam a evoluir da simples redes de computadores, e telefonia, para algo bem mais complexo. O aparecimento de novos dispositivos com capacidade computacional e de ligação á rede traz desafios ao projeto das mesmas. Na figura 4.4 está representada uma arquitetura de uma rede domestica M2M, possível de construir com equipamentos disponíveis no mercado:

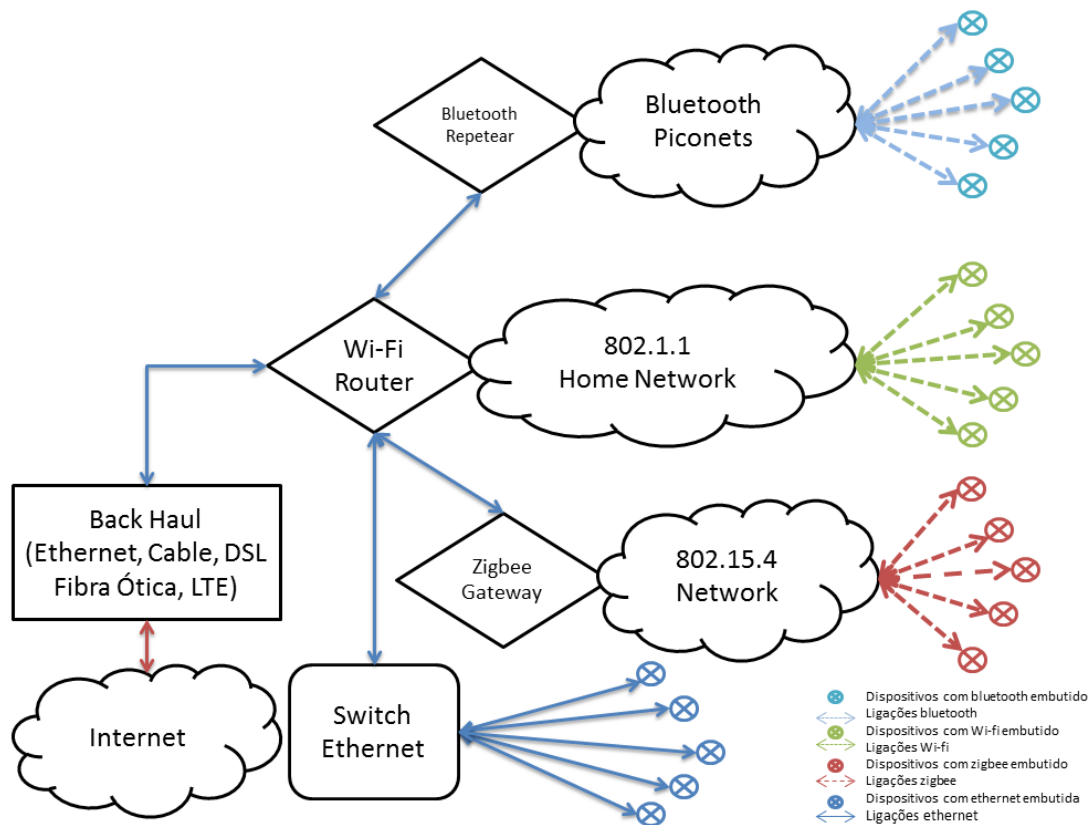


Figura 4.4 Arquitetura de uma rede doméstica atual M2M [41]

Este tipo de arquitetura cria várias redes locais, logo vários *gateways*, que necessitam de comunicar entre eles, o que faz com que os vários *gateways* tenham de ser capazes para lidar com aplicações NAT (*Network Address Translation*), o que introduz algumas complicações na rede uma vez que o protocolo NAT coloca algumas complicações às comunicações *peer-to-peer*, às aplicações que utilizam explicitamente endereços IP e aplicações que requerem QoS especializado [41], o que pode colocar um problema de escalabilidade.

O desafio do *design* deste tipo de redes está na sua complexidade, que cria quatro ou mais sub-redes (e.g. 802.15.4 (*ZigBee*), 802.11 (*Wi-Fi*), Bluetooth, e Ethernet, etc.) distintas ligadas ao mesmo *Back Haul*. A interoperabilidade entre as mesmas é também uma problemática que, no entanto, a evolução de alguns protocolos poderão resolver.

4.4.1 Tecnologias *wireless* nas redes M2M domésticas

Nas tabelas 4-3 e 4-4 estão listadas as principais tecnologias e algumas das suas características que estão na base do crescimento e desenvolvimento das casas inteligentes.

Tabela 4-3 Tecnologias *wireless* num contexto doméstico [66]

Tecnologia	Máx. Taxa de dados	Vantagens	Desvantagens	Caso de utilização
IEEE 802.11g/n (WLAN)	54Mbps / 600Mbps	Rápido; Popular	Interferência das micro ondas	Ligações de dados e A/V
Bluetooth v.1 / v.2 / v.3 / v.4	723 Kbps / 3 Mbps / 24 Mbps / 1Mbps	Baixa potência e custo	Interferência das micro ondas; Velocidade limitada	Ligações a equipamentos pessoais
IEEE 802.15.4 (ZigBee/6LoWPAN)	250 Kbps	Baixa potência e custo	Velocidade Limitada	Equipamentos de sensores e controlo

Tabela 4-4 Tecnologias cabladas num contexto doméstico [66]

Tecnologia	Máx. Taxa de dados	Vantagens	Desvantagens	Caso de utilização
IEEE 802.3 (Ethernet)	10 / 100 Mbps; 1 / 10 Gbps	Confiança	Qos não herdada	Ligações corem fixas
IEEE 1394 (Firewire)	3.2 Gbps	QoS	Desempenho dos multiequipamentos	Ligações A/V
USB v.1 / v.2 / v.3	12 Mbps (v.1); 480 Mbps (v.2) 5 Gbps (v.3)	Plug 'n' Play	Distância limitada	Periféricos para os PC
PLC	200 Mbps	Utilização de cabos elétricos existentes	Interferência com equipamentos elétricos	Automação das casas; Equipamentos A/V

Os dispositivos M2M poderão começar a ser encontrados no ambiente doméstico no mais variado leque de aplicações, portanto é normal que surjam vários tipos de protocolos associados a comunicação entre este tipo de dispositivos. As tecnologias baseadas na norma IEEE 802.15.4, como o ZigBee ou o 6LoWPAN, são tidas como adequadas a aplicações de baixa potência ou baixa taxa de transferência de dados, onde vários sensores se encontrem espalhados por uma vasta área, enquanto o protocolo IEEE 802.11 (Wi-Fi), aparece como sendo o ideal para aplicações que exijam maior largura de banda. Já o Bluetooth aparece como sendo ideal para comunicações *peer-to-peer* de curto alcance e de baixa taxa de transferência, apesar de na sua última versão também já permitir taxas de transferência relativamente elevadas.

A norma IEEE 802.15.4 é provavelmente o mais universalmente aceite para o uso em aplicações M2M domesticas de baixa potencia. O IEEE 802.15.4 define a camada física e a camada MAC para aplicações de *duty-cycle*, débito, e potência, baixas. Apesar disso, é suficientemente simples para implementar em microprocessadores de 8bits e em transmissores e recetores de baixo custo. Não especifica topologias de redes, esquemas de rede, mecanismos de crescimento ou reparação de rede e é suficientemente flexível para ser usado em diferentes topologias de rede. Neste contexto surgem duas tecnologias concorrentes, o ZigBee e o 6LoWPAN.

O ZigBee é um protocolo sobre a camada física da norma IEEE 802.15.4, que está a ser definido por um consórcio de mais de 300 empresas das mais variadas áreas de mercado, ao qual foi atribuído o nome de "*ZigBee Alliance*". Define as camadas de transporte e de rede, e um conjunto de interface para a camada de aplicações. Em termos de comunicação, este usa a flexibilidade potenciada pelo IEEE 802.15.4, para implementar estratégias de roteamento *multihop*, que permite que pacotes de informação viagem longas distâncias, enquanto os dispositivos apenas necessitem de transmitir curtas distâncias. No entanto, a abordagem de endereçamento

do protocolo ZigBee, apresenta algumas complicações quando tenta comunicar sobre a internet. O ZigBee usa o esquema de endereçamento do IEEE 802.15.4, onde todos os dispositivos têm reservado um endereço de 64bits, que tem de ser remapeado para 16 bits quando se junta a uma rede. O que significa se se quer aceder a informação contida num dispositivos ZigBee, será sempre necessário uma aplicação NAT no *gateway* ZigBee. Para evitar colisões dentro da rede sem fios, o ZigBee tem um controlo de acesso CSMA-CA [41].

Um dos problemas com o envio de pacotes IPv6 num link 802.15.4 é que os cabeçalhos IPv6 são muito grandes quando comparados com os pacotes que viajam em redes deste género. O grupo de trabalho da IETF (Internet Engineering Task Force) responsável pelo desenvolvimento do 6LowPAN define uma camada de adaptação (figura 4.5) que se situa entre a camada de ligação e a camada IP, que define como comprimir os cabeçalhos IPv6 e como compartimentar os pacotes de dados de forma a poderem ser transportados nos links 802.15.4. No entanto, este roteamento é ainda ineficaz e o IETF, tem grupos de estudo a desenvolver protocolos de encaminhamento que sejam eficazes mesmo em redes de recursos limitados. Por outro lado o IETF está a estudar outros protocolos a nível da camada de aplicações que promovam a eficiência das redes 6LowPAN [41].

O Bluetooth é popular para ligações *peer-to-peer* de curta distância, nomeadamente camaras fotográficas, auriculares, colunas de som, etc. A transmissão de dados é feita através de radiofrequência, permitindo que um equipamento detete outro, independentemente das suas posições, desde que estejam dentro do seu alcance. O protocolo Bluetooth já suporta endereçamento IP, no entanto apresenta questões de compatibilidade com as redes baseadas no IEEE 802.15.4. As suas redes chamadas *Piconets* apenas suportam oito dispositivos a comunicar em simultâneo. Embora os protocolos definam métodos de comunicação entre *Piconets*, as baixas velocidades de transmissão e o facto de os dispositivos terem de sincronizar periodicamente coloca graves problemas de escalabilidade. A velocidade de transmissão de dados no Bluetooth é baixa, cerca de 1 Mbps para a primeira versão, evoluindo para a versão 2.0 com uma velocidade de transmissão até 3 Mbps e numa versão posterior (versão 3.0) com velocidades que podem atingir até 24 Mbps. A versão mais recente do Bluetooth é a 4.0 aprovada em Junho de 2010 pela Bluetooth SIG onde o seu principal objetivo não foi a velocidade de transmissão mas sim o baixíssimo consumo de energia, tempo de espera mais reduzido e maior alcance. O ponto mais fraco apresentado por esta versão é a baixa velocidade de transmissão de 1 Mbps.

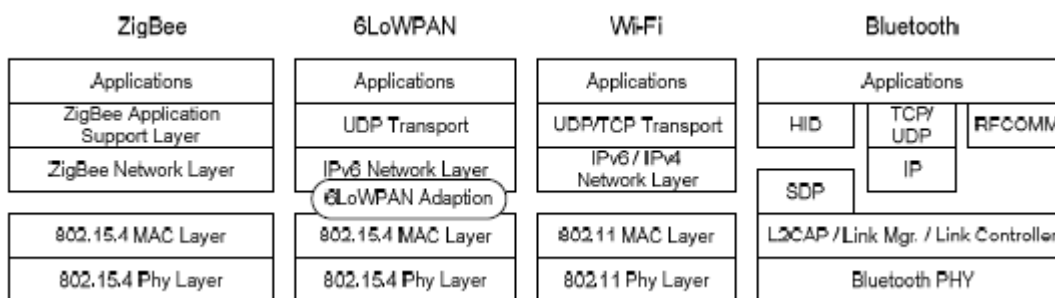


Figura 4.5- Camadas do modelo OSI das diferentes tecnologias [41]

4.4.2 Tecnologias e interfaces cablados em redes M2M domésticas

A solução mais comum para ligar um computador a rede doméstica é a Ethernet. Esta tecnologia é atualmente a tecnologia mais difundida no mercado, devido a sua fiabilidade, qualidade de serviço, e o baixo custo quer da cablagem quer dos equipamentos, leva a que o setor empresarial e corporativo opte por estas soluções nas suas redes. Pelos mesmos motivos também é uma opção preferencial no setor residencial. A norma IEEE 802.3 apresenta como pontos fortes a transmissão de dados rápida e confiável, mas também a fácil implementação, gestão e manutenção. Apresenta ainda uma flexibilidade topológica bastante grande, o que permite a interligação dos vários elementos de rede independentemente do fabricante. Torna-se uma base de rede sólida, flexível capaz de suportar voz, vídeo, dados, e aplicações de comunicação, tendo para além disso capacidade para se adaptar, quer a novas tecnologias, quer a mudanças na rede, sem a necessidade de ter investimentos de capital significativo.

A tecnologia *Power Line Communication* (PLC) é uma tecnologia que utiliza a rede elétrica (de baixa e média tensão) como meio para o transporte de dados, voz e vídeo, reutilizando a infraestrutura já existente [66]. Pretende-se assim reutilizar a rede elétrica doméstica e utiliza-la como canal de comunicação de dados e voz sobrepondo sinais de baixa intensidade à onda de energia. No entanto a rede elétrica não foi desenhada para a transmissão de dados e apresenta níveis elevados de atenuação, ruído considerável, variações de impedâncias que a tornam um meio de transmissão pouco eficaz para a transmissão de dados.

O USB (Universal Serial Bus), veio facilitar a instalação dos diversos equipamentos/periféricos, que se podiam ligar ao computador. A sua popularidade é tal que a indústria estendeu a sua aplicabilidade aos equipamentos de consumo eletrónicos. Desta forma é possível através de um driver genérico ligar, usar, ou controlar de forma imediata e sem limitações qualquer dispositivo conectado através de USB. A última versão do USB surgiu em 2008 e permite atingir taxas de transferência perto dos 5 Gbps.

O *Firewire* ou *i.Link*, foi originalmente desenvolvida para equipamentos de entretenimento. No entanto, atualmente oferece uma interface digital de baixo custo que integra entretenimento, comunicação e produtos de computação numa única rede multimédia do consumidor, tornando-se

assim uma tecnologia que permite uma ligação rápida, estável e com grande taxa de transferência. Suporta redes com até sessenta e quatro equipamentos, e sustenta velocidades até 800Mbps, e distancias até 100m. Tal como o USB, suporta o *hot pluggin*, ou seja, os dispositivos podem ser ligados e desligados em qualquer altura.

4.5 Equipamentos

Os equipamentos disponíveis numa casa inteligente serão todo o tipo de equipamentos com alguma capacidade computacional, que se possam, de forma cablada ou sem fios, ter a capacidade para se ligar á rede e que desempenhem a sua função automaticamente, ou possam ser controlados remotamente. A figura 4.6 mostra um exemplo do que pode ser uma Casa Inteligente.

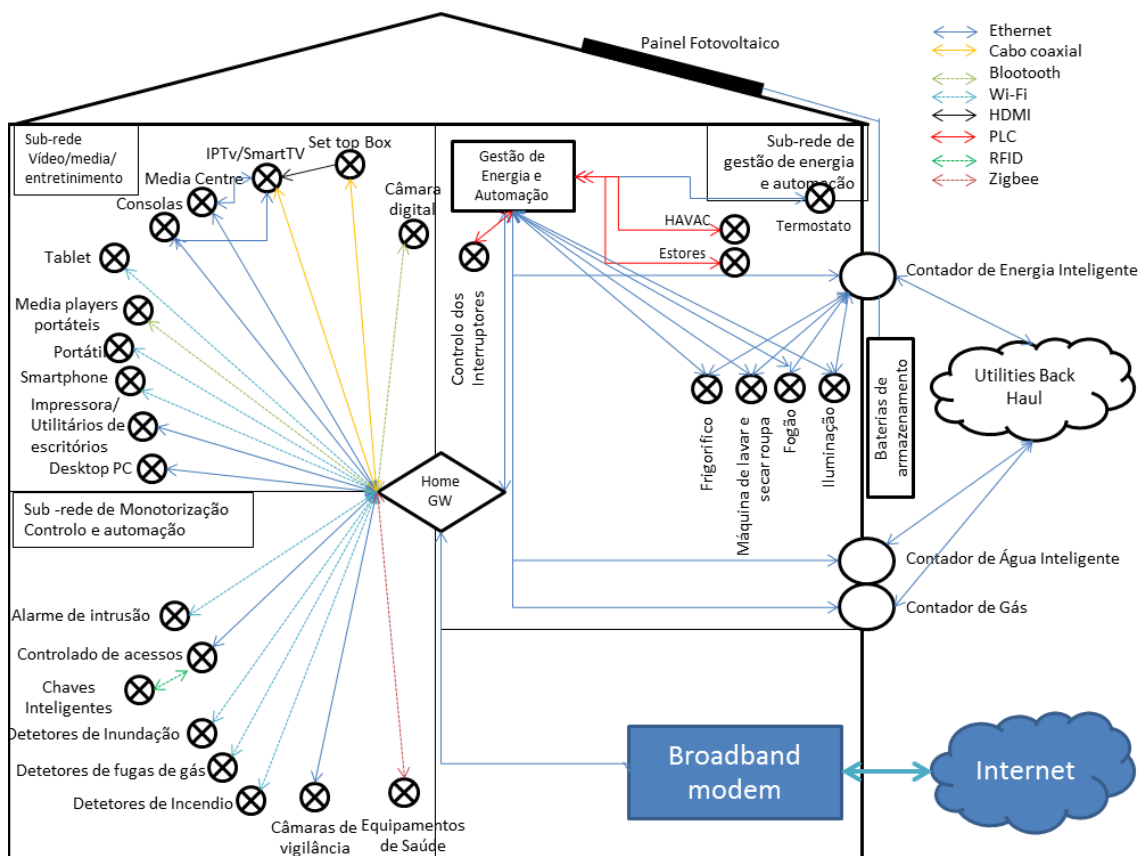


Figura 4.6 Elementos típicos de uma rede M2M num ambiente doméstico [31]

4.5.1 M2M Gateway

Um componente essencial em todas as habitações será o M2M Gateway. Na figura 4.7 está ilustrado por um diagrama de blocos uma possível arquitetura do que poderá vir a ser o M2M Gateway de uma habitação. O M2M Gateway é uma plataforma que pretende estabelecer e gerir a comunicação entre os vários dispositivos do ambiente doméstico [41]. Assim este tem de ter a capacidade para comunicar com todos os dispositivos disponíveis na rede e também garantir que

todos os dispositivos podem comunicar entre si. Alguns destes dispositivos não têm acesso a fontes de alimentação, pelo que o *M2M Gateway* deverá também possuir mecanismos que respeitem e otimizem os ciclos de adormecimento dos dispositivos, otimizando a durabilidade dos mesmos.

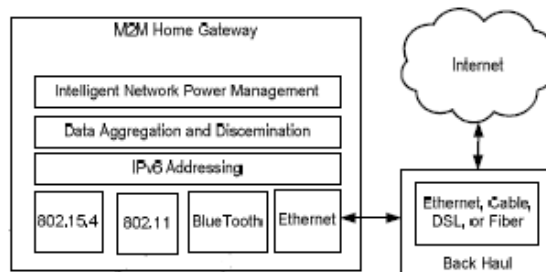


Figura 4.7 Arquitetura típica de um gateway M2M [41]

De destacar, neste diagrama, será a capacidade deste gateway poder comunicar com todas as micro redes domésticas que se podem criar num ambiente de uma casa inteligente, desde as wireless, ZigBee, 6LoWPAN, Wi-Fi, ou Bluetooth até as cabladas, pelo *link* Ethernet.

4.5.2 Smart Meters

Este tipo de dispositivos é fundamental em aplicações de monitorização e gestão dos consumos domésticos. Estes podem ser dispositivos globais que monitorizam os consumos globais da habitação, pode ser uteis para a recolha desses indicadores de consumos para efeitos de faturação para as *Utilities*, ou locais, que podem fornecer ao utilizador padrões de consumo específicos de cada uma das secções da habitação podendo o mesmo ajustar os seus hábitos eliminando excessos promovendo a poupança, quer económica, quer energética. Dependendo dos dispositivos estes podem usar a rede ZigBee ou Wi-Fi doméstica. Por outro lado no caso dos *Smart Meters* que monitorizam o consumo global de uma habitação poderá usar a rede GSM, ou LTE para notificar as *Utilities* dos consumos para questões de faturação.

4.5.3 Painéis Fotovoltaicos

O aproveitar dos recursos naturais para produzir energia “limpa”, já desde algum tempo que está disponível. As valências destes sistemas são os incentivos governamentais para a criação de microproduções de energia envolvendo a população nesse negócio. Por outro lado, este conceito de casa inteligente, onde se pretende automatizar de funções básicas para aumentar a eficiência do dispositivo doméstico, não estaria completo se a habitação não conseguisse ela mesma gerar a energia que consome sendo autónoma em termos energéticos.

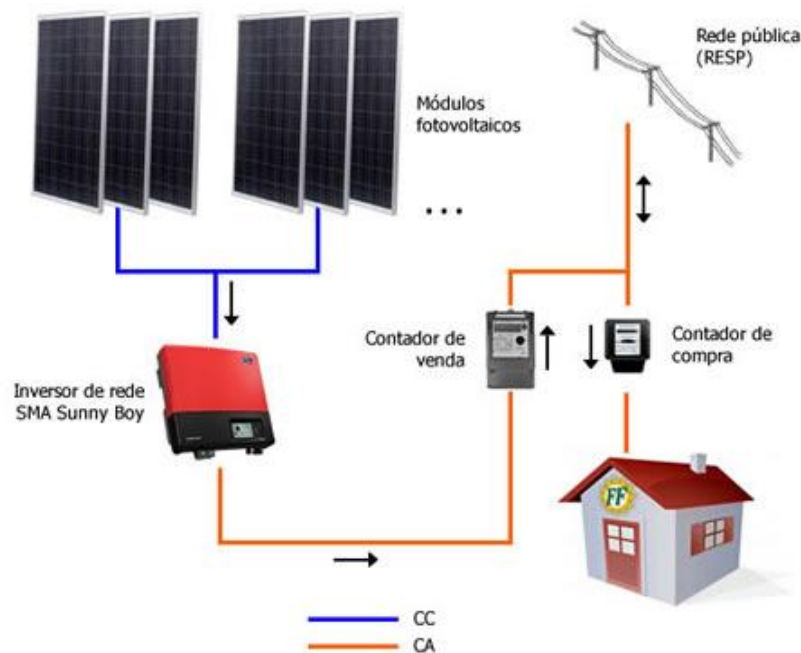


Figura 4.8- Exemplo simplificado de uma solução de microprodução [67]

Num sistema de microprodução de energia solar, a energia solar é recolhida nas células dos módulos fotovoltaicos, invertida no inversor e disponibilizada para a rede. Estes sistemas podem gerar até 5.75KWatts/h no regime geral e 3.68KWatts/h no regime bonificado [67].

4.5.4 Sistemas de Videovigilância

Um CCTV (*Close Circuit Television*) pode ser útil para qualquer habitação, empresa ou instituição que pretende ter controlo das diversas áreas permitindo a gravação de imagens para posterior análise. Os sistemas de vídeo vigilância incluem características como visão noturna, operações assistidas por computador e deteção de movimento, que permite ao sistema estar alerta quando exista qualquer objeto ou pessoa em movimento. A vídeo vigilância permite múltiplas funções, desde segurança de instalações até ao controlo de pessoas, atuando em várias localizações em simultâneo, sem a necessidade de deslocação até ao local.



Figura 4.9 Exemplo de uma possível arquitetura de uma implementação de um CCTV numa casa digital [68]

Tendo em conta a atual situação socioeconómica, em que as tentativas de intrusão e assaltos são notícias quase diárias, este tipo de equipamentos começam a ser encarados como uma forte medida dissuasora. Constituídos por câmaras de videovigilância e servidores de vídeo, permitem monitorizar e gravar áreas de segurança, quer no local, quer remotamente via Web [68].

4.5.5 Alarmes Técnicos ou de Segurança Pessoal

Outras das preocupações das famílias modernas compreende-se com os acidentes domésticos, fugas de gás, ou água, focos de incêndio. A sensibilidade destes equipamentos é atualmente tão grande que são capazes de detetar pequenos focos de incêndio, inundações ou mesmo fugas de gás, de forma bastante rápida, acionando mecanismos que visem minimizar os estragos, como fechar as válvulas do gás ou da água, mas também deverão ser capazes de notificar o dono, bem como as autoridades competentes.



Figura 4.10 Exemplares de alarmes domésticos de inundações [46], fuga de gases [42] e de incêndios [45]

4.5.6 E-Health

A saúde é dos setores em maior crescimento no mercado M2M, pelo que têm surgido várias aplicações neste mercado vertical. Numa Casa Inteligente a presença destes equipamentos podem ajudar, não só no conforto de pessoas com doenças crónicas, mas também forneçam remotamente a equipas médicas meios que ajudem a fazer um diagnóstico preliminar remotamente.

Na figura 4.11, está representada uma aplicação de cuidados/monitorização médica remota, uma plataforma online acessível quer por médicos e enfermeiros, quer pelos utentes, para que possa servir de “consultório” virtual. Assim através de uma *webcam* ou de um *smartphone* podem ser efetuadas consultas sem a deslocação do médico a casa do utente.

Existindo já um conjunto de dispositivos, como aparelhos de eletrocardiogramas, medidores de tensão arterial e glicose, balança, espirómetro, oxímetro, medidores de INR (parâmetro que avalia a capacidade de coagulação do sangue), capazes de se ligar a uma rede doméstica via tecnologias wireless como ZigBee ou Bluetooth, permitindo assim se possa recolher diariamente dados relativos aos utentes criando na plataforma online um histórico de exames de rotina que médicos e enfermeiros podem consultar [35].

Outras aplicações interessantes que tem vindo a surgir são os doseadores de medicação inteligentes, ou os *smartpill*. No primeiro caso são dispositivos que facultam as doses dos medicamentos e alertam para os horários a que tem de ser administrados, no segundo, embutindo um pequeno sensor num comprimido ativado pelos ácidos do estômago [36]. Este sensor permite para além de registar a hora de ativação, permitindo o controlo da medicação permite ainda registar outras variáveis como pulsação, temperatura e respiração fornecendo ao médico informações sobre a forma como o paciente está a responder à medicação.

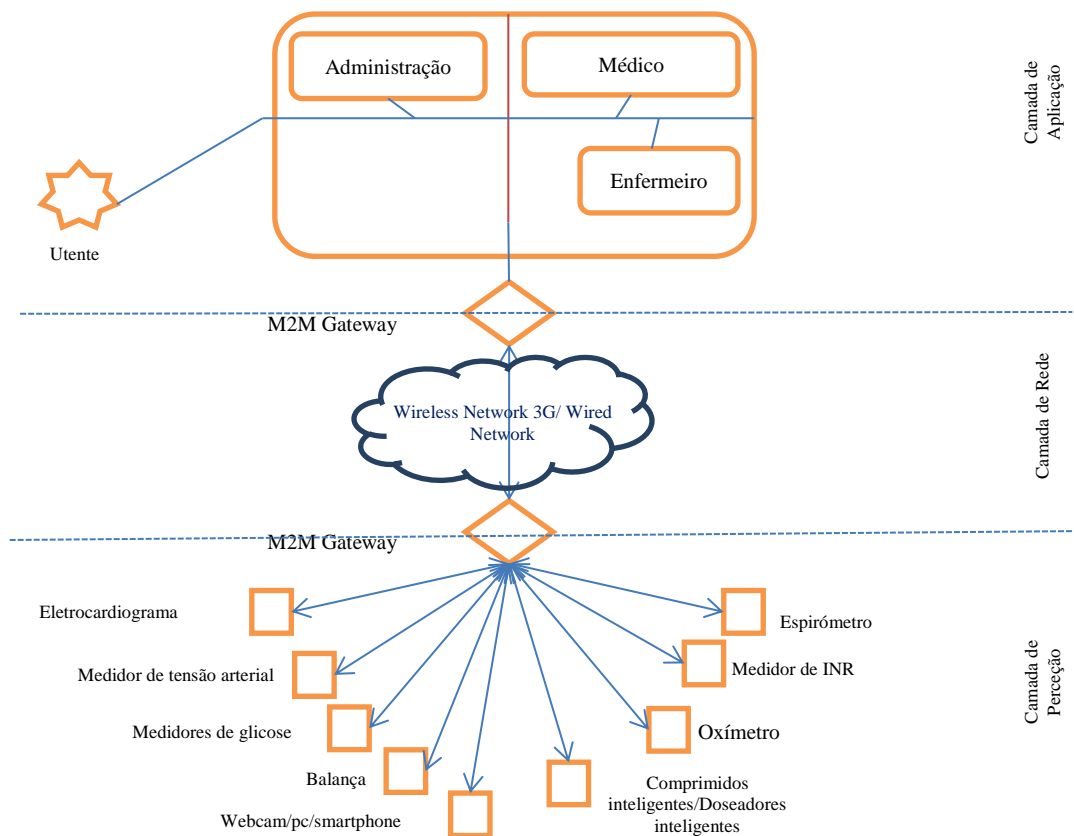


Figura 4.11 Arquitetura base de uma aplicação completa e-Health [35]

4.5.7 Sistemas de Lazer e Entretenimento

Normas como *Universal Plug and Play (UPnP)* e *Digital Living Network Alliance (DLNA)* propõem automatizar a forma como os equipamentos interagem entre si, garantindo a interoperabilidade entre os vários equipamentos.

Uma rede DLNA oferece aos consumidores inter-conetividade automática entre equipamentos residenciais, e aos fabricantes uma oportunidade de inovar e de diferenciar os seus produtos. Do ponto de vista do operador, aumenta a capacidade de diagnóstico e gestão remota da rede do cliente.

O fórum UPnP é uma iniciativa industrial criada por forma a desenvolver sistemas de conectividade fácil e robusta entre equipamentos autónomos. Fornece assim um conjunto de protocolos, que permitem que os equipamentos possam receber um endereço IP e descobrir outros equipamentos, bem como as suas capacidades. Para além disso, existe um protocolo que permite aos pontos de controlo controlar e gerir os equipamentos com capacidade UPnP presentes na rede [37].

Os dispositivos de lazer e entretenimento mais comuns numa habitação inteligente são: Consolas de jogos, computadores (portáteis ou fixos), smarttv, leitores de DVD, sistemas home

theaters, Set-top-box, telefonem 3G/ VoIP (Voice over IP), leitores de MP3, impressora, câmaras de vídeo, câmaras fotográficas etc..

4.5.8 Gestão da Climatização

O controlo da temperatura do interior de uma residência é uma peça essencial no conforto doméstico. Um termostato inteligente deverá apreender os hábitos da família, temperaturas máximas e mínimas desejadas pela família às diferentes horas do dia, desligar o sistema de ar condicionado quando ninguém se encontra em casa etc.. Usando capacidades de comunicação via Wi-Fi, os donos podem ajustar previamente, as definições que pretendem encarregando-se o termostato de controlar os sistemas de ar condicionado.



Figura 4.12 Termostato inteligentes com ligação Wi-Fi [44]

4.5.9 Controlos de acesso

O controlo de entrada e saídas de um edifício é um desígnio importante para o sentimento geral de segurança num edifício. Com a segurança codificada digitalmente, o leitor de cartão de proximidade pode ligar ao interface do sistema de controlo doméstico para gerir o portão ou a porta de acesso. Pode tanto usar um Cartão de Controlo de Acesso do tamanho do cartão de crédito ou um teclado de Controlo de Acesso para aceder ao sistema. Uma vez que cada cartão ou código estão ligados a um utilizador específico, podem ser personalizadas todas as ações para cada utilizador individual. O acesso certas áreas da habitação pode ser restrito a pessoas específicas.

4.5.10 Automação Doméstica

Os eletrodomésticos são uma peça vital em qualquer habitação. Frigorífico com a capacidade de mandar uma mensagem de texto para o dono com uma lista de compras de

supermercado, avisando o que falta, ou uma máquina de lavar roupa ou louça, que pode notificar avarias, ou proponha um horário mais barato para efetuar a operação.

Esta panóplia de eletrodomésticos como, frigoríficos, máquinas de lavar louça, máquinas de lavar e secar roupa, ou mesmo fogões e aspiradores robôs, com capacidade para se ligarem a rede doméstica por Wi-Fi ou ZigBee, que oferecem aos consumidores, formas de gerir as tarefas domésticas de forma mais confortável, bem como inúmeras formas de reduzir o consumo de energia reduzindo as contas de eletricidade.

Por outro lado a capacidade de comunicação bidirecional permite atualizações de *software*, comunicação de falhas ou avarias, permitindo uma mais rápida e eficiente forma de diagnóstico, permitindo uma intervenção da assistência técnica mais rápida e eficaz.

Para além dos eletrodomésticos, a iluminação é um fator importante na eficiência energética de uma habitação. Neste capítulo existe várias otimizações que podem ser feitas, desde às lâmpadas com tecnologia led, aos sistemas automáticos de gestão (e.g. programados, horários, presença ou crepuscular).

5. Casa Inteligente no ambiente M2M: Possíveis cenários económicos

Do exposto nos capítulos anteriores torna-se claro que um dos catalisadores para as comunicações M2M será o mercado residencial. Importa assim ter também uma ideia do que significa em termos económicos e financeiros a criação de um mercado residencial de casas inteligentes.

5.1 Período de estudo

Foi considerado um período de estudo de quinze anos, abrangendo o ano de 2012 a 2026. Escolheu-se este período de estudo, devido ao fato do mercado M2M residencial estar em franco desenvolvimento e do ponto de vista da operadora ter de olhar para este fenómeno a médio longo prazo, e perceber o impacto do universo M2M aplicado às redes domésticas terá sobre a infraestrutura de comunicação.

5.2 Pressupostos do mercado

O mercado alvo para o presente estudo são os edifícios concluídos (novos e requalificados) em cada ano. Foi considerado este tipo de mercado, para considerar o facto de este tipo de mercado ter infraestruturas adequadas e estar completamente desequipado, e quando adquire, adquire um conjunto (pack) completo de equipamentos para uma habitação inteligente.

Segundo os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estatística, é apresentada no gráfico 5.1 a evolução dos edifícios concluídos nos últimos 9 anos e, entre o período de 2003 a 2011, e de 2012 a 2026 uma previsão da evolução dos possíveis edifícios a concluir com base nas expectativas de crescimento económico do país. Esta previsão não foi dada pelo INE mas efetuada como pressuposto para esta dissertação, com o intuito de demonstrar a dinâmica do mercado até 2025. Um edifício concluído é entendido como uma obra que reúne condições físicas para ser habitada ou utilizada independentemente de ter sido ou não concedida a licença ou autorização de utilização. Na figura 5.1 estão representadas as estimativas usadas como pressuposto para esta dissertação:

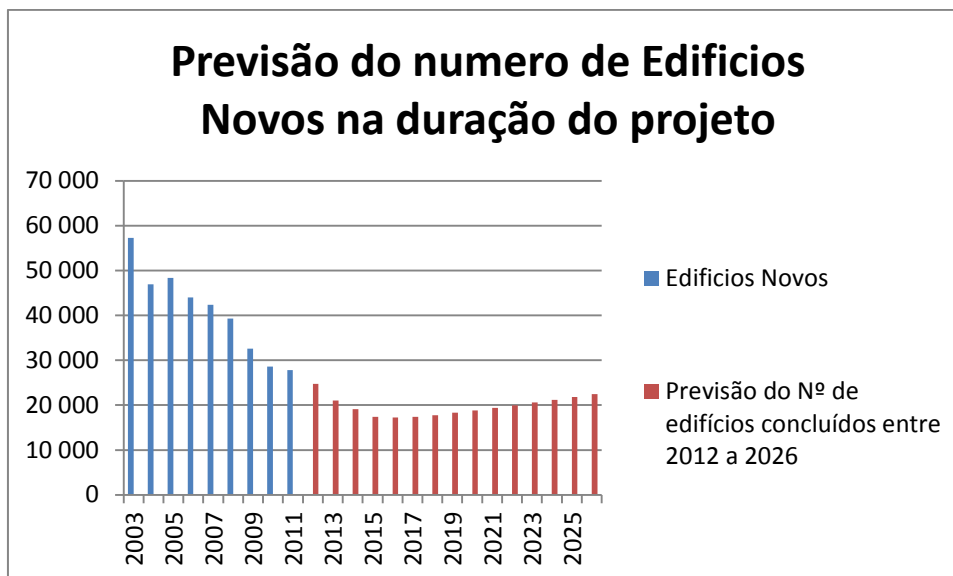


Gráfico 5.1 Previsão do Nº de edifícios concluídos entre 2012 a 2026 (Elaborado pelo autor com base no recurso a dados estatísticos do INE)

5.3 Dinâmica do mercado

A penetração deste tipo de produtos no mercado é um dos parâmetros fundamentais num estudo desta natureza. A sua evolução pode ser modelada por uma curva logística em “S” definida pela seguinte fórmula [38]:

$$P_t = P_i + (P_f - P_i) \frac{1}{1 + \alpha e^{\beta t}} \quad (5.1)$$

Onde:

P_t – Penetração em função do tempo (t)

P_i – Penetração inicial (unidade de tempo 0)

P_f – Penetração final (última unidade de tempo)

α – Parâmetro de controlo do momento de arranque do mercado

β – Parâmetro de controlo da velocidade de arranque do mercado

A penetração do mercado depende da taxa inicial de penetração, da taxa final e dos parâmetros α e β . Este tipo de curva logística em “S” permite obter uma ideia geral (e também algum controlo) sobre a velocidade de penetração, assim como sobre a quantidade final, ou taxa de saturação, de clientes.

Tendo em conta a equação acima representada, foram atribuídas os valores apresentados na tabela 5-1 às variáveis por forma a criar três cenários, um pessimista, um mediano e um otimista. Nos gráficos, 5.2 e 5.3 apresentam-se as curvas logísticas, e o resultado da sua aplicação ao mercado alvo.

Tabela 5-1 Valores das variáveis nos diferentes cenários

Pessimista				Mediano				Otimista			
P_i	P_f	α	B	P_i	P_f	α	β	P_i	P_f	α	B
10%	50%	5000	-1,50	10%	50%	2000	-1,50	10%	50%	900	-1,50

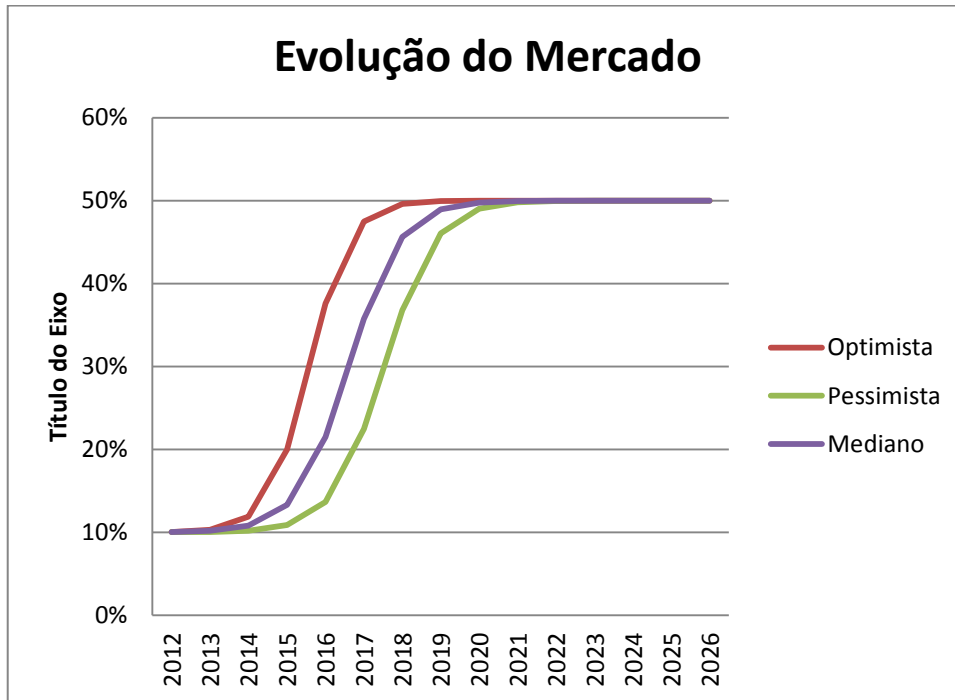


Gráfico 5.2 Curvas logísticas associadas ao projeto

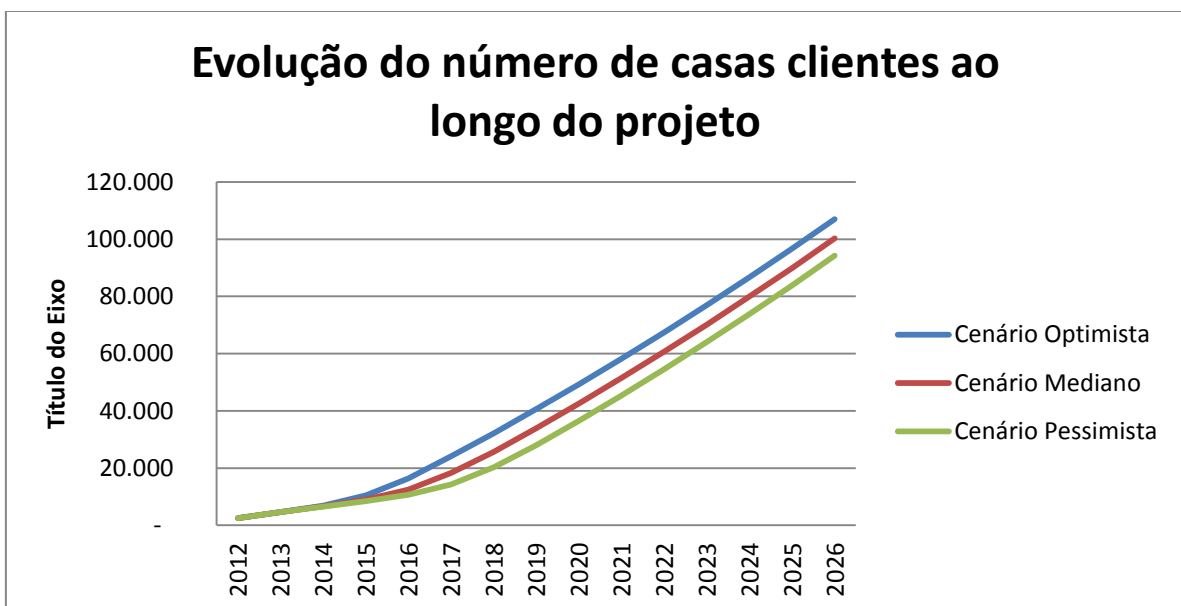


Gráfico 5.3 Crescimento do número de casas clientes ao longo do projeto

O facto de o número de clientes crescer linearmente principalmente a partir de 2018, prende-se com o facto de o mercado não saturar devido ao constante surgimento de novos edifícios, o que permite a operadora ter um mercado novo a atacar a cada novo ano. Com taxa de saturação de 50% pretende-se mais simular fatores de concorrência que propriamente a saturação do mercado ao produto.

5.4 Dimensão Financeira de um projeto

Para melhor compreender a dimensão financeira, para um operador, de um projeto desta natureza é preciso compreender quais são as principais variáveis (e.g. elementos de custo, parâmetros de avaliação financeira, etc.). A figura 5.1 ilustra a natureza e a origem das principais variáveis de entrada de um estudo técnico económico desta natureza, e como são afetadas pelos diversos fatores socioeconómicos.

Os fatores de custo podem ser então agrupados em duas categorias principais: CAPEX (*capital expenditures*) e OPEX (*operational expenditures*).

Por CAPEX entende-se todas as despesas associadas ao investimento em infraestruturas (e.g. infraestrutura da rede, equipamentos e *hardware*). Por oposição, por OPEX entende-se todas as despesas associadas as despesas que uma empresa tem para manter a produção de um produto ou a manutenção de um serviço (e.g. manutenção de equipamentos, gastos com consumíveis).

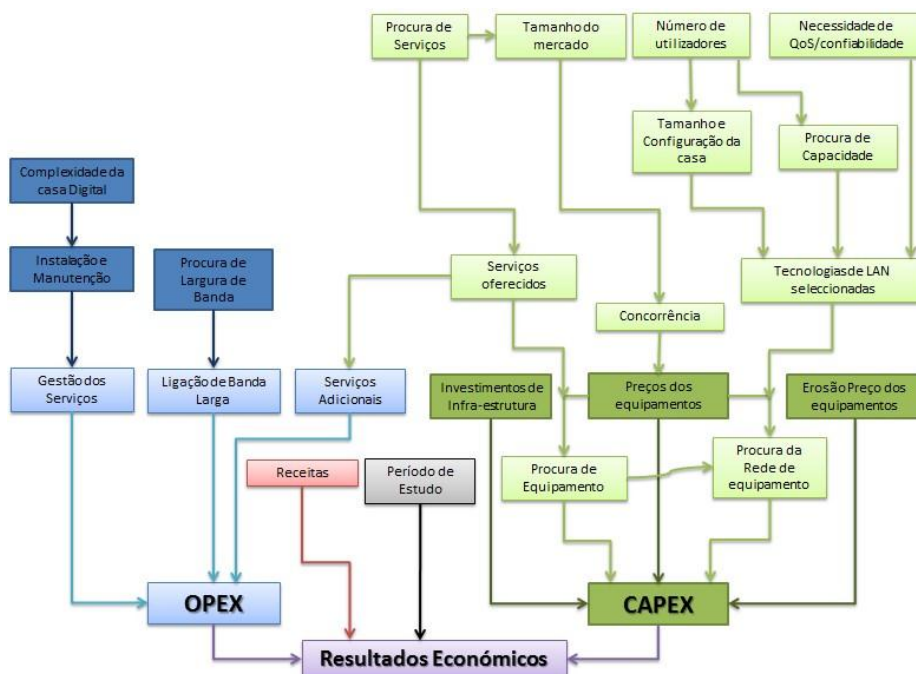


Figura 5.1 Modelo Tecno-Económico das Casas Digitais [34]

Como parâmetros de saída de um estudo técnico-económico existem três parâmetros essenciais para a avaliação da viabilidade económica de um projeto: o VAL (Valor Atual Líquido), o TIR (Taxa Interna de Rentabilidade) e o Período de Retorno do Investimento.

O VAL define o valor atual da receita esperada deduzindo os investimentos realizados, utilizando uma taxa de desconto conhecida por custo de oportunidade do capital ou taxa mínima de rentabilidade do projeto, exigida pelo investidor para o implementar [75]:

$$VAL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^M} + \frac{VR}{(1+r)^M} \quad (5.1)$$

$$Factor \ de \ actualização = \frac{1}{(1+r)^M} \quad (5.2)$$

Sendo:

M – Tempo de vida útil do projecto (em anos);

I_0 – Investimento inicial (momento 0);

CF – Cash Flow do projecto;

VR – Valor Residual a considerar no ano de desinvestimento;

r – Taxa de juro ou taxa de desconto.

No caso de existir valor de mercado para os bens, deverá considerar-se como valor residual o valor líquido contabilístico (VR), Neste caso de estudo assume-se que é zero.

A TIR define-se como sendo a taxa de atualização que torna $VAL = 0$. A taxa interna de Rentabilidade do projeto indica o potencial de aumento da riqueza de um investidor. Para encontrar a TIR de um projeto que dure M anos, deve-se resolver a seguinte equação [75]:

$$VAL = -I_0 + \frac{CF_1}{1+TIR} + \frac{CF_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{CF_{M-1}}{(1+TIR)^{M-1}} + \frac{CF_M}{(1+TIR)^M} = 0 \quad (5.3)$$

Período de Retorno do Investimento: O período de tempo que decorre até que os *cash-flows* sejam positivos designa-se por período de recuperação. O cálculo do período de retorno do investimento consiste em ir fazendo o somatório no tempo das receitas e despesas, até ao momento em que elas se igualem, ou seja, até ao momento em que o saldo acumulado de exploração iguale as despesas de investimento.

5.5 Custos para o utilizador de uma habitação inteligente

Os custos para o utilizador dotar a sua habitação de todos estes serviços são de três tipos: o custo dos equipamentos, o custo dos serviços, e os custos com a remodelação do edifício para alojar uma infraestrutura de rede doméstica desta natureza (não foi considerado neste trabalho uma vez que o mercado alvo serão edifícios novos já dotados dessas infraestruturas).

5.5.1 Custo dos equipamentos

O custo dos diversos equipamentos é um fator que evolui ao longo do tempo. Esta evolução é feita em função das economias de escala e do grau de maturidade dos componentes. Torna-se necessário, visto o custo dos equipamentos não ser estático, recorrer a um modelo matemático que permita juntamente com a definição de alguns parâmetros de entrada, obter a evolução desses custos. Este modelo matemático é traduzido pela seguinte curva de aprendizagem [38]:

$$P(t) = P(0) \left[n_r(0) \left(1 + \exp \left\{ \ln \left[\frac{1-n_r(0)}{n_r} \right] - \left[\frac{2 \ln(9)}{\Delta T} \right] t \right\} \right) \right]^{-\ln(k)/\ln(2)} \quad (5.4)$$

As variáveis representam:

- $P(t)$, o preço unitário no ano t ;
- $P(0)$, o preço no ano de referência ($t=0$);
- $n_r(0)$, o volume de produção acumulado no zero (para $t=0$), relativo ao volume de saturação;
- ΔT , representa o tempo que o volume acumulado de produção leva a chegar de $X\%$ a $Y\%$ do volume total de produção (volume de saturação);
- K , representa o parâmetro da curva de aprendizagem que descreve o custo como função do volume de equipamentos produzidos. O coeficiente K tem especial impacto na evolução dos custos. Assim, quando $K=0.8$, obtemos uma redução do preço em 20% ($1-K$), quando o volume de produção duplica.

Os parâmetros $n_r(0)$ e ΔT definem as classes de maturidade dos equipamentos. e K identifica qual o tipo de equipamento a tratar (equipamento eletrónico, equipamento de construção civil, equipamento de telecomunicações, etc.), e como estamos a tratar de equipamentos eletrónicos assume-se o valor de $0,8$ [56]. Os restantes parâmetros, $n_r(0)$ e ΔT , Estão tabelados na tabela 5.2, de modo a respeitar as classes definidas por este modelo.

Tabela 5-2 – Parâmetros que definem classes de equipamentos [56]

Class	nr(0)	delta(t)
Old, fast	0,5	5
Old, medium	0,5	10
Old, slow	0,5	20
Old, very slow	0,5	40
Mature, fast	0,1	5
Mature, medium	0,1	10
New, fast	0,01	5
New, medium	0,01	10
New, slow	0,01	20
New, very slow	0,01	40
Emerging, fast	0,001	5
Emerging, medium	0,001	10
Emerging, slow	0,001	20
Emerging, very slow	0,001	40

Usando este modelo estimou-se de evolução dos preços dos variados equipamentos que podem ser encontrados numa habitação automatizada. Para cada um dos equipamentos foram consideradas três classes de implementação, a base, a regular e a *premium*, onde:

- A classe base: representa os equipamentos mínimos para implementar um serviço, ou um serviço implementado com equipamentos mais baratos.
- A classe regular: representa os equipamentos mais comuns para implementar um serviço, ou os equipamentos mais comuns no mercado
- A classe *premium*: representa os equipamentos necessários para implementar um serviço completo, ou os equipamentos topo de gama disponíveis no mercado.

Os custos com os equipamentos serão suportados pelas famílias. Na tabela 5.3 são apresentados os preços de alguns equipamentos a instalar na habitação. Desta forma a estimar o esforço financeiro a realizar pelo utilizador para equipar a sua habitação.

Tabela 5-3 Custos com os equipamentos

	Custo Equipamentos Base	Custo Equipamentos Regular	Custo Equipamentos <i>premium</i>
Equipamentos de Segurança	350,00 €	900,00 €	1.800,00 €
Sistemas de deteção de Incêndios	50,00 €	100,00 €	180,00 €
Sistemas de deteção de Inundações	100,00 €	150,00 €	220,00 €
Sistemas de deteção de fugas de gás	60,00 €	110,00 €	200,00 €
Smart Meters	300,00 €	400,00 €	500,00 €
Eletrodomésticos	4.000,00 €	6.000,00 €	8.000,00 €
Sistemas de Iluminação	300,00 €	500,00 €	1.100,00 €
Painéis Fotovoltaicos	11.500,00 €	16.000,00 €	22.000,00 €
Sistemas de climatização (Termostato)	150,00 €	350,00 €	500,00 €
Sistemas de aquecimento de água	200,00 €	200,00 €	700,00 €
Controlos de Acesso	1.000,00 €	2.200,00 €	3.500,00 €
Helthcare	2.500,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €
Equipamentos Media e Entretenimento	2.500,00 €	6.400,00 €	13.005,00 €

Para apetrechar a sua habitação com os equipamentos necessários ao funcionamento de uma casa digital foi considerado que o consumidor final tinha três formas de o fazer:

Utilizador

O utilizador recorreria a um retalhista, e compraria um *pack* a seu gosto, ficando a respetiva instalação por sua conta e risco (situação do tipo “*do it yourself*”). De seguida este consumidor teria que também contratar os serviços dos operadores e *utilities* envolvidos na prestação dos diferentes serviços com quem teria que ajustar o fornecimento dos vários serviços.

Operador

Desta forma, o utilizador recorreria a um operador que se encarregaria de vender e instalar (eventualmente recorrendo a instaladores) todo o material necessário, bem como colocar à sua disposição um conjunto de diferentes tarifários, efetuando posteriormente o contacto com as *utilities* e com os provedores de serviços. Considerou-se que a operadora uma vez que compra os produtos em escala grandes, e poderia oferecer, 9% do custo da casa no pacote *premium*, 7% no pacote regular e 5% no pacote base, em relação aos preços praticados nos retalhistas.

Utilities e provedores de serviços:

Os equipamentos são fornecidos e instalados pelas *utilities* e provedores de serviços como empresas de eletricidade, gás, água, vigilância e segurança, saúde, que posteriormente contratam uma ligação de rede com a operadora. Considerou-se que as *utilities* e provedores de serviços, tal como os operadores de telecomunicações, podem oferecer, 9% do custo da casa no pacote *premium*, 7% no pacote regular e 5% no pacote base, em relação aos preços praticados nos retalhistas.

Embora o custo total para equipar uma habitação seja variável e dependente dos serviços que se queiram implementar ou do número de equipamentos necessário para fornecer os mesmos (e.g. número de televisões, câmaras de vigilância, alarmes de segurança, etc.), para o cálculo do custo total da casa considera-se apenas que a habitação será equipada com dispositivo de cada tipo para avaliar a dimensão dos custos para o utilizador.

De acordo com os pressupostos descritos, na tabela 5-4 são apresentados os custos totais estimados para equipar uma habitação com os equipamentos descritos no capítulo anterior, e no gráfico 5.4 a estimativa de evolução desses custos ao longo da duração do estudo.

Tabela 5-4 Custo Total dos equipamentos quando adquiridos ao Operador

	Custo Equipamentos Base	Custo Equipamentos Regular	Custo Equipamentos <i>premium</i>
Adquirida ao Operador	21.859,50 €	33.303,30 €	49.326,55 €
Adquirida às <i>Utilities</i> e provedores de serviços	21.859,50 €	33.303,30 €	49.326,55 €
Adquirida em retalhistas	23.010,00€	35.810,00€	54.205,00€

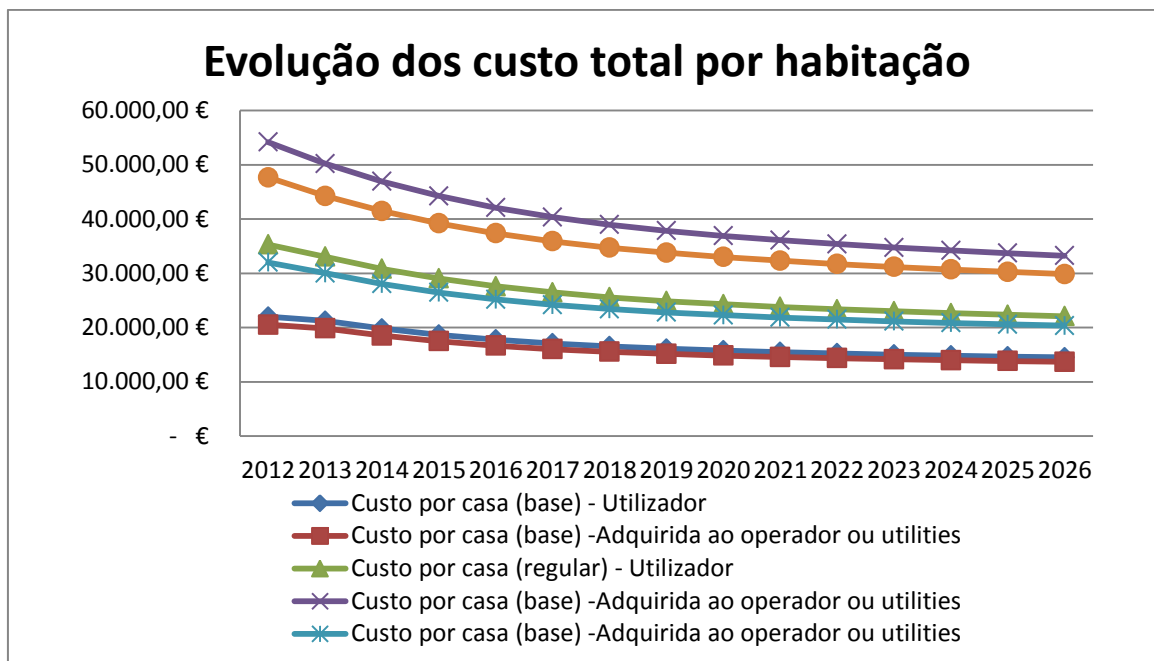


Gráfico 5.4 Evolução do custo total dos equipamentos ao longo do projeto

Com a análise à tabela 5-4 e do gráfico 5.4, pode-se verificar que os custos, para o utilizador, com a instalação de todo este equipamento não é um exercício ligeiro. É um investimento avultado, e não está ao alcance de todas as famílias. Por outro lado, a análise do gráfico 5.1 mostra-nos que a quebra acentuada nos preços dos equipamentos pode tornar toda esta tecnologia mais acessível e atraente.

A penetração no mercado dos vários serviços não é igual para todos os serviços. No gráfico 5.5 é apresentada a estimativa considerada para a evolução da penetração no mercado dos vários equipamentos associados aos serviços prestados por uma casa inteligente.

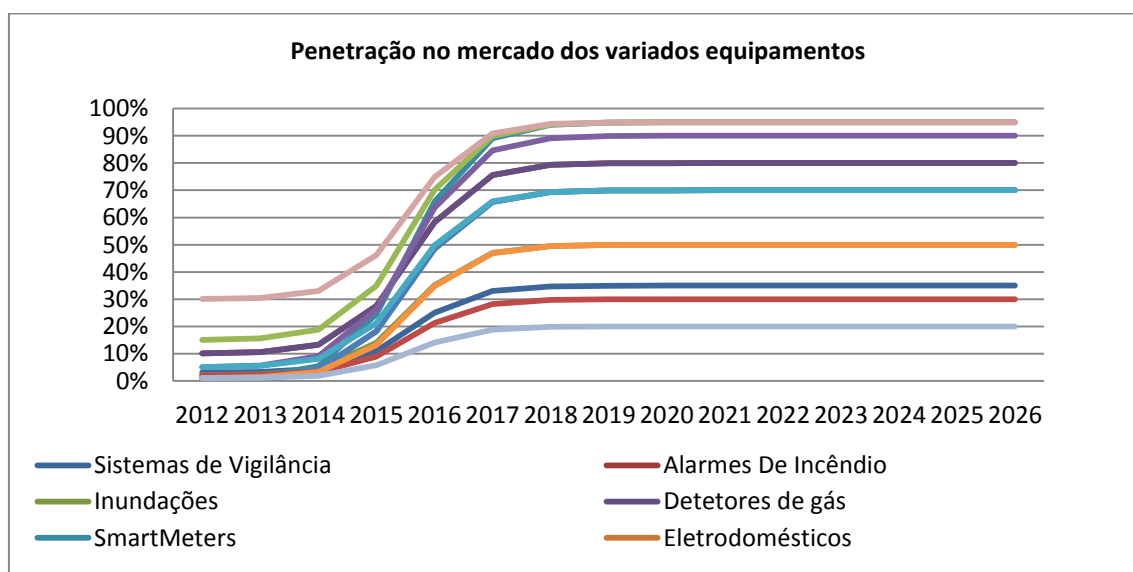


Gráfico 5.5 Evolução da penetração dos vários equipamentos de uma casa inteligente

5.5.2 Custos para o utilizador com os serviços de uma habitação

O custo relativo á operabilidade de uma casa inteligente prende-se essencialmente com os serviços que o cliente pretenda ter em casa. A tabela 5.5 mostra os serviços mais usuais que poderão vir a ser encontrados numa casa inteligente. O custo para o cliente vai estar dependente do tipo de serviços que contratar. No entanto serviços como água, eletricidade, ou gás, são comuns a qualquer habitação, outros como serviços de vigilância, saúde, plataformas de automação são opcionais, mas cada vez mais comuns.

Tabela 5-5 Custos dos serviços típicos de uma casa inteligente

Serviços Prestados numa Casa Inteligente Típica		
	Mensalidade	Anual
Fatura de Telemóvel	30,00 €	360,00 €
Conta para Downloads	9,90 €	118,80 €
Canais de televisão	24,90 €	298,80 €
Seguro	19,90 €	238,80 €
Internet Móvel	14,90 €	178,80 €
Pack de chamadas	9,90 €	118,80 €
Extensão da garantia	20,00 €	240,00 €
Vigilância e Segurança	29,90 €	358,80 €
healthcare	29,90 €	358,80 €
Venda de eletricidade dos painéis	-180,00 €	- 2.160,00 €
Conta da eletricidade	52,00 €	624,00 €
Conta do gás	29,00 €	348,00 €
Conta da água e saneamento	30,00 €	360,00 €
Plataforma de Automação	19,-0 €	238,80 €

De realçar nesta tabela, é o facto de a venda de eletricidade a rede acaba por ser uma fonte de receita importante para o agregado familiar. Isto só é possível visto que as *utilities* em Portugal não acedem a utilização da energia gerada por sistemas de microgeração diretamente na residência. Assim o investimento na microgeração acaba por ser um rendimento importante tendo em vista a sustentabilidade da habitação inteligente.

5.6 Caso de estudo (Visão do Operador de Telecomunicações)

A arquitetura a considerar neste estudo técnico-económico *Wireless* LTE e encontra-se especificado na figura 5.2. Os elementos constituintes desta arquitetura são os seguintes:

- Base Station onde está localizado o equipamento necessário para dialogar com a rede
- M2M *Road Gateway*
- M2M *Home Gateway*

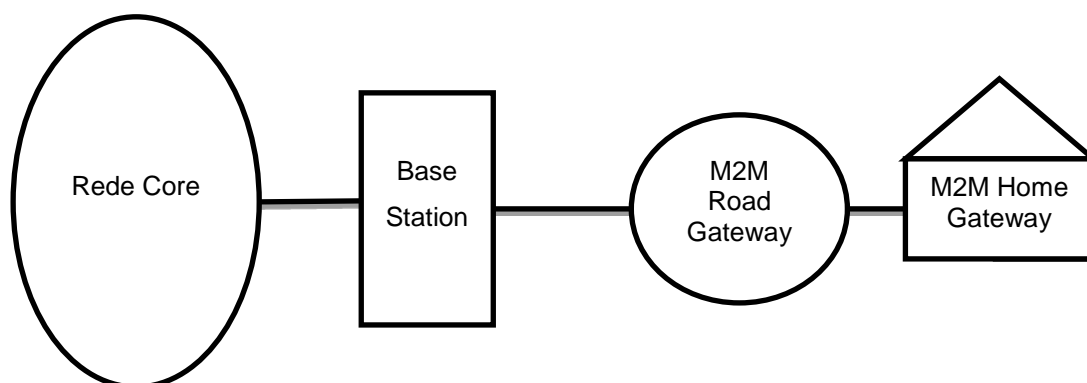


Figura 5.2 Descrição da implementação de uma rede dedicada ao M2M

5.6.1 Capex - Materiais e os seus custos

Do lado da operadora para elaborar uma análise técnico-económica rigorosa sobre a implementação de uma rede M2M deveriam ser considerados todos os detalhes dos vários segmentos de rede com todos os seus múltiplos itens e respetivo faseamento de instalação. Neste estudo todos esses elementos de custo serão agregados em apenas três itens:

- Equipamento do utilizador (M2M Home Gateway): equipamento necessário para efetuar a ligação da rede doméstica a rede de acesso
- Ponto de agregação / distribuição (M2M Road gateway/agregador)
- Equipamento da Estação Local (*Base Station*)

Será também assumido que os custos de instalação já estão inseridos nos custos dos vários itens, de acordo com os valores e nesta abordagem vamos considerar os custos dos 3 itens como sendo fixos, e os seus custos listados na tabela 5.6:

Outra da aproximação efetuada neste capítulo é a de que apenas será instalado um item 2, a cada 64 novos itens, e um item 3 a cada 32 itens 2.

Tabela 5-6- Custo de cada Item da rede e o rácio entre eles

	Custo	Rácio
Item 1 (M2M Homegateway)	$Custo_{Item\ 1} = 100€$	1:1 (1 item 1 por cada utilizador)
Item 2 (M2M Road Gateway)	$Custo_{Item\ 2} = 30000€$	1:64 (1 item 2 por cada item 1)
Item 3 (Base station)	$Custo_{Item\ 3} = 400000€$	1:32 (1 item 3 por cada item 2)

Os elementos da rede não podem ser instalados à medida das necessidades devido ao custos associados a esse ao evento, o que tornaria o projeto inviável, e provocaria demoras no desde que o utilizador pediria o serviço e o momento em que esse serviço lhe seria efetivamente fornecido. Assim a estrutura de comunicação instalada nunca pode ser igual à necessária para servir o número de clientes estimados para aquele ano. Para tal considerou-se que se intervencionaria na rede a cada 20480 utilizadores novos (10 itens 3)

Nos gráficos 5.6, 5.7 e 5.8 mostra a evolução da capacidade da rede instalada e função da capacidade objetivo e os momentos de intervenção na rede, para os três cenários evolutivos estudados: um mediano, um otimista e um pessimista.

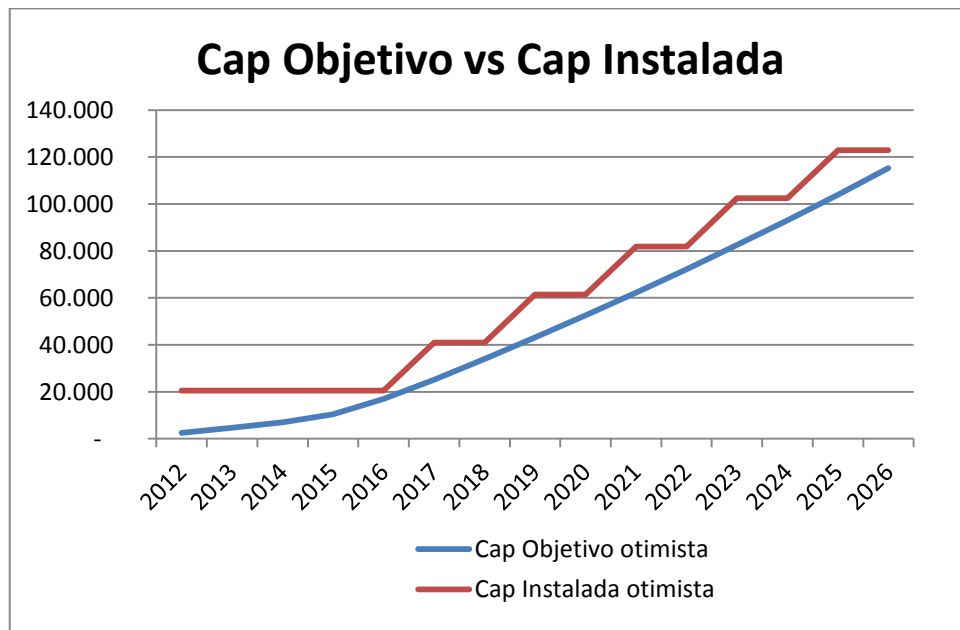


Gráfico 5.6 Capacidade Objetivo vs Capacidade instalada para o cenário A

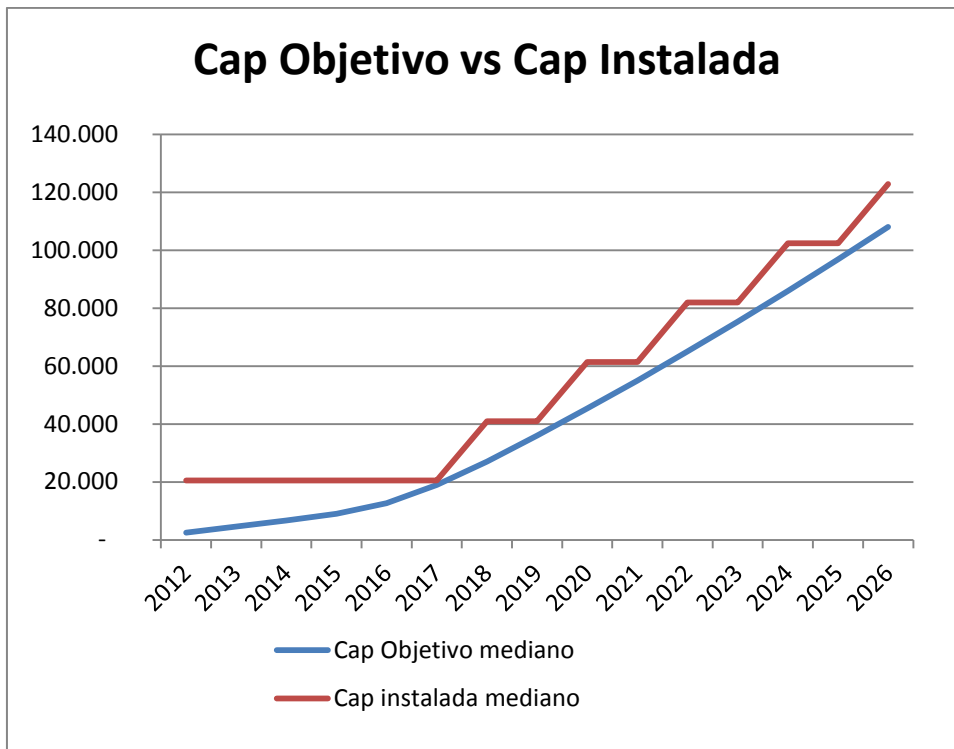


Gráfico 5.7 Capacidade Objetivo vs Capacidade instalada para o cenário A

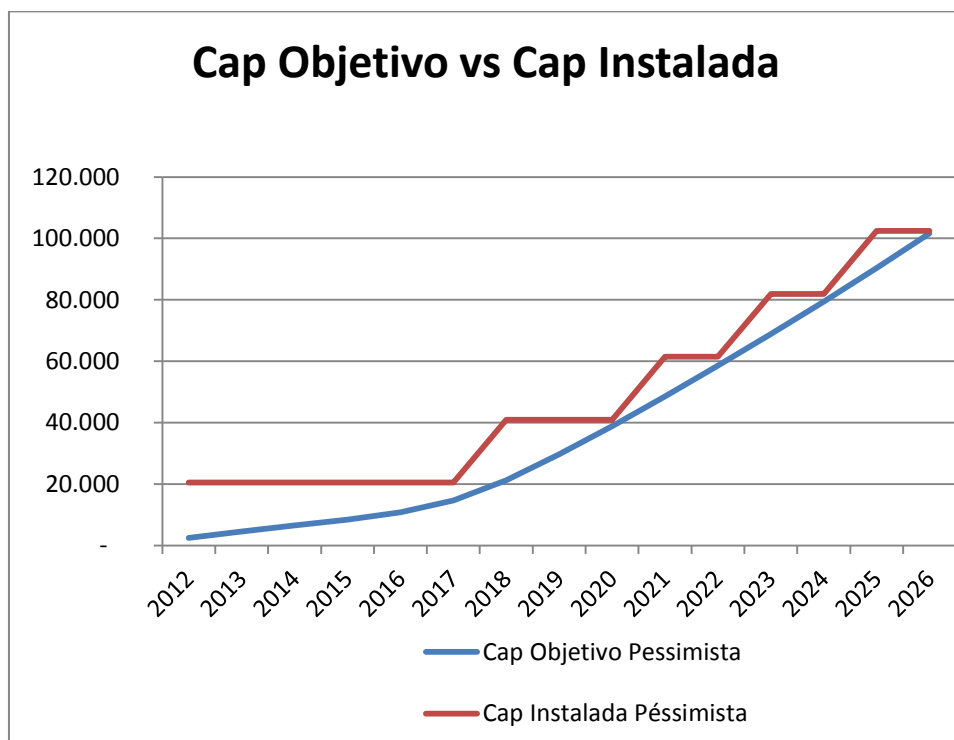


Gráfico 5.8 Capacidade Objetivo vs Capacidade instalada para o cenário A

Numa primeira análise verifica-se que numa perspetiva otimista e na mediana, existem cinco intervenções no terreno para aumentar a rede, sendo que na perspetiva otimista elas ocorrem mais cedo. No caso pessimista existira uma intervenção no terreno a menos.

5.6.2 Opex

Os custos operacionais despendidos por um operador que queira intervir no mercado das casas inteligentes são de quatro tipos: Custos com a manutenção das infraestruturas, custos relativos à instalação de novas infraestruturas (e.g. Equipas no terreno, licenças, etc.), um custo relativo ao sistema de suporte para os utilizadores (e.g. Call-Centers de apoio ao cliente), e por fim um custo relativo a gestão de *stock* e apoio técnico as casas que são equipadas pela operadora. As estimativas para estes custos encontram-se na tabela 5.7:

Tabela 5-7- Opex do Operador

Custo de operar infraestrutura necessária por servir uma casa digital. (custo por ano)	10% Capex Acumulado
Custos relativos à instalação de novas infraestruturas (Cada vez que se faz uma intervenção)	20000€
Instalação de equipamentos de uma casa inteligente (custo instalação)	400€
Custo Fixo por Utilizador (Despesas relativas a faturação, call-center de apoio ao cliente, etc)	120€
Custo Fixo por Casa equipada pela Operadora (Apoio Técnico/gestão de Stock)	100€

5.6.3 Fontes de Receitas da operadora

Os modelos de negócio variam de operadora para operadora, e todos eles são sofisticados procurando maximizar o rendimento do tráfego M2M.

Assim optou-se por escolher explorar sete fontes de receita: uma tarifa de instalação de equipamentos, o pacote de banda larga, um valor pela utilização da rede M2M por serviços de segurança, serviços de *smart metering*, sistemas de saúde, a plataforma de automação doméstica e o lucro sobre os equipamentos instalados pela operadora.

No caso dos serviços o cálculo da receita é efetuado em função da taxa de penetração dos equipamentos associados a esse serviço.

$$RS(t) = (N^{\circ}clientes(k - 1) + (TPs(t) * NHP)) * comissão \quad (5.5)$$

Onde:

- $RS(t)$: receita obtida pela operadora no ano t com um Serviço “x”;
- $N^{\circ}clientes(k - 1)$: número de clientes que usavam esse serviço no ano t-1;
- $TPs(t)$: taxa de penetração do serviço no ano t;
- NHP : Novas habitações passadas no ano t ;

- Comissão: comissão, cobrada pela operadora, associada a utilização desse serviço.

Tabela 5-8 Comissões cobrada pelos serviços

Serviço	Comissão/mês
Plataforma <i>online</i> de automação/alertas automáticos	5€
Plataforma <i>online</i> de Segurança	5€
Plataforma <i>online</i> de Saúde	5€
Rede de <i>smart metering</i>	3€

As tarifas de instalação e o lucro sobre os produtos vendidos serão apenas aplicados aos casos em que os equipamentos são instalados pela operadora. Por outro lado todas as habitações equipadas necessitam do serviço de banda larga, pelo que a receita com a receita da operadora no ano t com os pacotes de banda larga seja calculado da seguinte forma:

$$RBL(t) = \%p1 * (N^{\circ}clientestotais(t)) + \%p2 * (N^{\circ}clientestotais(t)) + \dots + \%pn(N^{\circ}clientestotais(t)) \quad (5.6)$$

Onde:

- $RBL(t)$: receitas com os pacotes de banda larga no ano t ;
- $\%p1, \%p2, \%pn$: representa a distribuição de adesão aos vários pacotes de serviços de banda larga;
- $N^{\circ}clientestotais(t)$: número de habitações passadas no ano (t);

Tabela 5-9 Mensalidades dos pacotes de banda larga disponíveis no mercado

Pacotes	Mensalidades	Anual
Total 6 (Mbps)	15,00 €	180,00 €
Total 12 (Mbps)	20,00 €	240,00 €
Total 24 (Mbps)	25,00 €	300,00 €
Total 50 (Mbps)	35,00 €	420,00 €
Total 100 (Mbps)	40,00 €	480,00 €
Total 200 (Mbps)	80,00 €	960,00 €
Total 360 (Mbps)	120,00 €	1.440,00 €

5.7 Cenário A- Do it Yourself

Neste cenário, admitiríamos que todas as habitações eram equipadas pelos seus proprietários por suas conta e risco (um cenário *do it yourself*).

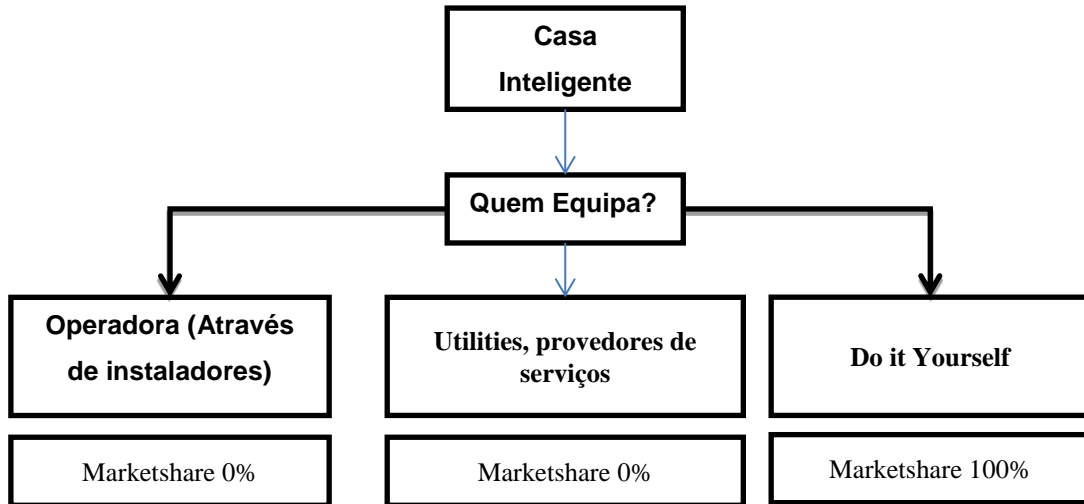


Figura 5.3 Marketshare do Cenário A

Tendo em consideração todos os pressupostos apresentados, consideremos então um mercado modelado por uma curva logística, conforme descrito anteriormente, onde se considera uma taxa de penetração inicial de 10% e uma taxa de saturação de 50%.

As tabelas 5-10, 5-11 e 5-12, descrevem a evolução do número total de casas a aderir à casa Inteligente, por cada um dos pressupostos de instalação:

Tabela 5-10- Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto, num cenário do it yourself

	Utilizador														
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista	2484	2164	2275	3477	6477	8264	8807	9133	9417	9701	9992	10292	10601	10919	11246
Mediano	2483	2140	2064	2316	3705	6224	8098	8948	9372	9690	9990	10291	10600	10919	11246
Cético	2476	2112	1951	1894	2355	3908	6531	8418	9238	9659	9982	10290	10600	10918	11246

Tabela 5-11- Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto pela operadora

		Operador														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediano		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cético		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 5-12 - Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto pelas utilities e provedoras de serviços

		Utilities e Provedores de Serviços														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediano		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cético		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se verifica nas tabelas, e como seria de esperar, num cenário *do it yourself*, a operadora, as *utilities* e os provedores de serviços não instalam nenhuns equipamentos em casa dos utilizadores.

Importa também perceber, para a operadora, a forma como estes utilizadores se distribuem pelos diferentes pacotes de banda larga, essa distribuição é mostrada na tabela 5-13:

Tabela 5-13 Distribuição dos utilizadores pelos diferentes pacotes de banda larga

	% de adesão
Total 6 (Mbps)	25%
Total 12 (Mbps)	25%
Total 24 (Mbps)	15%
Total 50 (Mbps)	15%
Total 100 (Mbps)	10%
Total 200 (Mbps)	5%
Total 360 (Mbps)	5%

Tendo em conta todos os pressupostos, os que foram apresentados neste capítulo, são apresentados na tabela 5-14, os investimentos CAPEX esperados para o decurso do projeto.

Tabela 5-14 Capex para o cenário A

	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 13.227.745 €	- 14.793.219 €	- 11.589.650 €
2013	- €	- €	- €
2014	- €	- €	- €
2015	- €	- €	- €
2016	- €	- €	- €
2017	- 12.937.128 €	- €	- €
2018	- €	- 12.934.576 €	- 18.178.669 €
2019	- 14.174.996 €	- €	- €
2020	- €	- 14.466.290 €	- €
2021	- 15.199.283 €	- €	- 15.194.103 €
2022	- €	- 15.528.092 €	- €
2023	- 15.919.243 €	- €	- 15.888.968 €
2024	- €	- 16.681.905 €	- €
2025	- 17.016.479 €	- €	- 17.046.464 €
2026	- €	- 8.394.617 €	- €

Para compreender melhor a dimensão das despesas de capital envolvidas no projeto, é necessário estudar a totalidade do investimento, ou seja o investimento acumulado, visto que este sofre depreciação ao longo do projeto. Para isso fez-se uso do seguinte procedimento [74]:

$$IAD(t) = IA(t) + IAD(t - 1) \cdot (1 - TD) \quad (5.4)$$

$$IAD_{tot} = \sum_{k=0}^t IA(k) \cdot (1 - TD)^{t-k} \quad (5.5)$$

Onde:

IAD_{tot} = Investimento acumulado depreciado total no fim do projeto

IAD(t) = Investimento acumulado depreciado no ano *t*,

IA(t) = Investimento anual correspondente ao ano *t*,

TD = Taxa de depreciação considerada (neste caso *TD* = 0,10).

Tendo em conta o apresentado, na tabela 5-15 o CAPEX acumulado depreciado. Neste caso vamos considerar apenas uma classe de depreciação e que todo o material desvaloriza 10% por ano.

Tabela 5-15 Capex Acumulado Depreciado

	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 13.227.745 €	- 14.793.219 €	- 11.589.650 €
2013	- 11.904.970 €	- 13.313.897 €	- 10.430.685 €
2014	- 10.714.473 €	- 11.982.508 €	- 9.387.617 €
2015	- 9.643.026 €	- 10.784.257 €	- 8.448.855 €
2016	- 8.678.723 €	- 9.705.831 €	- 7.603.969 €
2017	- 20.747.978 €	- 8.735.248 €	- 6.843.572 €
2018	- 18.673.181 €	- 20.796.299 €	- 24.337.884 €
2019	- 30.980.858 €	- 18.716.669 €	- 21.904.096 €
2020	- 27.882.772 €	- 31.311.293 €	- 19.713.686 €
2021	- 40.293.778 €	- 28.180.163 €	- 32.936.421 €
2022	- 36.264.400 €	- 40.890.239 €	- 29.642.779 €
2023	- 48.557.203 €	- 36.801.215 €	- 42.567.469 €
2024	- 43.701.483 €	- 49.802.999 €	- 38.310.722 €
2025	- 56.347.814 €	- 44.822.699 €	- 51.526.114 €
2026	- 50.713.032 €	- 48.735.046 €	- 46.373.502 €

Na tabela 5-16 são então apresentados os custos operacionais esperados ao longo do projeto, sendo calculados nos pressupostos apresentados anteriormente

Tabela 5-16 Opex para o cenário A

	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 519.958 €	- 519.815 €	- 519.741 €
2013	- 921.135 €	- 917.810 €	- 914.462 €
2014	- 1.328.581 €	- 1.285.797 €	- 1.278.660 €
2015	- 1.972.808 €	- 1.686.541 €	- 1.654.899 €
2016	- 3.165.309 €	- 2.361.607 €	- 2.216.628 €
2017	- 4.672.665 €	- 3.498.075 €	- 3.196.437 €
2018	- 6.226.008 €	- 4.969.146 €	- 4.567.000 €
2019	- 7.827.102 €	- 6.539.846 €	- 6.148.617 €
2020	- 9.386.558 €	- 8.174.019 €	- 7.774.566 €
2021	- 10.991.989 €	- 9.776.578 €	- 9.453.753 €
2022	- 12.606.149 €	- 11.426.063 €	- 11.135.447 €
2023	- 15.919.243 €	- 13.081.689 €	- 12.823.118 €
2024	- 15.875.371 €	- 14.753.442 €	- 14.517.724 €
2025	- 17.537.261 €	- 16.481.581 €	- 16.269.434 €
2026	- 19.258.568 €	- 18.182.515 €	- 17.994.582 €

Na tabela 5-14, encontram-se as receitas que se esperam obter ao longo da duração do projeto. No seu cálculo foram consideradas como anteriormente citado, as comissões por cada

serviço, a taxa de penetração dos equipamentos necessários para fornecer esse serviço, e os alugueres de banda larga para cada utilizador.

Tabela 5-17 Receitas estimadas no decurso do projeto no cenário A

	Receitas		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	968.661 €	968.234 €	965.344 €
2013	1.798.912 €	1.789.011 €	1.775.266 €
2014	2.691.814 €	2.599.671 €	2.542.147 €
2015	4.297.636 €	3.720.011 €	3.484.574 €
2016	7.947.347 €	5.984.062 €	5.079.993 €
2017	12.614.274 €	9.498.782 €	7.373.624 €
2018	17.161.518 €	13.663.925 €	10.730.562 €
2019	21.674.799 €	18.100.761 €	14.914.829 €
2020	26.235.390 €	22.663.166 €	19.431.264 €
2021	30.866.196 €	27.313.769 €	24.088.699 €
2022	35.573.726 €	32.045.001 €	28.838.915 €
2023	40.361.059 €	36.856.733 €	33.672.237 €
2024	45.230.660 €	41.750.701 €	38.588.216 €
2025	50.184.925 €	46.729.137 €	43.588.589 €
2026	55.226.286 €	51.794.439 €	48.675.641 €

Para analisar os dados económicos do projeto de forma mais intuitiva, os mesmos foram colocados sob a forma de gráfico e apresentados nos gráficos 5-9, 5-10, 5-11:



Gráfico 5.9 Resultados Operacionais Cenário A Otimista

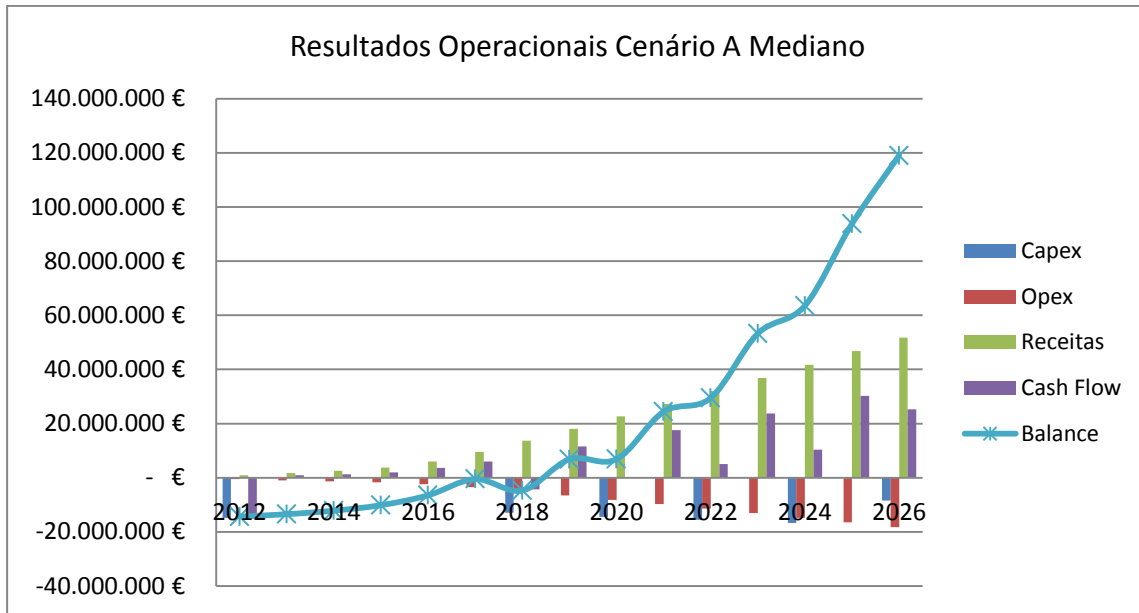


Gráfico 5.10 Resultados Operacionais Cenário A Mediano

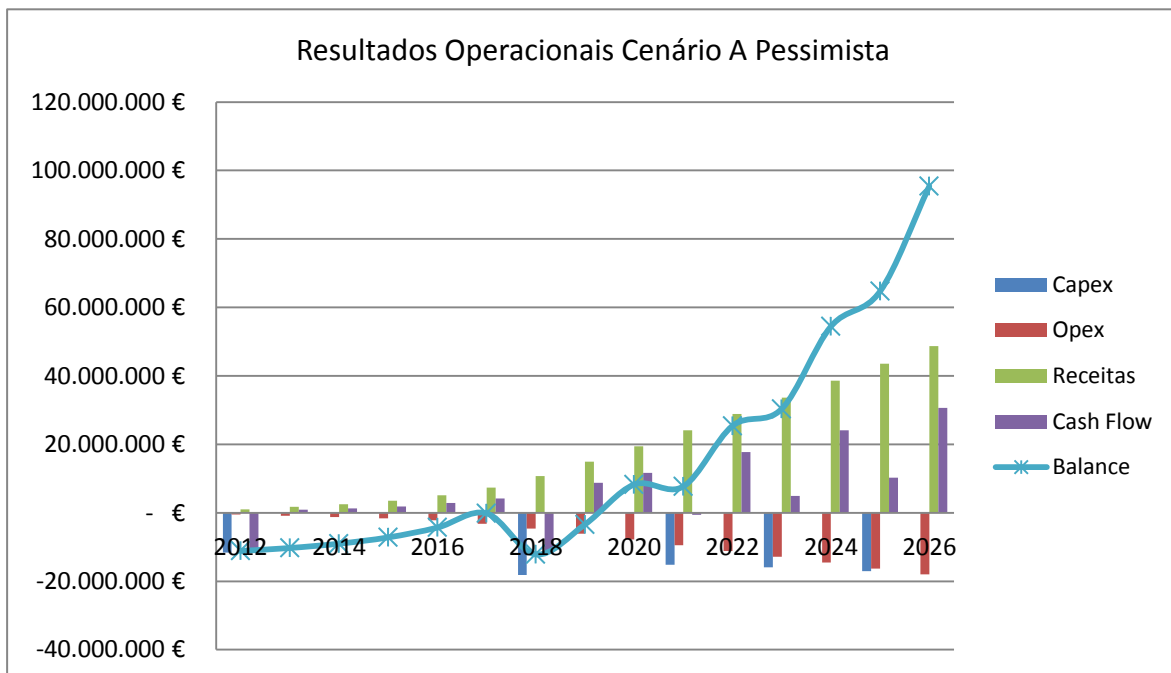


Gráfico 5.11 Resultados Operacionais Cenário A Pessimista

Para uma melhor compreensão da dimensão económica do projeto foram ainda calculadas as Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), o Valor Atual Líquido (VAL), e o Período de Retorno do investimento, apresentados na tabela 5.18:

Tabela 5-18 Principais indicadores Financeiros

Cenário Otimista	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	72.893.144,60 €
TIR	24,142610%
Tempo de Recuperação	Ano 5
Cenário mediano	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	61.938.125,47 €
TIR	20,134399%
Tempo de Recuperação	Ano 6
Cenário Pessimista	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	48.514.331,54 €
TIR	17,849079%
Tempo de Recuperação	Ano 7

Considerações sobre o cenário:

A análise dos gráficos 5-9, 5-10 e 5-11, bem como da tabela 5-18, dão-nos alguns indicadores importantes sobre os aspetos financeiros do cenário.

Verifica-se que para o caso otimista o retorno de investimento ocorrerá no Ano 5 do projeto, para o mediano e pessimista no ano 6 e 7 respetivamente. Isto deve-se a um maior número de clientes portanto um maior volume de receitas, sendo que os investimentos iniciais são semelhantes para todos os cenários de evolução do mercado.

A primeira intervenção no terreno após o Ano 0, para o caso otimista ocorre bastante mais cedo que para os casos pessimista e mediano, isso explica-se com o crescimento mais acentuado do número de utilizadores para o cenário otimista.

O Capex varia entre picos de investimento nos anos em que se intervencionam no mercado e o zero ou pouco mais que isso nos restantes anos, e os mesmos são semelhantes para a perspetiva otimista e mediana que apresentam o mesmo número de intervenções, e bastante mais reduzidas na perspetiva pessimista uma vez que apresenta uma intervenção a menos.

Pelo contrário o Opex vai crescendo conforme o volume e dimensão, e complexidade do projeto vão crescendo. Também aqui o valor do OPEX na perspetiva otimista é a que apresenta mais custos, seguida da mediana e por fim a pessimista, refletindo o número de clientes.

O projeto será atrativo apesar dos investimentos que se projetam ser elevados. O seu VAL e TIR, qualquer que seja a perspetiva considerada (otimista, pessimista, ou mediano), são

elevados, no entanto, os períodos de retorno do investimento elevados podem assustar alguns pequenos e médios investidores, mas tendo em vista uma operadora, consolidada no mercado, que esteja em condições de efetuar um investimento num projeto de médio longo termo, o mercado M2M, acaba por ser um aliciante.

5.8 Cenário B- Globalmente Centralizado

Neste cenário, consideremos então como pressuposto, que de entre os utilizadores que aderiam à casa digital, a totalidade dos mesmos recorreriam à ajuda de um operador de telecomunicações, conforme está ilustrado na figura 5.4.

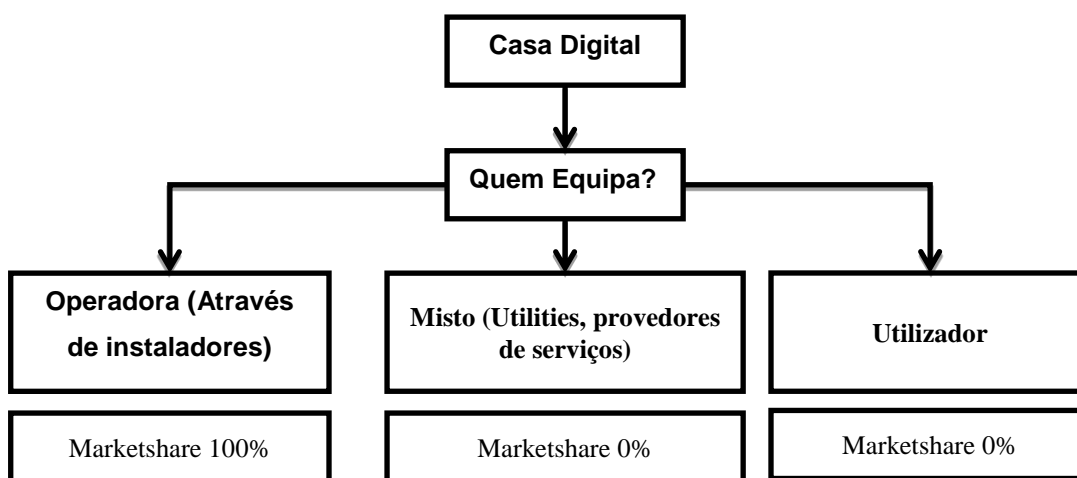


Figura 5.4 Market Share do cenário B

Procedendo-se de forma semelhante ao capítulo anterior, consideremos novamente um mercado modelado por uma curva logística, conforme descrito anteriormente, onde se considera uma taxa de penetração inicial de 10% e uma taxa de saturação de 50%, aplicada ao mesmo mercado alvo.

As tabelas 5-19, 5-20 e 5-21, descrevem a evolução do número total de casas a aderir à casa Inteligente, por cada um dos pressupostos de instalação:

Tabela 5-19 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto equipadas pelo utilizador

		Utilizador														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediano		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pessimista		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 5-20 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto equipadas pela operadora

		Operadora														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		2484	2164	2275	3477	6477	8264	8807	9133	9417	9701	9992	10292	10601	10919	11246
Mediano		2483	2140	2064	2316	3705	6224	8098	8948	9372	9690	9990	10291	10600	10919	11246
Pessimista		2476	2112	1951	1894	2355	3908	6531	8418	9238	9659	9982	10290	10600	10918	11246

Tabela 5-21- Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas pelas utilities e provedoras de serviços

		Utilities e fornecedoras de serviços														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediano		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pessimista		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como seria de esperar num cenário globalmente centralizado, todos os utilizadores aderem aos serviços através da operadora.

Torna-se, mais uma vez, relevante perceber a forma como estes novos clientes se distribuem pelos diferentes pacotes de banda larga, mas também pelos diferentes pacotes de dispositivos. Assim as tabelas 5-22 e 5-23 mostram essa distribuição:

Tabela 5-22 Distribuição da adesão dos clientes pelo tipo de pacotes de dispositivos disponíveis

	% de adesão
Base	35%
Regular	60%
Premium	5%

Tabela 5-23 Distribuição da adesão aos vários pacotes de banda larga

	% de adesão
Total 6 (Mbps)	15%
Total 12 (Mbps)	20%
Total 24 (Mbps)	30%
Total 50 (Mbps)	15%
Total 100 (Mbps)	10%
Total 200 (Mbps)	5%
Total 360 (Mbps)	5%

Tal como no capítulo anterior foram estimados os investimentos CAPEX associados ao decurso do projeto, bem como o seu acumulado depreciado, e as despesas operacionais. Esses investimentos e despesas são apresentados na tabela 5-24, 5-25 e 5-26.

Tabela 5-24 Capex para o Cenário B

	Capex		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 13.227.745 €	- 14.793.219 €	- 11.589.650 €
2013	- €	- €	- €
2014	- €	- €	- €
2015	- €	- €	- €
2016	- €	- €	- €
2017	- 12.937.128 €	- €	- €
2018	- €	- 12.934.576 €	- 18.178.669 €
2019	- 14.174.996 €	- €	- €
2020	- €	- 14.466.290 €	- €
2021	- 15.199.283 €	- €	- 15.194.103 €
2022	- €	- 15.528.092 €	- €
2023	- 15.919.243 €	- €	- 15.888.968 €
2024	- €	- 16.681.905 €	- €
2025	- 17.016.479 €	- €	- 17.046.464 €
2026	- €	- 8.394.617 €	- €

Tabela 5-25 Capex Acumulado depreciado

	Capex		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 13.227.745 €	- 14.793.219 €	- 11.589.650 €
2013	- 11.904.970 €	- 13.313.897 €	- 10.430.685 €
2014	- 10.714.473 €	- 11.982.508 €	- 9.387.617 €
2015	- 9.643.026 €	- 10.784.257 €	- 8.448.855 €
2016	- 8.678.723 €	- 9.705.831 €	- 7.603.969 €
2017	- 20.747.978 €	- 8.735.248 €	- 6.843.572 €
2018	- 18.673.181 €	- 20.796.299 €	- 24.337.884 €
2019	- 30.980.858 €	- 18.716.669 €	- 21.904.096 €
2020	- 27.882.772 €	- 31.311.293 €	- 19.713.686 €
2021	- 40.293.778 €	- 28.180.163 €	- 32.936.421 €
2022	- 36.264.400 €	- 40.890.239 €	- 29.642.779 €
2023	- 48.557.203 €	- 36.801.215 €	- 42.567.469 €
2024	- 43.701.483 €	- 49.802.999 €	- 38.310.722 €
2025	- 56.347.814 €	- 44.822.699 €	- 51.526.114 €
2026	- 50.713.032 €	- 48.735.046 €	- 46.373.502 €

Tabela 5-26 Despesas operacionais no cenário B

	Opex		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 1.762.103 €	- 1.761.412 €	- 1.761.338 €
2013	- 2.251.726 €	- 2.236.046 €	- 2.232.698 €
2014	- 2.931.043 €	- 2.779.991 €	- 2.772.853 €
2015	- 4.403.649 €	- 3.513.227 €	- 3.481.585 €
2016	- 7.443.739 €	- 5.114.529 €	- 4.969.550 €
2017	- 10.492.554 €	- 7.880.932 €	- 7.579.293 €
2018	- 13.143.674 €	- 10.911.180 €	- 10.509.034 €
2019	- 15.788.555 €	- 13.716.892 €	- 13.325.664 €
2020	- 18.403.144 €	- 16.458.055 €	- 16.058.602 €
2021	- 21.092.250 €	- 19.156.832 €	- 18.834.008 €
2022	- 23.822.115 €	- 21.924.966 €	- 21.634.350 €
2023	- 15.919.243 €	- 24.730.378 €	- 24.471.807 €
2024	- 29.424.004 €	- 27.585.854 €	- 27.350.136 €
2025	- 32.304.963 €	- 30.533.098 €	- 30.320.951 €
2026	- 35.281.911 €	- 33.489.681 €	- 33.301.749 €

Na tabela 5-27, encontram-se as perspetivas de receita do projeto ao longo da sua duração. No seu cálculo foram consideradas, como anteriormente citado, as comissões por cada serviço baseado na taxa de penetração dos equipamentos necessários para fornecer esse serviço,

e os alugueres de banda larga para cada utilizador, e ainda neste caso o lucro com a venda dos pacotes de equipamentos para a instalação de uma casa inteligente.

Tabela 5-27 Estimativa das receitas ao longo do projeto

	Receitas		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	3.715.162 €	3.713.522 €	3.702.440 €
2013	4.050.345 €	4.015.369 €	3.972.753 €
2014	4.937.025 €	4.642.225 €	4.476.595 €
2015	7.539.141 €	5.909.409 €	5.290.783 €
2016	13.671.163 €	9.302.601 €	7.228.363 €
2017	19.689.404 €	14.827.242 €	10.759.617 €
2018	24.568.144 €	20.414.892 €	16.167.004 €
2019	29.271.855 €	25.456.788 €	21.776.592 €
2020	34.014.620 €	30.310.268 €	26.887.949 €
2021	38.844.829 €	35.186.696 €	31.849.283 €
2022	43.769.187 €	40.141.582 €	36.841.944 €
2023	48.788.853 €	45.187.951 €	41.914.854 €
2024	53.904.882 €	50.329.612 €	47.080.322 €
2025	59.118.745 €	55.568.668 €	52.342.389 €
2026	64.432.250 €	60.907.073 €	57.703.448 €

Tal como no capítulo anterior, os dados financeiros do projeto foram agrupados e representados em gráficos (5-12, 5-13, 5-14), para uma melhor análise do cenário.

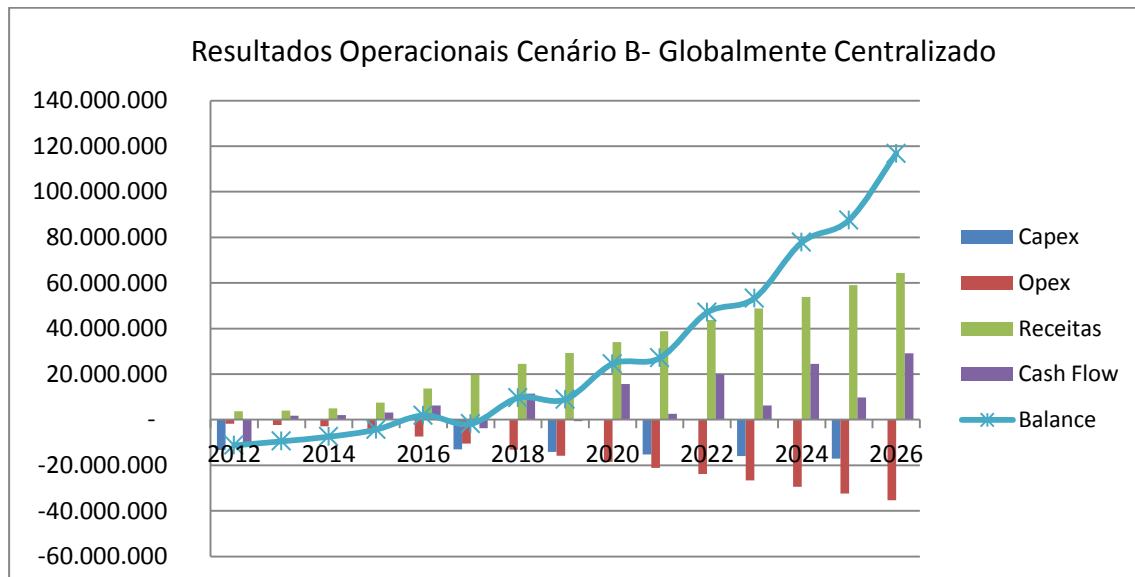


Gráfico 5.12 Resultados Operacionais Cenário B- Globalmente Centralizado caso otimista

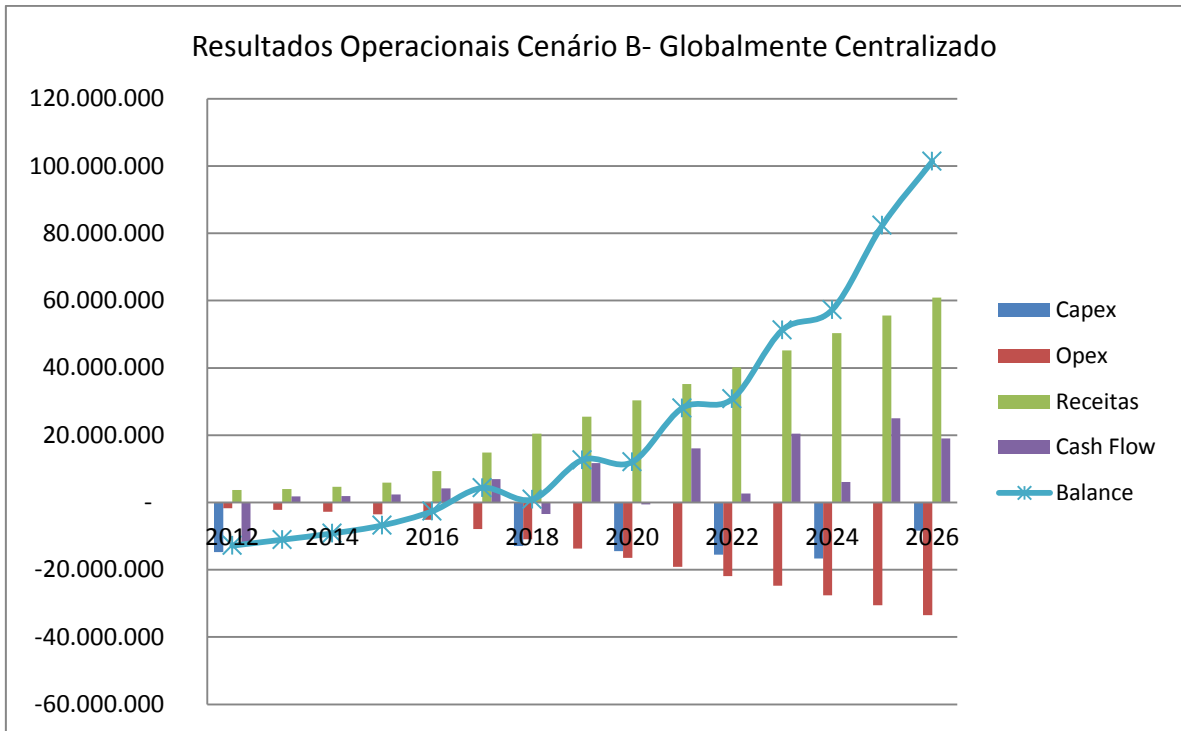


Gráfico 5.13 Resultados Operacionais Cenário B- Globalmente Centralizado caso mediano

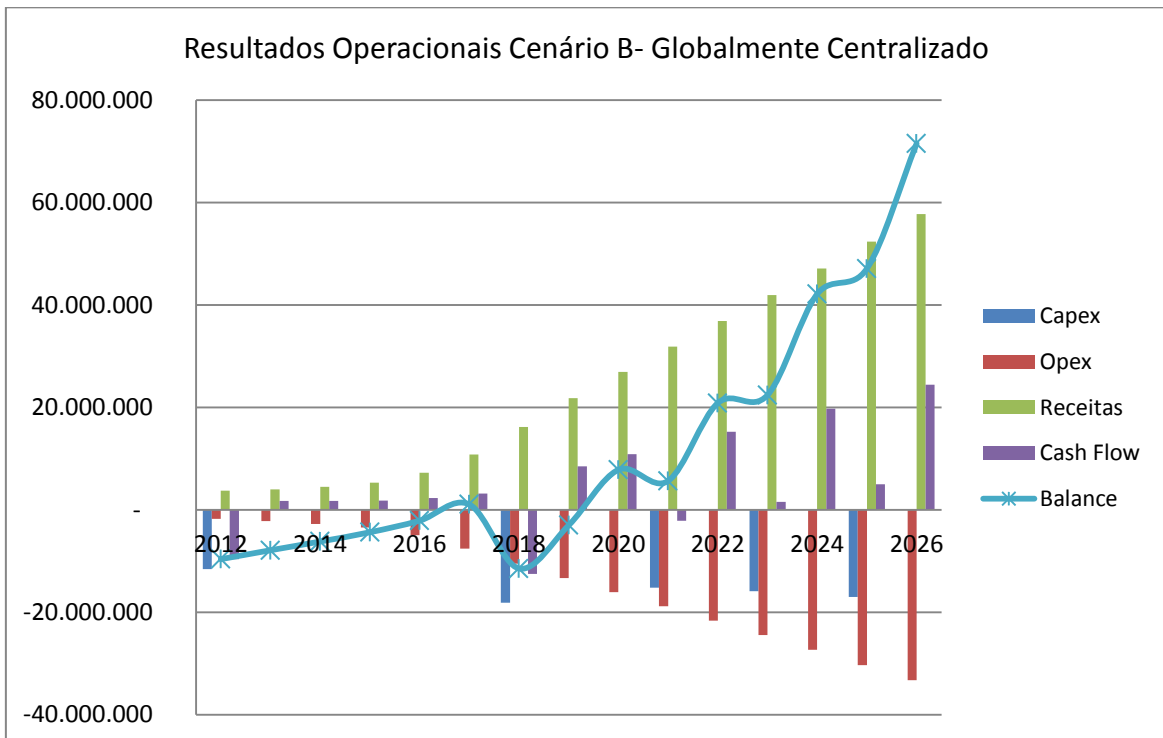


Gráfico 5.14 Resultados Operacionais Cenário B- Globalmente Centralizado caso pessimista

Para uma melhor compreensão da dimensão económica do projeto foram novamente calculadas as Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), o Valor Atual Líquido (VAL), e o Período de Retorno do investimento (tabela 5-28):

Tabela 5-28 Resultados Financeiros relevantes

Cenário Otimista	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	63.683.957,21 €
TIR	29,853129%
Tempo de Recuperação	Ano 5
Cenário mediano	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	54.355.210,72 €
TIR	24,406748%
Tempo de Recuperação	Ano 4
Cenário Pessimista	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	36.427.806,41 €
TIR	17,967502%
Tempo de Recuperação	Ano 7

Considerações sobre o cenário:

Para este cenário verifica-se que, para uma perspetiva otimista o retorno de investimento ocorrerá no Ano 5 do projeto, sedo que para o mediano esse momento ocorre ainda no ano 4 e para o pessimista ocorrerá no Ano 7. Para o caso pessimista ocorre um pouco mais tarde, devido um menor volume de clientes, logo menor volume de receitas. Já em relação ao facto de o Retorno de Investimento ocorrer mais cedo no cenário mediano que no cenário otimista, este facto apesar de não ser usual deve-se ao facto de a primeira intervenção na rede no caso otimista se dar mais cedo, e a primeira intervenção na rede no caso mediano dar-se já após o retorno do investimento se dar.

O comportamento do Capex, pouco difere do cenário A, isto deve-se ao facto de se terem usado os mesmos pressupostos de mercado, ou seja, o número de clientes será semelhante, quem os equipa é que é diferente, pelo que os investimentos na infraestrutura de rede serão semelhantes. Outro facto que contribui para que o Capex seja semelhante é o facto de não se considerar como Capex a compra dos pacotes de equipamentos necessários para equipar as habitações. Apenas foi considerado o lucro no setor das receitas, e uma componente nas despesas operacionais com a gestão desse *stock*.

As despesas operacionais aumentam consideravelmente em relação ao cenário A. Isto deve-se ao facto dos encargos aumentarem face a necessidade de garantir apoio e assistência técnica aos equipamentos instalados nas habitações.

As receitas também neste caso aumentam consideravelmente e isso provém do lucro com os equipamentos para as habitações, no entanto o aumento das despesas faz com que o TIR e o VAL deste cenário, apesar de bastante positivos, não se tornar mais atrativos que no cenário A.

5.9 Cenário C- Cenário Híbrido

Neste cenário, considera-se que, de entre os utilizadores que aderiam à casa digital, 25% faziam-no por sua conta e risco, 70% eram equipadas por *utilities* e provedores de serviços, e os restantes 5% recorreriam à ajuda de um operador de telecomunicações, conforme está ilustrado na figura 5-7. Este é o cenário que mais se aproxima com a realidade dos factos. A operadora possui algumas soluções e equipa uma pequena percentagem do mercado, mas o grosso do mercado é equipado por *utilities*, provedoras de serviços e empresas especializadas.

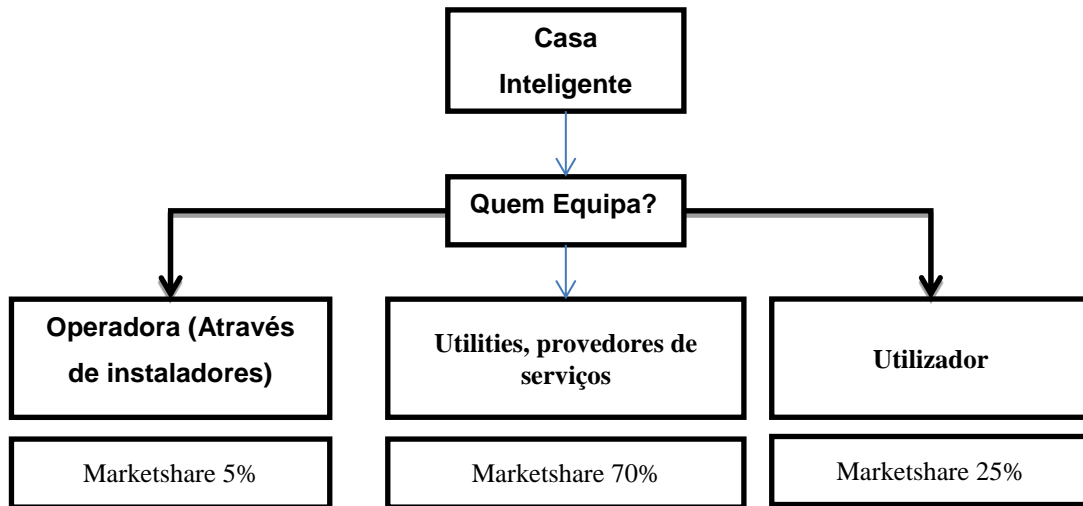


Figura 5.5 Marketshare do cenário C

Consideremos novamente um mercado modelado por uma curva logística, conforme descrito anteriormente, onde se considera uma taxa de penetração inicial de 10% e uma taxa de saturação de 50%. Desta forma resultam as distribuições de mercado apresentadas nas tabelas 5-29, 5-30, e 5-31.

Tabela 5-29 - Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas pelos próprios utilizadores

		Utilizadores														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		621	541	569	869	1619	2066	2202	2283	2354	2425	2498	2573	2650	2730	2812
Mediano		621	535	516	579	926	1556	2024	2237	2343	2423	2497	2573	2650	2730	2812
Pessimista		619	528	488	474	589	977	1633	2105	2309	2415	2496	2572	2650	2730	2812

Tabela 5-30 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas pela operadora

		Operadora														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		124	108	114	174	324	413	440	457	471	485	500	515	530	546	562
Mediano		124	107	103	116	185	311	405	447	469	485	499	515	530	546	562
Pessimista		124	106	98	95	118	195	327	421	462	483	499	514	530	546	562

Tabela 5-31 Número de novas habitações instaladas em cada ano do projeto instaladas utilities e prestadoras de serviços

		Utilities														
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Otimista		1739	1515	1593	2434	4534	5785	6165	6393	6592	6791	6994	7204	7420	7643	7872
Mediano		1738	1498	1445	1621	2594	4357	5668	6264	6561	6783	6993	7204	7420	7643	7872
Pessimista		1733	1478	1366	1326	1649	2736	4571	5893	6466	6761	6988	7203	7420	7643	7872

Tendo em conta distribuição apresentada, é novamente relevante perceber a forma como os clientes se distribuem pelos diferentes pacotes de dispositivos. Assim as tabelas 5-33 e 5-34 mostram a distribuição pelos diferentes pacotes de equipamentos, e pelos diferentes serviços de banda larga.

Tabela 5-32 Distribuição da adesão dos clientes pelo tipo de pacotes de dispositivos disponíveis

	% de adesão
Base	35%
Regular	60%
Premium	5%

Tabela 5-33 Distribuição da adesão aos vários pacotes de banda larga

	% de adesão
Total 6 (Mbps)	15%
Total 12 (Mbps)	20%
Total 24 (Mbps)	30%
Total 50 (Mbps)	15%
Total 100 (Mbps)	10%
Total 200 (Mbps)	5%
Total 360 (Mbps)	5%

De forma semelhante à efetuada nos subcapítulos anteriores foram calculados os investimentos CAPEX necessários ao longo do projeto, o seu acumulado depreciado, bem como as despesas operacionais do operador de telecomunicações, sendo apresentados na tabela 5-32 e 5-35 e 5-36.

Tabela 5-34 Capex para o Cenário C

	Capex		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 13.227.745 €	- 14.793.219 €	- 11.589.650 €
2013	- €	- €	- €
2014	- €	- €	- €
2015	- €	- €	- €
2016	- €	- €	- €
2017	- 12.937.128 €	- €	- €
2018	- €	- 12.934.576 €	- 18.178.669 €
2019	- 14.174.996 €	- €	- €
2020	- €	- 14.466.290 €	- €
2021	- 15.199.283 €	- €	- 15.194.103 €
2022	- €	- 15.528.092 €	- €
2023	- 15.919.243 €	- €	- 15.888.968 €
2024	- €	- 16.681.905 €	- €
2025	- 17.016.479 €	- €	- 17.046.464 €
2026	- €	- 8.394.617 €	- €

Tabela 5-35 Capex Acumulado depreciado

	Capex		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 13.227.745 €	- 14.793.219 €	- 11.589.650 €
2013	- 11.904.970 €	- 13.313.897 €	- 10.430.685 €
2014	- 10.714.473 €	- 11.982.508 €	- 9.387.617 €
2015	- 9.643.026 €	- 10.784.257 €	- 8.448.855 €
2016	- 8.678.723 €	- 9.705.831 €	- 7.603.969 €
2017	- 20.747.978 €	- 8.735.248 €	- 6.843.572 €
2018	- 18.673.181 €	- 20.796.299 €	- 24.337.884 €
2019	- 30.980.858 €	- 18.716.669 €	- 21.904.096 €
2020	- 27.882.772 €	- 31.311.293 €	- 19.713.686 €
2021	- 40.293.778 €	- 28.180.163 €	- 32.936.421 €
2022	- 36.264.400 €	- 40.890.239 €	- 29.642.779 €
2023	- 48.557.203 €	- 36.801.215 €	- 42.567.469 €
2024	- 43.701.483 €	- 49.802.999 €	- 38.310.722 €
2025	- 56.347.814 €	- 44.822.699 €	- 51.526.114 €
2026	- 50.713.032 €	- 48.735.046 €	- 46.373.502 €

Tabela 5-36 Custos operacionais do projeto (OPEX)

	Opex		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	- 582.065 €	- 581.895 €	- 581.784 €
2013	- 987.665 €	- 983.722 €	- 980.197 €
2014	- 1.408.705 €	- 1.360.507 €	- 1.352.630 €
2015	- 2.094.350 €	- 1.777.875 €	- 1.743.384 €
2016	- 3.379.230 €	- 2.499.253 €	- 2.344.674 €
2017	- 4.963.660 €	- 3.717.218 €	- 3.394.401 €
2018	- 6.571.891 €	- 5.266.248 €	- 4.835.088 €
2019	- 8.225.175 €	- 6.898.698 €	- 6.475.807 €
2020	- 9.837.387 €	- 8.588.221 €	- 8.156.432 €
2021	- 11.497.002 €	- 10.245.590 €	- 9.890.271 €
2022	- 13.166.947 €	- 11.951.008 €	- 11.627.861 €
2023	- 15.919.243 €	- 13.664.123 €	- 13.373.013 €
2024	- 16.552.803 €	- 15.395.063 €	- 15.126.803 €
2025	- 18.275.646 €	- 17.184.157 €	- 16.939.468 €
2026	- 20.059.736 €	- 18.947.873 €	- 18.727.398 €

Na tabela 5-38, encontram-se as receitas do projeto ao longo da sua duração. No seu cálculo foram consideradas tal como no cenário A e B, as comissões por cada serviço baseado na taxa de penetração dos equipamentos necessários para fornecer esse serviço, e os alugueres de

banda larga para cada utilizador, e ainda neste caso o lucro com a venda dos pacotes de equipamentos para a instalação de uma casa inteligente.

Tabela 5-37 Estimativa das receitas no cenário C

	Receitas		
	Otimista	Mediano	Pessimista
2012	1.183.976 €	1.183.453 €	1.179.921 €
2013	2.006.656 €	1.994.724 €	1.978.577 €
2014	2.925.887 €	2.816.773 €	2.749.966 €
2015	4.642.570 €	3.973.933 €	3.704.706 €
2016	8.544.871 €	6.361.089 €	5.350.884 €
2017	13.401.409 €	10.091.566 €	7.777.902 €
2018	18.066.561 €	14.448.796 €	11.357.083 €
2019	22.688.032 €	19.023.773 €	15.736.190 €
2020	27.356.658 €	23.702.742 €	20.391.503 €
2021	32.097.401 €	28.465.913 €	25.167.805 €
2022	36.916.920 €	33.310.345 €	30.033.239 €
2023	41.818.246 €	38.236.945 €	34.982.434 €
2024	46.803.806 €	43.247.664 €	40.015.931 €
2025	51.875.984 €	48.344.781 €	45.135.692 €
2026	57.037.216 €	53.530.709 €	50.344.059 €

Foram criados novamente gráficos (5-10, 5-11, 5-12), para uma análise mais intuitiva da dimensão financeira do cenário.

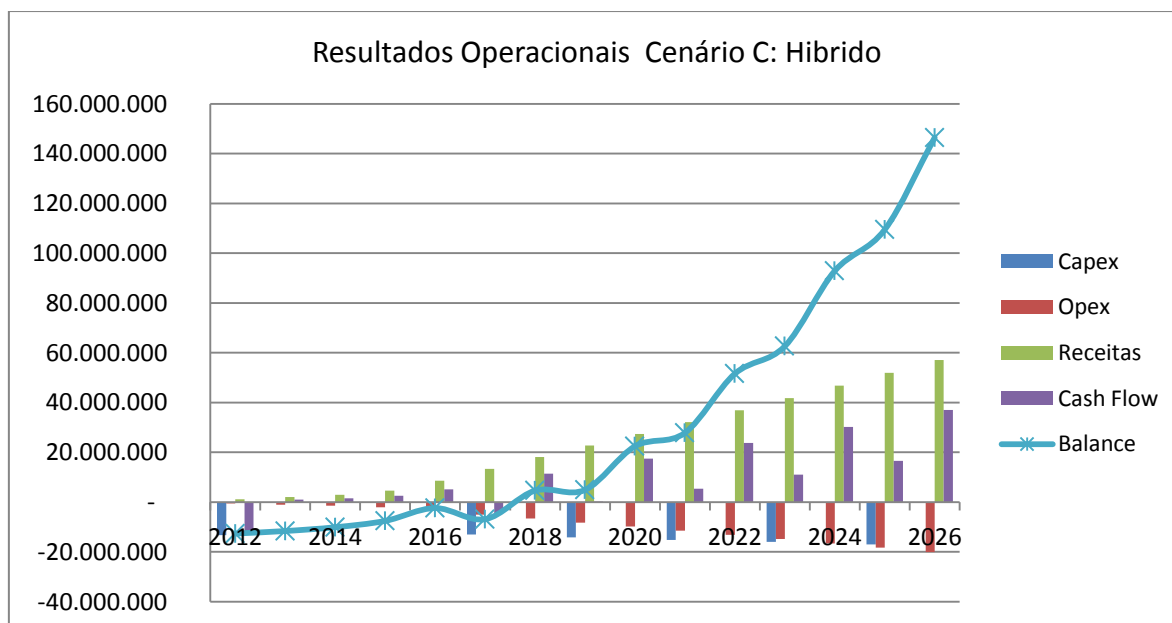


Gráfico 5.15 Resultados Operacionais Cenário C: Híbrido caso otimista

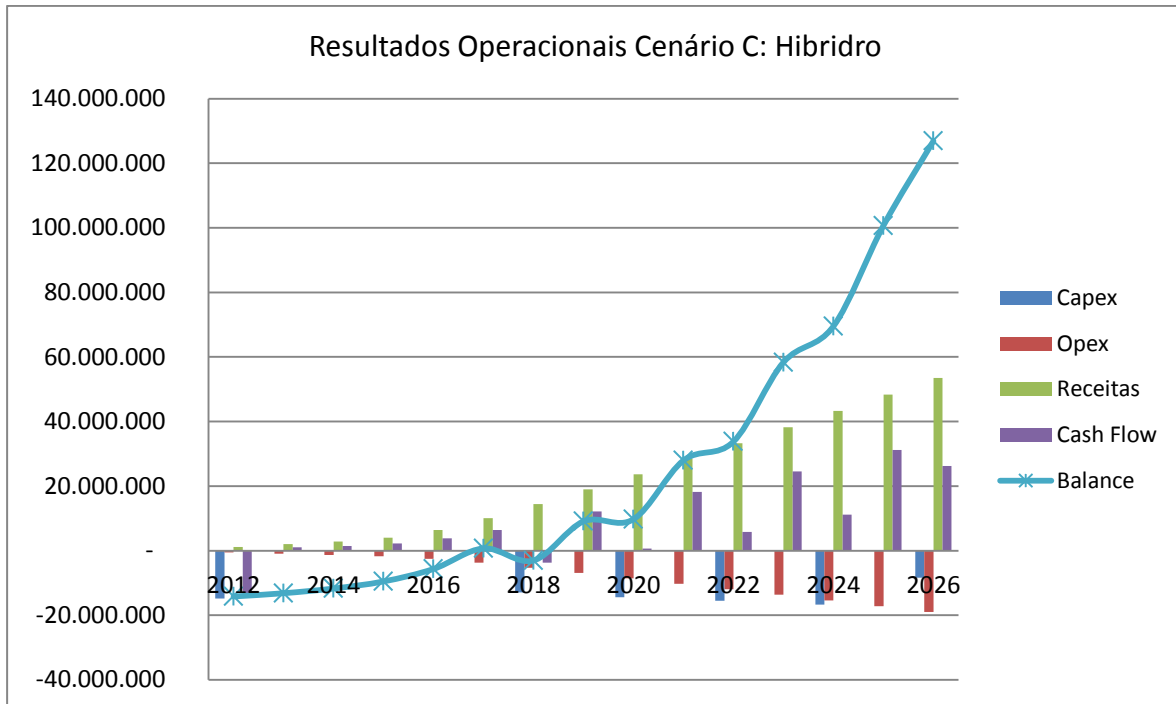


Gráfico 5.16 Resultados Operacionais Cenário C: Híbrido caso mediano

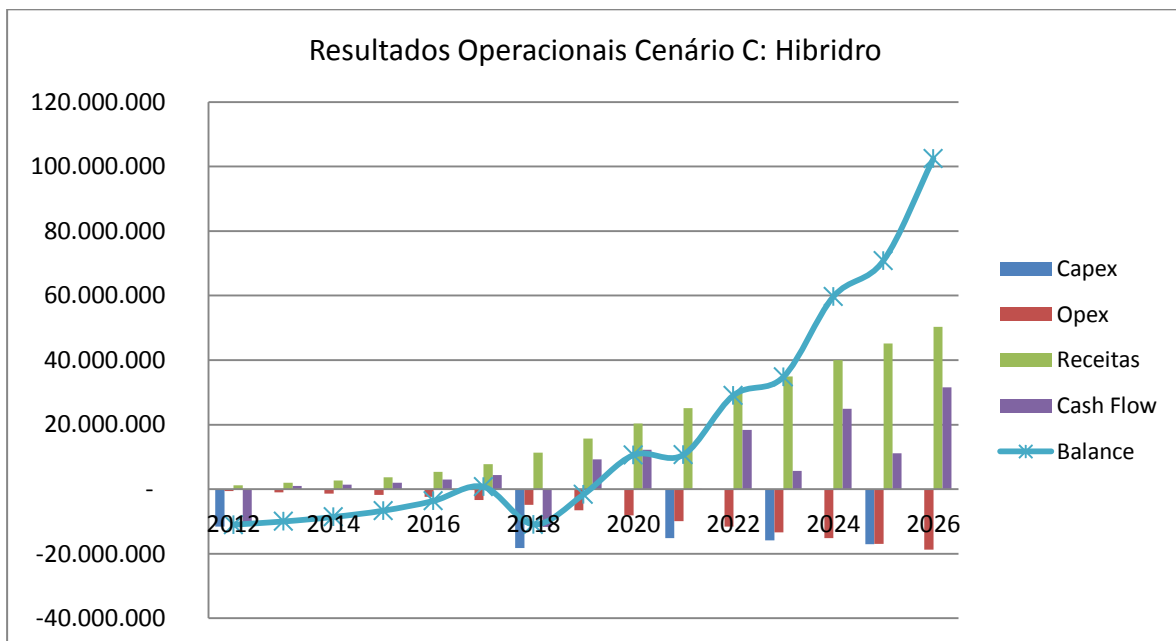


Gráfico 5.17 Resultados Operacionais Cenário C: Híbrido caso pessimista

Para uma melhor compreensão da Dimensão económica do projeto foram novamente calculadas as Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), o Valor Atual Líquido (VAL), e o Período de Retorno do investimento (tabela 5-39)

Tabela 5-38 Resultados financeiros importantes

Cenário Otimista	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	78.212.939,41 €
TIR	26,400123%
Tempo de Recuperação	Ano 5
Cenário mediano	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	66.743.838,97 €
TIR	22,166127%
Tempo de Recuperação	Ano 4
Cenário Pessimista	
Taxa de Juro Anual	5,000000%
VAL	52.791.636,43 €
TIR	20,181567%
Tempo de Recuperação	Ano 7

Considerações sobre o cenário:

Verifica-se que neste cenário, para o caso otimista o retorno de investimento ocorrerá no Ano 5 do projeto, no entanto para o mediano esse momento ocorre ainda no ano 4. Mais uma vez para tal contribuem os fatores já referidos anteriormente.

O CAPEX será mais uma vez semelhante ao cenário A e B, isto deve-se aos fatores já referidos anteriormente.

As despesas operacionais aumentam ligeiramente em relação ao cenário A. Isto deve-se ao facto dos encargos aumentarem face a necessidade de garantir apoio e assistência técnica aos equipamentos instalados nas habitações por parte do operador de telecomunicações, mas são inferiores ao cenário B, uma vez que a franja de mercado atingida pela operadora é francamente menor.

As receitas aumentam ligeiramente em relação ao cenário A, e isto explica-se devido ao facto de se venderem alguns pacotes de equipamentos, mas são consideravelmente inferiores ao cenário B.

O VAL e o TIR neste cenário apresentam valores bastante atrativos, mostrando o potencial de mercado das comunicações M2M. Mesmo numa perspetiva pessimista da evolução de mercado, o potencial e os indicadores financeiros apontam para retornos relevantes, apenas esse retorno dá-se apenas um ou dois anos mais tarde.

6. Considerações Finais

6.1 Conclusões

Esta dissertação foi assente em quatro grandes objetivos:

- Compreender e estudar o fenómeno das comunicações M2M, tomando contacto com as tecnologias envolvidas e os cenários macroeconómicos.
- Identificação das principais tecnologias, equipamentos e arquiteturas de rede utilizadas numa casa inteligente.
- Construção de possíveis cenários económicos e modelos de negócio de uma rede M2M dedicada ao mercado residencial.
- Estudar a viabilidade económica dos cenários criados

Foram abordados os custos inerentes a aquisição dos equipamentos para dotar uma habitação com serviços M2M, tendo-se verificado que são atualmente ainda bastante elevados. É espectável que com a generalização destas tecnologias os seus custos se venham a tornar mais acessíveis.

Foram construídos três cenários distintos: (i) *do it yourself* (onde todas as habitações eram equipadas pelos utilizadores), (ii) globalmente centralizado (onde todas as habitações são equipadas pela operadora), e (iii) híbrido, tendo sido obtidos indicadores económico-financeiros globalmente positivos em todos eles.

Dos três, o cenário globalmente centralizado, apesar de ser o que possui maior volume de receitas é o menos atrativo para a operadora.

O cenário híbrido (o cenário que mais se aproxima da realidade), ao libertar a operadora de grande parte dos encargos com a manutenção dos equipamentos domésticos (quando comparado com o cenário Globalmente Centralizado), fornecendo algum lucro a venda de equipamentos (quando comparado com o cenário *do it yourself*), é o mais atrativo para a operadora de telecomunicações.

Dada a análise aos resultados financeiros, o real valor das comunicações M2M para as operadoras encontra-se na monetização dos serviços de valor acrescentado que fazem uso da sua infraestrutura de comunicação e não no valor dos produtos e dispositivos para equipar as habitações.

A monetização de serviços que usam a rede do operador de telecomunicações, não será como se pode observar com o apresentado, a principal fonte de receita de uma operadora, mas constituirá uma fonte de receita para os operadores de telecomunicação.

As incertezas e riscos associados a este tipo de projetos de longa duração são muitas. Ainda assim, a avaliar pelos resultados apresentados, a viabilidade dos projetos neste setor das comunicações M2M não estará em causa.

Tendo em conta tudo o que foi abordado e mesmo lidando dificuldades inerentes a este tipo de estudo os objetivos que foram proposto para a elaboração desta dissertação terão sido, na sua globalidade, atingidos com sucesso.

6.2 Trabalhos futuros

O fenómeno das comunicações M2M que está atualmente num processo evolutivo forte, pelo que de seguida se apresentam algumas sugestões de trabalho que ajudem a consolidar o trabalho efetuado:

- Estudar e modelar o trafego gerado pelos dispositivos M2M;
- Criar ferramentas que estimem o volume de tráfego gerado pelos dispositivos M2M;
- Melhorar o modelo de negócio apresentado;
- Estender o estudo a outros mercados verticais por forma a otimizar o uso da rede;
- Otimizar o processo de dimensionamento da rede;
- Otimizar o estudo do impacto do mercado concorrencial;

7. Bibliografia

- [1] AbiRecearch- Cisco. (2010). Maximizing Mobile Operator Opportunities in M2M- The Benefits of an M2M-Optimized Network. Obtido de Http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns523/ABI-CISCO_M2M_Operator_Opportunity.pdf
- [2] ActionTec . (2011). Meeting the Growing Demand for Broadband. Obtido de http://www.actiontec.com/CrossTalk/AEI_whtppr_growingBBdemand_final.pdf
- [3] Analysys Mason. (2011).The total cost of ownership for embebed movile devices.Obtido de <http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/2012/04/tcoembeddedmobilereport-1.pdf>
- [4] Analysys Mason Limited. (Analysys Mason Limited 2012). Machine-to-machine device connections: worldwide forecast 2011–2021. 10. Obtido de <http://www.analysismason.com/Research/Content/Reports/M2M-forecast-May2012-RDME0/>
- [5] Barber, L. (s.d.). *Sprint is your One Partner for M2M*. Obtido de <http://www.slideshare.net/LBarber01/m2m-overview-9395456>
- [6] Berg Insight. (2009). The Global Wireless M2M Market.
- [7] BIGGS, P. (2012). The Global Information Technology Report 2012. INSEAD, World Economic Forum. Obtido de http://www3.weforum.org/docs/Global_IT_Report_2012.pdf
- [8] Caçador, F. (2012). Um mundo dominado por máquinas. Semana Informatica.
- [9] Dusit Niyato, L. X. (2011). Machine-to-Machine Communications for Home Energy Management System in Smart Grid. IEEE Communications Magazine.
- [10] Emblaze Consulting LLC. (2009). Wireless M2M- The Oportunitie is here. Obtido de <http://emblazeworld.com/Attachments-Articles/2009-May%20%20Cellular%20M2M%20Whitepaper%20Part%201.pdf>
- [11] Emmerson, B. (s.d.). M2M in Europe. Obtido de <http://www.electric-words.org/m2m/euro-no1.pdf>
- [12] Eurecom – Mobile Communication. (s.d.). LOLA Project. Obtido de http://www.eurecom.fr/~nikaeinn/files/lola/LOLA_Summary_YEAR1.pdf
- [13] Geng Wu, S. T. (s.d.). M2M: From Mobile to Embedded Internet. Obtido de <http://www.iith.ac.in/~tbr/teaching/presentations/15.pdf>
- [14] Kaleelazhicathu, R. (s.d.). Machine-to-Machine Applications over Mobile Networks. Obtido de <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/T-109.551/2005/reports/M2M.pdf>
- [15] Kontron. (s.d.). Simplifying M2M . Obtido de <http://us.kontron.com/whitepaper-M2M>
- [16] M2M overview. (s.d.). Obtido de RCG Holdings Limited: <http://www.rcg.tv/en/industry-technology/m2m-overview.html>

- [17] Nokia Siemens Networks . (s.d.). M2M, neural network for the digital society and a new kind of business for operators. Obtido de http://www.nokiasiemensnetworks.com/sites/default/files/document/nsn-infocus_m2m_cover_story_120312.pdf
- [18] Taboza, M. (s.d.). Obtido de M2M: Uma opção estratégica para a telefonia móvel: <http://noticias.divulgueconteudo.com/395985-m2m-uma-opcao-estrategica-para-a-telefonia-movel>
- [19] Tech Mahindra. (2010). M2M Technology: Challenges and Oportunities . Obtido de http://www.techmahindra.com/Documents/WhitePaper/M2MTechnology_ChallengesandOpportunities_Sept10.pdf
- [20] Telefonica. (s.d.). Obtido de <https://m2m.telefonica.com/>
- [21] Teliasonera. (s.d.). Obtido de This is m2m: <http://m2m.teliasonera.com/m2m/this-is-m2m.html>
- [22] The FocalPoint Group, LLC. (s.d.). The Growth of Device Connectivity. Obtido de http://nww.nimblewireless.com/wp-content/uploads/2011/12/focalpoint_m2m_white_paper.pdf
- [23] WirefreeCom Incorporated. (2009). The Connected Planet And Opportunities for Wireless Applications. Obtido de http://mobicase.org/2011/archive/2009/presentations/Connected_Planet.pdf
- [24] Yankee Group. (2011). Mobile Broadband Connected Future: From Billions of People to Billions of Things. Obtido de <http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20Connected%20Devices%20White%20Paper%20Final%20100511.pdf>
- [25] Deutsche Telekom. (2012). Welcome to Machine-to-Machine by Deutsche Telekom. Obtido de <http://m2m.telekom.com/>
- [26] Sprint. (2010). Sprint as your ONE partner for M2M. Obtido de <http://www.slideshare.net/LBarber01/m2m-overview-9395456>
- [27] Pauline Troter, J. G. (2010). Operator Strategies in M2M: KPN. Obtido de <http://wenku.baidu.com/view/4e75262158fb770bf78a5544.html>
- [28] KPN. (s.d.). This is KPN. Obtido em 2012, de <http://www.kpn.com/corporate/aboutkpn/Company-profile/company-profile/the-company/this-is-kpn.htm>
- [29] AT&T. (2012). AT&T Company Information. Obtido de <http://www.att.com/gen/investor-relations?pid=5711>
- [30] Verizon Wireless. (2012). About us Verizon Wireless. Obtido de <http://aboutus.verizonwireless.com/aboutusoverview.html>
- [31] Datang Telecom Technology & Industry Group. (2011). IOT Solutions for Campus Security Guards. <http://en.datanggroup.cn/templates/08Solutions%20Content%20Page/index.aspx?nodeid=142&page=ContentPage&contentid=221>

- [32] Salmien, Lauri (2008). "Scenario-Based Techno-Economic Analysis of Digital Homes". TKK Helsinki University of Technology, Department of Communications and Networking. January 29, 2008.
- [33] Emblaze Consulting LLC. (2009). Wireless M2M- The Opportunity is here . Obtido de <http://emblazeworld.com/Attachments-Articles/2009-May%20%20Cellular%20M2M%20Whitepaper%20Part%201.pdf>
WirefreeCom Incorporated. (26 de October de 2009). The Connected Planet And Opportunities for Wireless Applications. http://mobicase.org/2011/archive/2009/presentations/Connected_Planet.pdf
- [34] M. Zubair Shafiq, L. J. (2012). A First Look at Cellular Machine-to-Machine Traffic –Large Scale Measurement and Characterization. AT&T Labs – Research, Florham Park, NJ, USA. Obtido de http://www.cse.msu.edu/~alexliu/publications/M2M/M2M_SIGMETRICS2012.pdf
- [35] Telecom Italia. (2011). M2M Platform and Vertical Applications:the experience of Telecom Italia. Obtido de http://docbox.etsi.org/Workshop/2011/201110_M2MWORKSHOP/04_M2MEXPERIENCES/TELECOMITALIA_GAVAZZI.pdf
- [36] Cressey, D. (2012). Say hello to intelligent pills. Nature. Obtido de <http://www.nature.com/news/say-hello-to-intelligent-pills-1.9823>
- [37] Telefonica. (2012). Everything about M2M, right here, right now. Obtido de <https://m2m.telefonica.com/>
- [38] Duarte, A. M, Rede e Serviços de Telecomunicações: Conceitos, Modelos e Estruturas Fundamentais das Redes de Telecomunicações, notas de estudo, Universidade de Aveiro, 2009
- [39] ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TIA, TTA, TTC. (2012). oneM2M Standardization- better together. Obtido de https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:JdE4zVh_6JoJ:docbox.etsi.org/workshop/M2M%2520Consolidation%2520Partners/Consolidation_Teleconference_2012_02_02/oneM2M%2520Standardization.pptx+&hl=pt-PT&gl=pt&pid=bl&srcid=ADGEESio-WLugbsseUEaaSfdQa0YHKA5RFsr3xCrmeb7sS3FdjLQTsAyTpVDSQwc5_fWEcfU_MA1cP90tUTVYr8LiVQkumAdM8EvuyJLrQTE_FZNFexEn_oX-HKEIEklrcravn4yQI9r&sig=AHIEtbQGZey9IPYAzg8ZoJbetA7YZBLxMQ
- [40] Nordlund, T. (Mar. 8, 2007). Scenarios and Operator Business Models for Management of Digital Homes. TKK Helsinki University of Technology, Department of Electrical and Communications Engineering.
- [41] Gilani, S. (2009). The promise of M2M :How Pervasive connected machines are fuelling the next wireless revolution. Obtido de <http://embedded-computing.com/white-papers/white-machines-fueling-next-wireless-revolution/>
- [42] all.biz. (2012). all.biz. Obtido em 20 de 9 de 2012, de <http://www.br.all.biz/g39392/>

- [43] ANACOM. (2012). INFORMAÇÃO ESTATÍSTICA DO SERVIÇO DE ACESSO À INTERNET 2.º TRIMESTRE DE 2012.
- [44] Code and theory. (2012). Aol Tech. Obtido em 20 de 9 de 2012, de <http://www.engadget.com/2008/10/15/ecobee-debuts-energy-saving-wifi-connected-smart-thermostat/>
- [45] Multiweb. (s.d.). HORUSEGUR - Sistemas de Segurança, Lda. Obtido em 20 de 9 de 2012, de <http://www.horusegur.pt/pt/articles/centrais-de-incendio/central-de-incendio-de-8-zonas>
- [46] sos alarmes. (2012). Flood Detector WS4985- First Line of Protection Against Property Damage & Loss. Obtido em 20 de 09 de 2012, de <http://www.sosalarmessecurity.com.br/?pagina=produto&id=161>
- [47] Starsinic, M. (2010). System Architecture Challenges in the Home M2M Network. Obtido de http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5478336&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5478336
- [48] Salmien, Lauri (2008). "Scenario-Based Techno-Economic Analysis of Digital Homes". TKK Helsinki University of Technology, Department of Communications and Networking. January 29, 2008.
- [49] Lopes, Sara (2011). "Fibra Óptica na Rede de Acesso: Cenários de Evolução ". Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, sob a orientação do Professor Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte. Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática. Universidade de Aveiro.
- [50] Duarte, A. Manuel de Oliveira Duarte, Coelho, S. "Fibra Óptica na Rede de Acesso: Tecnologias e Soluções". Aveiro, Portugal: DETI – UA, 2010.
- [51] Duarte, A. Manuel de Oliveira. "Rede e Serviços de Telecomunicações: Conceitos, Modelos e Estruturas Fundamentais das Redes de Telecomunicações." Notas de estudo, Universidade de Aveiro, 2009.
- [52] Silva, João (2010). "Análise Tecno-Económica em Telecomunicações - O caso FTTx". Mestrado Integrado em Electrónica e Telecomunicações, sob a orientação do Professor Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte. Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática. Universidade de Aveiro.
- [53] Benzinho, José Miguel (2011). "Avaliação Económica de Redes FTTH em Diferentes Cenários Geográficos ". Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, sob a orientação do Professor Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte. Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática. Universidade de Aveiro.
- [54] Pinto, Pedro (2010). "LAN, MAN, WAN, PAN, SAN ... Sabe a diferença?". Disponível em: <http://pplware.sapo.pt/networking/lan-man-wan-pan-san-%E2%80%A6-sabe-a-diferenca/>, (Acedido: 1 Novembro 2011).
- [55] Nordlund, Timo (2007). "Scenarios and Operator Business Models for Management of Digital Homes". TKK Helsinki University of Technology, Department of Electrical and Communications Engineering. Mar. 8, 2007.
- [56] Carrilho, David Coelho (2010). "Redes Híbridas de Acesso Fixo sem Fios: Análise TecnoEconómica". Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, sob a orientação do Professor Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte. Departamento de Electrónica de Telecomunicações e Informática. Universidade de Aveiro.

- [57] Stefan Parkvall, Eva Englund, Peter Malm, Tomas Hedberg, Magnus Persson and Janne Peisa. "WCDMA evolved—High-speed packet-data services." Ericsson Review No.2, 2003.
- [58] Chang, M.J., Z. Abichar, and C.Y. Hsu. "WiMAX or LTE: who will lead the broadband mobile internet?" It Professional, vol. 12, pp. 26-32, 2010. Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5441285
- [59] FierceMarkets (2010). "HSPA+ Advanced - Enhancements beyond R10". Disponível em: <http://www.slideshare.net/allabout4g/hspa-advanced-enhancements-beyond-r10>, (Acedido: 10 Dezembro 2011).
- [60] SAGEM. "Sagemcom F@st 3784: HIGH-END MULTIMEDIA HOME GATEWAY". 2011.
- [61] ZigBee (2011). Disponível em: <http://www.zigbee.org/>, (Acedido: 17 Setembro 2012).
- [62] UPnP (2011). Disponível em: <http://upnp.org/about/what-is-upnp/>, (Acedido: 20 setembro 2012).
- [63] Harbor Research, Inc. (2011). Creative Partnerships Are Key To M2M Market Development For Wireless Carriers. São Francisco- Estados Unidos da América.
- [64] Harbor Research Inc. (2011). Machine-To-Machine (M2M) & Smart Systems Market Opportunity 2010-2014. Obtido de http://www.windriver.com/m2m/edk/Harbor_Research-M2M_and_Smart_Sys_Report.pdf
- [65] Home Automation, Inc. (2011). Automação Residencial A sua Introdução à Simplicidade do controle. Obtido de http://www.homeauto.com/Downloads/Marketing/Learn_About_HA_EuroPort.pdf
- [66] Melo, R. (2010). "Análise Tecno-Económica das Casas Digitais". Aveiro: Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, sob a orientação do Professor Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte.
- [67] ERenováveis. (2012). Microgeração. Obtido em Setembro 20, 2012, de <http://www.erenovaveis.com/2011/05/29/microgeracao/>
- [68] Valdican. (2012). Sistemas de Video-vigilância . Obtido em 20 de Setembro de 2012, de http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011_2012/Trabalhos_MEEC_2012/Artigo17/Sistemas_de_Videovigil%C3%A2ncia/tecnologia.html
- [69] Tyco International. (s.d.). Wireless Flood Detector. Obtido em 20 de Setembro de 2012, de <http://www.dsc.com/index.php?n=products&o=view&id=119#>
- [70] F. Metzger, A. Rafetseder, S. Gebert, P. Romirer-Maierhofer, K. Salzlechner, K. Tutschku (27 de 9 de 2012). Towards M2M Applications in Public Mobile Networks: Analyzing Signaling Load in a 3G Core Network. Viena, Austria.
- [71] Telecom Italia. (n.d.). Telecom Italia. Obtido de <http://www.telecomitalia.com>
- [72] Businesswire. (s.d.). Cinterion Leads M2M Module Market on Volume but Sierra Wireless is Tops for Revenue, Says ABI Research. Obtido em 20 de 8 de 2012, de Cinterion Leads M2M Module Market on Volume but Sierra Wireless is Tops for Revenue, Says ABI Research
- [73] wedotechnologies. (s.d.). wedotechnologies- assuring your business for the future. Obtido em 15 de 7 de 2012, de <http://www.wedotechnologies.com/en/home/>

[74] Intelligent Sensing Anywhere. (s.d.). Intelligent Sensing Anywhere. Obtido em 15 de 9 de 2012, de <http://www.isasensing.com/index.php?section=home>

[75] Richard A. Brealey, Stewart C. Myers. "Princípios de Finanças Empresariais". 5ª Edição, McGraw-Hill, 1998.

