



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Manuel António Lopes Pereira

Conceção de Arquiteturas para Cloud
Computing: Casos de Demonstração da
Utilização do Modelo de Referência do
NIST



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Manuel António Lopes Pereira

Conceção de Arquiteturas para Cloud
Computing: Casos de Demonstração da
Utilização do Modelo de Referência do
NIST

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Comunicações

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Ricardo J. Machado

Julho de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: MANUEL ANTÓNIO LOPES PEREIRA

Endereço Eletrónico: antonio.pereira.gmr@gmail.com

Telefone: +351 937 595 770

N.º. do Bilhete de Identidade: 12123125

Título da Dissertação de Mestrado: Conceção de Arquiteturas para Cloud Computing: Casos de Demonstração da Utilização do Modelo de Referência do NIST

Orientador: Professor Doutor Ricardo J. Machado

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia de Comunicações

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ____ / ____ / _____

Assinatura:

Agradecimentos

Quero expressar os meus agradecimentos a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a concretização da presente dissertação.

Ao meu orientador, Professor Doutor Ricardo Machado, um agradecimento especial pela oportunidade de poder realizar a dissertação sob sua orientação, pelos conhecimentos transmitidos, pela colaboração, pelo incentivo e pelas críticas e sugestões construtivas que permitiram enriquecer o trabalho.

Ao Centro de Computação Gráfica e, em especial, à minha coordenadora, Mestre Ana Lima, pela colaboração, pelos meios colocados à minha disposição, pela flexibilidade e condições de trabalho que proporcionaram a realização do trabalho. Aos meus colegas do grupo EPMQ pela partilha de conhecimento e ideias que permitiram enriquecer o trabalho.

À minha família o meu sentido agradecimento e palavra de gratidão pelo apoio incondicional e pelas condições que me proporcionaram durante toda a minha formação, pois sem eles não teria sido possível chegar até aqui.

À minha namorada e a todos os meus amigos pelo apoio e pela compreensão da minha ausência nos momentos de maior dedicação à dissertação.

A todos estes e a todos aqueles que participaram neste percurso da minha vida, um grande abraço e o meu sincero obrigado.

Resumo

A evolução da Internet tem proporcionado o crescimento de novos modelos de negócio suportados por tecnologias de informação e comunicações e tem possibilitado o desenvolvimento de novos modelos de serviços baseados no *cloud computing*. O alinhamento das arquiteturas de negócio e de serviços para a *cloud* pode ser conseguido com a utilização de modelos de referência que especificam as principais atividades e funções do *cloud computing*.

O propósito desta dissertação é demonstrar a aplicação do *Modelo de Referência de Cloud Computing* do NIST (*National Institute of Standards and Technology*) para auxiliar a conceção de arquiteturas de *cloud computing*. Este modelo é o mais reconhecido e utilizado pela indústria para discutir e analisar as atividades e funções do *cloud computing*. No entanto, apesar desse facto, não foram identificadas semelhantes aproximações da aplicação do modelo em contextos relacionados com o propósito desta dissertação.

O modelo do NIST foi aplicado em dois casos de demonstração. No primeiro caso, o modelo é aplicado para auxiliar a conceção da arquitetura de *cloud computing* para o sistema que suporta a disponibilidade de um software ERP no modelo de *Software-as-a-Service* baseado em *cloud*. Neste caso, o modelo do NIST é aplicado nos casos de uso que descrevem as principais funcionalidades do sistema. No segundo caso, o modelo é aplicado para auxiliar a conceção da arquitetura de *cloud computing* para o sistema que suporta a disponibilidade de serviços baseados em *cloud* num contexto específico no domínio do *Ambient Assisted Living*. Neste caso, o modelo do NIST é aplicado ao nível dos componentes arquiteturais da arquitetura lógica de nível-processo que especifica as principais atividades e necessidades do contexto em causa. Em ambos os casos, a aplicação do modelo do NIST possibilita a identificação e correção de incoerências semânticas, descobrir e definir requisitos, auxiliar a conceção de arquiteturas, definir serviços, sistematizar normas e protocolos para as respetivas arquitetura de *cloud computing*.

Palavras-chave: Modelos de Referência, Cloud Computing; Interoperabilidade; SaaS; ERP; SOA; AAL;

Abstract

Design Architectures for Cloud Computing: Demonstration Cases of the Application of NIST Reference Model

The evolution of the Internet has provided the growth of new business models supported by information and communication technologies and has enabled the development of new services models based in cloud computing. The alignment of business and service architectures for the cloud can be achieved by the use of reference models, which specify the main activities and functions of cloud computing.

The purpose of the present dissertation is to demonstrate the application of the NIST (*National Institute of Standards and Technology*) *Reference Model for Cloud Computing* that supports the design of cloud computing architectures. This model is the most recognized and used by industries to discuss and analyse cloud computing activities and functions. In spite this fact, similar approaches of their application were not identified in contexts related with the purpose of this dissertation.

The NIST model was applied in two demonstration cases. In the first case, the model is used to support the design of cloud computing architecture for the system that supports the availability of *Enterprise Resource Planning* software in a *Software-as-a-Service* cloud-based model. In this case, the model is applied to use-cases that describe the main functionalities of the system. In the second case, the model is used to support the design of cloud computing architecture for the system that supports the availability of cloud-based services for a specific context in the *Ambient Assisted Living* domain. In this case, the model is applied to architectural component of the process-level logical architecture that specifies the main activities and needs in context. In both cases the application of the NIST model enables the identification and the correction of semantic incoherence's, discovers and defines requirements, supports the design of architectures, defines services, and systematizes standards and protocols for the respective cloud computing architectures.

keywords: Reference Models, Cloud Computing; Interoperability; SaaS; ERP; SOA; AAL;

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS	1
1.2. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	4
1.3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO.....	5
2. Estado de Arte	9
2.1. INTRODUÇÃO	9
2.2. DEFINIÇÕES	10
2.3. CLOUD COMPUTING	16
2.4. MODELOS DE REFERÊNCIA	19
2.5. VISÃO DE MERCADO	27
2.6. AMBIENT ASSISTED LIVING (AAL).....	30
2.7. CONCLUSÕES	38
3. Caso de Demonstração EBIS	39
3.1. INTRODUÇÃO	39
3.2. REQUISITOS	41
3.3. ARQUITETURA EBIS CLOUD.....	46
3.4. ARQUITETURA DE INTEROPERABILIDADE	52
3.5. CONCLUSÕES	63
4. Caso de Demonstração AAL4ALL	65
4.1. INTRODUÇÃO	65
4.2. REQUISITOS	70
4.3. ARQUITETURA AAL4ALL CLOUD	73
4.4. ARQUITETURA DE INTEROPERABILIDADE	82
4.5. CONCLUSÕES	98
5. Conclusões.....	99
6. Bibliografia	105
7. Anexos.....	111

Índice de Figuras

Figura 1: Níveis de Interoperabilidade [30].....	14
Figura 2: Conceito do cloud computing [32].....	16
Figura 3: Modelo visual de cloud computing do NIST [34].....	18
Figura 4: Arquitetura de referência para cloud computing do NIST [37].....	21
Figura 5: Conceito de Software-as-a-Service	25
Figura 6: Níveis de Maturidade SaaS [47]	27
Figura 7: Serviços Cloud da Portugal Telecom [62].....	30
Figura 8: Ecossistema AAL [65]	31
Figura 9: Arquitetura de Referência da CONTINUA [67]	34
Figura 10: Sistema de serviços Web eCAALYX [69,73].....	35
Figura 11: Arquitetura AAL do projeto eCAALYX [69].....	36
Figura 12: Arquitetura de interoperabilidade do projeto UniversAAL [70]	37
Figura 13: Modelo lógico de distribuição do ERP SaaS e SI EBIS na cloud.....	43
Figura 14: Principais casos de uso do SI EBIS.....	45
Figura 15: Casos de uso do SI EBIS atribuídos ao modelo do NIST	49
Figura 16: Modelo de referência do NIST com casos de uso do SI EBIS	50
Figura 17: Arquitetura Conceptual EBIS Cloud	50
Figura 18: Serviços de Interoperabilidade do SI EBIS.....	54
Figura 19: DS de cenário de acesso do SI EBIS ao ERP SaaS.....	57
Figura 20: Arquitetura de Interoperabilidade EBIS Cloud	58
Figura 21: Camada de composição de serviços EBIS Cloud	59
Figura 22: Arquitetura global de Interoperabilidade para EBIS Cloud.....	61
Figura 23: Visão alto-nível do ecossistema AAL4AALL no contexto de cloud	69
Figura 24: Casos de uso para AAL4ALL	72
Figura 25: Subconjunto da Arquitetura Lógica AAL4ALL.....	73
Figura 26: Modelo NIST com os AE's da Arquitetura Lógica AAL4ALL	76
Figura 27: Derivação da Arquitetura Lógica AAL4ALL para Cloud.....	78
Figura 28: Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node	79
Figura 29: Arquitetura alto-nível AAL4ALL para Cloud Computing.....	84
Figura 30: Serviços de Interoperabilidade para AAL4ALL.....	85
Figura 31: AAL Home Gateway.....	87
Figura 32: AAL Mobile Gateway.....	88
Figura 33: Subconjunto Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node	89
Figura 34: Arquitetura Conceptual do AAL Gateway	91
Figura 35: Componentes da Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL.....	93
Figura 36: Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL	96
Figura 37: Arquitetura técnica alto-nível para AAL4ALL	97

Índice de Tabelas

Tabela 1: Modelo de atribuição dos casos de uso do SI EBIS no modelo do NIST.....	48
Tabela 2: Atribuição dos AE's da arquitetura lógica nos AE's do modelo NIST.....	75

Lista de Abreviaturas e Siglas

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AAL	Ambient Assisted Living
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AE	Architectural Element
API	Application Programming Interface
ASP	Application Service Provider
CATV	Cable Television
DSR	Design Science Research
E2E	End-To-End
ERP	Enterprise Resource Planning
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GDC	General Design Cycle
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Position System
GSM	Global System for Mobile Communications
HL7	Health Level Seven
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise
IP	Internet Protocol
ISO	International Standards Organization
LAN	Local Area Network
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine-to-Machine
NGN	Next Generation Networks
NIST	National Institute of Standards and Technology
PaaS	Platform-as-a-Service
PAN	Personal Area Network

PHS	Personal Health Systems
REST	Representational State Transfer
RIA	Rich Internet Application
ROM	Read-Only Memory
SaaS	Software-as-a-Service
SLA	Service Level Agreement
SOA	Service Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SSL	Secure Sockets Layer
TCP	Transmission Control Protocol
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicações
TISPAN	Telecommunications and Internet Services and Protocols for Advanced Networking
TLS	Transport Layer Security
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
W3C	World Wide Web Consortium
WAN	Wide Area Network
WSDL	Web Services Description Language
DSL	Digital subscriber line
XML	Extensible Markup Language

1. Introdução

Este capítulo pretende apresentar o contexto da aplicação de modelos de referência no desenvolvimento de arquiteturas de *cloud computing*. É realizada uma breve introdução sobre o problema, são apresentados os objetivos do trabalho, seguindo-se a apresentação da abordagem metodológica e a respetiva estrutura do documento.

1.1. Enquadramento e objetivos

A evolução da Internet tem proporcionado o aparecimento de novos modelos de negócio na área das tecnologias de informação e comunicações (TIC), graças ao desenvolvimento de novos produtos e modelos de serviços derivados do paradigma de *cloud computing* [1], que permitem o acesso amplo, ubíquo e a pedido, a recursos computacionais fornecidos como serviços na Internet – “*cloud*” [2], que permitiu a indústria das TIC, mais especificamente os fornecedores de soluções de software, evoluir os modelos de negócio baseados em produtos de software *on-premise* [3] (associados aos modelos de licenciamento de software que é instalado nas máquinas dos clientes) para modelos de fornecimento do software como serviços SaaS (*Software-as-a-Service*) [1] disponibilizados na *cloud*, contribuindo, assim, para a mudança do paradigma dos modelos tradicionais de distribuição de software.

O fornecimento do software como serviços (SaaS) tem feito com que os fornecedores de software adaptem os seus modelos de negócio a este novo modelo de distribuição de software,

que são sustentados nas premissas técnicas do SaaS e que são alinhadas com os modelos de negócio, possibilitando a adaptação gradual das soluções *on-premise* para soluções SaaS baseadas em *cloud*, permitindo assim os fornecedores de software usufruírem dos benefícios proporcionados pelo modelo SaaS, onde se incluem, entre outros benefícios, a escalabilidade, o acesso múltiplo de utilizadores ao mesmo software (*multi-tenancy*) [4], a centralização de recursos e a redução de custos.

A inclusão do *cloud computing* na estratégia de crescimento das empresas das áreas das TIC deve ser alinhada com os modelos de negócio, através do desenvolvimento de mecanismos que devem ser contemplados nas arquiteturas das soluções de software, como a especificação de mecanismos funcionais de suporte ao negócio que possibilitem automatizar as relações e os processos comerciais, os processos de subscrição e aprovisionamento de serviços, a segurança e privacidade da informação dos clientes e a interoperabilidade entre serviços e sistemas que suportam os serviços SaaS residentes na *cloud*.

Os sistemas na *cloud* não existem isoladamente e por isso devem estar habilitados a comunicar com outros sistemas de forma transparente e independente das tecnologias utilizadas, sendo este um dos principais aspetos a ter em consideração na conceção de arquiteturas de sistemas para atuar em contextos de *cloud computing* [5].

A interoperabilidade é um termo amplamente usado em diferentes domínios tecnológicos e pode possuir diferentes interpretações, tipos e camadas que variam conforme o contexto tecnológico. Exemplo disso são os domínios da indústria de fornecimento de soluções de software de gestão, conhecidos como *ERP's (Enterprise Resource Planning)* [6], e do *Ambient Assisted Living (AAL)* [7]. Cada um destes domínios possui necessidades específicas ao nível da interoperabilidade (ao nível técnico, sintático, semântico e organizacional) [8,9].

As áreas dos ERP's e das soluções AAL possuem oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos e serviços para a *cloud*. No entanto, é necessário que sejam adotadas novas estratégias, novos modelos e mecanismos que permitam desenvolver soluções consistentes e interoperáveis e normalizadas em todo o ecossistema da *cloud*, especificamente ao nível dos sistemas, dispositivos, dados, serviços e aplicações. Desta forma é possível aumentar o interesse do mercado e a taxa de penetração de novos produtos e serviços no mercado do *cloud computing*.

As arquiteturas, ou modelos, de referência fornecem um conjunto de boas práticas para dar suporte à implementação dessas questões, pela forma como definem atividades e funções, como organizam conceitos e como tratam preocupações transversais, relacionados com as características do domínio aplicativo, especificamente no que se refere a aspectos de *cloud computing* e interoperabilidade. Exemplo disso é o modelo de referência do NIST [1] que é utilizado pela indústria das TIC para auxiliar o processo de tomada de decisão na implementação de soluções para atuar em contextos de *cloud computing*, fornecendo um conjunto de boas práticas que devem ser consideradas no desenvolvimento dessas mesmas soluções.

O modelo de referência do NIST descreve um conjunto de atividades e requisitos relacionados com o *cloud computing* e define as principais unidades funcionais que devem ser incluídas nas arquiteturas *cloud* ao nível dos seus diferentes tipos de serviços de *cloud* (infraestruturas, plataformas e software), assim como, ao nível das funcionalidades de gestão desses mesmos serviços (suporte ao negócio, aprovisionamento, interoperabilidade) e da segurança. Além destes aspectos, este modelo de referência recomenda e sistematiza um conjunto de normas e protocolos, que são amplamente utilizados pela indústria das TIC, que podem ser contemplados na conceção de soluções tecnológicas, incluindo soluções baseadas em *cloud computing* [1].

A normalização traz benefícios para os negócios das empresas e é uma base sólida para suportar o desenvolvimento de novas tecnologias e uma oportunidade para a partilhar e melhorar as práticas existentes, contribuindo para uma melhor regulação e aceitação de novos produtos e serviços no mercado das TIC, promovendo a inovação e a melhoria das comunicações. O *cloud computing* está na sua fase inicial de desenvolvimento e a normalização é crucial para aumentar a sua adoção [10].

Quando se olha para a ampla diversidade de sistemas que envolvem o *cloud computing* é possível identificar um número considerável de normas e protocolos que asseguram a interoperabilidade de sistemas na *cloud* e que devem ser consideradas nas arquiteturas de *cloud computing*, principalmente para assegurar a integração e interoperabilidade entre sistemas na *cloud*.

O principal objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação do modelo de referência de *cloud computing* do NIST para auxiliar a conceção de arquiteturas *cloud computing*. Para tal, são apresentados dois casos de demonstração onde o modelo de referência do NIST é aplicado. O

primeiro caso de estudo apresenta a aplicação do modelo do NIST na conceção da arquitetura de *cloud computing* para um sistema de suporte à distribuição de um software ERP [6] no modelo SaaS baseado em *cloud*. O segundo caso de demonstração apresenta a aplicação do modelo do NIST na conceção da arquitetura de *cloud computing* para um sistema de fornecimento de serviços AAL [7] na *cloud*.

O desenvolvimento dos trabalhos de cada um dos casos de demonstração, permite responder à questão de investigação associada ao âmbito desta dissertação, que é apresentada na seguinte secção (secção 1.2).

1.2. Abordagem Metodológica

A questão de investigação que justifica a presente dissertação está relacionada com a utilização do modelo de referência do NIST para auxiliar a conceção de arquiteturas de *cloud computing*, visto que não foram identificadas semelhantes aproximações da aplicação do modelo em contextos relacionados com o propósito desta dissertação, nomeadamente, no domínio associado a ERP's e no domínio do AAL. Assim esta dissertação procurará dar resposta à seguinte questão de investigação: Como utilizar o modelo de referência do NIST para auxiliar a conceção de arquiteturas de *cloud computing*?

Tendo em consideração a natureza desta investigação, será adotada a metodologia de investigação do *Design Science Research* (DSR) [11] para responder à questão de investigação apresentada, e as atividades de investigação seguirão o ciclo geral de conceção da investigação, que em inglês é designado de *General Design Cycle* (GDC) [12].

Este estudo terá como resultado final o esclarecimento de como se pode utilizar o modelo de referência do NIST para analisar e auxiliar a conceção de arquiteturas de *cloud computing*, especialmente no que se refere à especificação de soluções de software alojadas na *cloud*, que envolvem a interoperabilidade entre sistemas, dados, serviços e processos de negócio.

O GDC [12] promove a inclusão de múltiplos métodos para inspirar, gerar, e avaliar um artefacto via uma aproximação DSR [11], que é uma metodologia que tem vindo a ser desenvolvida e que surgiu para unificar e ajustar as diferentes abordagens utilizadas na condução de projetos desta natureza. Esta metodologia é estruturada em cinco fases de desenvolvimento da investigação, nomeadamente: (1) Identificação e definição do problema; (2)

Derivação de sugestões para tratar as questões de investigação; (3) Desenvolvimento ou seleção do artefacto para resolver o problema; (4) Avaliação do artefacto; (5) Conclusões dos resultados da investigação.

Para definir corretamente o problema é realizada uma análise da literatura [11] que inclui a terminologia e estado de arte referente aos temas do âmbito da dissertação, com o objetivo de contextualizar os conceitos acerca do tipo de arquiteturas de *cloud computing*, interoperabilidade e normalização de sistemas, normas e protocolos usados na integração e interoperabilidade de sistemas, e soluções AAL. Será analisado o estado atual do mercado de serviços *cloud* e de projetos mobilizadores na área do AAL.

A informação obtida na revisão da literatura permite derivar as sugestões para tratar as questões da investigação e tomar uma decisão fundamentada sobre os artefactos adequados para aplicar nos contextos de investigação relacionados com o *cloud computing*, que permitirão responder à questão de investigação. No caso do presente estudo, o artefacto para a investigação está associado ao modelo de referência para *cloud computing* do NIST, com o objetivo de demonstrar a sua aplicabilidade e que pode ser usado como um referencial de boas praticas nas atividades de conceção de arquiteturas de soluções de *cloud computing*.

Para testar e demonstrar a validade da aplicação do modelo de referência, apresentam-se dois casos de demonstração baseados nos projetos EBIS [13] e AAL4ALL [14], onde o modelo de referência é aplicado para auxiliar a conceção das arquiteturas de *cloud* das soluções pretendidas em cada um dos projetos.

1.3. Organização do Documento

Para além do presente capítulo, onde se faz a introdução do âmbito da investigação e onde são estabelecidos os objetivos e a estratégia de investigação, o documento está estruturado em mais quatro capítulos. Um que descreve o estado de arte e um conjunto de conceitos relevantes no âmbito da investigação, onde é apresentado também o modelo de referência para *cloud computing* do NIST que é utilizado nos casos de estudo dos capítulos 3 e 4 onde são apresentados os trabalhos realizados, assim como, realizadas as discussões dos resultados obtidos para cada um dos casos de demonstração. Para finalizar, o capítulo 5 apresenta as conclusões sobre os resultados obtidos que respondem à questão de investigação, bem como as perspectivas futuras relacionadas com os conceitos abordados.

O capítulo 1, referente à introdução, faz a apresentação do problema e a contextualização da dissertação em função das áreas de investigação, as metas e a estratégia de investigação, e a estrutura do documento. As áreas de investigação são o *cloud computing*, especificamente o modelo de serviços de software (SaaS) e a interoperabilidade.

O capítulo 2, referente ao estado de arte, apresenta os conceitos teóricos necessários para a realização do trabalho no âmbito da dissertação. Inicia com uma breve introdução sobre o conteúdo e estrutura do respetivo capítulo e com a clarificação de alguns conceitos relacionados com os tipos de arquiteturas existentes nas áreas das TIC, as características associadas à área de investigação, relacionada com *cloud computing*, onde se inclui também a área do SaaS e interoperabilidade. Ainda neste âmbito, é apresentado o modelo de referência do NIST para *cloud computing*. É efetuada, ainda, uma breve análise das soluções baseadas em *cloud computing* dos principais fornecedores mundiais. É efetuado um estudo semelhante a nível nacional para o domínio de soluções ERP no modelo SaaS, por serem soluções que estão relacionadas com o caso de demonstração do capítulo 3. De forma análoga, é efetuado, também, um levantamento de projetos mobilizadores relacionados com AAL. Este estudo tem como objetivo efetuar um enquadramento tecnológico nas áreas de interesse desta dissertação de forma a obter conhecimento adicional sobre as áreas em questão de forma a desenvolver os trabalhos dos casos de demonstração, em função do que se faz atualmente em projetos semelhantes. Por fim, apresenta-se uma secção de conclusões onde é efetuado uma breve conclusão do capítulo 2.

O capítulo 3, referente ao caso de demonstração EBIS, dá início ao primeiro caso de demonstração, resultado do trabalho desenvolvido para uma *software-house* vocacionada para a área de gestão empresarial e para aplicações verticais, estando no mercado há vários anos com uma solução de software ERP, disponibilizada no modelo de fornecimento do software por licenciamento que é instalado nas máquinas dos seus clientes (*on-premise*). Esta empresa pretende disponibilizar o seu ERP num modelo de serviços SaaS na *cloud*, adaptando assim o seu modelo de negócio às atuais tendências da indústria do software. A aplicação do modelo de referência do NIST para auxiliar a conceção da arquitetura do sistema de suporte à disponibilidade do ERP no modelo SaaS na *cloud*, permitiu avaliar os requisitos do sistema com questões de *cloud computing*, gerar as arquiteturas do sistema, onde se inclui a arquitetura *cloud computing* e a arquitetura de interoperabilidade.

O capítulo 4, referente ao caso de demonstração AAL4ALL, dá início ao segundo caso de demonstração, que é o resultado do trabalho desenvolvido num projeto mobilizador para a massificação no mercado nacional de produtos e serviços na área do *Ambient Assisted Living* (AAL) [7], "*Ambientes de Vivência Assistida*". Este projeto contempla o desenvolvimento de um ecossistema interoperável de produtos e serviços AAL suportados por sistemas de TIC, que é composto por um sistema que permite a agregação e integração de um conjunto alargado de sistemas de diferentes fornecedores e prestadores de serviços, a vários níveis, de modo a assegurar a disponibilidade e composição de serviços AAL fornecidos aos utilizadores finais. Este sistema é composto por uma plataforma central, onde são compostos, processados e disponibilizados os serviços AAL, e uma plataforma local, onde são agregados os sistemas locais de suporte AAL. A arquitetura para o sistema central é concebida para atuar num contexto de *cloud computing*.

O modelo de referência do NIST é usado na especificação da arquitetura de *cloud* para o sistema AAL4ALL, que é aplicado na avaliação dos artefactos gerados pela arquitetura lógica nível-processo com questões de *cloud computing*, que permitiu identificar algumas incoerências na arquitetura lógica que foram corrigidas em função do modelo de referência e deu origem a uma nova iteração no desenvolvimento da arquitetura lógica que ficou mais preparada para atuar em contexto de *cloud computing*. Os componentes arquiteturais da nova arquitetura são mapeados nos componentes arquiteturais dados pelo modelo de referência do NIST, dando origem ao modelo conceptual da arquitetura de *cloud computing*. Esta arquitetura especifica os componentes principais dos serviços AAL disponibilizados no modelo de *cloud* pela plataforma central, onde se incluem os serviços de suporte ao negócio, aprovisionamento e de interoperabilidade. A arquitetura para a plataforma local concebida para atuar também num contexto de *cloud* para que seja possível a integração com a plataforma central. Assim, a especificação da arquitetura local segue uma aproximação à arquitetura *cloud* para a plataforma central, onde se incluem também aspetos relacionados com os sistemas locais e a sua integração com a plataforma local. O conjunto das arquiteturas das plataformas local e central dá origem à arquitetura de *cloud computing* do sistema AAL4LL.

O capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho executado e descreve um conjunto de linhas de orientação para trabalho futuro de modo a expandir e solidificar o conhecimento sobre a aplicação do modelo de referência do NIST para o desenvolvimento de soluções TIC em contextos de *cloud computing*.

2. Estado de Arte

Este capítulo pretende apresentar o estado de arte associado às temáticas abordadas no presente trabalho. Começa por apresentar um conjunto de conceitos relevantes e transversais a todo o trabalho, seguindo-se com a identificação das principais arquiteturas para soluções de *cloud* e AAL, terminando com uma perspetiva do mercado de soluções *cloud* e de projetos mobilizadores no âmbito do AAL.

2.1. Introdução

A evolução da Internet tem proporcionado o aparecimento de novos modelos de negócio na área das Tecnologias de Informação e Comunicações (TIC) graças ao desenvolvimento de novos modelos de serviços derivados do "paradigma" do *cloud computing* [1] e da adaptação dos modelos de negócio correntes em função destes novos modelos de serviços.

O mercado do *cloud computing* encontra-se em crescimento e conta já com os principais fornecedores de software nacionais e internacionais, como a *Portugal Telecom* [15] e a *Microsoft* [16], respetivamente.

Existe uma tendência para a adoção de novos modelos de serviços baseados no *cloud computing* em domínios, por exemplo, dos ERP's (*Enterprise Resource Planning* [6] e do *Ambient Assisted Living* (AAL) [7], que alavancam novas oportunidades para o desenvolvimento

de novos produtos e serviços suportados pela *cloud*. Estes são domínios onde se procuram definir modelos de serviços adequados às novas exigências e alinhados com os modelos de negócio, onde se incluem o desenvolvimento de soluções suportadas pela *cloud* e os processos e mecanismos de interoperabilidade entre sistemas, aplicações, dispositivos e serviços heterogéneos [17].

Com o objetivo de dominar os termos e conceitos associados ao *cloud computing*, incluindo o SaaS e a interoperabilidade, apresenta-se nesta secção as principais características, modelos de serviços e modelos de implementação associados ao *cloud computing*, onde se inclui o modelo de SaaS e a interoperabilidade. São, também, analisados os principais fornecedores de serviços nacionais e internacionais de serviços baseados na *cloud*, com objetivo de ter uma visão global sobre o mercado *cloud computing*. Especificamente para o mercado nacional, são analisados os principais fornecedores de soluções de software de gestão (ERP's).

No âmbito do AAL são analisados alguns projetos desenvolvidos neste domínio, onde se destacam as arquiteturas de interoperabilidade e modelos de referência que contribuem para assegurar a interoperabilidade entre dispositivos e sistemas AAL.

2.2. Definições

De forma a facilitar a leitura do presente trabalho, é importante clarificar alguns aspetos relacionados com os conceitos associados com as arquiteturas de TIC, interoperabilidade e normalização de sistemas. Estes são conceitos transversais a todo o trabalho.

2.2.1. Arquiteturas

A computação pode ser encontrada em qualquer lado numa sociedade moderna, não apenas em *datacenters*¹ ou em secretárias, mas também em carros, máquinas de lavar, e cartões de crédito. Onde quer que estejam, sejam pequenos ou grandes, simples ou complexos, todos os sistemas de computação são compostos pelas três partes principais: o hardware (ex.: processadores, memória, discos, cartas de rede), o software (ex.: programas ou bibliotecas), e os dados, que tanto podem ser temporários (na memória) ou permanentes (no disco ou ROM) [18]. Quando se tenta perceber um sistema de computação, interessa saber o que fazem os

¹ Datacenter: Em Português, Centro de Processamento de Dados (CPD) (http://pt.wikipedia.org/wiki/Centro_de_processamento_de_dados).

componentes individuais, como funcionam juntos, e como interagem com o mundo à sua volta, por outras palavras, qual a sua arquitetura. O termo arquitetura é amplamente utilizado em contextos relacionados com as TIC e é aplicado a domínios tecnológicos diferentes, mas nem sempre tem um significado preciso.

De forma a facilitar a leitura do presente trabalho é importante clarificar alguns aspetos relacionados com os conceitos e tipos de arquiteturas de TIC que são usados no âmbito do presente trabalho, que são apresentadas por diferentes tipos de arquiteturas, onde se incluem as arquiteturas de software, arquiteturas lógicas, arquiteturas técnicas, arquiteturas de implementação, arquiteturas conceptuais e arquiteturas ou modelos de referência.

Arquitetura é uma descrição formal de um sistema ou um plano detalhado do sistema ao nível dos componentes para orientar a sua implementação. É a estrutura de componentes, suas inter-relações e os princípios e orientações que regem sua conceção e evolução ao longo do tempo [18]. É constituída por elementos e descrições arquiteturais. Um elemento é uma peça fundamental que pode ser considerada para ser construída e fazer parte do sistema. Um elemento arquitetural é constituído por um conjunto de responsabilidades, fronteiras e interfaces bem definidas, que definem os serviços que o elemento fornece aos outros elementos arquiteturais [19]. A descrição arquitetural é constituída por um conjunto de produtos que documentam a arquitetura de uma forma que os *stakeholders*² percebam e que demonstra que a arquitetura cumpre as suas preocupações. Os *stakeholders* podem ser um grupo, ou entidade, com interesse ou com preocupações sobre a realização da arquitetura [19].

A arquitetura de software é a estrutura, ou estruturas, do sistema constituída por elementos de software, pelas propriedades visíveis dos referidos elementos e as relações entre eles. É vista como uma representação do sistema que auxilia a compreensão do comportamento do sistema. Esta pode ser vista como a arquitetura tradicional do produto de software [20]. Entretanto, existem abordagens a arquiteturas de processo [21]. A arquitetura de processo representa a organização fundamental do desenvolvimento e a criação e distribuição de serviços num contexto empresarial relevante. Uma arquitetura de processo pode também ser definida como um conjunto de atividades e respetivas interfaces num processo, tendo em consideração alguns

² Stakeholder - é um termo usado em diversas áreas como gestão de projetos, administração e arquiteturas de software para referir todas as partes interessadas.

requisitos não-funcionais, tais como, o desempenho e a disponibilidade, que podem ser representados com componentes, conectores, sistemas e configurações de componentes e conectores, portas, funções e representações, bem como por elementos arquiteturais estáticos e características temporais. O termo processo, num contexto genérico, é difícil de definir. Um processo é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e lugar com um começo e um fim com entradas e saídas claramente identificadas [21]. Quando os requisitos não são devidamente levantados e existem entradas insuficientes para uma abordagem ao nível do produto para o levantamento de requisitos, uma perspectiva de nível de processo é uma forma alternativa para atingir os requisitos básicos previstos para a conceção lógica [21].

A arquitetura lógica pode ser encarada como uma visão de um sistema composto por um conjunto de abstrações de problemas específicos que suportam os requisitos funcionais representados como objetos ou classes de objetos [21].

A arquitetura técnica [22] descreve a estrutura e o comportamento da infraestrutura tecnológica, solução ou sistema. Abrange os nós de cliente e servidor, as configurações de hardware, as aplicações e serviços da infraestrutura fornecidos às aplicações, e os protocolos e redes que ligam as aplicações e nós do sistema. Aborda questões como desempenho e armazenamento, resiliência e *backup*.

A arquitetura de implementação é uma especificação relativamente bem detalhada de um sistema que dá orientação específica sobre como implementar esse sistema. O uso deste termo é geralmente restrito aos subsistemas técnicos (software ou hardware). A descrição dos componentes físicos do sistema e suas interligações pode ser vista como uma visão particular de uma arquitetura de implementação, muitas vezes designada de arquitetura física.

Um modelo de referência [23] é um modelo abstrato para a compreensão das relações significativas entre as entidades de um contexto e no desenvolvimento de normas consistentes ou especificações de apoio nesse contexto. Um modelo de referência é baseado num pequeno número de conceitos unificados e que pode ser utilizado como base para ensino e explicação de normas. Um modelo de referência não está diretamente ligado a quaisquer padrões, tecnologias, ou outros detalhes de implementação em concreto, mas procura fornecer uma semântica comum que pode ser usada de forma inequívoca através, e entre, diferentes implementações.

A arquitetura conceptual permanece num alto nível de abstração, tipicamente adota um estilo descritivo, e não estritamente comprometido com qualquer abordagem de implementação específica.

A arquitetura de referência é, simultaneamente, uma arquitetura conceptual e um modelo de referência [23] que visa estruturar a conceção de arquiteturas para um determinado domínio, definindo uma terminologia unificada, descreve as funcionalidades e funções dos componentes, que fornece componentes padrão, dando exemplo de arquiteturas e metodologias de desenvolvimento. Corresponde à arquitetura como um estilo ou método no sentido em que pode representar um conjunto coerente de princípios de conceção que podem ser utilizados numa área específica. A arquitetura de referência é a base para a conceção das arquiteturas de sistemas para casos específicos na classe dos sistemas abrangidos pela arquitetura de referência.

2.2.2. Interoperabilidade

A interoperabilidade é um termo transversal a vários domínios tecnológicos sendo um termo usado amplamente pela indústria das tecnologias de informação e comunicações. A interoperabilidade possui diferentes tipos e camadas que variam conforme o contexto, muitas vezes usado de forma generalizada o que dificulta a sua interpretação.

O objetivo desta secção é descrever os conceitos básicos sobre interoperabilidade e dar uma visão global da forma como a interoperabilidade é vista em projetos distintos. Existem várias definições de interoperabilidade que são fornecidas pelas diferentes organizações mundiais, tais como, a ISO [24], IEEE [25], ETSI [26], 3GPP [27] e W3C [28].

A ISO [24] descreve a interoperabilidade como sendo a capacidade de comunicar, executar programas, ou transferir dados sobre várias unidades funcionais, não sendo necessário os utilizadores possuírem conhecimentos sobre as características dessas unidades. Esta definição destaca o facto de os utilizadores não necessitarem de possuir conhecimentos sobre os detalhes dos dispositivos de comunicações por estes deverem estar simplesmente preparados para comunicar com outros dispositivos através do uso de mecanismos padronizados.

O IEEE [25] define interoperabilidade como sendo a capacidade de dois ou mais sistemas, ou componentes, trocarem e utilizarem informação [8].

A ETSI [26] define a interoperabilidade como sendo a capacidade de dois sistemas interoperarem usando o mesmo protocolo de comunicação [30]. Ainda dentro deste organismo, o grupo de TISPAN [29] define a interoperabilidade nas *Redes de Nova Geração* (NGN) como sendo a capacidade de comunicação entre equipamentos de fabricantes diferentes, ou diferentes sistemas, juntos na mesma infraestrutura, ou mesmo sistema [30].

No contexto do 3GPP [27] a interoperabilidade é definida como sendo a capacidade de dois ou mais sistemas, ou componentes, trocar dados e usar a informação trocada [30].

Segundo a W3C [28], a interoperabilidade significa que as aplicações podem trocar dados e serviços de forma consistente e eficaz sobre diferentes plataformas de hardware e software [41].

Facilmente se pode concluir que a interoperabilidade pode ser vista como um termo que tem interpretações diferentes consoante a organização, domínio tecnológico e as tecnologias utilizadas. A definição de interoperabilidade da ETSI é das mais utilizadas pela indústria de forma que será aqui adotada para descrever as características associadas à interoperabilidade. De acordo com a ETSI, a interoperabilidade pode ser vista pelas categorias de interoperabilidade técnica, sintática, semântica e organizacional (ver *Figura 1*) [30].

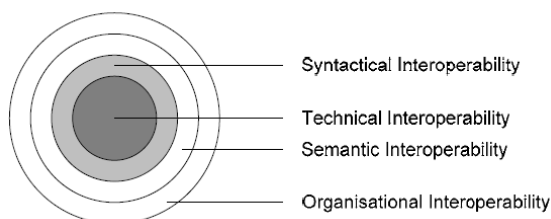


Figura 1: Níveis de Interoperabilidade [30]

A interoperabilidade técnica ocorre entre sistemas e está frequentemente associada com componentes de hardware, componentes de software, sistemas e plataformas que permitem comunicações *machine-to-machine* (M2M) [31]. Este tipo de interoperabilidade é centrado em protocolos de comunicação e nas infraestruturas tecnológicas [30].

A interoperabilidade sintática está frequentemente associada à interoperabilidade de formatos de dados. As mensagens transmitidas através de protocolos de comunicações necessitam de ter uma sintaxe e codificação bem definida [30].

A interoperabilidade semântica está frequentemente associada com o significado dos conteúdos e de preocupações humanas, ao invés da interpretação máquina dos conteúdos.

Assim, a interoperabilidade neste nível significa que existe um entendimento comum entre as pessoas e significado de informações trocadas [30].

A interoperabilidade organizacional, como o próprio nome indica, está associada à capacidade que as organizações possuem para comunicar eficazmente e transferir dados significativos de informação entre organizações, embora possam utilizar uma variedade de diferentes sistemas de informação sobre diferentes e amplas infraestruturas, possivelmente, localizadas em diferentes regiões geográficas e integradas em diferentes culturas. A interoperabilidade organizacional pode ser um pouco complexa de definir e alcançar pois devem ser considerados fatores sociais, éticos, políticos e legais.

Para que seja possível assegurar a desejada interoperabilidade é necessário normas em todos os níveis de interoperabilidade. As normas são apenas uma parte da fase de concepção de um produto, mas é uma das mais críticas [26].

2.2.3. Normalização

A normalização traz importantes benefícios para os negócios sendo uma base sólida para suportar o desenvolvimento de novas tecnologias e uma oportunidade para a partilhar e melhorar as práticas existentes. As normas são vitais no desenvolvimento de novas soluções suportadas por TIC e contribuem para uma melhor regulação do mercado, habilita o acesso ao mercado, promove a inovação e melhora a comunicação [26].

Em geral, as normas definem elementos comuns, tais como, as interfaces de utilizador, interfaces do sistema, representações de dados, protocolos para troca de dados, e interfaces de acesso a dados ou funções do sistema. As interfaces são vistas como os pontos de interação entre sistemas.

O principal objetivo da normalização é habilitar a interoperabilidade em ambiente de multi-fornecedor, multi-rede e multi-serviço. As arquiteturas de sistemas devem incluir mecanismos de interoperabilidade com sistematização de normas para os diferentes níveis de interoperabilidade de modo a habilitar produtos e serviços a serem interoperáveis com outros sistemas de forma a assegurarem a comunicação eficiente entre sistemas e serviços, e, conseqüentemente, terem maior aceitação no mercado.

2.3. Cloud Computing

A definição de *cloud computing* do NIST (*National Institute of Standards and Technology*) [1] refere que este é um modelo de computação que permite o acesso ubíquo e *on-demand* a um conjunto de recursos computacionais configuráveis e disponibilizados em rede, tais como, redes de comunicações, servidores, armazenamento, aplicações e serviços, que podem ser rapidamente provisionados e atualizados com um mínimo esforço de gestão ou de interação do fornecedor de serviços. A *Figura 2* ilustra o conceito associado à computação em nuvem.



Figura 2: Conceito do cloud computing [32]

2.3.1. Características Principais

De acordo com o NIST, este modelo de computação é caracterizado por um conjunto de características que permitem um amplo acesso a recursos computacionais na *cloud* de forma instantânea e conforme a demanda (*on-demand*) através de diferentes dispositivos e aplicações heterogêneas (*broad and ubiquitous network access*). Os recursos computacionais são agrupados (*resource pooling*) e prontos a servir vários utilizadores simultaneamente, pela capacidade de alocação dinâmica desses mesmos recursos, pela capacidade de elasticidade e escalabilidade (*Elasticity and scalability*) dos recursos em função das necessidades dos seus utilizadores, dando a ilusão da existência de um conjunto ilimitado de recursos computacionais [1]. O pagamento dos recursos disponibilizados na *cloud* é efetuado de acordo com a utilização (*pay-per-use*), configurados com mecanismos de medição dos respetivos consumos, numa base ajustada ao tipo de serviços consumidos (*measure service*) [1].

2.3.2. Classes de Serviços

A infraestrutura de *cloud* é constituída por um conjunto de hardware e software que permite assegurar as características da computação em nuvem, sendo definida por duas camadas, física e abstração de recursos. A camada física consiste nos recursos de hardware que são necessários para suportar os serviços fornecidos na *cloud*, que, tipicamente, inclui servidores, unidades físicas de armazenamento e componentes de infraestrutura de rede. A camada de abstração consiste no software implementado sobre a camada física que manifesta as características essenciais do *cloud computing*. Os modelos de serviços disponibilizados nesta camada de abstração estão divididos nas seguintes classes de serviços:

- Serviços de Infraestruturas: Disponibiliza capacidade de processamento, armazenamento de dados, redes de comunicações, entre outros, onde os consumidores podem implementar, instalar e executar qualquer tipo de aplicação de software, incluindo sistemas operativos. Este modelo de serviços é designado de *IaaS (Infrastructure-as-a-Service)* [1,33].
- Serviços de Plataformas: Fornece *frameworks* aplicativos e uma série de API's que permitem a programação ou composição de aplicações de software para serem disponibilizadas na nuvem. Este modelo de serviços é designado de *PaaS (Platform-as-a-Service)* [1,33].
- Serviços de Software: Disponibiliza ao consumidor aplicações de software fornecidas pelo prestador de serviços que são executadas nas infraestruturas da *cloud*. O acesso às aplicações pode ser feito através de vários tipos de dispositivos, (ex.: pc's, smartphones ou tablets) que disponham de *web browser* e acesso à rede. Este modelo de serviços é designado de *SaaS (Software-as-a-Service)* [1,33].

Assim, pode-se considerar a computação em nuvem como sendo um modelo de distribuição de serviços que oferecem recursos de computação através da rede, tipicamente a Internet, disponíveis a qualquer momento e em qualquer lugar, mediante subscrição, bastando os consumidores possuírem dispositivos computacionais com *web browser* e acesso à Internet, tais como, PC's, *smartphones* e *tablets*.

2.3.3. Tipos de Cloud

Independentemente das classes de serviços disponibilizadas, uma solução de *cloud computing* pode ser implementada nos seguintes principais tipos de *clouds*, classificadas como *Cloud Pública*, *Cloud Privada* e *Cloud Híbrida*, que depende, essencialmente, da forma como a *cloud* é implementada [1,33].

Na *Cloud Privada (Private Cloud)* a infraestrutura de *cloud* é a provisionada para o uso exclusivo de uma única organização, sendo a propriedade, gestão e operação das infraestruturas subjacentes da responsabilidade da organização, de uma entidade externa, ou uma combinação de ambos, e pode ser implementada no *datacenter* da organização (*on-premise*), ou no *datacenter* do fornecedor de serviços (*off-premise*) [1,33].

Na *Cloud Pública (Public Cloud)* a infraestrutura de *cloud* é a provisionada para o uso do público em geral. A propriedade, gestão e operação pode ser de uma empresa específica, para fins de negócio, de uma universidade, para fins académicos, ou de uma organização governamental, ou uma combinação de ambos. É implementada nas instalações do respetivo fornecedor de serviços de *cloud* [1,33].

A *Cloud Híbrida (Hybrid Cloud)* é uma composição de duas ou mais infraestruturas de *Cloud* distintas, tornando-se numa única entidade, mas ligadas entre si através de tecnologias normalizadas, ou proprietárias, que permitem a portabilidade de dados e aplicações. Essencialmente é a combinação de *clouds* públicas com *clouds* privadas. A *Figura 3* resume o modelo visual da definição de *cloud computing* do NIST [1,33].

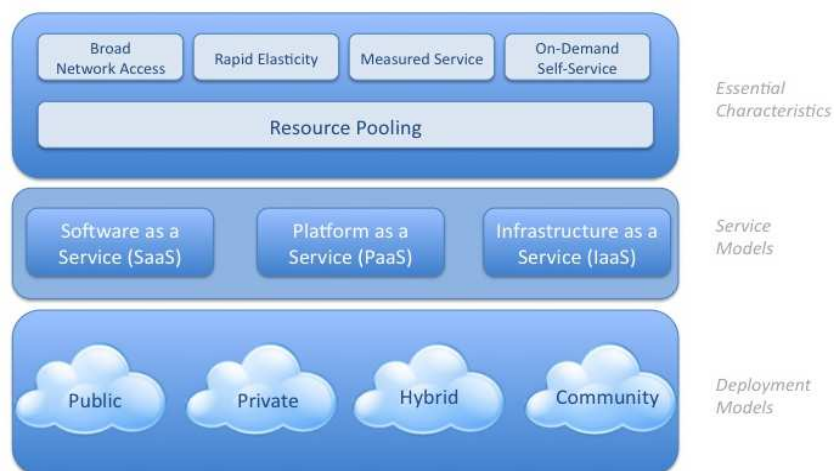


Figura 3: Modelo visual de *cloud computing* do NIST [34]

2.3.4. Interoperabilidade e Normalização na Cloud

As arquiteturas baseadas no *cloud computing* envolvem uma mistura de tecnologias e plataformas heterogêneas onde existe uma variedade de sistemas e dispositivos que se encontram ligados à rede que podem precisar de aceder a sistemas e a serviços oferecidos em diferentes *clouds* de tal modo que é necessário que as suas arquiteturas contemplem mecanismos de interoperabilidade para que seja possível a comunicação consistente entre sistemas, dispositivos, dados e serviços.

A interoperabilidade no contexto do *cloud computing* significa habilitar o ecossistema de *cloud* onde indivíduos e organizações estão habilitados a adotar tecnologias de *cloud computing* e serviços relacionados, de tal forma que múltiplas plataformas de *cloud* podem trocar informações numa forma unificada e trabalhar em conjunto sem problemas. Exemplos de interoperabilidade na *cloud* são, por exemplo, soluções executadas em várias instâncias distintas na *cloud* e a utilização de recursos noutras instâncias heterogêneas de *cloud*. Para atingir a interoperabilidade desejada, são necessárias normas em todos os níveis, tais como, ao nível das infraestruturas, plataformas, aplicações, serviços, dados e gestão [30].

A normalização na *cloud* fornece oportunidades de negócio para os utilizadores escolherem e utilizarem os serviços fornecido por diferentes fornecedores de serviços na *cloud* com base em vários critérios. Por outro lado, ajuda os fornecedores a fornecer serviços adicionais com altos níveis de serviço como a orquestração, além dos serviços de *cloud* normais que os utilizadores necessitam. A normalização abre o caminho em direção à realização do verdadeiro potencial do *cloud computing* [35].

2.4. Modelos de Referência

Na presente secção será destacado o modelo do NIST por fazer parte do âmbito do presente trabalho e por este modelo contemplar esforços derivados de outros modelos de referência para *cloud computing*, desenvolvidos por outras organizações mundiais. Serão apresentados, também, os principais modelos de referência arquiteturais de software para a *web*.

2.4.1. Modelo de Referência do NIST

O NIST [1] desenvolveu uma extensão lógica da sua definição *cloud computing* através do desenvolvimento de um modelo de referência (ver *Figura 4*) que suporta o desenvolvimento de arquiteturas de *cloud computing* [36,37]. Este é um modelo conceptual genérico e constitui uma ferramenta eficaz para discutir requisitos, definir a estrutura de arquiteturas de *cloud computing* e analisar o funcionamento de soluções baseadas em *cloud computing*.

O modelo de referência para *cloud computing* do NIST resulta do trabalho realizado pelo NIST na conceção deste modelo de referência, que se baseou num conjunto de estudos de modelos de referência existentes e propostos por organizações, fornecedores e organismos federais que trabalham na área do *cloud computing*. Baseado em toda a informação recolhida, o NIST desenvolveu um modelo de referência que engloba os esforços mundiais realizados na área do *cloud computing*, onde se incluem outros modelos de referência para *cloud computing*, como por exemplo, os modelos da IBM e da CISCO [37]³.

O modelo do NIST descreve um conjunto de atores, atividades e funções que podem ser utilizadas no processo de desenvolvimento de arquiteturas para contextos de *cloud computing*, sendo o modelo de referência mais conhecido e mais usado pela indústria das TIC para ilustrar e perceber serviços baseados em *cloud*, servindo, também, de referência para definir implementações e analisar normas de referência que assegurem a segurança, interoperabilidade, e portabilidade *na cloud*.

Numa visão global, a modelo de referência do NIST descreve os cinco principais atores e suas funções e responsabilidades. Estes atores são designados de *Consumidor de Cloud*, *Fornecedor de Cloud*, *Cloud Broker*, *Auditor* e *Cloud Carrier*. O *Consumidor de Cloud* pode ser um indivíduo ou organização que adquire ou utilize produtos e serviços de *Cloud*. O *Fornecedor de Cloud* é considerado o fornecedor de serviços de *cloud*, nomeadamente, serviços de software, infraestruturas ou plataformas. O *Cloud Broker* atua com um intermediário entre os consumidores e fornecedores de serviços *cloud* e ajuda os consumidores através da complexidade das ofertas de serviços *Cloud* e pode também criar serviços *Cloud* com valor acrescentado. O *Cloud Auditor* faz auditorias independentes com monitorização do desempenho

³ O documento associado à referência com número 37 deste trabalho contempla um conjunto de referências para os modelos de referência considerados pelo NIST.

e segurança dos serviços *Cloud*. O *Cloud Carrier* é a entidade que assegura o canal de comunicação entre os fornecedores e os consumidores de serviços *cloud*, que tipicamente são os operadores de infraestruturas de comunicações.

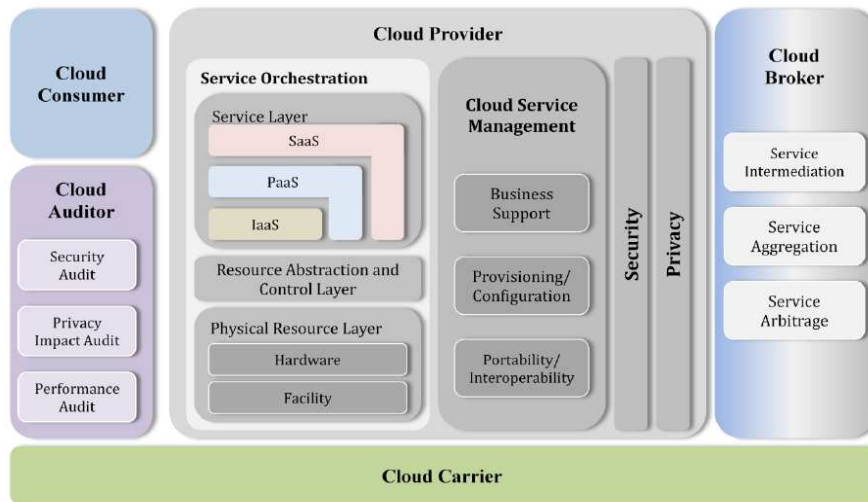


Figura 4: Arquitetura de referência para *cloud computing* do NIST [37]

Os componentes da arquitetura de referência descrevem os aspetos importantes da implementação e orquestração de serviços *cloud*. A gestão geral dos serviços da *cloud* é reconhecida com um importante elemento da arquitetura. Os componentes da arquitetura de Suporte ao Negócio (*Business Support Management*) são apresentados para endereçar as questões relacionadas com a gestão de clientes como contratos, contabilidade e preços e são vitais no *cloud computing*. Os componentes da arquitetura referentes ao aprovisionamento e configuração (*Provision and Configuration*) de serviços na *cloud* estabelecem os requisitos relacionados com a instalação, operação e manutenção dos serviços, incluindo a medição de serviços e gestão de SLA'S. Os componentes da arquitetura referentes à portabilidade e interoperabilidade (*Portability and Interoperability*) estabelecem os requisitos para questões de portabilidade e interoperabilidade dos dados, sistemas e serviços. Os componentes da arquitetura referentes à Segurança e Privacidade (*Security and Privacy*) endereçam as principais preocupações relacionadas com questões de segurança e privacidade que é necessário garantir na *cloud* aos níveis da confidencialidade e confiança de forma a criar uma atmosfera de aceitação das capacidades da *cloud* para fornecer um sistema fiável e seguro.

O modelo de referência do NIST foca-se nos requisitos de “quais” serviços de *cloud* fornecer, e não “como” conceber soluções e implementações. Esta arquitetura destina-se a facilitar a

compreensão das complexidades operacionais no *cloud computing*. Não representa um sistema específico de *cloud computing*, mas uma ferramenta para descrever, discutir, e desenvolver uma arquitetura para um sistema específico através da utilização de uma *framework* comum de referência. Este modelo sistematiza um conjunto de normas relevantes que suportam várias funções e requisitos do *cloud computing* nas várias classes de serviços. Por exemplo, no caso de aplicação SaaS ser consumida através de *web browser*, existem várias normas que são usadas para atingir a interoperabilidade entre o que é essencialmente um servidor *web* e o navegador do utilizador, tais como, IP (v4, v6), TCP, HTTP, SSL/TLS, HTML, XML e REST [38,39]. Nenhuma destas normas *web* são específicas para *cloud*, sendo usadas em muitas interfaces de gestão baseadas em *web browser*.

No caso da aplicação SaaS ser consumida por outro sistema ou serviço, *cloud* ou outro qualquer, existem várias normas quer para conteúdo de dados, assim como, para as interfaces. O mais importante para interoperabilidade são os formatos canónicos de conteúdo de dados, tipicamente expressos por normas XML [38].

2.4.2. Arquiteturas de Software para a Web

O *cloud computing* evoluiu a partir de uma variedade de tecnologias e conceitos relevantes, tais como, a computação distribuída, a virtualização, SOA (*Service Oriented Architectures*) [40] e *web services* [41]. As arquiteturas das plataformas de *cloud computing* consistem em serviços de software e hardware alojados em servidores *web* acessíveis, via *cloud*.

Baseadas nas mudanças do negócio do fornecimento de soluções de software, as empresas de TIC têm optado por adotar novos modelos de negócio baseados em serviços disponibilizados na nuvem, fazendo a migração das suas soluções *on-premise* [3] de forma gradual, em muitos casos disponibilizando a mesma solução *on-premise* alojada num servidor central, da propriedade do fornecedor, garantindo o acesso remoto aos serviços, ao invés de desenvolverem soluções SaaS de raiz que lhes permitam beneficiar das vantagens do SaaS puro desenvolvido na *cloud*, tais como, a redução de custos de operação e manutenção, a escalabilidade e o *multi-tenancy* [5]. Os modelos de negócio mais conhecidos pela indústria para distribuição de software na *web* são o ASP (*Applications Service Provider*) [42] e o SaaS (*Software-as-a-Service*) [1].

SOA (Service-Oriented-Architecture)

O SOA (*Service-Oriented Architecture*) [40] é um paradigma arquitetural para o desenho e desenvolvimento de sistemas distribuídos, conhecido como um tipo de arquitetura de software orientada a serviços, construídos através da combinação e interligação de componentes independentes (ex.: serviços, sistemas e aplicações), geralmente fracamente acopláveis, exigindo pouco esforço de desenvolvimento na implementação da solução necessária para integrar os vários serviços, permitindo, assim, eliminar a necessidade de conceber soluções *end-to-end* (E2E) [31]. Este tipo de arquitetura é considerado como um dos pré-requisitos para o *cloud computing* pois tem a capacidade de integrar diferentes tipos de componentes distribuídos de forma a conceber novos serviços na *cloud*, integrados através de interfaces e protocolos de mensagens normalizadas e possibilitando o acesso aos serviços através da Internet [43, 44].

É frequente existir alguma confusão entre SOA e *web services*. SOA é um estilo arquitetural, enquanto *web services* é tecnologia que suporta a implementação deste tipo de arquiteturas [40,45]. Baseada no princípio do SOA, o W3C (*World Wide Web Consortium*) [28] definiu os *web services* como sendo um sistema de software projetado para suportar interações *machine-to-machine* (M2M) [31] interoperáveis através de API's específicas descritas num formato processável que podem ser acedidas através da rede, tipicamente a Internet. Outros sistemas interagem com os *web service* através da transmissão de mensagens transmitidas em formatos padronizados relacionados com normas *web*, tais como, o XML, SOAP e REST [38].

A adoção do SOA e de *web services* tem permitido às organizações desenvolverem novos serviços através da composição de serviços utilizando tecnologias baseadas nestes termos que asseguram a interoperabilidade de componentes heterogéneos com base em mecanismos padronizados.

A mudança de paradigma no fornecimento de software para modelos de fornecimento de software como serviços traz necessariamente implicações que extravasam o âmbito técnico associado ao desenvolvimento e entrega de produto e serviços com suporte no software. Esta mudança requer um ajuste aos modelos de negócio atuais, principalmente na forma como produtos e serviços de software são disponibilizados aos clientes finais.

ASP (Application Service Provider)

O ASP [42] é uma arquitetura associada à distribuição de software que permite aos consumidores de software ter a capacidade de utilizar aplicações de software sem ter a necessidade de adquirir o software como um produto nem as infraestruturas subjacentes para o executar, pois acedem ao software como um serviço disponibilizado em servidores na *web* e acedidos através da rede, tipicamente a Internet. Neste modelo, o fornecedor de serviços assegura também as atualizações das aplicações, o suporte técnico e a respetiva segurança. No entanto, este modelo possui algumas limitações na forma como as soluções de software são disponibilizadas pois cada aplicação de software é executada num servidor dedicado para um único cliente, limitando, assim, a escalabilidade da solução e fazendo com que o acesso de um novo cliente à aplicação de software só seja possível se for configurada uma nova instância do software e respetivas infraestruturas subjacentes [42].

SaaS (Software-as-a-Service)

O SaaS pode ser visto como um modelo de negócio para as indústrias de software onde o software é disponibilizado como um serviço, implementado em plataformas *web* de forma nativa e acedido através da utilização de tecnologias e protocolos de Internet. Do ponto de vista dos clientes, o SaaS é um software que não é instalado localmente na infraestrutura do cliente (*on-premise*), mas é utilizado através da *web* e pago pelo tempo de utilização dos serviços.

Um aspeto importante nas arquiteturas SaaS é o envolvimento de uma infraestrutura compartilhada entre diversos clientes, o que caracteriza um de seus grandes desafios de construção. Quando se pensa em SaaS implicitamente associa-se o conceito de *multi-inquilino* (*multi-tenant*) [4]. Este conceito refere-se à partilha de várias instâncias do mesmo software por vários utilizadores de forma simultânea.

O termo *tenant* [4] é utilizado para designar o inquilino ou cliente que acede ao software pela *web*. O objetivo dessa abordagem é disponibilizar os mesmos recursos de software para um número muito maior de clientes. O software é totalmente executado na nuvem e o utilizador não necessita de instalar nem atualizar o software. A *Figura 5* apresenta um esboço do conceito do modelo SaaS.

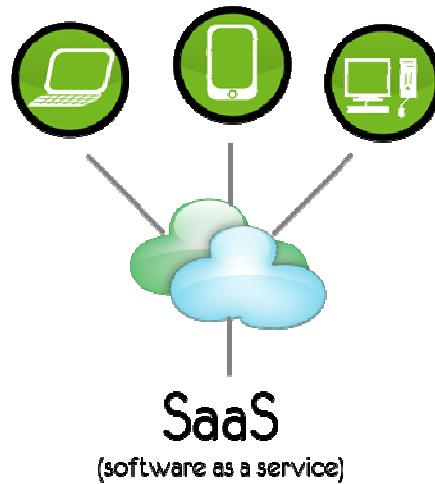


Figura 5: Conceito de Software-as-a-Service

O modelo SaaS permite o desenvolvimento de novas oportunidades de negócio para a indústria de software, principalmente, porque os custos de entrada são totalmente diluídos pelas *clouds* com o estabelecimento de modelos de pagamento dos serviços de acordo com a utilização (*pay-per-use*), não existindo qualquer custo inicial e a capacidade de computação é escalonável consoante as necessidades dos utilizadores.

Qualquer fornecedor de software com uma base instalada de elevada dimensão não poderá ignorar esta realidade e terá que preparar convenientemente o seu posicionamento neste novo mercado. Esta preparação passa necessariamente pela adaptação da sua oferta e consequente reestruturação de todas as áreas de suporte.

No modelo SaaS o cliente não compra o software como no modelo tradicional, portanto não exige um grande investimento inicial na aquisição de tecnologia, software e hardware, e não se vê obrigado a aguardar um longo prazo de tempo para amortizar o investimento efetuado, ao invés disso, o cliente adquire as licenças para utilização de software como um serviço através da rede, tipicamente, a Internet.

As arquiteturas das soluções SaaS permitem atender vários utilizadores em simultâneo e possibilitar um aumento ou diminuição do número de utilizadores de acordo com as necessidades dos clientes deste tipo de serviços. Este tipo de arquiteturas são orientadas ao serviço e suportadas em arquiteturas SOA [40], permitindo às organizações disponibilizarem soluções de software como serviços através da Internet e a adotarem modelos de cobrança dos serviços de acordo com a utilização efetiva dos serviços num determinado período do tempo. Os

utilizadores das soluções SaaS acedem às respetivas funcionalidade via interface *web*, em qualquer parte do mundo, através de um computador, *tablet* ou *smartphone* que disponha de acesso à Internet. As soluções de software SaaS podem ser alojadas em plataformas *web*, ou instaladas nos centros de dados das empresas fornecedoras de serviços SaaS, ligadas à Internet evitando desta forma a necessidade de instalação, atualização e manutenção do software nas máquinas dos utilizadores.

SaaS vs ASP

Embora a maioria das características do SaaS terem sido herdadas do modelo ASP, a principal diferença entre estes dois modelos arquiteturais reside na capacidade *multi-tenant* oferecida pelo modelo SaaS que permite acomodar vários utilizadores numa única instância da aplicação SaaS pela partilha dos recursos de software.

Portanto, enquanto ASP se concentra na oferta da solução através do fornecimento de uma aplicação de software e não é customizável, o SaaS, por outro lado, foca-se no fornecimento do software e da totalidade do suporte e gestão da infraestrutura, permitindo aos utilizadores a customização da solução de software, tais como, customização das interfaces e funcionalidades do sistema, de modo a ir ao encontro com necessidades dos utilizadores. Embora as aplicações ASP sejam alojadas pelos fornecedores nos seus *datacenters*, obriga a aquisição da licença de software semelhante ao que acontece no fornecimento do software como produto que é instalado nas máquinas dos utilizadores (soluções de software *on-premise*).

Modelo de Maturidade SaaS

Muitos tipos de componentes de software e *frameworks* aplicativos podem ser utilizados no desenvolvimento de soluções SaaS, cuja utilização das tecnologias associadas podem reduzir drasticamente o *time-to-market* [46] e o custo de criar ou transformar um produto tradicional de software *on-premise* num produto de SaaS.

De acordo com a Microsoft [16], as arquiteturas SaaS podem ser classificadas num de quatro níveis de maturidade [47,48] cujos principais atributos são a facilidade de configuração, a eficiência, o *multi-tenancy* e escalabilidade. Cada nível é distinguido do anterior pela adição de um destes atributos. Os níveis são descritos em 4 níveis, nomeadamente: (1) nível 1: *ad-hoc*; (2) nível 2: configurável; (3) nível 3: configurável e eficiência *multi-tenant*; (4) nível 4: escalável,

configurável e eficiência *multi-tenant*. A Figura 6 ilustra os níveis de maturidade das arquiteturas *multi-inquilino* (*multi-tenant*) de acordo com o modelo de maturidade apresentado pela Microsoft.

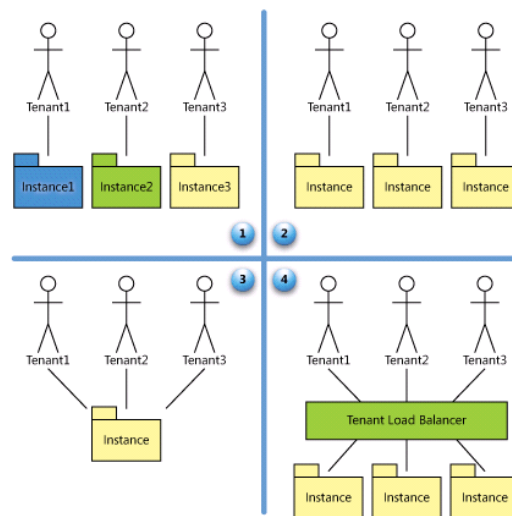


Figura 6: Níveis de Maturidade SaaS [47]

2.5. Visão de Mercado

O mercado do *cloud computing* encontra-se em crescimento e conta já com os principais fornecedores, como a Microsoft [16], com o Windows Azure [49]; a Google [50], com Google APP's [51]; a Amazon [52], com o AWS (*Amazon Web Services*), onde se destaca o EC2 (*Amazon Elastic Compute Cloud*) [53]; a *Salesforce* [54], com *Force.com* [55] para o desenvolvimento de aplicações de negócio na sua tecnologia proprietária.

O Google fornece serviços SaaS num conjunto de aplicações que designa de Google Apps. Estas aplicações abrangem diversas áreas funcionais, desde correio eletrónico (*GMail*), agendas pessoais (*Google Calendar*), ferramentas de *chat* (*Google Chat*), e mesmo aplicações de processamento de texto (*Google Docs*) ou folhas de cálculo (*Google Spreadsheets*). Dada a sua natureza, estas aplicações estão disponíveis em qualquer parte e em qualquer momento, por utilizadores que possuam máquinas computacionais com *web browser* e ligação à Internet [50,51].

O público-alvo dos serviços *cloud* da Microsoft são os clientes que utilizam os produtos de software da Microsoft e *Microsoft Office*. A Microsoft usa uma estratégia de serviços baseados na *web*, semelhante a outros fornecedores de serviços de software através da rede, usando para o efeito um *web browser*. Esta estratégia da Microsoft é designada de *Software+Serviço* [56,49].

A Amazon oferece serviços SaaS na forma de *Amazon Web Services (AWS)* [53], focando-se no fornecimento de recursos de computação aos utilizadores através da *web*. Os AWS fornecem várias aplicações de suporte ao negócio na sua infraestrutura de serviços desenvolvida segundo o paradigma de *cloud computing*. O objetivo dos serviços da Amazon prendem-se em oferecer na nuvem uma plataforma de infraestrutura altamente confiável, escalável e de baixo custo [52,53]. Os AWS, em particular os serviços *Amazon Elastic Cloud Computing Services*, que são conhecidos por Amazon EC2, são uma verdadeira solução *on-demand* que disponibiliza um conjunto de recursos computacionais e soluções de infraestruturas *web* de acordo com as necessidades dos consumidores.

A *Salesforce.com* disponibiliza serviços SaaS na *cloud* através da plataforma *Force.com*. Esta é uma plataforma que disponibiliza soluções para suporte ao negócio das organizações, tais como, soluções de suporte à gestão de clientes e vendas, *helpdesk* e *gestão de recursos humanos* que são desenvolvidas em arquiteturas *multi-tenant* e disponibilidade *on-demand* de componentes e processos de serviços de TI. O objetivo dos serviços da *salesforce.com* é alcançar o próximo nível do SaaS atual, com serviços de PaaS, de modo a fornecer ferramentas para o simples desenvolvimento de aplicações distribuídas e escaláveis *on-demand* na infraestrutura da *cloud da Salesforce* [54,55].

Ao nível nacional, as tecnologias emergentes associadas ao *cloud computing* e SaaS estão a alterar o espaço corrente do mercado de software de gestão ERP's e a forma como as empresas acedem a este tipo de soluções, estando a crescer o modelo de subscrição de software como um serviço através da *web* de soluções baseadas em SaaS que permitem às organizações possuir total flexibilidade para configurarem e subscreverem um conjunto de módulos aplicativos de acordo com as suas efetivas necessidades, cujo pagamento é efetuado consoante os serviços utilizados, em alguns casos com possibilidade de integração destas soluções com aplicações internas e externas. Estes sistemas podem ligar todos os processos de uma organização relacionados, por exemplo, com a produção, gestão de recursos humanos, vendas e serviços, gestão da relação com clientes, gestão de projetos, finanças, etc. Esta ligação facilita o fluxo de informação entre departamentos, processos e funções de negócio, fazendo com que as empresas trabalhem de forma integrada ao invés de terem departamentos e processos de trabalho isolados.

Entre os fornecedores ERP's nacionais destacam-se as soluções da Primavera Software [57], com o *ERP Primavera SaaS* [58], a PHC [59], com a solução *PHC Business FX* [60], e a Portugal Telecom [61], com a solução *PHC Business FX* [60] disponível na *SmartCloudPT* [62] onde se encontram muitas outras soluções *cloud*.

A Primavera Software [57] dispõe de uma solução de software ERP SaaS [58] baseada na *cloud*. Apresenta-se como um serviço que disponibiliza, juntamente com as aplicações de software, um pacote de serviços que passam pela infraestrutura, alojamento, instalação das aplicações e upgrades contínuos, base de dados, armazenamento, manutenção e suporte. Subjacente ao serviço prestado está a segurança, garantida pelo alojamento dos dados num *datacenter* certificado e assente em vários sistemas de redundância. Estas soluções são disponibilizadas num modelo de SaaS a partir do qual as organizações podem aceder e trabalhar com aplicações de um modo *online*, com elevados níveis de serviço e segurança garantidos por um *datacenter* externo devidamente credenciado, com a garantia de níveis de serviço (SLA's) superior a 99.5% e o rápido acesso aos dados, assegurado pelos sistemas *Terminal Services* [63]. O ERP Primavera está disponível em modo de *Terminal Services* ou *Remote Desktop* [63].

O software de gestão da PHC [59] está disponível em modo SaaS e é uma aplicação RIA (*Rich Internet Applications*) [64] que permite o acesso às ferramentas de gestão em qualquer *browser* de Internet, a qualquer hora, em qualquer sistema operativo. Esta solução é designada de *PHC Business FX* [60]. Não requer investimentos iniciais na aquisição, não obriga os clientes comprar servidores, pois o PHC FX é alojado num *datacenter* do fornecedor de serviço que detém os servidores e o software, sendo a manutenção do hardware e software realizada pelo fornecedor de serviços, pela própria PHC ou por um fornecedor de serviços de *datacenter* subcontratado. O cliente só paga o que utiliza, permitindo desta forma reduzir os custos de investimento na aquisição de uma solução de ERP. Corre em qualquer sistema operativo e as atualizações do software ficam automaticamente disponíveis, sem necessidade de testar a compatibilidade do hardware nem de efetuar qualquer instalação. O acesso ao software pode ser feito através de qualquer browser, com o mesmo interface e com a mesma experiência, para isso apenas necessita de uma ligação de Internet. A integração do PHC FX com aplicações externas é possível através da solução *PHC FX* [60] de forma que os clientes possam ter um ambiente mais adaptado à sua realidade e necessidades.

O *SmartCloud PT* [62] é a designação da oferta da *Portugal Telecom* [58] para as soluções de *cloud computing* disponibilizadas através na Internet e disponibilizadas no *website* criado para o efeito, o *smartcloud.pt* [62]. Os serviços estão disponíveis a empresas que pretendam utilizar serviços de *cloud* numa plataforma tecnológica aplicacional e de comunicações com contratos de subscrição de serviços em função dos requisitos de negócio e através de um modelo de pagamento associado à utilização de serviço (*pay-per-use*). As ofertas de *cloud computing* do *SmartCloudPT* são dirigidas ao segmento empresarial, permitem uma maior racionalização de custos, uma vez que são adaptadas às necessidades de cada cliente, não sendo necessário um investimento para aquisição de equipamentos e infraestruturas. As vantagens da utilização destes serviços centram-se no acesso a soluções tecnologicamente avançadas e flexíveis em termos de adaptação ao negócio e a uma efetiva redução de custos, possível através das economias de escala e pelo facto de haver apenas faturação dos recursos efetivamente utilizados. Entre os vários serviços disponíveis, destacam-se a solução de gestão de negócio ERP PHC [59] *Business FX* [60], que consiste num software de gestão que permite gerir as áreas core do negócio das empresas, como a gestão de clientes e vendas, vendedores, fornecedores e compras e contas de tesouraria. A *Figura 7* apresenta os serviços *SmartCloudPT*, que podem ser subscritos através do respetivo portal *web*.

Colaboração e Presença Web	Aplicações	Recursos TI	Segurança
Serviços Web <ul style="list-style-type: none"> • Alojamento Bases Dados • Alojamento de Site • Domínios • E-mail • Pack Base/Pack Avançado • SharePoint • Sincronização BlackBerry Armazenamento <ul style="list-style-type: none"> • Backup Remoto • Drive Virtual 	Gestão de Negócio <ul style="list-style-type: none"> • InvoiceExpress • PHC Business FX • SAP SbH • Tableau de Bord 	Servidores Virtuais <ul style="list-style-type: none"> • Servidores Privados • Servidores Públicos Armazenamento <ul style="list-style-type: none"> • Backup Remoto • Drive Virtual Serviços Web <ul style="list-style-type: none"> • Alojamento Base Dados • Alojamento Site • Domínios Desktop Virtual <ul style="list-style-type: none"> • Desktop Remoto 	Proteção de Dados <ul style="list-style-type: none"> • Backup Remoto • Cloud Antivirus Defesa de Perímetro <ul style="list-style-type: none"> • Cloud Clean Pipes Produtividade <ul style="list-style-type: none"> • Cloud Mail Security

Figura 7: Serviços Cloud da Portugal Telecom [62]

2.6. Ambient Assisted Living (AAL)

Devido às atuais tendências demográficas e ao envelhecimento da população, mais e mais pessoas vivem sozinhas e precisam de apoio adequado nas suas atividades diárias com recurso ao uso de soluções de TIC para dar suporte ao utilizador, especificamente à população idosa.

Vários projetos tecnológicos de TIC fomentam a utilização de tecnologias para dar o devido apoio ao utilizador nas suas atividades diárias através da criação de ambientes tecnológicos assistidos, designados de AAL [7].

O termo AAL (*Ambient Assisted Living*) refere-se a soluções tecnológicas que ajudam os idosos a melhorar a qualidade de vida, manterem-se saudáveis e prolongar a sua independência [17]. Os serviços baseados em AAL fornecem soluções de supervisão e assistência a pessoas idosas que necessitam de ajuda nas suas atividades do dia a dia de forma a viverem com mais qualidade de vida, envolvendo também a coordenação de serviços de provedores externos de cuidados de saúde e monitorização de atividades diárias de forma a assegurar a saúde, segurança e bem-estar dos idosos [7].

Ao nível tecnológico, o AAL inclui métodos, conceitos, sistemas eletrónicos, dispositivos, bem como serviços fornecidos para suporte no dia a dia baseado no contexto e as condições da pessoa assistida. As tecnologias utilizadas em AAL são centradas nos utilizadores, adaptáveis às necessidades e capacidades dos utilizadores e baseadas em serviços modulares e interoperáveis de conteúdos e coisas [7]. A *Figura 8* exemplifica a constituição de um ecossistema AAL.

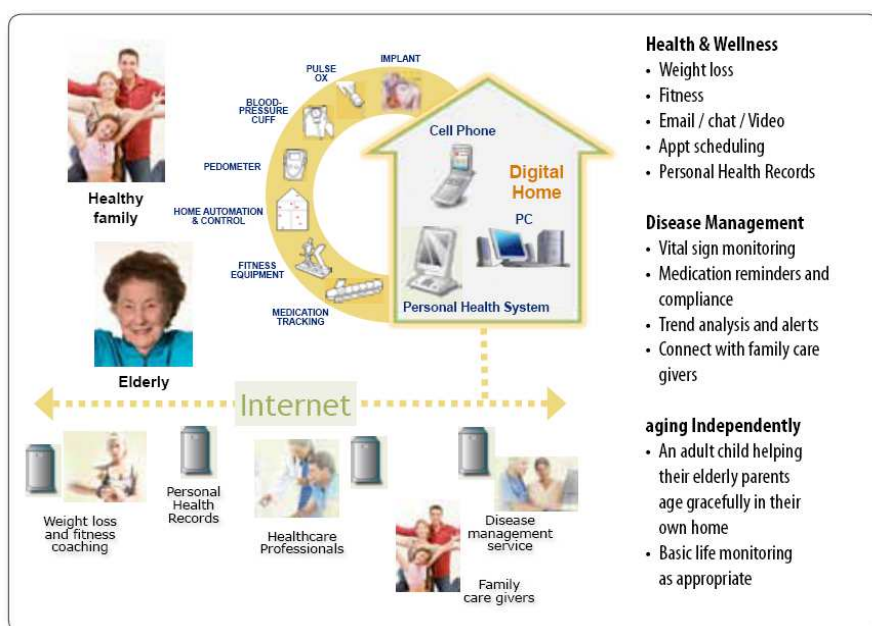


Figura 8: Ecossistema AAL [65]

2.6.1. Interoperabilidade e Normalização no AAL

Uma vez que um ecossistema AAL consiste em vários sistemas, muitas das vezes desenvolvidos de forma independente pelos fabricantes, logo a interoperabilidade é uma questão

importante e depende da utilização de normas [6]. O AAL está a tornar-se cada vez mais dependente de sistemas eletrônicos e de comunicações. A convergência das comunicações, sistemas, redes e serviços tem mudado isso. Na maioria dos ambientes AAL, múltiplos sistemas e serviços necessitam de partilhar recursos e necessitam de saber informação sobre outros sistemas e serviços e que recursos ou informação podem fornecer. Daí a importância da interoperabilidade. A normalização no AAL visa facilitar a interoperabilidade entre sistemas em vários domínios tecnológicos [6].

O objetivo do AAL, porém, é alcançar sistemas interoperáveis que possam trabalhar em conjunto e do ponto de vista dos utilizadores são apresentados como um sistema integrado que coleta informações de diferentes subsistemas e pode até mesmo processar as informações coletadas e dar respostas adequadas aos utilizadores em função dessa informação. Para que seja possível, é necessário assegurar a interoperabilidade em diferentes áreas tecnológicas para os diferentes tipos de tecnologias e produtos. A normalização em AAL tem como objetivo facilitar a interoperabilidade de sistemas em diferentes domínios.

No domínio do AAL existe um número considerável de diferentes sistemas instalados em casa dos utilizadores, tais como, os sistemas de entretenimento, sistemas de comunicações, telemonitorização e sistemas de segurança e, frequentemente, os próprios sistemas de rede local, como *routers* e pc's. Estes sistemas operam independentemente uns dos outros, embora possam usar recursos comuns e já existe alguma convergência entre esses sistemas. A convergência orienta os sistemas a trabalharem em conjunto e de forma interoperável. Existe um conjunto de soluções que tornam possível a interoperabilidade de sistemas em redes pessoais (PAN), redes locais (LAN) e redes de longa distância (WAN).

Em contextos onde é necessário a colaboração de múltiplos produtos, aplicações e serviços, é necessário fazer uma escolha das normas adequadas para assegurar uma solução global interoperável.

A troca de dados é muito importante quando sistemas e serviços têm de colaborar para habilitar o suporte de fluxo de trabalho entre diferentes tarefas, não só para os clientes, mas especialmente para os prestadores de cuidados de saúde. Para permitir a troca de dados utilizáveis, é importante garantir acordos sobre os formatos de mensagens e modelos de dados dentro da mensagem. Na área de serviços baseados na Internet existem uma série de soluções

interoperáveis, no entanto, é necessário efetuar a escolha adequada de normas, protocolos e tecnologias na área dos serviços baseados na *web*, tais como, o SOAP, REST, e WSDL [7,38].

A *CONTINUA* [66], no âmbito do desenvolvimento da sua arquitetura de referência, especifica as suas escolhas para soluções PAN e LAN que estabelecem a conectividade e comunicações básicas entre sistemas, tais como, Ethernet, WIFI, Bluetooth, Zigbee, USB e RFID [7,67]. A conectividade e as comunicações no domínio nas redes de longa distância (*WAM*) são frequentemente baseadas na utilização da Internet acedida por via de diferentes tipos de redes de acesso, tais como, o ADSL, CATV e Fibra Ótica (na rede fixa), e GSM, GPRS, UMTS e LTE (na rede móvel) [7].

A interoperabilidade de dispositivos na área da saúde e bem-estar também é contemplada na arquitetura de referência da *CONTINUA* através da utilização de normas existentes nesta área, tais como, o IEEE 11073 e HL7 [68], e ISO/TC251, ISO/TC215, e IHE [7,67].

2.6.2. Projetos e arquiteturas de referência em AAL

No âmbito do AAL têm sido desenvolvidos vários projetos por entidades mundiais do setor da indústria de cuidados de saúde ao nível do AAL, nos quais foram desenvolvidos guias de boas práticas e arquiteturas que servem de referência para novos projetos no domínio do AAL. Entre esses projetos destacam-se os projetos *CONTINUA* [67], *eCAALYX* [69] e *UniversAAL* [70].

CONTINUA

O projeto *CONTINUA* foi desenvolvido pela *Continua Health Alliance* [66], fundada em 2006, é uma organização sem fins lucrativos, uma aliança aberta entre a indústria da saúde e das TIC que colaboram para melhorar a qualidade dos cuidados de saúde pessoal, estabelecendo um sistema de soluções, interoperáveis, na área de cuidados de saúde pessoal. Tem como principal objetivo desenvolver um ecossistema de produtos na área de cuidados de saúde pessoal, onde vários fabricantes diferentes possam combinar os seus produtos em novas cadeias de valor com benefícios significativos para a saúde das pessoas de todo o mundo.

A *CONTINUA* identificou algumas barreiras em tornar este ecossistema realidade [67]. Uma dessas barreiras é ao nível técnico e está associada à falta de interoperabilidade de dados e plataformas. Para ajudar a ultrapassar esta barreira, a *CONTINUA* desenvolveu uma arquitetura

de referência [67] que especifica os requisitos de interoperabilidade para as interfaces de conectividade dos dispositivos dos sistemas de saúde pessoal (*PHS - Personal Health Systems*) [67], ao nível da rede de transporte de comunicações, camada de mensagens e formatos de dados, servindo como referenciais de como utilizar as normas existentes na criação de soluções interoperáveis.

A arquitetura referência da *CONTINUA* [66,67] é constituída por três principais tipos de elementos: (1) Componentes (definidos por modelos de entidades lógicas); (2) Dispositivos (modelos de entidades físicas, sendo que cada dispositivo pode alojar um ou mais componentes); (3) interfaces (definem a comunicação entre componentes).

As interfaces entre componentes alojados e suportados por diferentes dispositivos são designados de interfaces de rede, enquanto as interfaces entre componentes alojados e suportados pelo mesmo dispositivo são designadas de API's. As interfaces de rede são o centro das metas da interoperabilidade identificadas pelo projeto da *CONTINUA* e são cruciais para o processo de testes e certificação. A *Figura 9* apresenta a arquitetura da *CONTINUA*, que especifica as interfaces e sistematiza um conjunto de normas relevantes que asseguram a interoperabilidade entre sistemas [67].

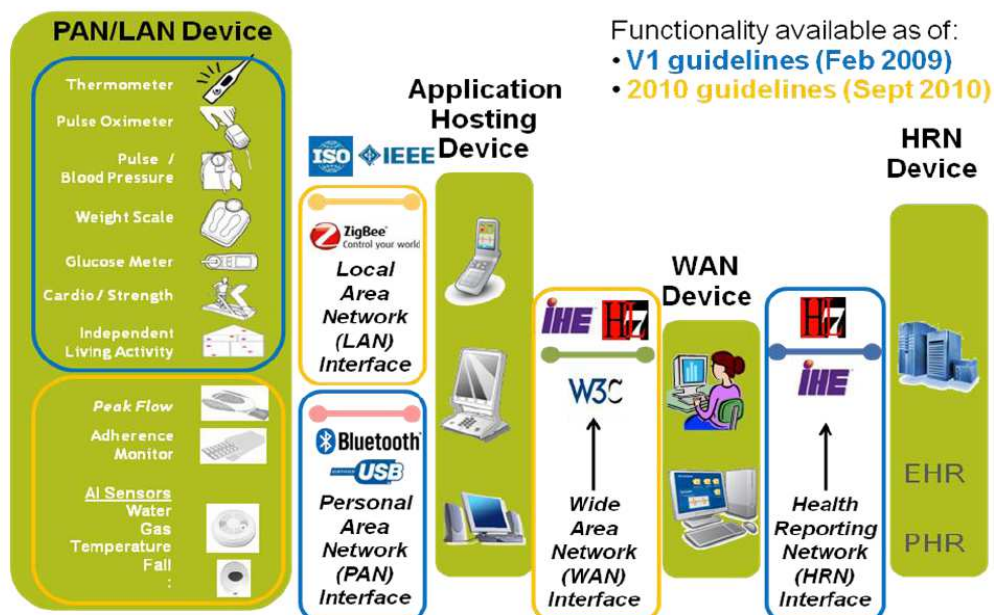


Figura 9: Arquitetura de Referência da CONTINUA [67]

eCAALYX

O projeto eCAALYX (*Enhanced Complete Ambient Assisted Living Experiment*) [69,71] integra o programa europeu *AAL Joint Program* [69], cujos principais objetivos passam pela criação de um sistema AAL global que permita a melhoria da qualidade de vida de adultos seniores com diagnósticos de doenças crónicas, ser viável e sustentável do ponto de vista comercial, e ser confiável, flexível e escalável e deve ser aceite por todos os utilizadores e *stakeholders*. Este projeto pretende assegurar a monitorização da saúde dos idosos com múltiplas condições crónicas, em casa e fora de casa, melhorar a qualidade de vida dos idosos com o aumento da sua liberdade e segurança, prevenir a deterioração das condições dos pacientes através do fornecimento de suporte contínuo, orientação e educação relevante em saúde através de um *STB (Set-Top-Box)* e conteúdos disponíveis num portal *web*, conforme apresentado na *Figura 10*.

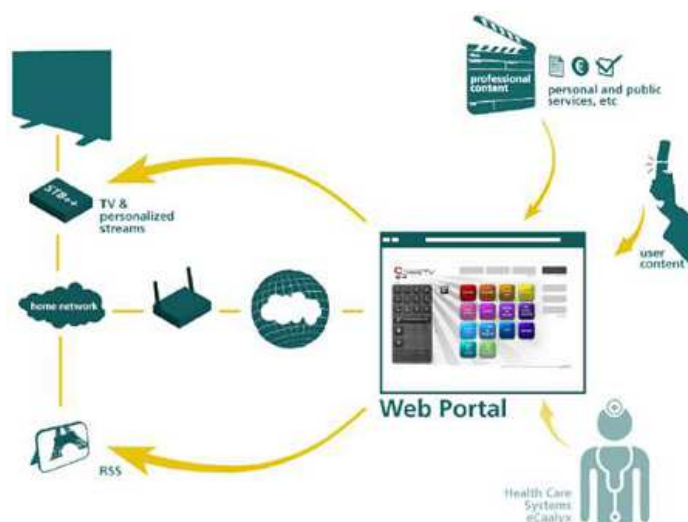


Figura 10: Sistema de serviços Web eCAALYX [69,73]

A arquitetura de interoperabilidade (ver *Figura 11*) segue a aproximação definida pelo projeto da *CONTINUA*, incorporando nas normas ISO/IEEE 11073, Bluetooth, USB e HL7 (Health Level 7) [67] e a especificação TR-069 CWMP [74] do Broadband Forum [75].

O eCAALYX é composto pelos três subsistemas, *Home Subsystem*, *Mobile Subsystem* e *Caretaker Subsystem*, conforme ilustra a *Figura 11*, onde podem ser observados os sistemas que compõem cada subsistema.

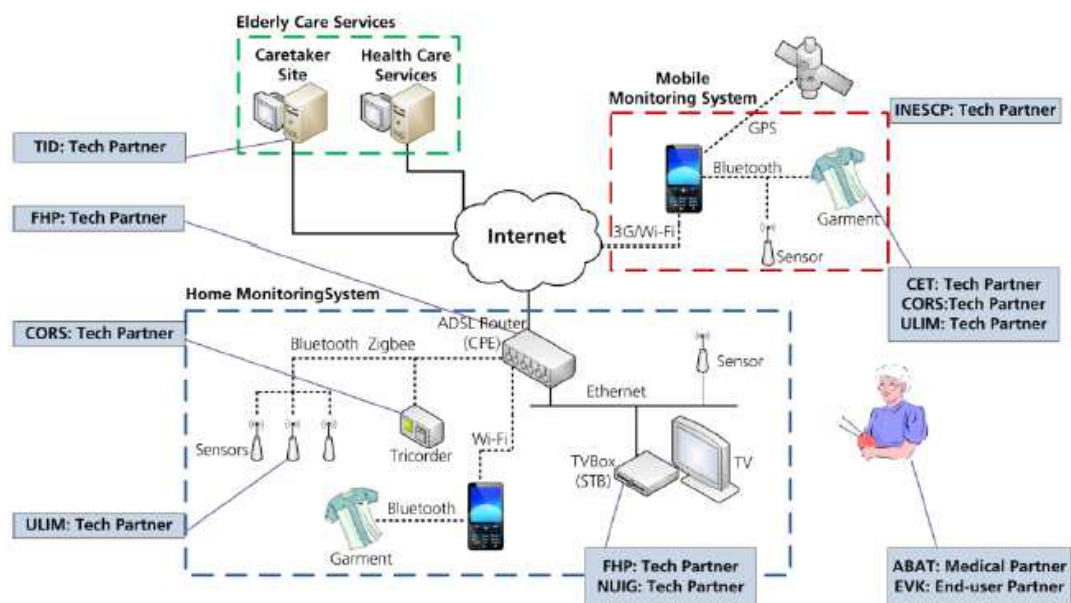


Figura 11: Arquitetura AAL do projeto eCAALYX [69]

UniversAAL

O projecto *UniversAAL* (*Universal Open architecture and Platform for Ambient Assisted Living*) [70] é um projeto europeu que tem como objetivo reduzir as barreiras na adoção de tecnologias AAL e promover o desenvolvimento e a utilização generalizada de soluções AAL inovadoras, através do desenvolvimento de uma plataforma aberta que permite o desenvolvimento rápido e efetivo de serviços AAL. De forma geral, o principal objetivo do projeto *UniversAAL* é fazer com que seja tecnicamente exequível e economicamente viável conceber, projetar e implementar novos serviços AAL inovadores. Para tal, o *UniversAAL*, projetou uma plataforma aberta, concebendo uma estratégia técnica para assegurar a interoperabilidade entre os elementos da plataforma *UniversAAL*, e permitir a interoperabilidade com sistemas existentes e de outros domínios.

O *UniversAAL* baseia-se no projeto *CONTINUA* [67] por ser a solução mais madura e completa no âmbito do AAL, utilizando os conceitos da arquitetura de referência da *CONTINUA* nas suas arquiteturas. A interoperabilidade entre componentes é garantida através da utilização de *normas* conforme demonstra a *Figura 12*.

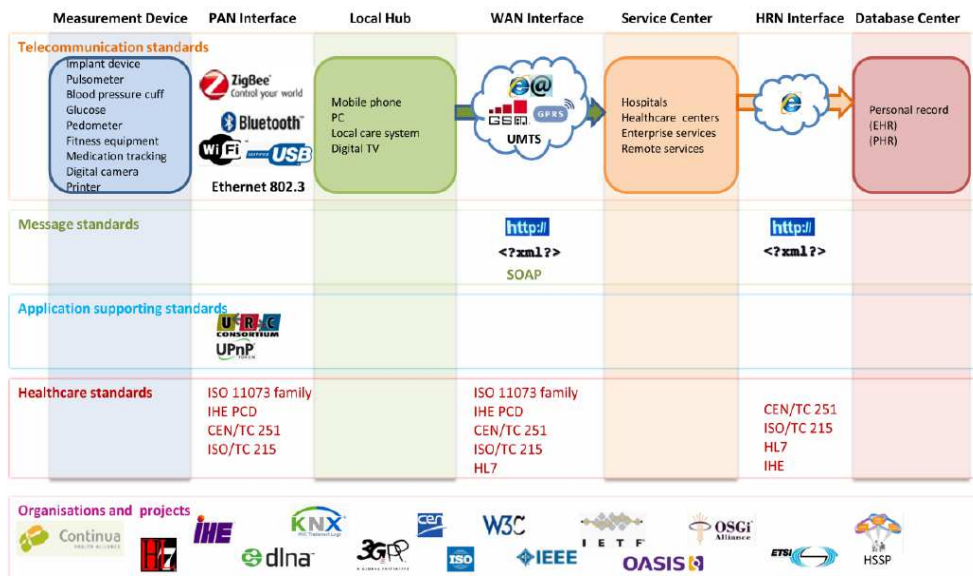


Figura 12: Arquitetura de interoperabilidade do projeto *UniversAAL* [70]

No *UniversAAL* cada interface possui normas específicas de telecomunicações, formatos de mensagens, aplicações, assim como, normas relacionados com cuidados de saúde, devido, principalmente, às diferentes capacidades dos dispositivos envolvidos nas interfaces e às características físicas das interfaces (*LAN*, *WAN*, proximidade, etc) [70].

2.7. Conclusões

Neste capítulo foram apresentados os conceitos principais e a revisão da bibliografia relevante para o desenvolvimento da investigação, que será efetuada com base nos casos de demonstração relacionados com a conceção de arquiteturas para a disponibilidade de serviços de software na *cloud*, especificamente soluções no domínio das aplicações de gestão ERP e no domínio do AAL. Deste modo, a importância deste capítulo passou por entender os principais conceitos e arquiteturas relacionadas com *cloud computing*, especialmente ao nível do modelo de SaaS e interoperabilidade. Foram apresentados os principais conceitos, arquiteturas associadas ao *cloud computing*, dando especial relevo ao trabalho efetuado pelo NIST, por ser a principal referência da indústria de TIC para o desenvolvimento de soluções baseadas em *cloud computing*, onde se inclui o modelo de serviços SaaS.

Foram abordados os principais conceitos associados à interoperabilidade, que é um importante conceito a ter em consideração no *cloud computing* e no AAL, pela existência de um conjunto diversificado de tecnologias e plataformas heterogêneas que compõem as soluções de *cloud* e AAL. Fez-se uma análise global do mercado para soluções de *cloud computing* e de projetos mobilizadores na área do AAL. Dentro desta análise foram identificadas normas e protocolos que são utilizados para assegurar a interoperabilidade entre sistemas usados em soluções de *cloud* e AAL.

Para os casos de demonstração será utilizado o modelo de referência do NIST para auxiliar a conceção das arquiteturas dos respetivos sistemas, assim como, especificar e tratar questões relacionadas com *cloud computing* ao nível de serviços na *cloud* e interoperabilidade. O modelo do NIST é reconhecido e utilizado pela indústria de TIC para analisar soluções de *cloud*. No entanto, apesar desse facto, não foram identificadas semelhantes aproximações da aplicação do modelo em contextos relacionados com o âmbito desta dissertação. Especificamente para o caso de demonstração AAL, além do modelo do NIST, será utilizada a arquitetura de referência da *CONTINUA* para tratar questões de interoperabilidade de sistemas AAL, por ser a mais usada na área do AAL. Ambos os modelos de referência destacam um conjunto de normas e protocolos que podem ser aplicados nas arquiteturas de *cloud* e AAL para assegurar a interoperabilidade entre sistemas. Os casos de demonstração apresentam o resultado da aplicação destas decisões na especificação de soluções de *cloud computing* e de interoperabilidade em dois domínios diferentes e com níveis de complexidade distinta.

3. Caso de Demonstração EBIS

Este capítulo pretende demonstrar a aplicação do modelo de referência do NIST para tratar questões de *cloud computing* e interoperabilidade na conceção da arquitetura do sistema EBIS, que tem como objetivo suportar o fornecimento de um software ERP num modelo SaaS na *cloud*.

3.1. Introdução

A atual tendência da indústria do software está centrada no fornecimento de soluções de software como serviços SaaS baseados no paradigma do *cloud computing*, permitindo o acesso global a serviços de software através da Internet. Estes serviços são executados em servidores do fornecedor de serviços onde o software é instalado e acedido através da Internet, bastando os clientes destes serviços possuírem uma máquina computacional com um *web-browser* e acesso à Internet.

Porém, esta mudança no paradigma de utilização de uma aplicação informática tem implicações diretas no modelo de negócio do fornecedor de serviços. No modelo de negócio convencional (não SaaS) a fonte de receita para o fornecedor de serviços advém da distribuição e instalação local do software que segue um modelo de negócio baseado no licenciamento do software que é instalado nas máquinas dos clientes com a contrapartida imediata de um pagamento por cada licença instalada ou do pagamento pelo processo de desenvolvimento de

novas funcionalidades. Futuras melhorias e evoluções no software (desenvolvidas e instaladas posteriormente) ficam também sujeitas ao respetivo pagamento ou ao pagamento de contratos de manutenção que concedem direitos ou privilégios sobre essas novas versões de software.

No modelo SaaS o cliente não paga pelo desenvolvimento da aplicação, nem existe qualquer instalação realizada passível de ser cobrada. Depois de desenvolvido, o software é colocado num servidor do fornecedor de serviços e é acedido através da Internet, ficando ao dispor do cliente que pretenda usufruir desse software, pagando pelo direito à utilização *online* do software por um determinado período de tempo, ou para um determinado volume de utilização. Para que o serviço de fornecimento de software *online* possa funcionar é necessário a existência de hardware e software capazes de suportá-lo.

Seguindo a tendência do SaaS e do *cloud*, uma *software-house*⁴, que está vocacionada para a área de gestão empresarial e para aplicações verticais e que fornece uma solução de software ERP (*Enterprise Resource Planning*), que é disponibilizada no modelo de fornecimento por licenciamento (solução *on-premise*), pretende adaptar a sua solução de software ERP para um modelo de serviços *SaaS* na *cloud*, adaptando, assim, o seu modelo de negócio às atuais tendências da indústria do software e das novas necessidades dos consumidores de ERP's. Esta *software-house* tem como o objetivo explorar, também, algumas das potencialidades oferecidas por este novo modelo de negócio para distribuição de software como serviços *SaaS* na *cloud*, permitindo o acesso ao ERP através da Internet e num modelo de pagamento dos serviços conforme a utilização (*pay-per-use*)⁵.

É desta forma que surge o projeto EBIS [13], para desenvolvimento de um sistema de software que suporta a disponibilidade do ERP (da *software-house*) num modelo de *SaaS* na *cloud*. É constituído por duas componentes distintas, nomeadamente: (1) BI (*Business Intelligence*) e (2) *SaaS* (*Software-as-a-Service*). O EBIS surge no âmbito do programa do *Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico*⁶, que tem como objetivo intensificar o esforço nacional de I&DT e a criação de novos conhecimentos com vista ao aumento da competitividade das empresas, promovendo a articulação entre empresas e as entidades do

⁴ *Software House*: Empresa ou organização que se dedica a construir *software*, geralmente com fins comerciais. (http://pt.wikipedia.org/wiki/Software_house)

⁵ *Pay-per-use*: Pagamento de serviços de acordo com a utilização efetiva (<http://searchcio.techtarget.com/definition/metered-services>).

⁶ Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (http://www.portaldaempresa.pt/CVE/pt/Expansao/Apoios_Incentivos/).

Sistema Científico e Tecnológico (SCT). Neste contexto, a empresa é a *software-house* e a entidade do SCT é o CCG⁷.

O presente trabalho tem como objeto de análise a componente SaaS do projeto EBIS e tem como principal objetivo a caracterização da solução tecnológica que permite a *software-house* disponibilizar o software ERP num modelo de SaaS, que é constituído, para além do ERP, por um sistema informático responsável pela gestão *online* do fornecimento de serviços de software ERP num modelo SaaS, seguindo o paradigma do *cloud computing*.

A caracterização da solução para o sistema EBIS é suportada pela utilização do modelo de referência do NIST que simultaneamente serve para auxiliar a conceção das arquiteturas e tratar questões de *cloud computing* (incluindo a interoperabilidade). A utilização do modelo de referência do NIST permite a identificação de requisitos específicos do domínio associado ao *cloud computing*.

A especificação da arquitetura do sistema EBIS é desenvolvida em duas fases. A primeira fase tem objetivo principal tratar especificamente as questões de *cloud computing*, dando origem a uma arquitetura genérica baseada em *cloud computing*. A segunda fase tem como principal objetivo analisar as questões de interoperabilidade entre o sistema EBIS com sistemas externos, dando origem a uma arquitetura de interoperabilidade que é derivada da arquitetura concebida na primeira fase (a arquitetura baseada em *cloud*).

Assim, o presente capítulo apresenta os trabalhos efetuados no projeto EBIS, referentes à aplicação do modelo de referência do NIST para gerar a arquitetura de *cloud computing* e a arquitetura de interoperabilidade.

3.2. Requisitos

O modelo de fornecimento de software ERP no modelo SaaS tem em consideração o modelo de negócio praticado pelo fornecedor de software ERP no modelo tradicional. Desta forma, os requisitos de negócio e os requisitos funcionais do sistema EBIS devem estar alinhados para que não hajam grandes alterações ao modelo de negócio de modo a garantir a evolução do sistema EBIS para uma solução tecnológica sustentável e adequada às exigências atuais e futuras e que

⁷ CCG – Centro de Computação Gráfica (www.ccg.pt)

permita crescer ao longo do tempo em função das necessidades dos clientes e do fornecedor de serviços ERP.

Neste sentido, pretende-se nesta secção descrever os principais requisitos da solução SaaS para o sistema EBIS (SI EBIS), tendo em consideração os requisitos do modelo de negócio e o alinhamento desses requisitos com a solução SaaS.

O modelo de negócio atual do fornecedor de software ERP incide na venda (por intermédio de uma rede de parceiros comerciais) da licença perpétua do seu software ERP que é instalado nas infraestruturas computacionais dos clientes (ERP *on-premise*). Além disso, o fornecedor de software ERP garante a manutenção do ERP *on-premise* através de um contrato de atualização do software que, após comprado, é entregue ao parceiro comercial em suporte digital juntamente com a chave do produto e uma *pendrive* que controla a utilização dos módulos e postos adquiridos. Além de outras funcionalidades, as atualizações do software ERP *on-premise* são alojadas num *website* dedicado aos parceiros comerciais.

O fornecedor de software ERP, em diante designado apenas de fornecedor de serviços, pretende, além de continuar a vender as licenças perpétuas, disponibilizar o seu ERP aos clientes no modelo de subscrição SaaS através da Internet, em diante designado de ERP SaaS.

O sistema EBIS (SI EBIS) é visto como a solução de software que suporta o fornecimento do ERP SaaS que, essencialmente, permite a disponibilidade de um conjunto de funcionalidades de suporte às atividades de negócio relacionadas com a venda, subscrição e operação dos serviços ERP SaaS ao nível da gestão de clientes, subscrição de serviços ERP, gestão da faturação e gestão de pagamentos de serviços de clientes. Neste modelo, o software ERP é instalado e alojado nas infraestruturas da responsabilidade do fornecedor de serviços, sendo dada a possibilidade aos clientes de adquirirem o ERP num modelo de serviços SaaS, sendo possível optarem por um modelo de faturação fixa ou variável.

A *Figura 13* apresenta uma visão global do modelo de distribuição de software do ERP SaaS na *cloud*, que se pretende desenvolver. De notar que o SI EBIS é um software que disponibiliza um conjunto de serviços de suporte ao negócio do ERP SaaS e serviços de interoperabilidade com os sistemas externos com quais o SI EBIS necessita de interagir para que seja possível a disponibilidade de serviços. Para troca de informação de negócio, o SI EBIS necessita de interagir com o ERP do fornecedor de serviços para consulta e registar informação de negócio

(ex.: dados de clientes, contratos, propostas, etc.). Para disponibilidade de serviços ERP SaaS, o SI EBIS necessita de interagir com o sistema ERP SaaS, que é visto do lado do SI EBIS como um sistema externo com o qual tem de interagir.

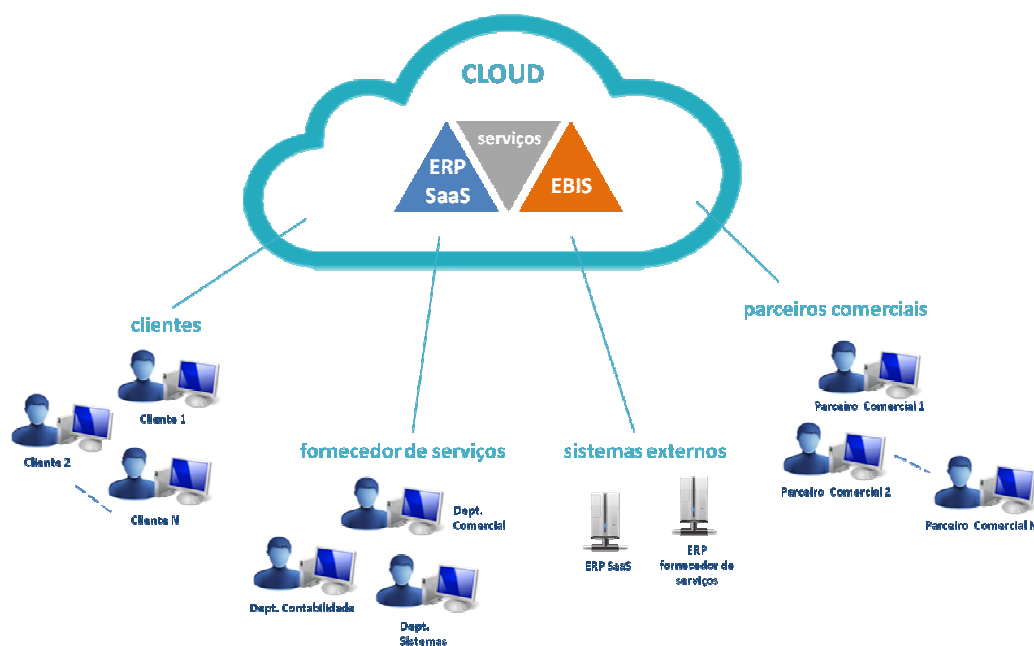


Figura 13: Modelo lógico de distribuição do ERP SaaS e SI EBIS na *cloud*

Os utilizadores do SI EBIS distinguem-se consoante o tipo de atividade que desenvolvem junto do fornecedor de serviços, sendo categorizados como clientes, parceiros comerciais e colaboradores do fornecedor de serviços ERP SaaS.

Os clientes podem ser classificados em dois tipos:

- a) Clientes diretos – Entidades que recorrem diretamente ao fornecedor de serviços para contratar serviços ERP SaaS.
- b) Clientes indiretos – Entidades que recorrem a um parceiro comercial para contratar serviços ERP SaaS.

Os parceiros comerciais são constituídos pelas entidades que possuem um contrato estabelecido com o fornecedor de serviços para comercialização dos serviços ERP SaaS junto de potenciais clientes (clientes indiretos). Pela angariação de novos clientes, o parceiro comercial tem direito a uma compensação monetária que é indexada ao valor mensal faturado aos clientes angariados (clientes indiretos) em função do consumo de serviços ERP SaaS. Cada parceiro comercial é responsável por interagir com as funcionalidades do SI EBIS relacionadas com as atividades de angariação e gestão de clientes indiretos, como por exemplo, a elaboração de

propostas e contratos de subscrição de serviços, consulta de informação de clientes e acesso a informação sobre as comissões.

Os clientes diretos subscrevem e gerem os seus serviços ERP SaaS diretamente no SI EBIS, sendo-lhes disponibilizadas, entre outras, funcionalidades que lhes permitem subscrever serviços, efetuar pedidos de propostas, consultar documentação relacionada com os serviços, aceder a serviços ERP SaaS, entre outras funcionalidades disponíveis.

Os serviços dos clientes diretos podem ser geridos pelos próprios clientes ou por um responsável comercial (ex.: gestor de cliente) do fornecedor de serviços, designado para o efeito, ficando responsável por gerir todas as atividades associadas aos clientes. Além disso, o responsável comercial interage com as funcionalidades do SI EBIS relacionadas com as atividades de gestão de clientes diretos, possuindo acesso privilegiado a todas as funcionalidades do sistema (ex.: criação e gestão de clientes, criação e gestão de catálogos e planos de serviços, acesso a informação da instalação e operação de serviços, acesso a faturas e comissões).

A gestão do aprovisionamento e configuração de serviços de clientes é realizada pelo responsável dos sistemas (ex.: gestor de sistemas) do fornecedor de serviços.

A gestão da faturação e dos pagamentos de serviços é efetuada por colaboradores do departamento de contabilidade nomeados para o efeito.

Devido às semelhanças das funções do parceiro comercial e do gestor comercial (colaborador do fornecedor de serviços), no que se refere a funcionalidades associadas ao processo comercial, o presente trabalho apenas fará referência ao gestor comercial porque cobre toda a componente funcional associada aos parceiros comerciais e facilita a análise.

O SI EBIS surge como uma ferramenta que permite a interação com os clientes e que disponibiliza uma aplicação de *front-office*⁸ que facilita principalmente a subscrição e consumo de serviços disponibilizados pelo ERP SaaS, traduzindo as principais necessidades de negócio. A tradução de requisitos de negócio em requisitos funcionais deve ser acompanhada da aplicação de modelos que permitam especificar e representar as funcionalidades do SI EBIS que asseguram o cumprimento de requisitos de negócio.

⁸ Front-office - software que tem relação direta com os clientes (http://en.wikipedia.org/wiki/Front_and_back_office_application).

As funcionalidades do SI EBIS são representadas por casos de uso (ver *Figura 14*), que traduzem as necessidades de negócio em especificações funcionais que representam as funcionalidades de suporte às atividades de negócio associadas à disponibilidade de serviços ERP SaaS, tais como, a gestão de contas de clientes e parceiros comerciais, a gestão de catálogos e planos de serviços, a subscrição, ativação e consumo de serviços, a geração de propostas e contratos, e o controlo de pagamento de serviços. A *Figura 14* apresenta os principais casos de uso para o SI EBIS que descrevem as principais funcionalidades do sistema.

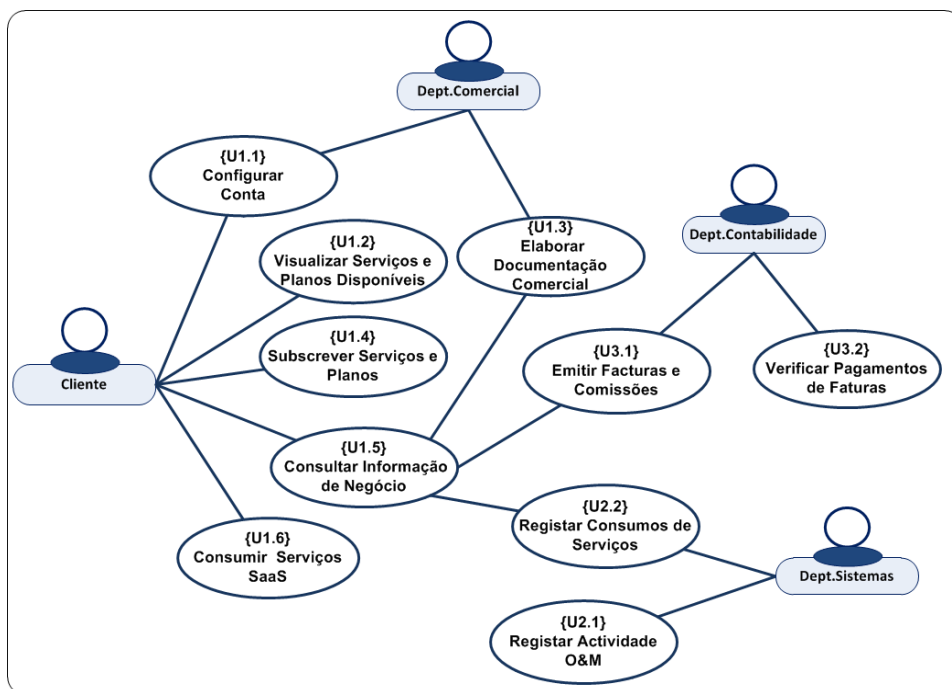


Figura 14: Principais casos de uso do SI EBIS

Apresenta-se de seguida uma breve descrição dos casos de uso do SI EBIS:

- *{U1.1} Configurar Conta*: Configuração e gestão de contas de utilizadores (clientes, parceiros e colaboradores do fornecedor de serviços) e clientes (clientes diretos e indiretos);
- *{U1.2} Visualizar Serviços e Planos disponíveis*: Visualização dos serviços ERP SaaS disponíveis, incluindo planos de serviços e respetivos tarifários;
- *{U1.3} Elaborar Documentação Comercial*: Elaboração de documentação de base comercial, essencialmente, propostas e contratos de serviços de clientes;
- *{U1.4} Subscrever Serviços e Planos*: Subscrição de planos de serviços conforme as necessidades dos clientes, identificadas pela seleção de serviços no SI EBIS;

-
- *{U1.5} Consultar Informação de Negócio:* Consulta de informação relacionada com o negócio, tais como, dados de utilizadores, propostas, contratos elaborados, serviços ativos, faturas emitidas, entre outra informação;
 - *{U1.6} Consumir Serviços SaaS:* Possibilita aos clientes consumir serviços ERP SaaS, conforme definido contratualmente;
 - *{U2.1} Registrar Atividade O&M:* Controlo e gestão de toda a atividade de operação e manutenção relacionada com os serviços de clientes;
 - *{U2.2} Registrar Consumos de Serviços:* Possibilita o controlo e registo dos serviços consumidos pelos clientes;
 - *{U3.1} Emitir Faturas e Comissões:* Gere todo o processo de emissão de faturas de clientes de acordo com a utilização dos serviços consumidos e comissões de parceiros associadas aos clientes angariados;
 - *{U3.2} Verificar Pagamentos de Faturas:* Controlo e gestão dos pagamentos dos serviços ERP. Inclui a identificação de pagamentos em atraso.

3.3. Arquitetura EBIS Cloud

Nesta secção, pretende-se focar os trabalhos associados à aplicação do modelo de referência do NIST [1] para auxiliar a conceção da arquitetura do SI EBIS. Este sistema tem como objetivo operar num contexto de *cloud computing*, tornando-se por isso necessário garantir que os requisitos do sistema estão alinhados com requisitos de *cloud computing* (incluindo a interoperabilidade).

O modelo de referência do NIST [1] é considerado um modelo conceptual agnóstico tecnologicamente que descreve os principais requisitos e componentes que devem ser considerados em arquiteturas para contextos de *cloud computing*, onde se destacam os seguintes componentes:

- Componente de serviços SaaS;
- Componente de interoperabilidade entre sistemas e serviços;
- Componente de aprovisionamento de serviços SaaS;
- Componente de suporte ao negócio na *cloud*.

Estes componentes encontram-se identificados pelo modelo de referência do NIST [1] que é adotado neste projeto para auxiliar a concepção da arquitetura de *cloud computing* para o SI EBIS, principalmente para auxiliar as seguintes atividades:

- (1) Identificar requisitos de *cloud computing* nos casos de uso do SI EBIS;
- (2) Conceber a arquitetura de alto-nível do sistema para atuar em contexto de *cloud computing*;
- (3) Conceber a arquitetura de interoperabilidade entre sistemas e sistematizar normas e protocolos.

A identificação de requisitos de *cloud computing* nos casos de uso do SI EBIS é possível tendo em consideração os componentes do modelo de referência do NIST. A análise segue uma lógica de cruzamento dos casos de uso do SI EBIS com os componentes do modelo do NIST. O cruzamento é possível através das descrições dos casos de uso que são cruzadas com as descrições arquiteturais de cada um dos componentes da arquitetura do NIST. Esta é uma análise feita individualmente a cada caso de uso e tem como objetivo identificar características nos casos de uso do SI EBIS semelhantes às características dos elementos arquiteturais de cada um dos componentes dados pelo modelo de referência do NIST, mais especificamente os componentes de suporte ao negócio, provisionamento de serviços, interoperabilidade, segurança e serviços SaaS.

A *Tabela 1* exemplifica como é efetuado o cruzamento das descrições dos casos de uso com as descrições arquiteturais de cada um dos componentes da arquitetura do NIST. Esta tabela apresenta o resultado da decisão de atribuição do caso de uso *{U1.3.2.2} Gerar Contrato de Cliente* no elemento arquitetural do modelo de referência do NIST, referente à *Gestão de Contratos* da componente de *Suporte ao Negócio*. As descrições do elemento arquitetural do modelo de referência do NIST, relacionadas com a gestão de contratos (*Contract Management*) da componente de suporte ao negócio para os serviços *cloud*, evidenciam as atividades relacionadas com a componente de gestão de contratos, tais como, a configuração, negociação e fecho de contratos. A identificação de casos de uso do SI EBIS, que se identificam com as características deste elemento arquitetural do modelo do NIST, é realizada com base nas descrições arquiteturais do elemento arquitetural do NIST. Com base nessas descrições é possível percorrer (um a um) os casos de uso do SI EBIS de forma a identificar a existência de casos de uso com características relacionadas com atividades de gestão de contratos.

Tabela 1: Modelo de atribuição dos casos de uso do SI EBIS no modelo do NIST

Componente do modelo do NIST	Elemento arquitetural do modelo do NIST	Casos de uso do SI EBIS
Suporte ao Negócio (Business Support)	Gestão de contratos (Contract Management)	{U1.3.2.2} Gerar Contrato de Cliente Permitir gerar contratos de clientes de modo automático e manual. No modo automático é possível a inclusão automática da informação pessoal associada ao cliente, o plano de serviços associado ao contrato e tipo de faturação (fixa ou variável). Esta informação é selecionada no sistema e incluída no documento referente a faturas, que é gerada automaticamente pelo sistema. No modo manual é possível a edição manual do contrato, sendo possível o download do documento no sistema. Este requisito está representado pelo caso de uso {U1.3.1} <i>Inserir Documentação Comercial</i> .

Para o caso de uso apresentado na *Tabela 1* verifica-se que na respetiva descrição encontra-se a frase “*permite gerar contratos de clientes*”, permitindo concluir que este caso de uso está relacionado com questões contratuais, podendo por isso ser mapeado no elemento do modelo do NIST associado à gestão de contratos. Seguindo esta lógica de mapeamento, os restantes casos de uso do SI EBIS são, também, submetidos a esta análise que revela ser um boa técnica para identificar e ajustar requisitos relacionados com o domínio tecnológico associado ao *cloud computing*. Desta forma é possível atribuir adequadamente os casos de uso no modelo de referência do NIST de modo a verificar se os casos de uso possuem informação suficiente para tratar aspetos de *cloud computing*.

Nesta fase as incoerências semânticas e funcionais dos casos de uso do SI EBIS, que são identificadas pela falta de semântica e de requisitos adequados a contextos de *cloud computing*, dão origem à reestruturação dos casos de uso do SI EBIS onde são feitas as devidas correções semânticas e incluídos requisitos relacionados com o contexto de *cloud computing*. Como resultado têm-se casos de uso mais coerentes com contextos de *cloud computing*, que são usados para derivar a arquitetura conceptual do SI EBIS, que resulta da atribuição dos casos de uso do SI EBIS nos componentes do modelo de referência do NIST. A atribuição é realizada numa lógica de mapeamento que permite a agrupar os casos de uso nos principais componentes do modelo de referência do NIST.

A *Figura 15* ilustra o modelo de mapeamento dos casos de uso do SI EBIS nos elementos arquiteturais do modelo de referência do NIST.

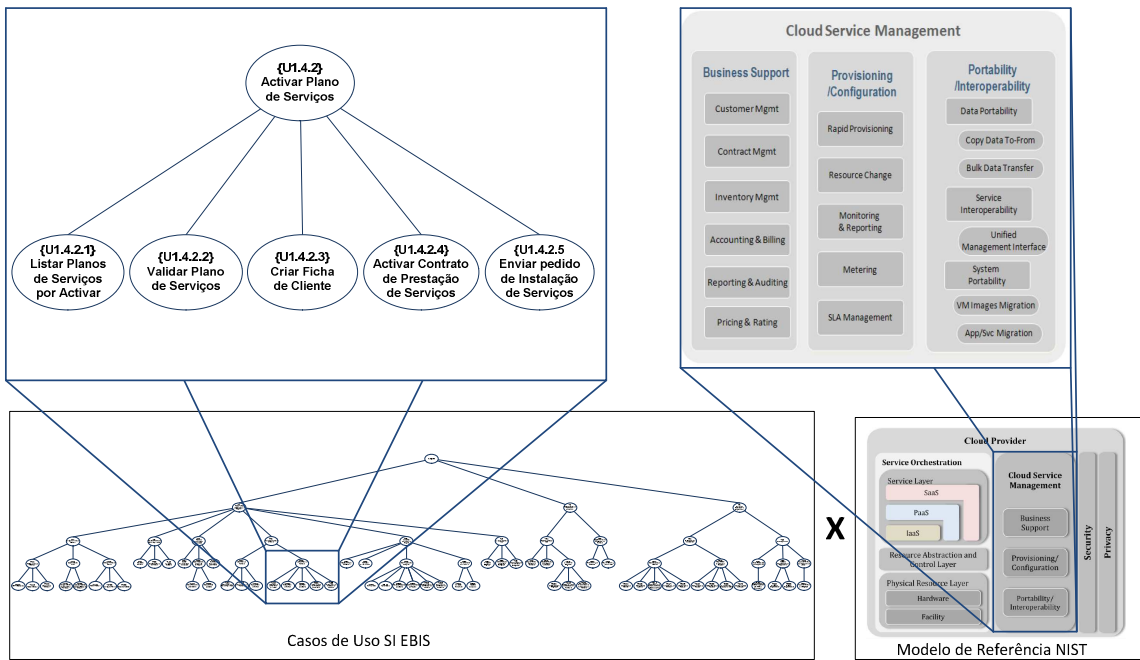


Figura 15: Casos de uso do SI EBIS atribuídos ao modelo do NIST

Este modelo apresenta visualmente a forma como os casos de uso do SI EBIS são atribuídos aos elementos arquiteturais dos componentes que constituem o modelo de referência do NIST. Os componentes do modelo do NIST são preenchidos com os casos de uso cuja semântica é semelhante aos elementos arquiteturais. A organização dos casos de uso segue a estrutura do modelo de referência do NIST para os componentes de suporte ao negócio, aprovisionamento e operação de serviços, interoperabilidade, segurança e serviços *cloud* SaaS.

A *Figura 16* representa o modelo conceptual do SI EBIS, designado em diante de *Arquitetura Conceptual EBIS Cloud*.

Com o objetivo de simplificar a visualização e a análise dos principais componentes da *Arquitetura Conceptual EBIS Cloud*, aumenta-se o nível de abstração para um nível superior, dando origem à arquitetura apresentada na *Figura 17*.

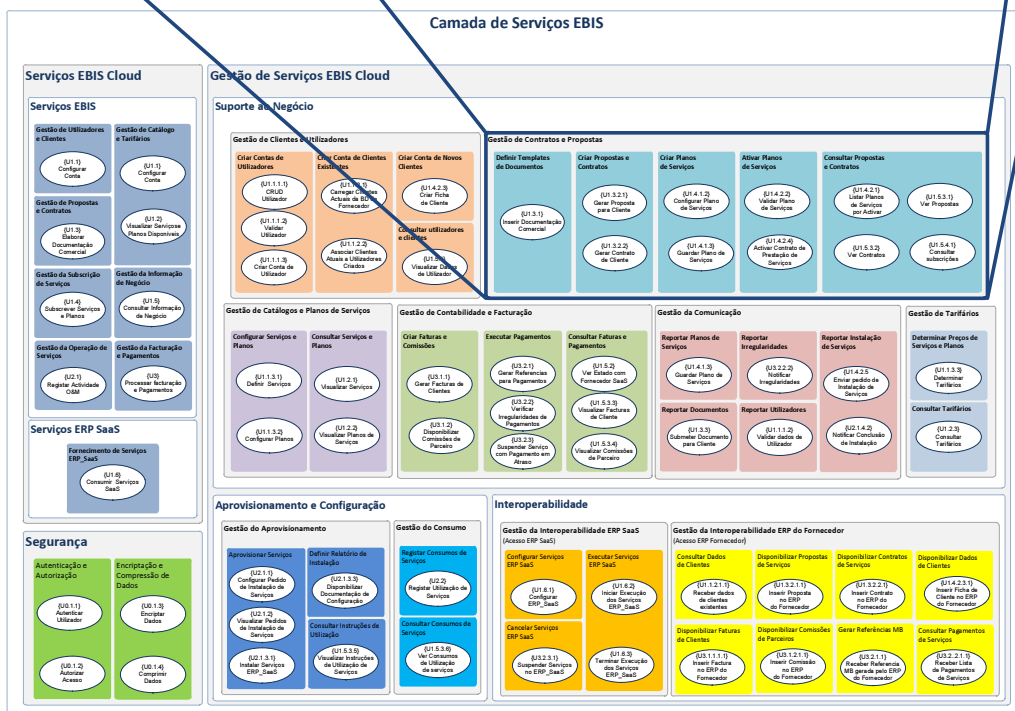
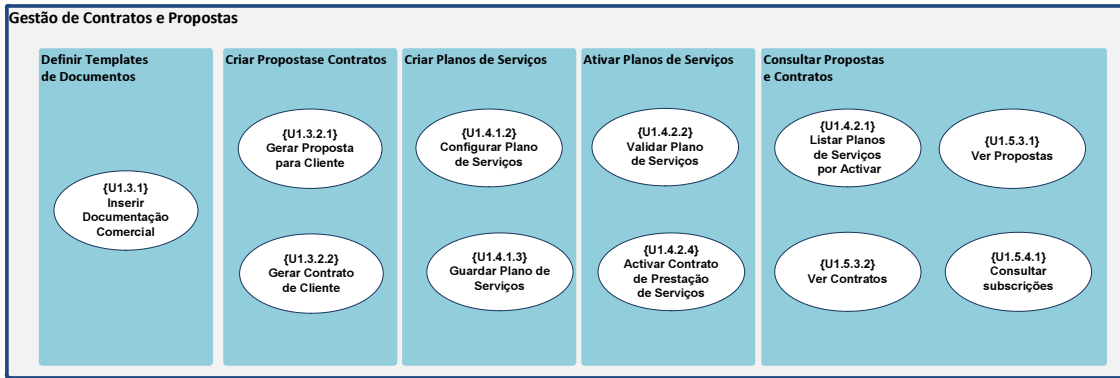


Figura 16: Modelo de referência do NIST com casos de uso do SI EBIS

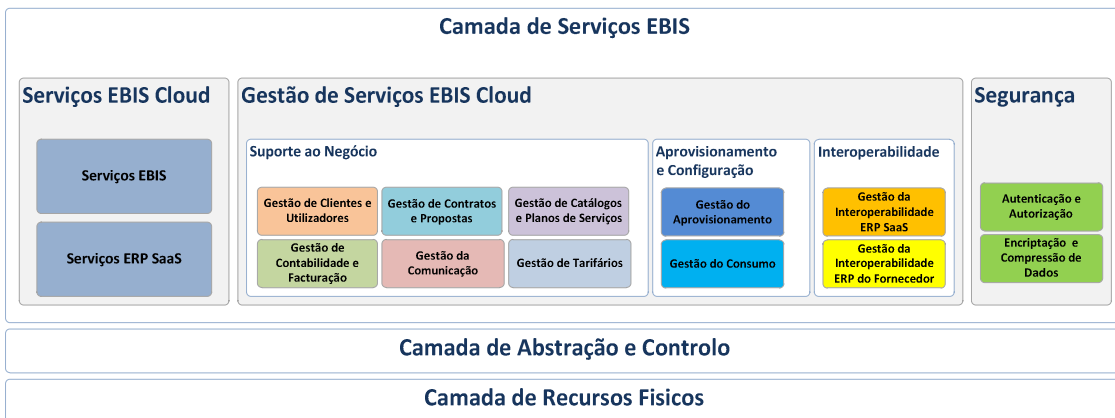


Figura 17: Arquitetura Conceptual EBIS Cloud

A *Arquitetura Conceptual EBIS Cloud* é vista como um modelo arquitetural de alto-nível que é agnóstico tecnologicamente e que especifica os componentes do SI EBIS. Está organizado nas seguintes três camadas funcionais:

- (1) *Camada de Serviços EBIS Cloud*;
- (2) *Camada de Abstração e Controlo*;
- (3) *Camada de Recursos Físicos*.

A *Camada de Serviços EBIS* é constituída pelos serviços disponibilizados pelo SI EBIS e encontra-se organizada pelas seguintes subcamadas:

- a) *Subcamada de Serviços EBIS Cloud* - Esta subcamada de serviços define as interfaces de acesso aos serviços do SI EBIS e é constituída por dois tipos de serviços, nomeadamente:
 - *Serviços ERP SaaS* - serviços ERP disponibilizados no modelo de SaaS que são disponibilizados a clientes finais.
 - *Serviços EBIS* - serviços que asseguram a gestão e subscrição de serviços ERP SaaS. Este tipo de serviços é disponibilizado a clientes finais, parceiros comerciais e colaboradores do fornecedor de serviços. Asseguram a gestão e subscrição de serviços ERP SaaS, que são organizados de forma intuitiva através da orquestração dos serviços disponibilizados pela *Camada de Serviços de Gestão EBIS Cloud*.
- b) *Subcamada de Serviços de Gestão de Serviços EBIS Cloud* - Esta subcamada de serviços assegura as funcionalidades de suporte ao negócio, aprovisionamento e configuração de serviços *cloud* e a interoperabilidade entre serviços e sistemas. É constituída por componentes que especificam as funcionalidades do sistema EBIS, que se podem classificar nas seguintes categorias de serviços:
 - *Serviços de Suporte ao Negócio*: Conjunto de serviços de suporte às atividades de negócio, nomeadamente, a gestão de clientes e utilizadores, gestão de contratos e propostas, gestão de catálogos e planos de serviços, gestão de faturas e pagamentos, gestão da comunicação com clientes e com o fornecedor de serviços, e classificação e definição de serviços e tarifários.

-
- *Serviços de Aprovisionamento e Configuração*: Serviços de suporte à gestão, instalação e configuração de serviços ERP SaaS.
 - *Serviços de Interoperabilidade*: Conjunto de serviços de suporte à interoperabilidade entre os sistemas (SI EBIS, ERP SaaS e ERP do Fornecedor) que constituem o SI EBIS de forma a permitir a comunicação consistente entre sistemas e, conseqüentemente, assegurar a disponibilidade dos serviços aos utilizadores.
- c) *Camada de Serviços de Segurança*: Esta camada assegura os requisitos de segurança do SI EBIS ao nível da autenticação, autorização, encriptação e compressão de dados de modo a garantir um maior nível de segurança no acesso ao sistema, nas comunicações e troca de dados entre utilizadores e o SI EBIS, sem prejudicar a performance da solução.

A *Camada de Abstração e Controlo* e a *Camada de Recursos Físicos* são, por norma, associadas aos serviços de *datacenter*. A primeira camada assegura a gestão e fornecimento dos recursos computacionais da camada física através da abstração do software, como por exemplo, máquinas virtuais (ex.: sistemas operativos, base de dados, capacidade de processamento). A segunda camada permite a disponibilidade e a interligação de servidores, serviços aplicativos, serviços de armazenamento de dados, *backups*, *firewalls*, entre outros recursos computacionais.

3.4. Arquitetura de Interoperabilidade

As arquiteturas tecnológicas de *cloud computing* são uma combinação de sistemas heterogéneos que não existem isoladamente, devendo por isso serem capazes de comunicar e trocar informações de forma transparente e independentemente das diferenças tecnológicas. A interoperabilidade [45] significa que os sistemas podem trocar informação entre si de forma consistente e eficaz, mesmo que sejam utilizadas diferentes plataformas de hardware e software. A interoperabilidade é um requisito crucial no *cloud computing* e é considerado difícil de alcançar devido às diferenças tecnológicas entre sistemas [41].

O SI EBIS é considerado um sistema que atua num contexto de *cloud computing* e os requisitos de interoperabilidade devem ser devidamente tratados para que seja possível

assegurar o acesso e comunicação entre os sistemas (SI EBIS, ERP SaaS e ERP do Fornecedor) para troca de informação de negócio e para que seja possível a disponibilidade dos serviços aos utilizadores, de forma consistente e com elevados níveis de desempenho. Neste sentido, surge a necessidade de contemplar requisitos de interoperabilidade na arquitetura do SI EBIS que evidenciem as necessidades de interoperabilidade entre sistemas.

Além disso, é importante identificar e caracterizar os componentes de interoperabilidade e as suas interfaces tendo por base a sistematização de normas e protocolos de comunicação que são necessários para assegurar a integração, interoperabilidade e a comunicação bidirecional e consistente entre os sistemas. Essas normas e protocolos devem ser refletidos na especificação da arquitetura técnica do sistema. É importante, também, garantir os mecanismos de comunicação necessários, assim como, definir o fluxo de informação que é transacionada entre sistemas, justificando, dessa forma, a necessidade de definir um conjunto de serviços customizados em função dos requisitos de negócio.

O modelo de referência do NIST é a base para a análise de interoperabilidade. A arquitetura conceptual do SI EBIS define a categoria de serviços de interoperabilidade (ver *Figura 18*), que traduz as principais necessidades de interoperabilidade entre os sistemas (SI EBIS, ERP SaaS e ERP do Fornecedor), de forma a assegurar a troca consistente de dados entre os sistemas. Estes serviços encontram-se organizados em dois componentes principais:

- Componente de Gestão da Interoperabilidade com ERP SaaS - Componente da arquitetura do SI EBIS que especifica os requisitos de interoperabilidade entre SI EBIS e ERP SaaS, que são definidos pelos seus elementos arquiteturais que descrevem as funcionalidades do SI EBIS que necessitam de aceder ao sistema ERP SaaS que disponibiliza os serviços aos consumidores finais de serviços ERP SaaS.
- Componente de Gestão da Interoperabilidade com ERP do Fornecedor - Componente da arquitetura do SI EBIS que especifica os requisitos de interoperabilidade entre SI EBIS e ERP do Fornecedor, que são definidos pelos seus elementos arquiteturais, que descrevem as funcionalidades do SI EBIS que necessitam de aceder ao sistema ERP do Fornecedor para partilha de informações de negócio (ex.: faturação, pagamentos, propostas e contratos de serviços e comissões).

A especificação dos componentes de interoperabilidade resulta do mapeamento dos casos de uso do SI EBIS com o modelo de referência do NIST, que traduzem os serviços de interoperabilidade do SI EBIS que são customizados em função das necessidades de acesso aos sistemas externos e que vão de encontro com os requisitos de negócio traduzidos em especificações funcionais que são refletidas na arquitetura de interoperabilidade.

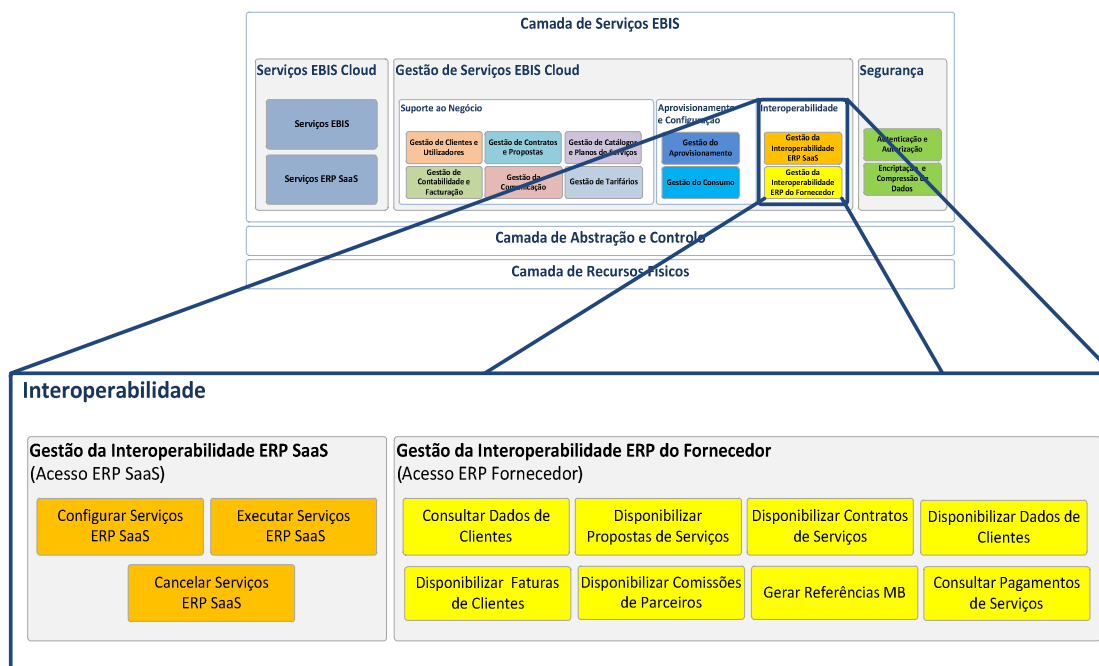


Figura 18: Serviços de Interoperabilidade do SI EBIS

Os serviços de interoperabilidade do SI EBIS são derivados de cenários de interoperabilidade que são traduzidos em especificações funcionais representadas pelos elementos arquiteturais (AE's) dos componentes de interoperabilidade, nomeadamente:

- (1) *Consultar Dados de Clientes e Disponibilizar Dados de Clientes* - Assegura o acesso do SI EBIS ao ERP do Fornecedor para consulta da base de dados dos clientes existentes. Muitos dos clientes registados no SI EBIS são clientes registados no ERP do Fornecedor. Para que não haja redundância de informação, ou risco de informação incoerente, é importante que o ERP do Fornecedor e o SI EBIS partilhem a mesma informação sobre clientes, de tal forma que o SI EBIS deve ser capaz de aceder a informação da base de dados de clientes do ERP do Fornecedor. Por sua vez, o ERP do Fornecedor deve ser atualizado em conformidade com o SI EBIS sempre que existam novos dados de clientes no SI EBIS, de modo que o SI EBIS acede ao ERP do Fornecedor para disponibilizar dados de novos clientes.

-
- (2) *Disponibilizar Propostas de Serviços* - Assegura o acesso ao ERP do Fornecedor para disponibilizar a proposta comercial gerada no SI EBIS. A subscrição de serviços ERP SaaS precede de um pedido de uma proposta comercial, elaborada automaticamente pelo SI EBIS conforme a informação (serviços, planos, tipo de faturação) selecionada pelo cliente no SI EBIS. Todas as propostas são armazenadas no SI EBIS e no ERP do Fornecedor.
- (3) *Disponibilizar Contratos de Serviços* - Assegura o acesso ao ERP do Fornecedor para disponibilizar contratos de serviços. Assim que uma proposta comercial é validada pelo cliente, o SI EBIS gera automaticamente a proposta de contrato que é validada pelo cliente no SI EBIS. Os contratos são armazenados no próprio SI EBIS e no ERP do Fornecedor.
- (4) *Disponibilizar Faturas de Clientes* - Assegura o acesso ao ERP do Fornecedor para disponibilizar a fatura de cliente. A emissão e o controlo de faturas são outros dos motivos que torna indispensável a integração. O SI EBIS é responsável por efetuar os cálculos dos valores que são faturados aos clientes (referentes pagamentos de serviços consumidos), conforme o estabelecido no contrato de serviços, emitindo as respetivas faturas, que são armazenadas no SI EBIS e no ERP do Fornecedor.
- (5) *Gerar Referências MB* - Assegura o acesso ao ERP do Fornecedor ERP para aceder à referência MB que será inserida na fatura do cliente. Os pagamentos de serviços podem ser realizados por débito direto, ou por transferência bancária. No caso de transferência bancária, o SI EBIS necessita de aceder à referência multibanco que é disponibilizada pelo ERP do Fornecedor.
- (6) *Disponibilizar Comissões de Parceiros* - Assegura o acesso ao ERP do Fornecedor para disponibilizar a comissão de parceiro gerada no SI EBIS. Pela angariação de novos clientes de serviços ERP SaaS, os parceiros comerciais recebem uma recompensa financeira oferecida pela intermediação de negócios. O valor da comissão é obtido em função dos valores faturados aos clientes angariados que estão associados a parceiros comerciais. A comissão é contabilizada apenas em função de clientes com a situação de pagamentos devidamente regularizada. O SI EBIS calcula os valores e gera o documento com a respetiva comissão que é

armazenado no SI EBIS para consulta do parceiro, sendo também armazenada no ERP do Fornecedor.

- (7) *Consultar Pagamentos de Serviços* - Assegura o acesso ao ERP do Fornecedor para consulta da lista de clientes com irregularidades nos pagamentos de serviços. A falta de pagamento das faturas relativas ao consumo de serviços ERP SaaS implica a suspensão dos serviços. Os serviços ERP SaaS de clientes com dívidas com o Fornecedor são suspensos até que a situação seja regularizada pelo cliente. O SI EBIS deteta quais os clientes com pagamentos em atraso através da consulta da lista de clientes com situações de pagamentos em atraso com o fornecedor de serviços. Esta informação está disponível no ERP do Fornecedor.
- (8) *Cancelar Serviços ERP SaaS* - Assegura o acesso ao ERP SaaS para cancelamento da execução de serviços do cliente. No início da sessão de utilização do ERP SaaS por parte de clientes, o SI EBIS verifica a existência de irregularidades do cliente que pretende aceder aos serviços ERP SaaS. Em caso do cliente possuir irregularidades nos pagamentos, o ERP SaaS não será executado até que seja regularizada a situação por parte do cliente. Esta situação verifica-se também para situações de clientes com contratos terminados e que não foram renovados.
- (9) *Configurar Serviços ERP SaaS*: Assegura acesso ao ERP SaaS para configurações. Os serviços contratados pelos clientes são configurados automaticamente conforme as cláusulas contratuais e funcionalidades definidas no contrato de prestação de serviços. São opções de configuração, por exemplo, módulos contratados, nº de postos por cada módulo, número de postos limite por cada módulo e estado de contrato. As configurações incluem, também, a parametrização do módulo que permite registar a utilização dos serviços. O ERP SaaS disponibiliza um conjunto de opções configuráveis que estão associadas aos serviços disponibilizados ao cliente que dispõe da possibilidade de configurar os serviços contratados consoante as configurações disponíveis no *ERP SaaS*.
- (10) *Executar Serviços ERP SaaS*: Assegura acesso ao ERP SaaS para execução dos serviços ERP SaaS e registo de *logs* de consumo de serviços. O início da sessão é registado no *log* de utilização. Os serviços ERP SaaS são medidos em função da

utilização dos serviços por parte do cliente. Quando um cliente pretende iniciar a execução de serviços, o ERP SaaS regista a utilização dos serviços utilizados pelo cliente. Desta forma, o SI EBIS regista quais os recursos utilizados e o tempo que foram consumidos. Esta informação é dada pelo ERP SaaS e é enviada para o SI EBIS que usa esta informação para calcular os valores a considerar nas faturas dos clientes.

Os cenários de interoperabilidade são considerados também para os sistemas externos, nomeadamente o ERP SaaS e o ERP do Fornecedor. São criados serviços residentes no SI EBIS que aguardam mensagens do ERP do Fornecedor e do ERP SaaS e são criados outros serviços que realizam a tarefa inversa. Desta forma, os sistemas ERP do Fornecedor e o ERP SaaS consideram, nos componentes das suas arquiteturas, serviços de interoperabilidade semelhantes aos apresentados na arquitetura do SI EBIS, mas com a diferença da ação a realizar em cada um dos sistemas. Por exemplo, se o SI EBIS pretende disponibilizar, no ERP do Fornecedor, o contrato gerado para um determinado cliente, logo, do lado do sistema ERP do Fornecedor será executada a função de armazenar o contrato do cliente na respetiva base de dados.

A definição das relações entre componentes resulta da representação das interações entre os sistemas, que são definidas com base em diagramas de sequência que descrevem a forma como os sistemas colaboram (troca de mensagens entre sistemas). A *Figura 19* exemplifica um diagrama de sequências desenvolvido para o cenário de configuração de serviços do ERP SaaS por parte de um cliente.

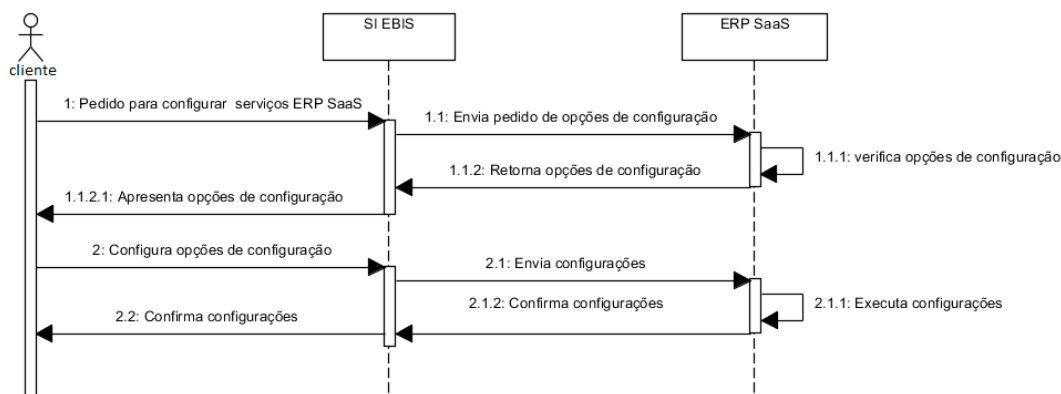


Figura 19: DS de cenário de acesso do SI EBIS ao ERP SaaS

A *Figura 20* ilustra a arquitetura de interoperabilidade do SI EBIS (*Arquitetura de Interoperabilidade EBIS Cloud*) com as relações entre componentes de interoperabilidade, mais especificamente a interligação lógica dos elementos arquiteturais dos componentes de interoperabilidade dos três sistemas (SI EBIS, ERP SaaS e ERP do Fornecedor ERP).

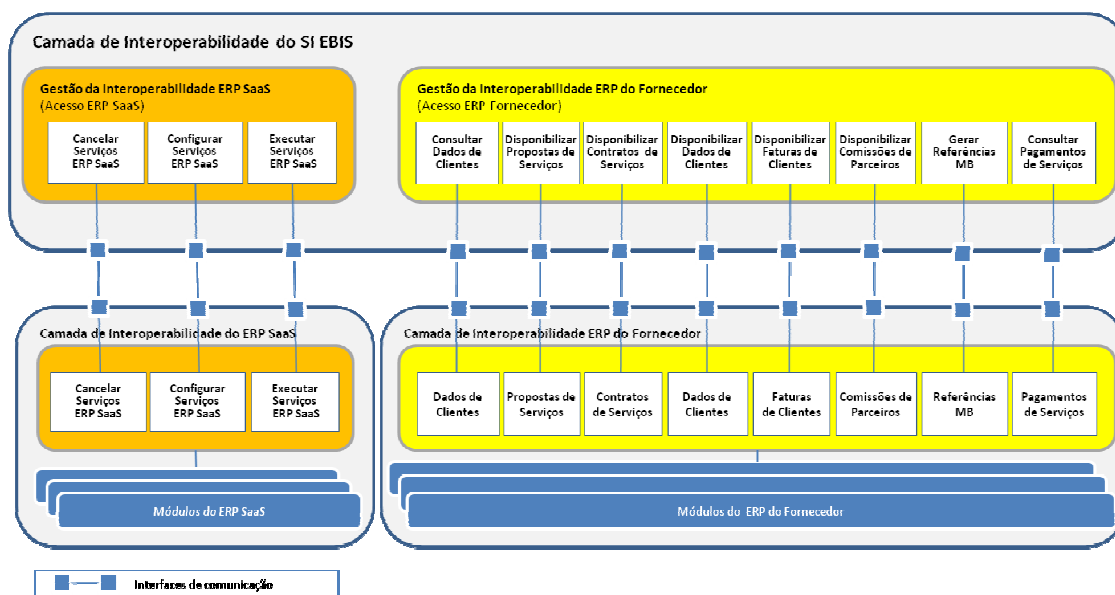


Figura 20: Arquitetura de Interoperabilidade EBIS Cloud

O principal propósito da *Arquitetura de Interoperabilidade EBIS Cloud* é o de promover a integração e interoperabilidade entre componentes, reduzir a dependência tecnológica e garantir a escalabilidade e capacidade de resposta a mudanças, de modo a cumprir os requisitos e regras de negócio estabelecidos pelos componentes da camada de serviços ao nível dos utilizadores.

A integração do SI EBIS com os sistemas externos (ERP SaaS e ERP do Fornecedor) significa que, criar dependência de dados, requer que os dados sejam sincronizados e movidos entre os sistemas. A camada de interoperabilidade gere a integração, interoperabilidade e a transferência de dados entre sistemas em conformidade com as regras de negócio definidas na camada de composição (ver *Figura 21*) de serviços que utiliza a informação proveniente dos sistemas externos para compor serviços e disponibilizá-los aos utilizadores.

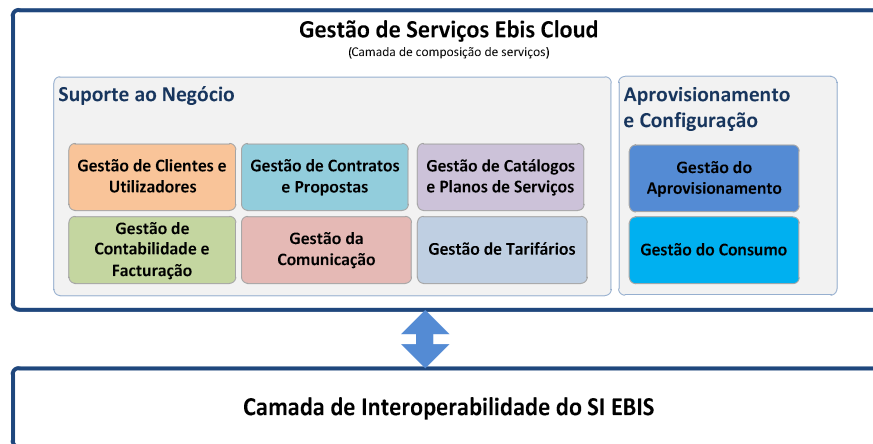


Figura 21: Camada de composição de serviços EBIS Cloud

A camada de composição de serviços permite a agregação e o tratamento de dados externos (provenientes de sistemas externos ERP SaaS e ERP do Fornecedor ERP) transformando-os em informação de negócio num formato unificado, reduz a entrada de dados redundantes e melhora a visibilidade de informação de negócio inter-relacionada. A criação desta camada aplicacional de composição envolve a integração de diferentes protocolos, tecnologias e aplicações heterogéneas. Esta camada é composta por um conjunto de componentes que gerem o acesso aos sistemas, os dados, *workflows*, e regras relacionadas com as funcionalidades de negócio da camada de serviços de suporte ao negócio e da camada de aprovisionamento de recursos. As aplicações, base de dados, *web services*, entre outros recursos, ligam-se à camada de composição através da camada de interoperabilidade que disponibiliza um conjunto de serviços que cuidam da negociação e troca de mensagens com cada serviço.

A agregação de dados é feita nos componentes da camada de composição de serviços, que pega na informação das fontes de dados internos do SI EBIS e dos sistemas externos ERP SaaS e ERP do Fornecedor ERP, transformando-os no formato pretendido para o processo de negócio.

Para exemplificar apresenta-se o caso de emissão de faturas de clientes. Este processo de negócio necessita de um conjunto de informação disponível no SI EBIS relativa a dados do cliente a ser faturado e respetivos serviços e consumos, assim como, informação referente à referência multibanco disponível no ERP do Fornecedor. O elemento arquitetural *Gestão de Contabilidade e Faturação* organiza a informação segundo uma serie de condições e *workflows* e gere o acesso ao sistema ERP do Fornecedor para obter a informação desejada, ou seja, a referência multibanco. Para tal, ativa o serviço da camada de interoperabilidade associado ao elemento arquitetural *Gerar Referências MB*, que gere o acesso ao ERP do Fornecedor, enviando

para o ERP do Fornecedor a mensagem com pedido da referência multibanco. A mensagem é recebida e processada no sistema ERP do Fornecedor seguindo as regras de negócio definidas para gerar a referência multibanco do cliente em questão, enviando uma mensagem para o SI EBIS com a referência multibanco. O SI EBIS recebe a mensagem, processa e envia para a camada de composição de serviços para o componente de *Gestão de Contabilidade e Faturação* que gera e disponibiliza a fatura no SI EBIS.

Os sistemas ERP SaaS e ERP do Fornecedor são considerados sistemas distribuídos que fornecem serviços ao SI EBIS através da *web*, encontrando-se alojados em *datacenters* distribuídos geograficamente de modo que os cenários de acesso aos sistemas consideram a Internet como meio de comunicação.

O SOA [40] é considerado um dos requisitos chave para a conceção de soluções baseadas em *cloud computing* por considerar, nas suas arquiteturas, mecanismos com capacidades de assegurar a integração e a interoperabilidade de sistemas, normalmente associados à utilização de interfaces e protocolos normalizados. A implementação desses mecanismos assegura o acesso e troca de dados entre sistemas através da Internet, por exemplo, através da criação de *web services* [40,44] que usam protocolos web que definem mensagens padrão para troca de informação entre sistemas na *web*. Neste sentido, a *Arquitetura de Interoperabilidade EBIS Cloud* segue uma abordagem orientada a serviços (SOA).

O SI EBIS é consumidor de serviços dos sistemas ERP SaaS e ERP do Fornecedor, que fornecem serviços ao SI EBIS. No entanto, os sistemas ERP SaaS e ERP do Fornecedor podem assumir o papel de clientes do SI EBIS. Estes sistemas podem comunicar, por exemplo, via *web services* para a troca de informação de negócio, por serem normalmente utilizados na integração de sistemas e na comunicação entre diferentes aplicações. Assim é possível que os sistemas comuniquem entre si, mesmo que possuam diferenças tecnológicas. Os *web services* são componentes que permitem as aplicações enviar e receber dados num formato padronizado, normalmente em XML, assegurando, essencialmente, o acesso aos sistemas de forma normalizada.

A necessidade de assegurar um canal de comunicação consistente entre o SI EBIS e os sistemas externos (ERP SaaS e ERP do Fornecedor) faz com que seja necessário criar mecanismos de encaminhamento de mensagens e considerar a *web* como meio de transporte

dessas mensagens. Desta forma, os *web services* podem ser uma solução a adotar para o transporte dessas mesmas mensagens e assegurar a interoperabilidade entre sistemas. Contudo, existem outros requisitos que devem ser assegurados e que podem ser completados com a adoção de normas ao nível das interfaces de comunicação dos sistemas e protocolos de mensagens para a troca de dados de negócio. Assim, justifica-se sistematizar um conjunto de normas e protocolos que devem ser considerados para as interfaces das arquiteturas do SI EBIS.

A *Figura 22* representa a arquitetura global de interoperabilidade que permite identificar algumas das normas e protocolos que podem ser considerados nas arquiteturas do SI EBIS, que contribuem para assegurar a interoperabilidade técnica e sintática entre os sistemas e garantir o acesso dos utilizadores aos serviços do SI EBIS.

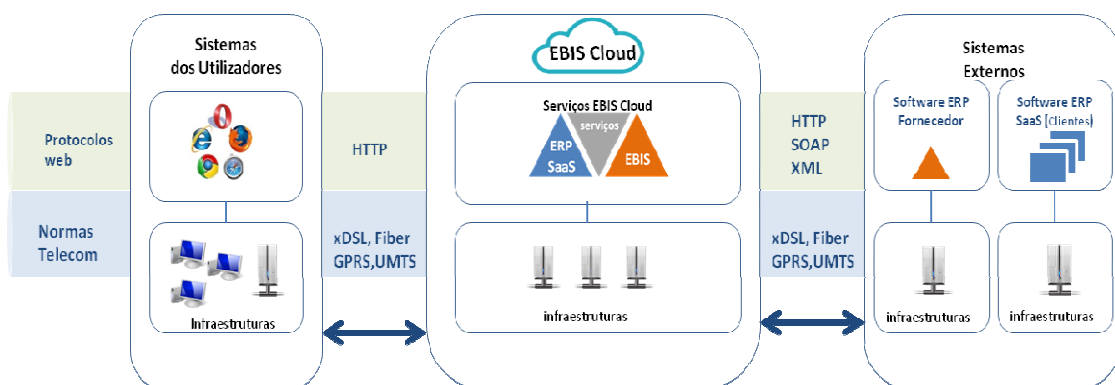


Figura 22: Arquitetura global de Interoperabilidade para EBIS Cloud

As setas entre *clouds* representam as comunicações entre os sistemas que devem seguir normas e protocolos que assegurem a integração e interoperabilidade entre sistemas e serviços, principalmente, ao nível das interfaces e protocolos de mensagens.

As normas e protocolos associados às tecnologias de rede e *web* são provavelmente os principais facilitadores do desenvolvimento de soluções em contextos de *cloud computing* que adota as normas e protocolos para a web em cima da camada de comunicações baseadas em redes *IP (Internet Protocol)*.

Os componentes comunicam via interfaces normalizadas (ex.: HTTP) efetuando trocas de dados de negócio entre os sistemas conforme os pedidos efetuados. As interfaces de comunicação podem ser asseguradas por meio de *web services* nos três sistemas, que devem cobrir as necessidades de comunicações entre estes. Para tal, considera-se os protocolos

existentes para a implementação dos *web services*, como por exemplo o SOAP e REST para as interfaces, HTTP para transporte, e XML para conteúdo da mensagem, assegurando assim a interoperabilidade sintática entre sistemas.

O acesso dos clientes aos serviços *EBIS Cloud* é realizado via *web browser*, através da *web*, pelo que devem ser considerados protocolos *web* como o HTTP.

A interoperabilidade técnica, que assegura a integração entre sistemas, é vista ao nível das infraestruturas e pode ser alcançada através da utilização de normas e protocolos de telecomunicações. Este tipo de interoperabilidade pode ser assegurada através das redes existentes dos operadores de telecomunicações que asseguram a ligação física entre os sistemas (SI EBIS, ERP SaaS e ERP do Fornecedor), e o SI EBIS e as máquinas computacionais dos clientes. É importante considerar uma solução de rede que permita assegurar um canal de comunicação com largura de banda suficiente e disponibilidade máxima do serviço, entre as instalações do cliente e o *datacenter* onde se encontram instalados os sistemas de modo a cumprir as exigências de qualidade de serviços, que é crítica para garantir o acesso aos serviços na *cloud*. Portanto, tendo em consideração as redes dos operadores de rede fixa e móvel existentes no mercado, são consideradas as normas para interfaces de redes fixas (xDSL, fiber, Ethernet) e redes móveis (GPRS, UMTS, HSPA e LTE).

As tecnologias das redes de operador servem como meio de transporte de informação entre sistemas, cabendo aos utilizadores garantirem o acesso à Internet nas suas máquinas computacionais, que, por norma, é um serviço contratado diretamente pelos clientes aos operadores, sendo que as tecnologias utilizadas na rede são transparentes para os utilizadores.

3.5. Conclusões

Este caso de demonstração teve como principal objetivo demonstrar a aplicação do modelo de referência do NIST para auxiliar a concepção das arquiteturas de *cloud computing* do sistema EBIS (SI EBIS), que permite a disponibilidade de serviços ERP no modelo de SaaS na *cloud*.

O modelo de referência do NIST foi introduzido no presente caso de demonstração para analisar os casos de uso do SI EBIS, quanto à cobertura de requisitos relacionados com o domínio do *cloud computing* (incluindo interoperabilidade). A análise foi realizada através do cruzamento das descrições dos casos de uso com as descrições arquiteturais dos componentes do modelo de referência do NIST, mais especificamente os componentes de suporte ao negócio, provisionamento e configuração de serviços, interoperabilidade, segurança e serviços *cloud* (SaaS). Foram identificadas algumas incoerências semânticas e a ausência de casos de uso que cobrissem algumas das áreas do modelo de referência. Em função desta análise procedeu-se à redefinição dos casos de uso, ficando assim mais coerentes com o modelo de referência do NIST e, conseqüentemente, com atividades e funções de *cloud computing*, segundo o modelo do NIST.

A arquitetura do SI EBIS foi gerada tendo por base os casos de uso gerados e o modelo de referência do NIST. Os casos de uso são usados para derivar a arquitetura do sistema (*Arquitetura Conceptual EBIS Cloud*) que resulta da atribuição dos casos de uso nos componentes do modelo de referência do NIST. A arquitetura conceptual especifica os principais componentes do SI EBIS e os principais serviços que são disponibilizados na *cloud*. Estes serviços estão segmentados nos serviços ERP SaaS e os Serviços EBIS, que asseguram os seguintes serviços: (1) serviços de suporte ao negócio; (2) serviços de provisionamento e configuração; (3) Serviços de interoperabilidade.

Os serviços de interoperabilidade do SI EBIS traduzem as principais necessidades de interoperabilidade com os sistemas externos (ERP SaaS e ERP do Fornecedor) e que permitem a derivação da arquitetura de interoperabilidade do SI EBIS (*Arquitetura de Interoperabilidade EBIS Cloud*), que tem como propósito promover a integração e interoperabilidade entre componentes e reduzir a dependência tecnológica. Neste sentido, seguiu-se as recomendações do NIST e foram sistematizadas normas para as interfaces de comunicação e protocolos de mensagens associadas às tecnologias de redes e web que permitem assegurar a comunicação de dados de negócio entre os sistemas.

4. Caso de Demonstração AAL4ALL

Este capítulo pretende demonstrar a aplicação do modelo referência do NIST para auxiliar a conceção e especificação da arquitetura do sistema AAL4ALL para contexto de *cloud computing*, que suporta o fornecimento de serviços AAL na *cloud*.

4.1. Introdução

O setor da saúde em Portugal enfrenta grandes desafios decorrentes de um conjunto de fatores, tais como, o envelhecimento da população, o aumento acentuado do número de doentes crónicos, a escassez de recursos humanos especializados, o aumento da regulação e o aumento da competição a nível global. Contudo, tais desafios oferecem novas oportunidades a todas as entidades públicas e privadas de prestação de serviços de cuidados primários de saúde, que têm como objetivo a oferta de melhores cuidados de saúde para um número crescente de pacientes a custos mais reduzidos.

Um dos pilares da resposta a estes desafios passa certamente pela utilização das potencialidades das tecnologias de informação e comunicações (TIC). No entanto, as abordagens individuais e automatizadas, que têm caracterizado a oferta nesta área, têm falhado, apesar dos elevados níveis de tecnologia e inovação que em boa parte delas está incorporada. Falham,

sobretudo, porque a comunicação com os demais sistemas de saúde, designadamente os que suportam a gestão e operação dos prestadores de cuidados de saúde, não existe ou não é eficaz. Falham, também, porque a especificação das necessidades nem sempre tem em conta as reais necessidades dos utilizadores (doentes/pacientes) e das instituições que lhes prestam cuidados. Falham ainda porque não têm em conta o adequado balanço entre a exequibilidade, a sustentabilidade económica e a utilização num quadro social que tem que assegurar coberturas universais e abrangentes. É assim que o projeto AAL4ALL [14] elege como objetivo a mobilização de um ecossistema industrial para a massificação de produtos e serviços na área do *Ambient Assisted Living* (AAL) [7], "*Ambientes de Vivência Assistida*", ancorado na definição de padrões específicos de produtos e serviços. Este projeto surge da necessidade de criar um mercado nacional orientado para produtos e serviços destinados a AAL, dada a tendência de envelhecimento da população e a necessidade de responder positivamente à crescente oferta de melhores cuidados de saúde e de bem-estar. Só através da garantia de interoperabilidade entre produtos e serviços será possível mitigar o risco de investimento nesta área embrionária e, assim, facilitar novas ofertas de produtos e serviços AAL.

Um dos principais fatores de análise que contemplam este projeto reside no estudo aprofundado nos produtos e serviços existentes, normas existentes ao nível da interoperabilidade entre produtos e serviços, e outro tipo de atividades, tais como, testes e certificação de produtos e serviços baseados em TIC para alcançar melhores soluções, serviços e produtos de cuidados de saúde de suporte aos idosos, permitindo, assim, atingir os principais objetivos do projeto que está particularmente focado para o desenvolvimento de um ecossistema padronizado e interoperável de produtos e serviços AAL.

O projeto AAL4ALL considera quatro áreas importantes de intervenção, que são definidas em termos de contextos de vida (na terminologia AAL são designados de *Life Settings* [76]), doravante designados de modos de vida AAL, que são vistos pelo AAL4ALL como os principais cenários para o desenvolvimento de produtos e serviços AAL, que são caracterizados pelos seguintes tipos [76]:

- (1) Vida Independente (*Independent Living*): Caracteriza-se pela segurança e cuidados necessários que são disponibilizados aos idosos no seu ambiente doméstico (em casa) e em ambientes de mobilidade (fora de casa). Os produtos desenvolvidos para este modo de vida AAL asseguram o suporte ao utilizador nas suas atividades domésticas e

atividades desenvolvidas em ambiente de mobilidade, de forma a aumentar a segurança e independência do utilizador no seu dia a dia, através da prestação de serviços AAL. Entre os vários serviços AAL que podem ser prestados destacam-se, por exemplo, a gestão de agenda (ex.: para casos de utilizadores com falhas de memória) e acompanhamento de idosos com serviços de robots (ex.: casos de pessoas que necessitam de suporte de compensação por deficiência), a integração de aparelhos domésticos e assistência em compras, entre outros serviços.

- (2) Saúde e Cuidados na Vida (*Health and Care in Life*): Este modo de vida AAL é caracterizado pelos serviços de cuidados básicos de saúde que são disponibilizados aos idosos, tais como, a monitorização da sua saúde, alertas para tomar medicação, consultas remotas, entre outros serviços. Neste âmbito, a tecnologia permite, por exemplo, a assistência ao utilizador na monitorização remota da sua saúde, assegura a ligação a prestadores de serviços de saúde e prestadores de assistência em emergência, permite a deteção de anomalias, a prevenção de doenças e prescrição de medicamentos. Este modo de vida AAL inclui, também, serviços de reabilitação e compensação de deficiência, e envolvem unidades de emergência (ex.: polícia e os bombeiros) e os prestadores de cuidados de saúde (ex.: médicos, enfermeiros, *call-center*, assistência social, família e amigos).
- (3) Recreação na Vida (*Recreation in Life*): Este modo de vida AAL é caracterizado pelos serviços de apoio à socialização e participação dos idosos em atividades de lazer. A tecnologia facilita a socialização e participação dos cidadãos idosos na vida social, dá suporte em atividades de lazer, atividades culturais, político e profissionais. Exemplos de áreas de foco incluem a socialização através de comunidades virtuais, atividades de entretenimento, aprendizagem e participação em atividades cívicas.
- (4) Ocupação na Vida (*Occupation in Life*): Este modo de vida AAL é caracterizado pela forma como é assegurada a continuidade da vida profissional de pessoas idosas ao longo do processo de envelhecimento. Pode variar consoante os indivíduos, dependendo do conhecimento adquirido ao nível da estrutura de trabalho, do setor, das capacidades individuais, da flexibilidade e capacidade funcional. Apesar de considerado no AAL4ALL, este modo de vida AAL não será considerado no âmbito do presente trabalho.

Pretende-se que o projeto AAL4ALL forneça um ecossistema interoperável constituído por diferentes produtos tecnológicos, de diferentes fabricantes, que asseguraram um conjunto de serviços que cobrem as áreas de modos de vida AAL apresentados. A integração consistente de produtos no ecossistema depende de produtos certificados por organismos internacionais que estabelecem processos de certificação rigorosos, normas técnicas e protocolos de comunicação para assegurar a interoperabilidade entre produtos de diferentes fabricantes. A certificação e normalização são um aspeto chave no desenvolvimento do ecossistema AAL4ALL, principalmente pelo envolvimento de uma diversidade de sistemas heterogéneos.

O ecossistema AAL4ALL é constituído por uma diversidade de sistemas heterogéneos fornecidos por diferentes fornecedores e prestadores de serviços e que são desenvolvidos para atuar em ambiente doméstico (em casa) e em ambiente mobilidade (fora-de-casa), que são integrados no ecossistema AAL4ALL de modo a disponibilizar um conjunto de serviços AAL. A integração é conseguida através de um sistema principal que permite a integração e agregação de sistemas ao nível local (sistemas instalados no ambiente do utilizador) e ao nível central (sistema disponibilizado na cloud), assegurando os níveis de interoperabilidade necessários e a disponibilidade de serviços AAL ao ecossistema AAL4ALL através da integração e gestão centralizada de recursos e serviços.

No âmbito do presente trabalho considera-se que o sistema AAL4ALL é constituído por uma plataforma central e uma plataforma local, com as seguintes características:

- (1) Plataforma central (*AAL Cloud Node*): Assegura a integração central de sistemas externos (ex.: sistemas da rede da saúde, sistemas da rede transportes, sistemas de redes sociais, etc.) e sistemas locais (sistemas instalados em ambiente de utilizador) e assegura a composição, o processamento e a disponibilidade de serviços AAL ao ecossistema AAL4ALL através da integração e gestão centralizada de recursos e serviços. Os serviços AAL são suportados por programas de software, alojados na *cloud*.
- (2) Plataforma local (*AAL Gateway*): Além de estar interligada com o sistema central, esta plataforma interliga os sistemas locais (ex.: sensores, atuadores, pc's, câmaras de vigilância, etc.) que são capacitados para capturar informação do ambiente e do estado do utilizador e, simultaneamente, fornecer serviços AAL.

A plataforma central será designada em diante de *AAL Cloud Node*. A Plataforma local será designada em diante de *AAL Gateway*. Ambas as plataformas são projetadas para atuar em contextos de *cloud computing*. A *Figura 23* apresenta uma visão global do sistema AAL4ALL para o contexto de *cloud* que se pretende especificar no âmbito do presente trabalho.

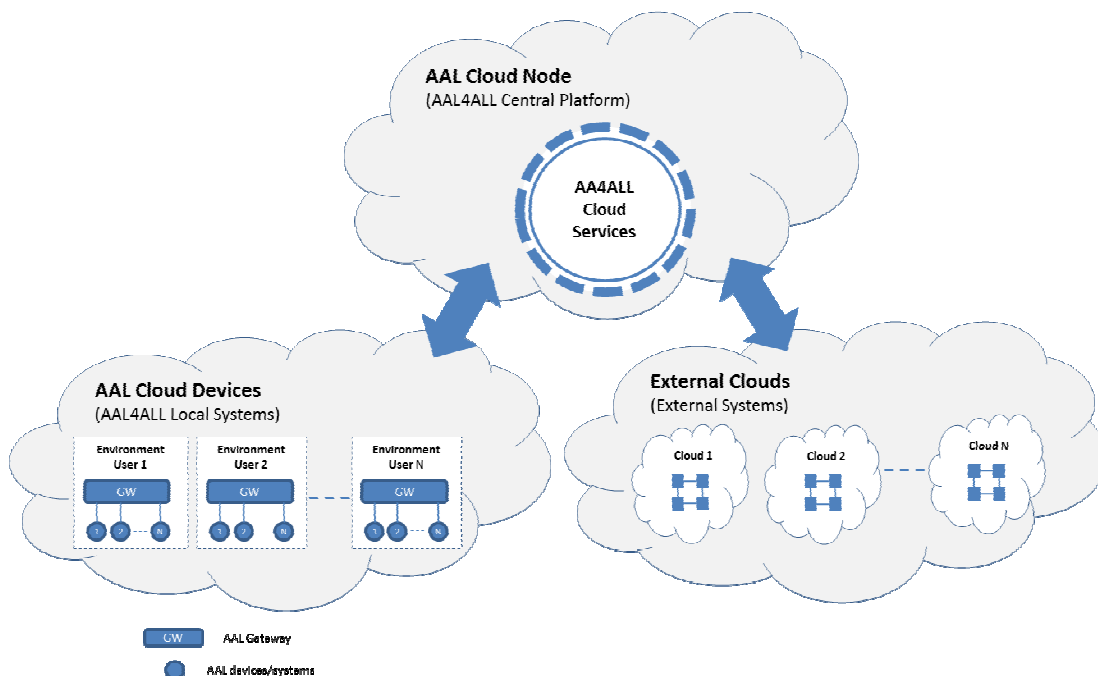


Figura 23: Visão alto-nível do ecossistema AAL4AALL no contexto de cloud

A especificação das funcionalidades do *AAL Cloud Node* e do *AAL Gateway* resulta da conceção da arquitetura lógica desenvolvida no âmbito do projeto AAL4ALL. Esta arquitetura representa as atividades desenvolvidas no ecossistema AAL4ALL pelos diferentes *stakeholders* numa perspetiva de processo, dando origem a uma arquitetura ao nível do processo, em diante designada apenas por *Arquitetura Lógica AAL4ALL*.

A existência de uma diversidade de sistemas heterogêneos no ecossistema AAL4ALL que operam numa rede de larga escala e num contexto de *cloud computing*, leva a considerar um conjunto de requisitos específicos do domínio de AAL e *cloud computing*, tais como, a interoperabilidade entre sistemas e serviços, a segurança e privacidade dos dados, a disponibilidade de acesso a serviços na *cloud*, o aprovisionamento dos serviços, entre outros requisitos. Estes requisitos devem ser contemplados na arquitetura lógica do sistema AAL4ALL.

As arquiteturas (ou modelos) de referência permitem estruturar, definir e descrever funcionalidades e funções dos componentes arquiteturais de forma unificada para o domínio

para que foram concebidas. Neste sentido, serão consideradas arquiteturas de referência na concepção das arquiteturas para o sistema AAL4ALL, mais especificamente para a especificação dos sistemas *AAL Cloud Node* e *AAL Gateway*.

O objetivo principal do presente trabalho é demonstrar a aplicação do modelo de referência do NIST para auxiliar a concepção da arquitetura *cloud* do sistema AAL4ALL, que permitirá tratar e identificar requisitos relacionados com *cloud computing* e interoperabilidade na *cloud*. Será usada, também, a arquitetura de referência da *CONTINUA* como complemento para tratar requisitos de interoperabilidade no domínio do AAL. Estas arquiteturas de referência possibilitam a identificação de requisitos específicos dos domínios tecnológicos (*cloud computing* e AAL) e possibilitam estruturar e conceber as arquiteturas *cloud* e de interoperabilidade para o AAL4ALL, sendo aplicados com o objetivo de conceber arquiteturas mais coerentes com os respetivos domínios e que suportem os produtos e serviços do ecossistema AAL4ALL.

Com este trabalho será também demonstrado como efetuar a transição da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* para a arquitetura técnica, principalmente ao nível da interoperabilidade, tendo como base a arquitetura conceptual *cloud* para o AAL4ALL, que é derivada com base no modelo de referência do NIST. A arquitetura técnica fornece as principais características ao nível dos componentes de software e hardware que são necessários para suportar a implementação dos serviços AAL4ALL, incluindo as infraestruturas, interfaces de comunicações e normas relevantes para o domínio do AAL. Ao nível da interoperabilidade, a arquitetura técnica especifica os mecanismos de integração e interoperabilidade e define as ligações e interações entre sistemas.

4.2. Requisitos

O mercado do AAL está a crescer em todo o mundo, existindo atualmente varias entidades e organizações a trabalhar em soluções AAL que têm vindo a desenvolver um conjunto de *frameworks*, arquiteturas, *roadmaps*, normas e soluções tecnológicas que fornecem guias de boas práticas que são aplicadas nas atividades de desenvolvimento de novos produtos e serviços para AAL, com o principal objetivo de potenciar a massificação no mercado deste tipo de soluções e contribuir deste modo para o aumento do bem-estar de pessoas com idade

⁹ Roadmap – plano que visa a definição de metas de curto e longo prazo com soluções tecnológicas específicas que ajudam a alcançar essas metas (http://en.wikipedia.org/wiki/Technology_roadmap).

avançada. É nesse sentido que surge o AAL4ALL, que tem como principal objetivo o desenvolvimento de um ecossistema unificado de produtos e serviços AAL no mercado português, suportado por uma plataforma tecnológica que assegura a integração e orquestração de soluções e serviços AAL, contemplando alguns dos esforços desenvolvidos neste domínio por entidades e organizações que desenvolvem soluções AAL.

A heterogeneidade e características dos sistemas AAL tornam impossível a adoção de uma abordagem tecnológica única por existirem diferentes domínios e necessidades tecnológicas que devem ser tratadas de forma consistente e adequada aos modelos arquiteturais existentes que tratam questões como a disponibilidade de serviços na *cloud* e a integração e interoperabilidade entre os sistemas AAL4ALL e sistemas legados de entidades externas (ex.: prestadores de cuidados de saúde, as unidades de assistência médica e emergência, as entidades de assistência social, entre outras entidades) que prestam serviços ao ecossistema AAL4ALL.

Além da abordagem arquitetural baseada em arquiteturas de *cloud computing*, é seguida, no presente trabalho, uma abordagem arquitetural orientada a serviços (característica das arquiteturas SOA [44]) na conceção das arquiteturas do AAL4ALL para os componentes de acesso a sistemas externos cujo acesso é efetuado através da *web*, para que seja possível o acesso a sistemas e o desenvolvimento de serviços baseados em serviços existentes, eliminando, assim, a necessidade de conceber soluções de raiz. O SOA é considerado um dos requisitos para a conceção de soluções baseadas em *cloud computing* e considera, nas suas arquiteturas, mecanismos que permitem a integração e interoperabilidade entre sistemas distribuídos utilizando para o efeito interfaces de comunicações e protocolos de mensagens normalizados que asseguram a comunicação o acesso aos sistemas através da *web*, via *web services* [40,44].

Os modelos arquiteturais baseados em SOA e *cloud computing* (modelo de referência NIST) são usados nas arquiteturas para AAL4ALL, essencialmente, para o analisar e tratar requisitos relacionados com *cloud computing* e interoperabilidade, de modo a garantir uma arquitetura orientada a *cloud* que suporte os serviços relevantes para o ecossistema AAL4ALL, tais como: (1) serviços AAL de suporte ao utilizador final; (2) serviços de suporte às atividades relacionadas com o negócio no ecossistema AAL4ALL; (3) serviços de suporte à operação de serviços AAL; (4) serviços de suporte à interoperabilidade entre sistemas.

O levantamento de requisitos para soluções AAL, numa perspetiva de nível do produto, é vista como um grande desafio devido à complexidade inerente à envolvimento de diversos sistemas heterogêneos e *stakeholders*, que pode resultar, em alguns casos, em informação incoerente e desalinhada do ponto de vista funcional e de negócio. Por este facto, é adotada no AAL4ALL uma abordagem de levantamento de requisitos de nível-processo [21] que é baseada nos requisitos funcionais e de negócio associados ao domínio do AAL com principal foco nos modos de vida AAL que foram definidos para o AAL4AL. Esses requisitos são representados por casos de uso que possibilitam a caracterização dos processos de alto-nível que devem ser suportados pelos sistemas AAL4ALL. Os requisitos de nível-processo incluem todas as atividades realizadas no ecossistema independentemente se ele é executado no sistema AAL4ALL ou em qualquer aplicação já existente. Em oposição, os requisitos de nível-produto só consideram as necessidades de interoperabilidade.

A *Figura 24* ilustra um exemplo de um diagrama de casos de uso do AAL4ALL, representado no âmbito das atividades de especificação de requisitos. Para este exemplo, os casos de uso descrevem as atividades de monitorização das atividades desenvolvidas ao nível dos utilizadores e dos sistemas instalados, sendo identificadas as principais funções e interações com utilizadores.

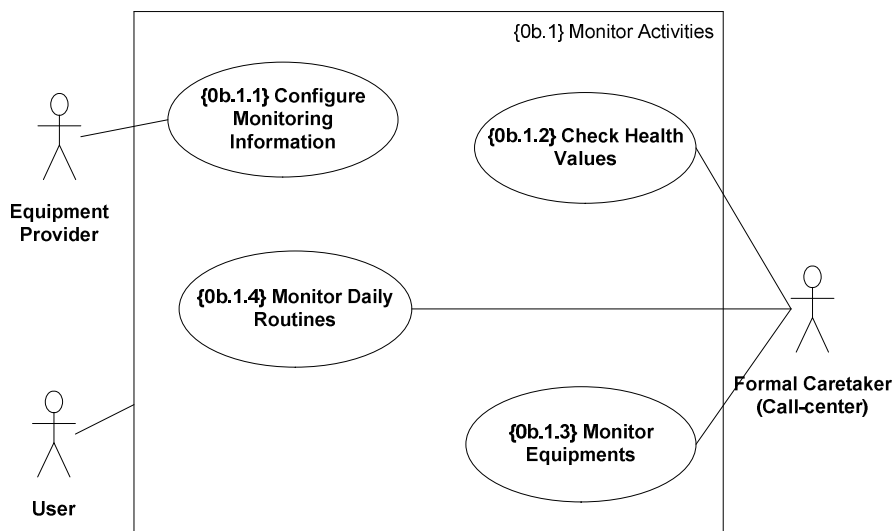


Figura 24: Casos de uso para AAL4ALL

A arquitetura lógica (ver *Figura 25*) de nível-processo do AAL4ALL teve como base os casos de uso. Os artefactos da arquitetura lógica são utilizados para analisar a coerência desta arquitetura com as arquiteturas de referência, servindo, também, para adaptar a arquitetura lógica a contextos de *cloud computing*.

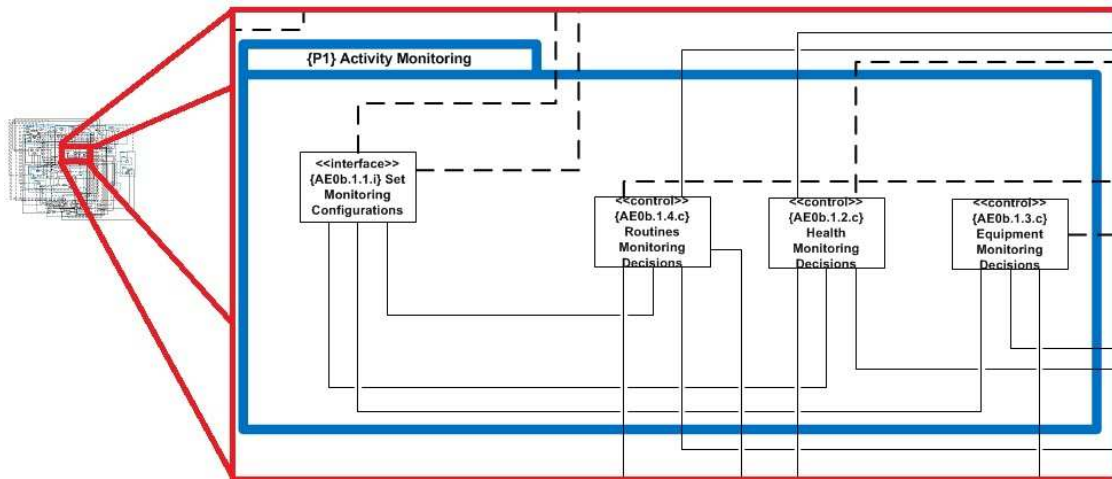


Figura 25: Subconjunto da Arquitetura Lógica AAL4ALL

Por estarem fora do âmbito do presente trabalho, o esforço dedicado ao levantamento de requisitos, especificação de casos de uso e desenvolvimento da arquitetura lógica nível-processo para AAL4ALL, não serão abordados de forma detalhada no presente trabalho.

4.3. Arquitetura AAL4ALL Cloud

O levantamento de requisitos numa perspectiva de nível-produto tem mais consistência se for alinhada com os requisitos de nível-processo que resultam do cruzamento do modelo de referência para *cloud computing* do NIST que contempla requisitos específicos do domínio do *cloud computing*.

O desenvolvimento dos serviços que compõem o ecossistema AAL4ALL não pode ser derivado completamente dos cenários de modos de vida AAL, uma vez que algumas questões técnicas relacionadas com o desenvolvimento do sistema, que suporta o fornecimento de serviços AAL na *cloud*, estão fora do âmbito da arquitetura lógica. Esta é uma das questões que deve ser considerada na concepção da arquitetura técnica do sistema AAL4ALL.

O processo de levantamento de requisitos para AAL4ALL deve refletir um conjunto de mecanismo e boas práticas adotadas pela indústria das TIC que são aplicadas no desenvolvimento de soluções que atuam em contextos de *cloud computing*. Além das arquiteturas de referência, devem ser consideradas um conjunto de normas que são amplamente utilizadas pela indústria para assegurar a interoperabilidade entre sistemas e contribuir para uma maior aceitação das soluções AAL no mercado global. As normas são

utilizadas, tipicamente, para suportar decisões tecnológicas consideradas no levantamento de requisitos de nível-produto, sendo utilizadas no presente trabalho para levantamento de requisitos nível-processo. As arquiteturas de referência são usadas para suportar este tipo de decisões, uma vez que fornecem um conjunto de artefactos relevantes do domínio tecnológico em questão relacionados com o domínio em que atuam os sistemas AAL4ALL.

Se por um lado, a primeira abordagem tecnológica baseou-se no levantamento de requisitos para os cenários de modos de vida AAL do AAL4ALL, que permitiu fornecer uma arquitetura lógica nível-processo que especifica a interação das atividades relacionadas com os modos de vida AAL, por outro lado, requisitos como a interoperabilidade, a segurança e disponibilidade devem ser tidos em consideração nas arquiteturas do AAL4ALL. As arquiteturas de referência fornecem, também, um conjunto de boas práticas para dar suporte à implementação desses requisitos.

O modelo de referência do NIST é usado neste trabalho para analisar requisitos de *cloud computing* e de interoperabilidade na *cloud*, assim como, para auxiliar a definição das arquiteturas de *cloud computing* e interoperabilidade para o sistema AAL4ALL. Desta forma é possível assegurar que os requisitos de nível-produto (software) contemplam os requisitos com características relacionadas com o domínio do *cloud computing* e interoperabilidade. Este tipo de análise é possível através da análise dos artefactos gerados pela arquitetura lógica de nível-processo do AAL4ALL com os artefactos dados pelo modelo de referência do NIST.

No AAL4ALL, o modelo do NIST foi introduzido após a fase de desenvolvimento da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, com o objetivo de analisar a adequação desta arquitetura a contextos de *cloud computing*. Para tal, analisa-se a *Arquitetura Lógica AAL4ALL* em função das atividades e funções consideradas pelo modelo de referência do NIST, seguindo uma lógica de cruzamento da informação dada pelos elementos arquiteturais (AE's) da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, com a informação dada pelos elementos arquiteturais do modelo de referência do NIST. Com este cruzamento é possível avaliar os AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* com requisitos de *cloud computing* (incluindo a interoperabilidade). O resultado pode ser usado para preparar a transição para a arquitetura conceptual e arquitetura de interoperabilidade, sendo que os requisitos de nível-produto devem refletir esses resultados. Desta forma garante-se que são assegurados os requisitos funcionais e os requisitos de negócio associados aos contextos de fornecimento de serviços baseados em *cloud computing* no ecossistema AAL4ALL.

Os AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* são atribuídos nos AE's do modelo de referência correspondentes, com semântica semelhante, de forma a verificar quais os AE's da arquitetura estão preparados para atuar em contextos de *cloud computing*, tendo em consideração o modelo de referência do NIST. O critério de atribuição (dos AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* nos AE's do modelo de referência do NIST) é suportado por uma análise baseada em tabelas com as descrições arquiteturais dos AE's do modelo de referência do NIST e dos AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*.

A inclusão nas tabelas da informação dos casos de uso associados (que deram origem ao AE) aos AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* faz com que seja possível ter maior detalhe do respetivo AE da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* e, conseqüentemente, dar mais consistência à decisão de atribuir o AE da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* no modelo de referência do NIST.

A *Tabela 2* exemplifica o resultado da atribuição do AE *{AEOb.1.2.c} Health Monitoring Decisions* da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* ao AE *Monitoring and Reporting* do modelo de referência do NIST. Segundo as descrições arquiteturais do AE do modelo de referência do NIST, revela que este AE está relacionado com atividades de monitorização de operações na *cloud*, monitorização de eventos e geração de relatórios de desempenho dos serviços.

Tabela 2: Atribuição dos AE's da arquitetura lógica nos AE's do modelo NIST

NIST Architectural Component	NIST Architectural Element	AAL4ALL Architectural Element	AAL4ALL Related Use case
Provision and Configuration	Monitoring and Reporting Discovering and monitoring virtual resources, monitoring cloud operations and events and generating performance reports.	{AEOb.1.2.c} Health Monitoring Decisions Makes decisions on how the measured information from {AEOb.1.2.i} is used within the AAL4ALL Node. The information can be used by the platform for preventing abnormalities in user's wellbeing while he is at home (routines, sport exercises, during sleep, etc) or to follow measured values through times.	{Ob.1.2} Check Health Values Analysis user's current values for vital signs(e.g., blood pressure, heart rat, etc). User's vital signs are constantly monitored.

A identificação de AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* compatíveis com AE's do modelo do NIST é realizada ao nível das descrições arquiteturais e respetivos cenários de aplicação. Desta forma é possível a extração de informação exata do AE da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* relacionada com o AE do modelo de referência do NIST. De acordo com a tabela, é possível

verificar que o AE {AEOb.1.2.c} *Health Monitoring Decisions* da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* está relacionado com a monitorização da saúde e bem-estar do idoso em contexto AAL. A informação monitorizada (ex.: sinais vitais) é utilizada pelo *AAL Cloud Node* para identificar situações anómalas ao nível da saúde dos utilizadores, que em caso de ocorrência faz com que o *AAL Cloud Node* despolete um conjunto de alertas e ações que asseguram a disponibilidade da assistência necessária ao utilizador em função da situação em causa. Este é um cenário típico de uma atividade de monitorização, de tal forma que este AE da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* é mapeado no AE da arquitetura do modelo de referência do NIST referente às atividades de monitorização (*Monitoring and Reporting*).

A atribuição de AE's é realizada para todos os AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, dando origem ao modelo arquitetural representado pela *Figura 26*. Este modelo é o resultado final da atribuição dos AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* nos AE's dados pelo modelo de referência do NIST.

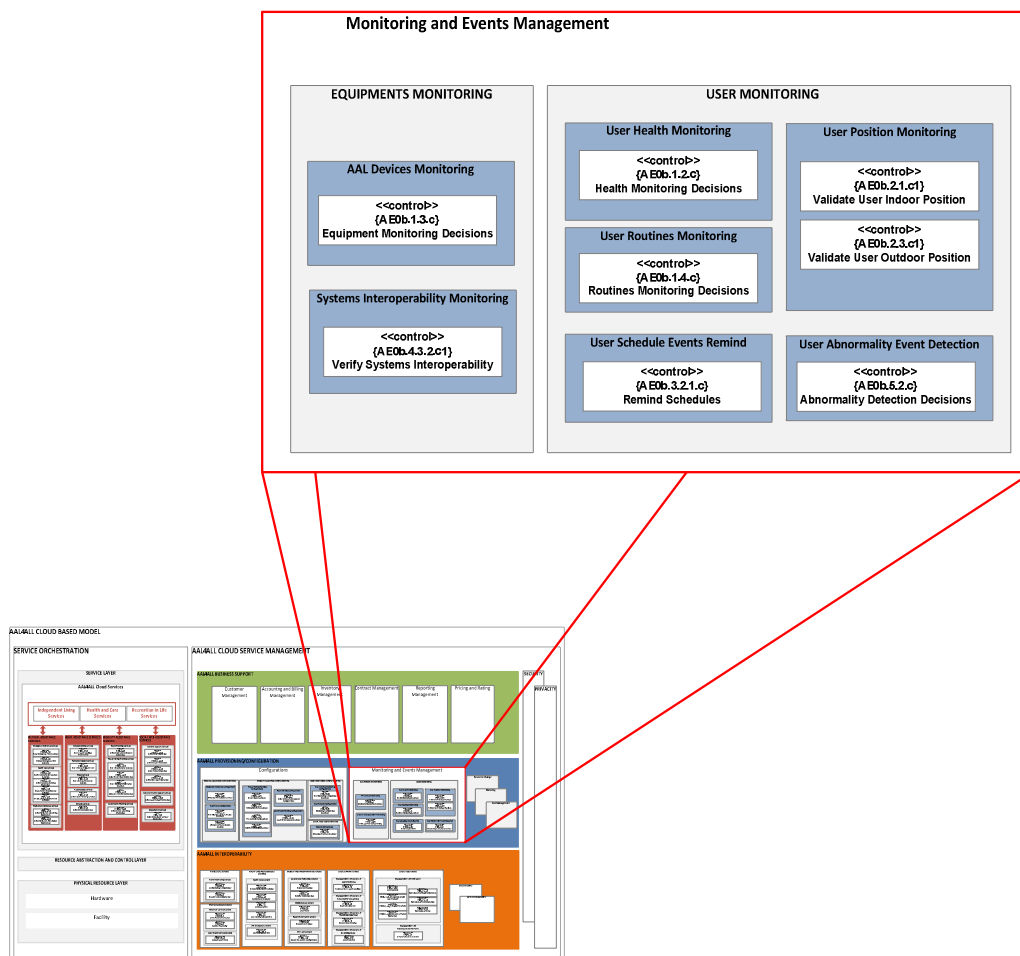


Figura 26: Modelo NIST com os AE's da Arquitetura Lógica AAL4ALL

A atribuição de AE's é realizada de modo a que cada AE da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* seja afetado aos AE's do modelo de referência do NIST que melhor se adequam com as características do AE da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*. A realização desta tarefa permitiu encontrar algumas limitações na *Arquitetura Lógica AAL4ALL* (em função da do modelo de referência), nomeadamente:

- (1) A Falta de AE's relacionados com as funcionalidades de suporte ao negócio, justificada principalmente pela ingenuidade no processo adotado para o levantamento de requisitos no projeto AAL4ALL;
- (2) A Falta de AE's relacionados com segurança e privacidade, justificada principalmente por decisões de conceção. Questões de segurança e privacidade foram considerados como requisitos não-funcionais e não foram incluídos nos requisitos iniciais, pois considerou-se que serão abordados em futuras tarefas;
- (3) AE's com semântica parcialmente incompatível com o modelo de referência do NIST. Serve como exemplo os AE's *{AEOb.4.3.2.c1} Verify Systems Interoperability* e *{AEOb.2.1.c1} Validate User Indoor Position* (ver *Figura 26*) que foram afetados ao modelo de referência do NIST como atividades de monitorização, sendo pouco claro na designação desses AE's a relação direta com este tipo de atividades.

Os resultados obtidos da análise dos AE's da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* em função dos AE's do modelo de referência do NIST justificam a execução de uma nova iteração da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* permitindo complementar os esforços de levantamento de requisitos e alinhar a *Arquitetura Lógica AAL4ALL* com conceitos de *cloud computing*, segundo o modelo de referência do NIST. A *Arquitetura Lógica AAL4ALL* resultante de nova iteração pode ser observada na *Figura 27*.

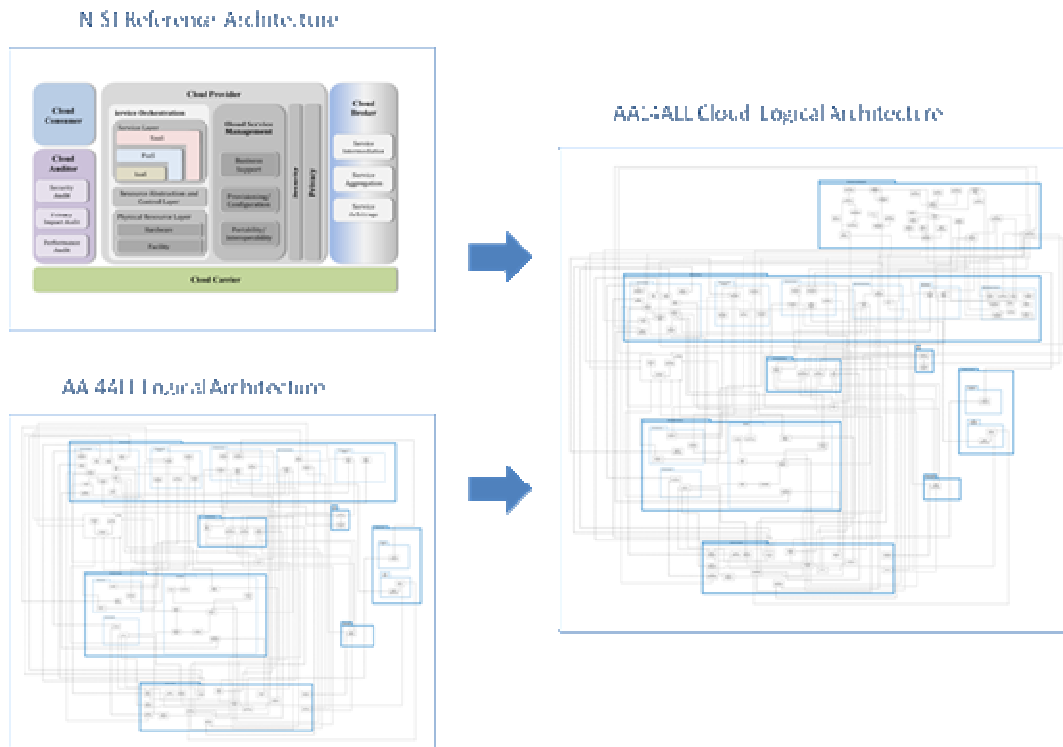


Figura 27: Derivação da Arquitetura Lógica AAL4ALL para Cloud

Além de estar mais preparada para suportar a concepção da arquitetura técnica para o AAL4ALL, a nova versão da arquitetura lógica AAL4AAL permite ter uma visão global mais coerente com requisitos de *cloud*, principalmente no que se refere aos serviços AAL4ALL suportados pela *cloud* devido a terem sido incluídos requisitos de suporte às atividades de negócio, que se refletiram em componentes da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* baseada no modelo de referência do NIST. Esta nova versão da arquitetura lógica é designada em diante de *Arquitetura Lógica AAL4ALL Cloud*, que é mapeada nos AE's do modelo de referência do NIST. Este mapeamento dá origem a um modelo arquitetural organizado e contextualizado com questões de *cloud computing*, e, simultaneamente, serve de referência e de suporte nas atividades de transição da *Arquitetura Lógica AAL4ALL Cloud* para a arquitetura de interoperabilidade. Este mapeamento resulta na adaptação da arquitetura AAL4ALL ao modelo do NIST, conforme mostra a *Figura 28*, que é designada, em diante, de *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node*.

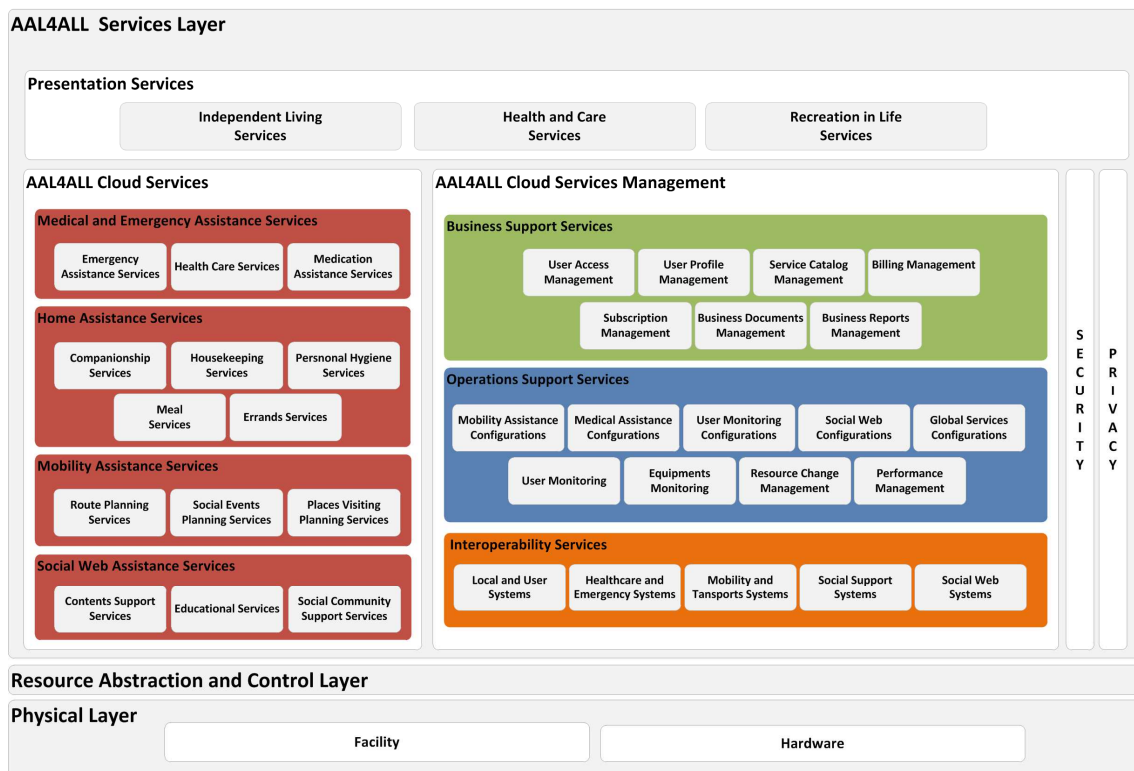


Figura 28: Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node

A *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* representa uma visão global e simplificada da *Arquitetura Lógica AAL4ALL Cloud*, sem detalhes de implementação técnica, estabelecendo definições e funcionalidades transversais e comuns que podem ser usadas de forma inequívoca entre diferentes arquiteturas, adaptando-se, assim, ao pretendido no âmbito do projeto AAL4ALL no que se refere a contextos de *cloud computing*. Esta arquitetura retrata, especificamente, a separação lógica das principais funcionalidades em três principais camadas, nomeadamente:

- (1) Camada de Serviços AAL4ALL (*AAL4ALL Services Layer*);
- (2) Camada de Abstração e de Controlo (*Resource Abstraction and Control Layer*);
- (3) Camada de Infraestruturas (*Physical Layer*).

A Camada de Serviços AAL4ALL (*AAL4ALL Services Layer*) é composta pelos *Serviços de Apresentação (Presentation Layer)*, *Serviços Cloud para AAL4ALL (AAL4ALL Cloud Services)* e *Serviços de Gestão dos Serviços Cloud AAL4ALL (AAL4ALL Cloud Services Management)*. Estes são considerados os principais serviços disponibilizados ao ecossistema AAL4ALL.

Os serviços de Apresentação (*Presentation Services*) expõem aos utilizadores os serviços do *AAL Cloud Node*, fornecendo o acesso às funcionalidades aplicacionais que se encontram

organizadas de forma intuitiva e que são disponibilizados aos utilizadores finais, cobrindo os modos de vida AAL de *Vida Independente (Independent Living Services)*, *Saúde e Cuidados na Vida (Health and Care Services)* e *Recreação na Vida (Recreation in Life)*.

Os serviços *cloud* para o AAL4ALL (*AAL4ALL Cloud Services*) representam os serviços específicos do domínio AAL. Estes serviços estão divididos pelas categorias de serviços de *Assistência Médica e de Emergência (Medical and Emergency Assistance Services)*, *Serviços de Assistência em Casa (Home Assistance Services)*, *Serviços de Assistência em Mobilidade (Mobility Assistance Services)* e *Serviços de Assistência em Comunidades Sociais (Social Web Assistance Services)*.

Os *Serviços de Gestão dos Serviços Cloud AAL4ALL (AAL4ALL Cloud Services Management)*, incluem todas as funcionalidades relacionadas com os serviços disponibilizados pelo *AAL Cloud Node* ao nível da gestão e operação de serviços AAL, subscritos por, ou propostos a, consumidores de serviços AAL4ALL. Esta subcamada de serviços está estruturada nas seguintes categorias de serviços:

- *Serviços de Suporte ao Negócio (Business Support Services)*: Categoria de serviços composta pelos serviços de suporte às atividades de negócio relacionadas com os serviços de clientes e serviços de suporte à gestão de negócio dos prestadores de serviços AAL. Esta subcamada de serviços resulta da *Arquitetura Lógica AAL4ALL Cloud* e está preparada para suportar as funcionalidades de suporte ao negócio do ecossistema AAL4ALL que permitem aos fornecedores de serviços gerir as suas atividades de negócio (relacionadas com a oferta de serviços AAL4ALL), tais como, a gestão de clientes, a faturação, pagamento de serviços e gestão de contratos. Esta camada assegura, essencialmente, a gestão do ciclo de vida de um cliente no AAL4ALL.
- *Serviços de Suporte às Operações dos Serviços AAL4ALL (Operations Support Services)*: categoria de serviços composta por serviços de suporte às atividades associadas com as operações de serviços no AAL4ALL, especificamente ao nível do aprovisionamento e operação de serviços de cliente, da configuração e manutenção de equipamentos e serviços, das atualizações de software e *firmware*, da monitorização de serviços e equipamentos, entre outros serviços.

-
- Serviços de Suporte à Interoperabilidade (*AAL4ALL Systems Interoperability Services*):
Categoria de serviços que asseguram a interoperabilidade entre serviços e sistemas.

As questões de segurança e privacidade são consideradas como requisitos não-funcionais e não foram incluídas nos requisitos iniciais por serem abordados em futuras tarefas, tal como referido anteriormente. No entanto, é importante salientar que a segurança é considerada um aspeto relevante nas soluções baseadas em *cloud computing*, que devem endereçar requisitos de segurança nas suas arquiteturas, transversalmente a todas as camadas da arquitetura, desde a camada de aplicação à camada física. Assim, a camada de serviços de *Segurança (Security)* e *Privacidade (Privacy)*, que estão representadas na *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* (ver *Figura 28*), deve englobar componentes arquiteturais que assegurem requisitos de segurança, tais como, a autenticação, autorização, disponibilidade, confidencialidade, integridade, monitorização de segurança, resposta a incidentes e gestão de políticas de segurança. Ao nível da privacidade devem ser garantidos mecanismos de recolha de informação dos utilizadores de forma segura, adequada e consistente.

A camada de *Abstração e Controlo de Recursos (Resource Abstraction and Control Layer)* engloba os componentes do *AAL Cloud Node* que são utilizados pelos fornecedores de serviços para fornecer e gerir os recursos computacionais (ex.: máquinas virtuais, sistemas operativos, base de dados e capacidade de processamento) da camada física (*Physical Layer*) através da abstração do software. A componente de controlo (*Control*) é constituída pelos componentes de software responsáveis pela alocação de recursos, controlo de acessos, e monitorização da utilização de serviços. Praticamente, esta camada de serviços assegura a união dos recursos físicos subjacentes aos recursos de software, de modo a permitir o agrupamento (*resource pooling*) e a alocação dinâmica de recursos, e controlo de acesso aos serviços.

A *Camada de Recursos Físicos (Physical Resource Layer)* inclui todos os recursos da camada física (hardware), tais como, computação (CPU e memória), redes (routers, firewall, links e interfaces de rede), componentes de armazenamento de dados (discos rígidos), entre outros elementos ao nível das infraestruturas físicas. Inclui, também, recursos ao nível das instalações (*Facility*), tais como, os sistemas de refrigeração, alimentação, comunicações, entre outros.

A *Camada de Abstração e Controlo de Recursos* e a *Camada de Recursos Físicos* são, geralmente, associadas aos serviços de *datacenter* [77], sendo um ativo essencial no contexto

do *cloud computing*, que permite a disponibilidade e ligação de servidores, serviços aplicativos, serviços de armazenamento de dados, entre outros recursos e serviços. Estas camadas são essenciais no AAL4ALL e necessitam de ser cuidadosamente planeadas e geridas de forma a satisfazer as exigências do crescimento do *AAL Cloud Node*.

4.4. Arquitetura de Interoperabilidade

Esta secção apresenta os trabalhos desenvolvidos nas atividades de transição da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* baseada na *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node*, para a arquitetura técnica de interoperabilidade do sistema AAL4ALL.

A especificação dos requisitos para a arquitetura técnica pode ser derivada da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* numa perspetiva de alto nível, tendo em consideração a *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node*.

Em geral, os componentes tecnológicos que compõem um sistema AAL podem ser classificados por sistemas de software e hardware e podem estar distribuídos em quatro tipos de cenários:

- (1) Sistemas instalados em casa do utilizador (ex.: sensores, atuadores e câmaras de videovigilância);
- (2) Componentes móveis transportados pelo utilizador, que prestam assistência em casa e fora de casa (ex.: sensores colocados no corpo e dispositivos móveis);
- (3) A plataforma computacional que fornece serviços ao ecossistema AAL (*AAL Cloud Node*);
- (4) Sistemas externos que fornecem serviços ao *AAL Cloud Node* (ex.: sistemas de prestadores de serviços de cuidados de saúde, sistemas de entidades que prestam assistência em emergência, entre outros sistemas).

As comunicações entre utilizador e o prestador de serviços através de telefone podem também ser consideradas um cenário adicional. Exemplo disso é o cenário de suporte aos utilizadores através de um centro de apoio telefónico (serviço de *call center*¹⁰).

¹⁰ Call Center – Centro de atendimento aos utilizadores finais.

O ecossistema AAL4ALL é composto, numa perspetiva de alto-nível, por seis tipos de *clouds* (ver *Figura 29*), que podem ser agrupadas em duas categorias, nomeadamente, a categoria das *clouds* desenvolvidas no âmbito do AAL4ALL (*AAL Cloud Node* e *AAL Cloud Devices*) e a categoria das *clouds* externas (*External Clouds*), que estão associadas a entidades que fornecem serviços no AAL4ALL e que possuem os seus sistemas que interagem com o *AAL Cloud Node*. Uma *cloud* no contexto do AAL pode ser vista como uma rede de sistemas em que o *AAL Cloud Node* funciona, também, como ponto de interligação entre as redes (*clouds*) formando assim um sistema coordenado e homogéneo.

Apresentam-se as principais características das *clouds* do ecossistema AAL4ALL:

- (1) *AAL Cloud Node* – *Cloud* que suporta os serviços AAL4ALL baseados em *cloud*, nomeadamente, os serviços AAL4ALL *Cloud Services* (serviços disponibilizados aos utilizadores finais) e os serviços AAL4ALL *Cloud Services Management* (serviços de gestão e subscrição de serviços na *cloud*).
- (2) *AAL Cloud Devices* – *Cloud* composta por dispositivos e sistemas locais que são instalados e disponibilizados no ambiente doméstico (em casa) e no ambiente de mobilidade (fora de casa), onde os utilizadores realizam as suas atividades do dia a dia.
- (3) *Events and Transports Private Cloud* – *Cloud* composta por sistemas externos de entidades que asseguram serviços de reserva e compra de bilhetes para eventos e transportes. São exemplos deste tipo de sistemas: o sistema de *bilheteira online*, sistemas de reserva de viagens e sistemas de suporte à compra de bilhetes de transportes.
- (4) *Social Support Private Cloud* – *Cloud* composta por sistemas externos de entidades que fornecem serviços de apoio social (ex.: serviços de higiene pessoal, serviços de limpeza de casa, serviços de alimentação, serviços de entrega ao domicílio, etc.)
- (5) *Health Care Private Cloud* – *Cloud* composta por sistemas externos de entidades que fornecem serviços de cuidados de saúde e serviços de emergência de entidades como os centros de saúde, hospitais e bombeiros.
- (6) *Social Web Public Cloud* – *Cloud* composta por plataformas *web*, tais como, as redes sociais (ex.: facebook, twitter, Skype, Google+, etc.) e plataformas de *elearning*.

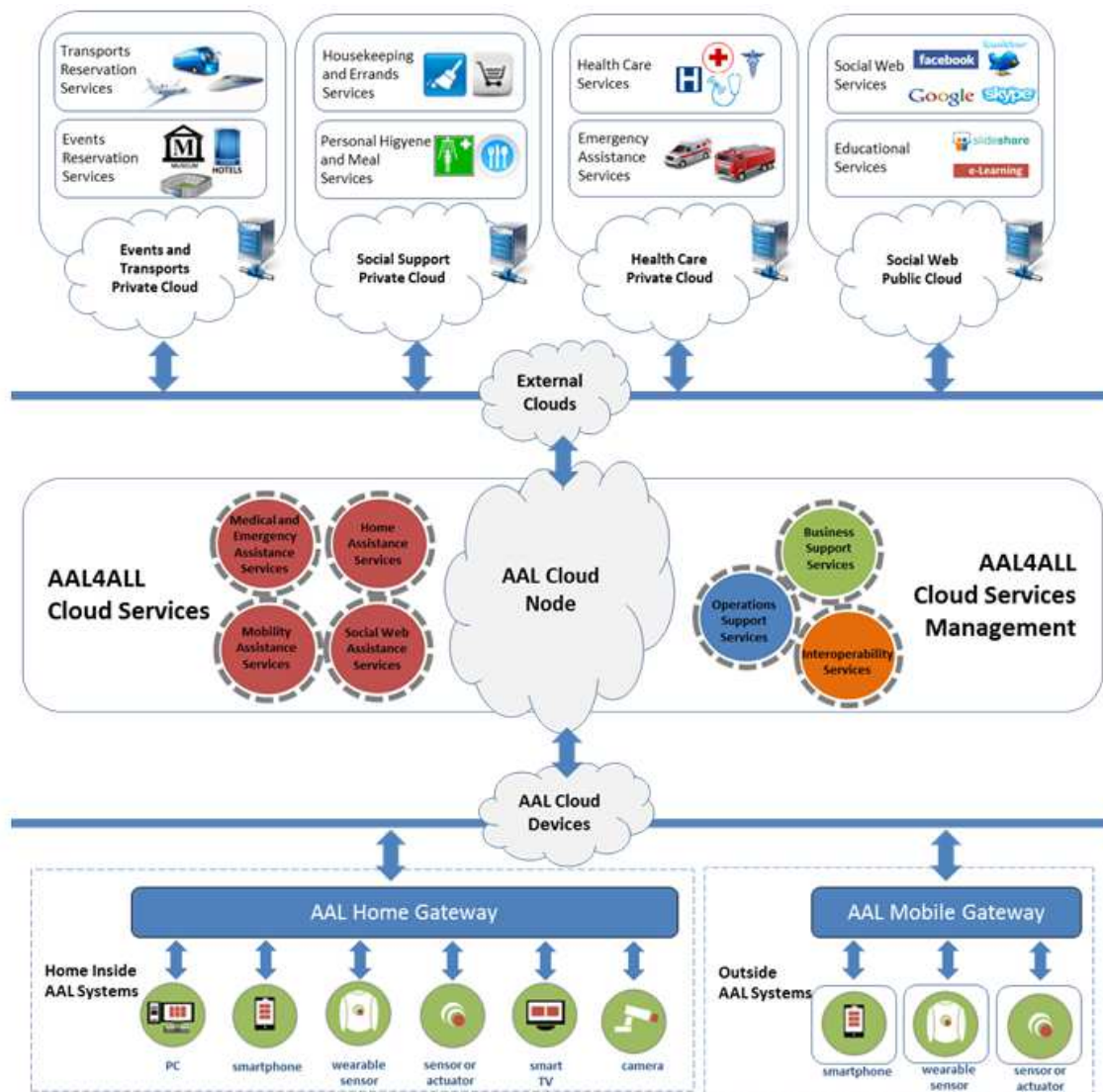


Figura 29: Arquitetura alto-nível AAL4ALL para Cloud Computing

Estas *clouds* representam módulos funcionais descritos na *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node*, que funcionam em conjunto para assegurar a interoperabilidade entre sistemas existentes no ecossistema AAL4ALL.

A *Figura 29* apresenta uma visão global da possível arquitetura técnica AAL4ALL baseada em *cloud*. As setas entre *clouds* representam a interoperabilidade e as comunicações entre as *clouds* consideradas.

Características das Clouds AAL4ALL

A *cloud AAL Cloud Node* e a *cloud AAL Devices Cloud* do projeto AAL4ALL são o foco do presente estudo. A *AAL Cloud Node* (apresentada no centro da *Figura 29*) é considerada como o

núcleo do ecossistema AAL4ALL, funcionando como o nó central da arquitetura e que é suportado pelo *AAL Cloud Node*. Este nó assegura a agregação e composição de novos serviços, fornecidos pelos diferentes tipos de prestadores de serviços, que compõem o ecossistema de serviços AAL4ALL. Outra função importante do nó central reside no processamento e disponibilização desses serviços aos utilizadores finais conforme as suas necessidades que são identificadas pelo *AAL Cloud Node* que fornece serviços ao ecossistema AAL4ALL. No entanto, é importante referir que a camada de serviços de interoperabilidade (ver *Figura 30*), que foi especificada na *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node*, revela enorme importância no âmbito de todo o ecossistema AAL4ALL por ser considerada a interface de integração e comunicação da plataforma *AAL Cloud Node* com as restantes *clouds*, tal como representado na *Figura 29*.



Figura 30: Serviços de Interoperabilidade para AAL4ALL

Os requisitos de interligação do *AAL Cloud Node* com as restantes *clouds* são especificados pelos seguintes componentes da camada de interoperabilidade:

- *Local and User Systems (Sistemas Locais e de Utilizador)*: Componente do *AAL Cloud Node* que serve de interface de interligação com sistemas compostos pela *cloud AAL Devices Cloud*;
- *Healthcare and Emergency Systems (Sistemas de Cuidados de Saúde e Emergência)*: Componente do *AAL Cloud Node* que serve de interface de interligação com sistemas da *cloud Health Care Private Cloud*;
- *Mobility and Transports Systems (Sistemas de Mobilidade e Transportes)*: Componente do *AAL Cloud Node* que serve de interface de interligação com sistemas da *Events and Transports Private Cloud*;
- *Social Support Systems (Sistemas de Assistência Social)*: Componente do *AAL Cloud Node* que serve de interface de interligação com sistemas da *Social Web Public Cloud*;
- *Social Web Systems (Sistemas da Web Social)*: Componente do *AAL Cloud Node* que serve de interface de interligação com sistemas *Social Web Public Cloud*.

A camada de interoperabilidade é considerada a principal camada de serviços do *AAL Cloud Node*. É através desta camada que se torna possível efetuar a transição entre a *Arquitetura Lógica AAL4ALL* para a arquitetura técnica de interoperabilidade do ecossistema AAL4ALL.

A *cloud AAL Devices Cloud* representa a segunda camada principal do ecossistema AAL4AAL. Está relacionada com serviços AAL locais e é responsável pela integração dos sistemas locais, assim como, pela interligação desses sistemas com o *AAL Cloud Node*. Cada sistema local é conectado com o nó local, que será designado em diante de AAL Gateway, que permite a agregação de diferentes sistemas locais que suportam os serviços locais AAL.

AAL Gateways

O *AAL Gateway* é um *gateway*¹¹ desenvolvido especificamente para contextos tecnológicos AAL, que, essencialmente, executa um conjunto diversificado de funcionalidades ao nível dos componentes de software, interpretação dos dados dos sistemas locais, interação com o utilizador, envio de mensagens para o fornecedor de serviços via *AAL Cloud Node*, controlo dos sistemas, assistência ao utilizador, entre outras funcionalidades. O *AAL Gateway* assegura a integração e interoperabilidade entre sistemas locais e estabelece a conexão com o *AAL Cloud Node* para garantir a transmissão e receção de dados referentes aos serviços AAL, tais como, dados relacionados com utilizadores, mensagens de alerta e informação de sistemas, que permitem a composição de serviços AAL que são, também, fornecidos através do *AAL Gateway*, com a principal função de assegurar a interligação entre a rede local e o *AAL Cloud Node*.

No âmbito do ecossistema AAL4ALL, é relevante diferenciar o tipo de *Gateway* que deve ser utilizado em função do ambiente onde o utilizador se encontra. Para ambientes domésticos (dentro de casa) o *AAL Gateway* é classificado como *AAL Home Gateway* (Ex.: set-top-boxes, routers e pc's), interligando todos os sistemas instalados no ambiente doméstico do utilizador.

O *AAL Home Gateway* assegura um conjunto de funcionalidades que são executadas localmente para suportar a integração e execução de sistemas locais [74]. Entre os diferentes sistemas que podem ser usados no AAL4ALL, apenas serão considerados neste estudo os sistemas que são mais comuns em soluções AAL e que podem ser definidos da seguinte forma:

¹¹ Gateway: é um um nó de rede equipado para fazer a interface com uma outra rede que utiliza protocolos diferentes. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Gateway\(telecommunications\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Gateway(telecommunications))).

- Interface de Utilizador: O *AAL Home Gateway* deve assegurar a interface do sistema AAL4ALL para o utilizador. A especificação da interface deve descrever os componentes de interação entre utilizador e os serviços AAL4ALL. A interface gráfica pode ser disponibilizada ao utilizador através de pc's, *smartphones* e tv's;
- Sensores: São instalados na casa do utilizador, ou transportados pelo utilizador com recurso a sensores móveis, alguns colocados nas próprias roupas (*wearable sensors*). Este tipo de sistemas permitem capturar informação do ambiente (ex.: temperatura, deteção de presença, deteção de fogo, etc.) ou informação relacionada com o utilizador (sinais vitais, pressão sanguínea, posição e movimento do utilizador);
- Atuadores: Refere-se aos componentes que permitem ao sistema AAL4ALL realizar ações nas configurações do ambiente do utilizador, tais como, o controlo da temperatura e a abertura e fecho de portas e janelas;
- Câmaras de Videovigilância: Permitem a captura de imagens que servem para identificação de pessoa, deteção de localização e posicionamento em casa.

A informação dos sensores é transmitida para o *AAL Home Gateway* através da rede local (rede de cabos ou redes sem fios) onde os dados são coletados e transmitidos para o *AAL Cloud Node* onde são analisados. Esta análise pode ser feita localmente no *AAL Home Gateway*, dependendo do tipo de informação ou da ação que deverá ser despoletada pelo sistema.

A *Figura 31* apresenta um diagrama lógico de alto nível que estabelece as relações entre o *AAL Home Gateway* e os sistemas instalados no ambiente doméstico no AAL4ALL, exemplificando alguns dos tipos de sistemas utilizados em contextos AAL.

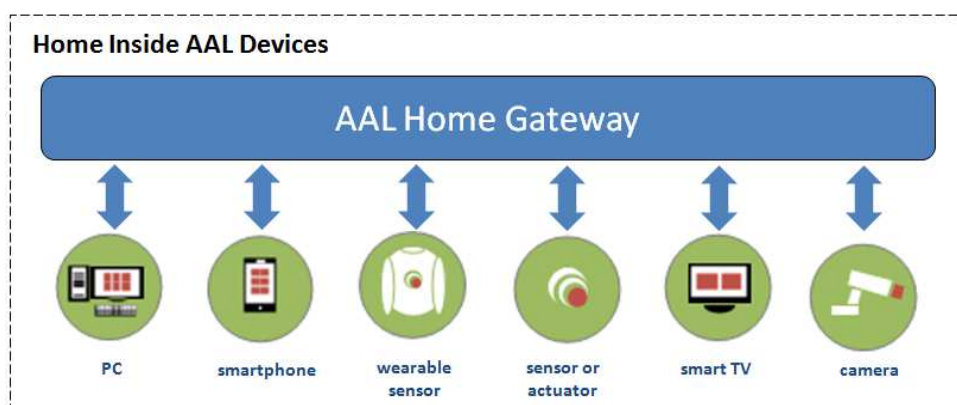


Figura 31: AAL Home Gateway

Para ambientes em mobilidade (fora de casa) o *AAL Gateway* é classificado como *AAL Mobile Gateway*, que executa as tarefas de suporte ao utilizador do *AAL Gateway* quando o utilizador se encontra num ambiente de mobilidade (geralmente fora de casa) mas também poderá ser usado dentro de casa, utilizado por exemplo para suportar serviços de localização e identificação de quedas. As funcionalidades técnicas devem assegurar a receção e processamento de dados dos sensores moveis (ex.: sensores de identificação de quedas), interagir com o utilizador, enviar e receber mensagens para o *AAL Cloud Node* relacionadas com o utilizador e o ambiente onde este se encontra. É exemplo de um sistema que suporta as funcionalidades de *AAL Mobile Gateway*, um *smartphone* que serve, simultaneamente, como interface de utilizador.

A *Figura 32* apresenta um diagrama logico de alto nível que estabelece as relações entre o *AAL Mobile Gateway* e os sistemas usados em ambiente de mobilidade em AAL4ALL, exemplificando alguns tipos de sistemas utilizados em contextos AAL.

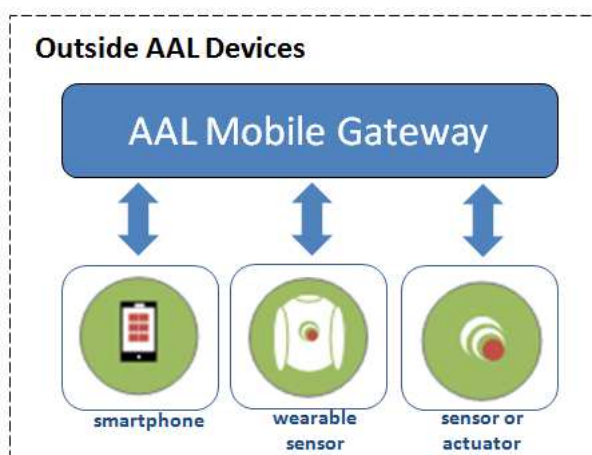


Figura 32: AAL Mobile Gateway

Na especificação das arquiteturas para os *AAL Gateways* (*AAL Home Gateway* e *AAL Mobile Gateway*) é importante descrever um conjunto de requisitos chave que devem ser assegurados nas respetivas arquiteturas de modo a garantir a interoperabilidade entre o *AAL Cloud Node* e os *Gateways*, assim como, assegurar que os *Gateways* estejam preparados para executar um conjunto de funcionalidades disponibilizados pelo *AAL Cloud Node*, que são necessárias para o fornecimento serviços AAL para a gestão ao nível da configuração, operação e monitorização dos sistemas instalados em ambientes domésticos e de mobilidade. Neste sentido é desenvolvida a arquitetura do *AAL Gateway*, tendo em consideração que o *AAL Gateway* funciona como o nó local de comunicação direta com o *AAL Cloud Node*.

A *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* especifica as funcionalidades e serviços principais que devem ser considerados na conceção das arquiteturas dos *AAL Gateways* para coexistirem integralmente com o *AAL Cloud Node*. Desta forma, a *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* é utilizada para derivar e especificar os requisitos de base à conceção da arquitetura conceptual dos *AAL Gateways*. Para exemplificar, apresenta-se na *Figura 33* os elementos arquiteturais da *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node*, referentes às funcionalidades de gestão da monitorização, *report* e eventos (*Monitoring, Reporting and Events Management*), onde se pode observar os correspondentes elementos arquiteturais da *Arquitetura Lógica AAL4ALL Cloud*.

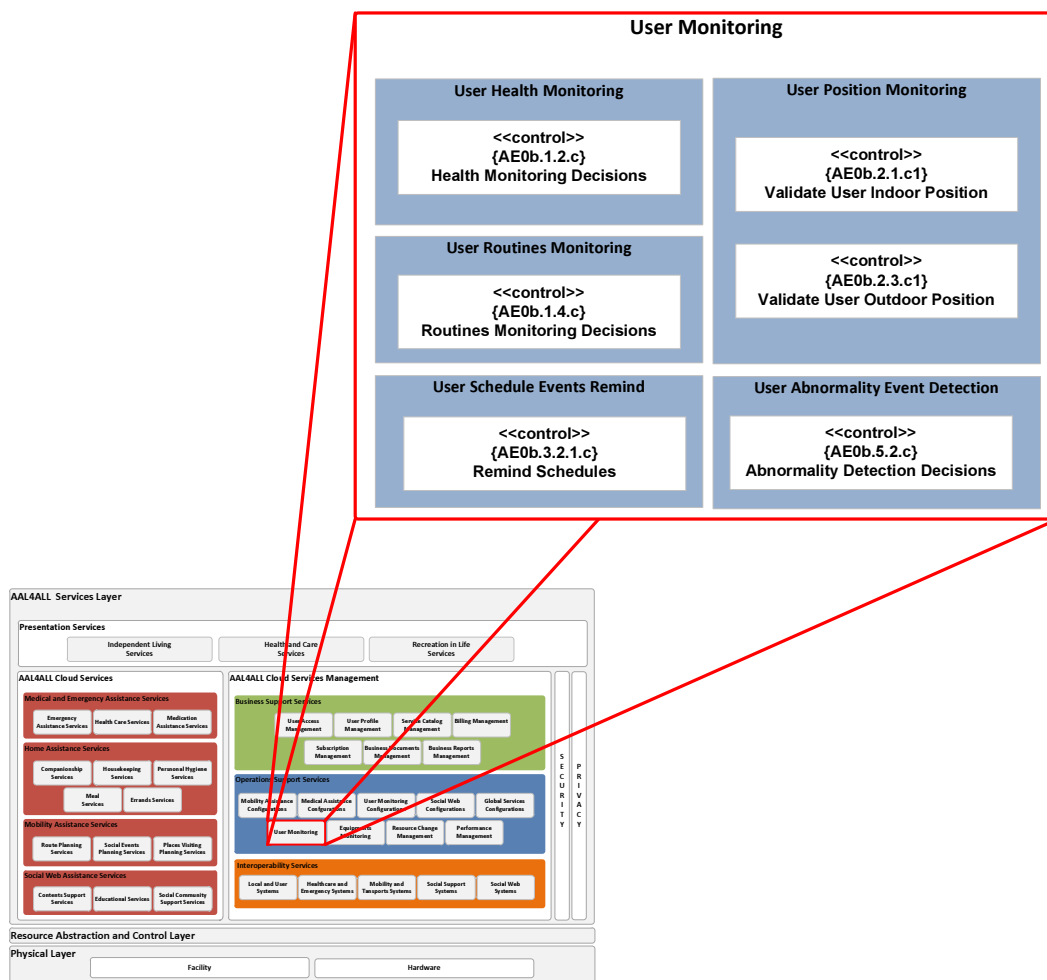


Figura 33: Subconjunto Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node

O elemento arquitetural da *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* com designação *User Monitoring* possui um subelemento arquitetural com designação *User Health Monitoring* que tem atribuído o *AE {AE0b.1.2.c} Health Monitoring Decisions* da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, cuja descrição se encontra apresentada na *Tabela 2*. Como se pode verificar, esta atividade está relacionada com a monitorização e recolha de informação da saúde do utilizador (ex.:

informação sobre sinais vitais e pressão sanguínea). A arquitetura técnica deve definir cenários e especificar os mecanismos para que seja possível obter este tipo de informação do utilizador e definir como transmiti-la para o *AAL Cloud Node*. Ao nível tecnológico, a informação da saúde do utilizador deve ser recolhida pelos sensores que transmitem em tempo real esta informação para os *gateways* (*Home AAL Gateway* ou *Mobile AAL Gateway*, dependendo do ambiente), que processam e enviam esse tipo de informação para o *AAL Cloud Node*, onde a informação recebida é processada pelo componente de software derivado do AE especificado *{AEOb.1.2.c} Health Monitoring Decisions*.

Ao nível dos serviços de suporte à operação dos sistemas e serviços do ecossistema AAL4ALL, a arquitetura lógica para os *Gateways* deve assemelhar-se, em parte, ao especificado na arquitetura lógica para o *AAL Cloud Node*, podendo, deste modo, ser definida pelos seguintes componentes:

- (1) Monitorização e Gestão de Eventos: Este componente é responsável pelo encaminhamento e entrega de mensagens (mensagens de monitorização e de eventos) entre sistemas locais e entre sistemas locais e o *AAL Cloud Node*.
- (2) Gestão dos Serviços de Utilizadores: Este componente é responsável por fornecer um conjunto de serviços de suporte à implementação, operação e monitorização de serviços locais. Assegura a execução e adaptação dos serviços locais aos utilizadores, conforme definido no *AAL Cloud Node*, onde se encontra a informação dos utilizadores finais.
- (3) Serviços de Configuração e Gestão: Este componente é responsável por assegurar um conjunto de serviços de utilidade local, como serviços de suporte às configurações globais dos *AAL Gateways*, incluindo a inicialização e *logs* do sistema, a configuração e gestão de serviços locais, como por exemplo, adicionar, atualizar e remover serviços (ex.: módulos de software), e tarefas simples como a ativação e desativação de sistemas e serviços.

O *AAL Gateway* assegura a interoperabilidade entre sistemas locais e a interoperabilidade entre sistemas locais *AAL Cloud Node*. Desta forma é necessário especificar uma camada de serviços de interoperabilidade no *AAL Gateway* semelhante ao especificado na *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node*.

A Figura 34 ilustra (numa perspetiva de alto-nível) a *Arquitetura Conceptual AAL Gateway*.

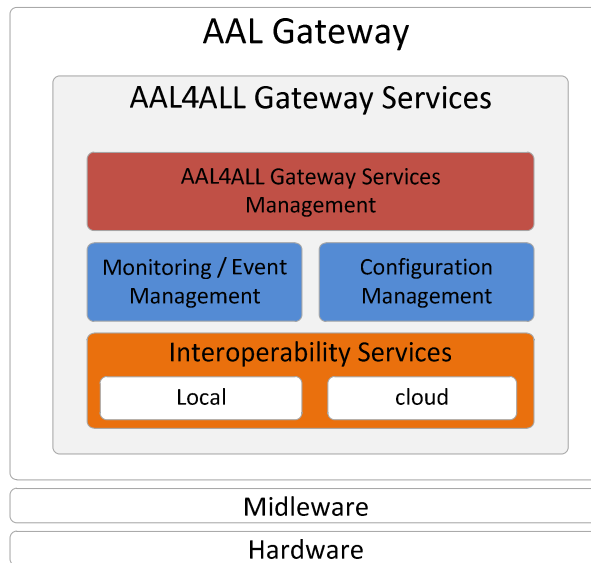


Figura 34: Arquitetura Conceptual do AAL Gateway

A *Arquitetura Conceptual AAL Gateway* possui uma estrutura semelhante ao da *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* e é definida em três principais camadas, nomeadamente:

- (1) Camada de serviços (*AAL4ALL Gateway Services*);
- (2) Camada de abstração (*middleware*);
- (3) Camada física do Gateway (hardware do sistema).

Os *AAL Gateways* são concebidos, essencialmente, para atuarem em contextos de *cloud*, contemplando nas suas arquiteturas requisitos específicos do domínio do *cloud computing* devido à necessidade de estarem interligados com o *AAL Cloud Node*, quer para envio de dados dos sistemas, quer pelo acesso aos serviços disponibilizados, como por exemplo, o controlo, a configuração e monitorização remota dos sistemas instalados. Além disso, devem estar preparados para se interligarem com as redes locais e os diferentes sistemas que são instalados no ambiente do utilizador.

Alguns dados dos utilizadores devem ser armazenados localmente no *AAL Gateway* para salvaguardar eventuais falhas de comunicação entre o *AAL Gateway* e o *AAL Cloud Node*. Desta forma, salvaguarda-se que a informação crítica está disponível em caso de falha de comunicação. Exemplo de um cenário crítico é o caso do serviço de alerta para o utilizador tomar a medicação no horário determinado pelo médico. Caso haja falta de comunicação entre

AAL Gateway e o *AAL Cloud Node*, o utilizador não terá a possibilidade de ser informado para tomar a medicação no horário determinado, porque o alerta que é despoletado pelo respetivo serviço alojado no *AAL Cloud Node*, não chega ao utilizador por falta de comunicação.

No que diz respeito aos serviços AAL, a arquitetura conceptual dos *AAL Gateways* deve estar alinhada com a *Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* para os serviços disponibilizados ao nível do sistema, de tal modo que as duas arquiteturas estão alinhadas ao nível aos serviços de suporte à operação e interoperabilidade para os sistemas e serviços locais.

Ao nível da interoperabilidade o *AAL Gateway* deve considerar nas suas arquiteturas, normas e protocolos ao nível das suas interfaces de comunicação, sendo por isso necessário sistematizar um conjunto de normas e protocolos que assegurem a interoperabilidade dos diferentes sistemas e serviços.

Interoperabilidade

A Interoperabilidade é crucial para o sucesso da implementação de um ecossistema AAL que seja interoperável e que permita a comunicação entre os sistemas AAL, especificamente para os seguintes cenários de interoperabilidade:

- (1) Interoperabilidade entre sistemas locais e *AAL Gateway*,
- (2) Interoperabilidade entre *AAL Gateway* e *AAL Cloud Node*,
- (3) Interoperabilidade entre *AAL Cloud Node* e *sistemas externos*.

Para assegurar a interoperabilidade entre sistemas e a respetiva aceitação pela indústria é relevante considerar nas arquiteturas do AAL4ALL um conjunto de normas que sejam amplamente reconhecidas e aceites pela indústria, que permitam estabelecer mecanismos de interoperabilidade, principalmente ao nível das interfaces e protocolos de comunicação dos sistemas AAL4ALL que devem ser desenvolvidos em conformidade com essas mesmas normas.

As normas devem ser consideradas principalmente na conceção das arquiteturas de interoperabilidade dos *AAL Gateways* e *AAL Cloud Node*, sendo necessário, também, que os produtos desenvolvidos para o AAL4ALL considerem essas mesmas normas para que seja possível assegurar a integração e interoperabilidade de sistemas e serviços no ecossistema AAL4ALL.

De forma a dar uma perspetiva global da arquitetura de interoperabilidade, considera-se o levantamento de normas para todo o ecossistema, dando origem a uma arquitetura de interoperabilidade *end-to-end*, que é designada em diante de *Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL* (ver *Figura 35* e *Figura 36*). Desta forma, a sistematização de normas para o ecossistema AAL4ALL teve em consideração as recomendações do modelo de referência do NIST (principalmente, como referência para a interoperabilidade entre *clouds*) e a arquitetura de referência da *CONTINUA* [66,67] (especificamente para a interoperabilidade entre sistemas locais). De realçar que a arquitetura de referência da *CONTINUA* é considerada a arquitetura de referência para AAL no que se refere à interoperabilidade entre sistemas.

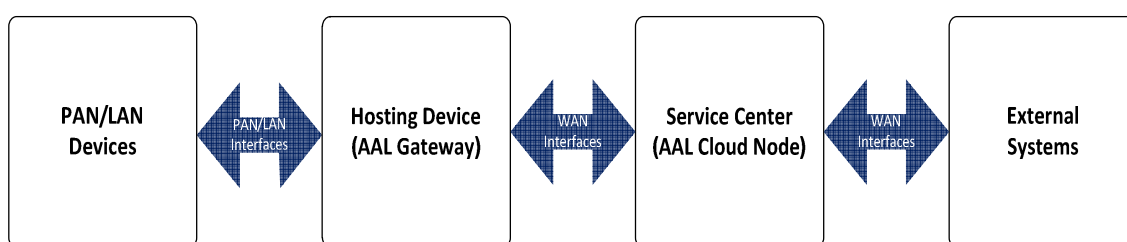


Figura 35: Componentes da Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL

A *Figura 35* representa os principais componentes da *Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL*, segue a abordagem da arquitetura de referência da *CONTINUA* para especificar os principais componentes da arquitetura e as interfaces e as interações entre os componentes. Deste modo, para os componentes têm-se:

- *PAN/LAN¹² Devices*: constituído pelos dispositivos/sistemas locais, tais como, sensores, atuadores, routers, pc's, smartphones, etc.
- *Hosting/Hub Device*: constituído pelos *gateways*, *AAL Home Gateway* para ambientes domésticos e *AAL Mobile Gateway* para ambientes de mobilidade.
- *Service Center*: Plataforma *AAL Cloud Node*.
- *External Systems*: Constituída por sistemas de entidades externas que prestam serviços no ecossistema AAL4ALL, tais como, serviços *online*, serviços de assistência em casa, serviços de reservas de transportes, serviços de compra de bilhetes para espetáculos, serviços de apoio social, entre outros serviços.

¹² PAN – Personal Area Network; LAN – Local Area Network; WAN – Wide Area Network.

Ao nível das interfaces têm-se:

- *PAN e LAN Interfaces*: Interfaces de rede para as comunicações entre o *AAL Gateway*, sistemas e dispositivos locais.
- *WAN Interface*: Interface de rede para as comunicações entre o *AAL Gateway* e a *AAL Cloud Node*, e entre *AAL Cloud Node* e sistemas externos.

A diversidade de componentes faz com que seja necessário estabelecer padrões de comunicação entre componentes para que seja possível assegurar um correto funcionamento de todo o ecossistema AAL4ALL e ser possível a inclusão de novos componentes no ecossistema ao longo do tempo. A utilização de normas e protocolos é crucial para garantir um ecossistema AAL4ALL interoperável e devem ser aplicadas na *Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL* ao nível das interfaces dos componentes e nas comunicações entre os sistemas.

Para ter um ecossistema AAL4ALL interoperável é necessário normalizar interfaces e definir padrões de comunicação, sendo por isso necessário a utilização de normas e protocolos, que devem ser contempladas nas arquiteturas do AAL4AAL, essencialmente pelos seguintes motivos:

- Para assegurar requisitos de comunicação consistente entre sistemas AAL, via suas interfaces;
- Atender às necessidades dos utilizadores no AAL4ALL, em ambientes domésticos e ambientes de mobilidade;
- Assegurar a disponibilidade de serviços AAL, com níveis de disponibilidade de serviços elevados.

Esta secção fornece uma visão global de alto-nível das normas e protocolos de comunicações utilizados mundialmente que permitem assegurar canais consistentes de comunicação entre sistemas em diferentes tipos de redes e que são referenciadas em projetos da natureza do AAL4ALL. A análise que se segue será realizada numa perspetiva de alto nível, com base em recomendações normativas dadas pelo modelo de referência do NIST e da arquitetura de referência da *CONTINUA*, de tal modo que a referência a normas e protocolos é realizada sem grande detalhe.

As normas podem ser incluídas nas arquiteturas das plataformas AAL4ALL, para assegurar os níveis de interoperabilidade técnica e sintática entre sistemas. Ao nível técnico devem ser

considerados as normas utilizadas pela indústria das telecomunicações, que cobrem as questões de interoperabilidade ao nível físico e protocolar. Ao nível sintático, mais especificamente ao nível da interoperabilidade de formato de dados e serviços, devem ser considerados as normas relacionadas com formatos de mensagens, específicas para cada área tecnológica.

A arquitetura de referência da *CONTINUA* [68] é considerada no domínio do AAL por ser a mais completa e com maior nível de maturidade para abordagens de interoperabilidade no domínio do AAL. É utilizada neste estudo para identificar normas que permitam tratar questões de interoperabilidade e implementações de referência no AAL4ALL, tendo em consideração as interfaces especificadas na *Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL* (ver *Figura 36*).

Para as interfaces PAN/LAN e, com o objetivo de assegurar a interligação do *AAL Gateway* com os sistemas locais, que suportam os serviços disponibilizados aos utilizadores finais, são consideradas normas da indústria das telecomunicações, tais como, Ethernet, WiFi, ZigBee, Bluetooth e USB, que são utilizadas em função do tipo de sistema que se pretende integrar. Especificamente para a interligação com dispositivos de recolha de informação de saúde dos utilizadores, são consideradas normas específicas que são aplicadas na área da saúde, tais como, a família de normas ISO EN 11073, desenvolvidas especificamente para comunicações entre dispositivos médicos (ex.: medidor de pressão sanguínea ou medidor de tensão) e os *AAL Gateways*, que permitem a recolha de dados relacionados com saúde dos utilizadores.

As interfaces de rede WAN, que fornecem a interligação do *AAL Gateway* com o *Cloud Node*, possibilitam o acesso aos serviços disponibilizados pela plataforma *AAL Cloud Node*, via Internet. Qualquer problema a este nível poderá seriamente afetar o funcionamento das atividades da plataforma local e a entrega dos serviços AAL4ALL aos utilizadores finais de serviços AAL4ALL.

Ao nível da interoperabilidade técnica podem ser utilizadas as normas dos diferentes tipos de redes WAN (rede por cabo, radio, satélite, etc.) desde que seja garantida a largura de banda e disponibilidade de serviços suficiente para lidar com as exigências e requisitos do sistema AAL4ALL, e que seja garantida os níveis de segurança necessários (confidencialidade, integridade, autenticação). Desta forma, para as interfaces WAN, podem ser consideradas as normas para interfaces de redes fixas (*xDSL, Fiber, Ethernet*) e redes móveis (GSM, GPRS, UMTS, HSPA e LTE), geralmente associadas às redes de operadores de telecomunicações. Ainda

neste âmbito, é importante considerar interfaces de rede de satélite associadas aos sistemas de localização (GPS [79], GALILEU [80]). O *AAL Home Gateway* poderá contemplar interfaces de rede fixa e rede móvel, já o *Mobile Gateway* poderá contemplar interfaces de rede móvel e de rede satélite.

Ao nível da interoperabilidade sintática, são consideradas as normas utilizadas na implementação de *web services* [40], tais como, o SOAP, XML e HTTP, uteis para assegurar a interligação entre o *AAL Gateway* e o *AAL Cloud Node*, e a interligação do *AAL Cloud Node* com os sistemas externos.

Especificamente para a comunicação com sistemas externos de cuidados de Saúde, existe um conjunto de normas específicas, tais como, o HL7, IHE, CENT/TC 251 e ISO/TC 215, usados para a comunicação e troca de dados específicos de sistemas relacionados com o domínio da saúde.

A *Figura 36* apresenta a *Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL* global que sistematiza um conjunto de normas que podem ser incluídas como requisitos técnicos nas arquiteturas AAL4ALL, especialmente nas arquiteturas do *AAL Cloud Node* e *AAL Gateway*.

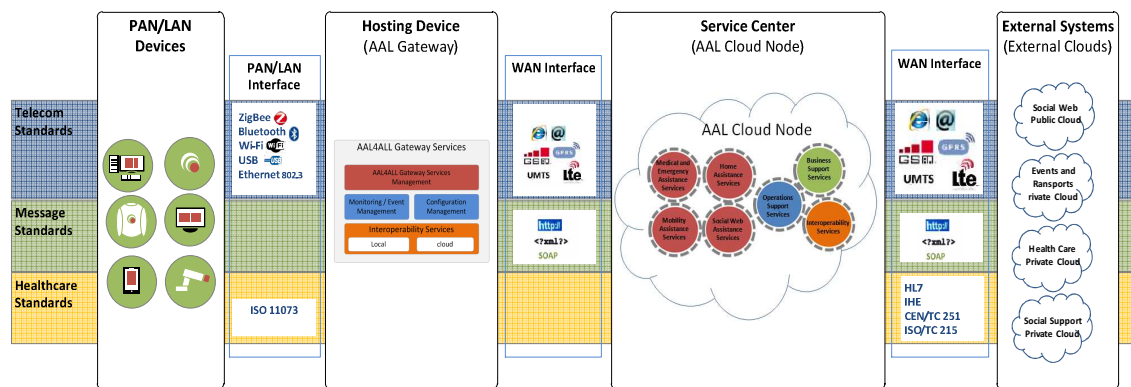


Figura 36: Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL

A *Figura 37* apresenta uma visão global da arquitetura técnica para AAL4ALL, numa perspetiva de alto-nível, que resume o essencial do presente trabalho.

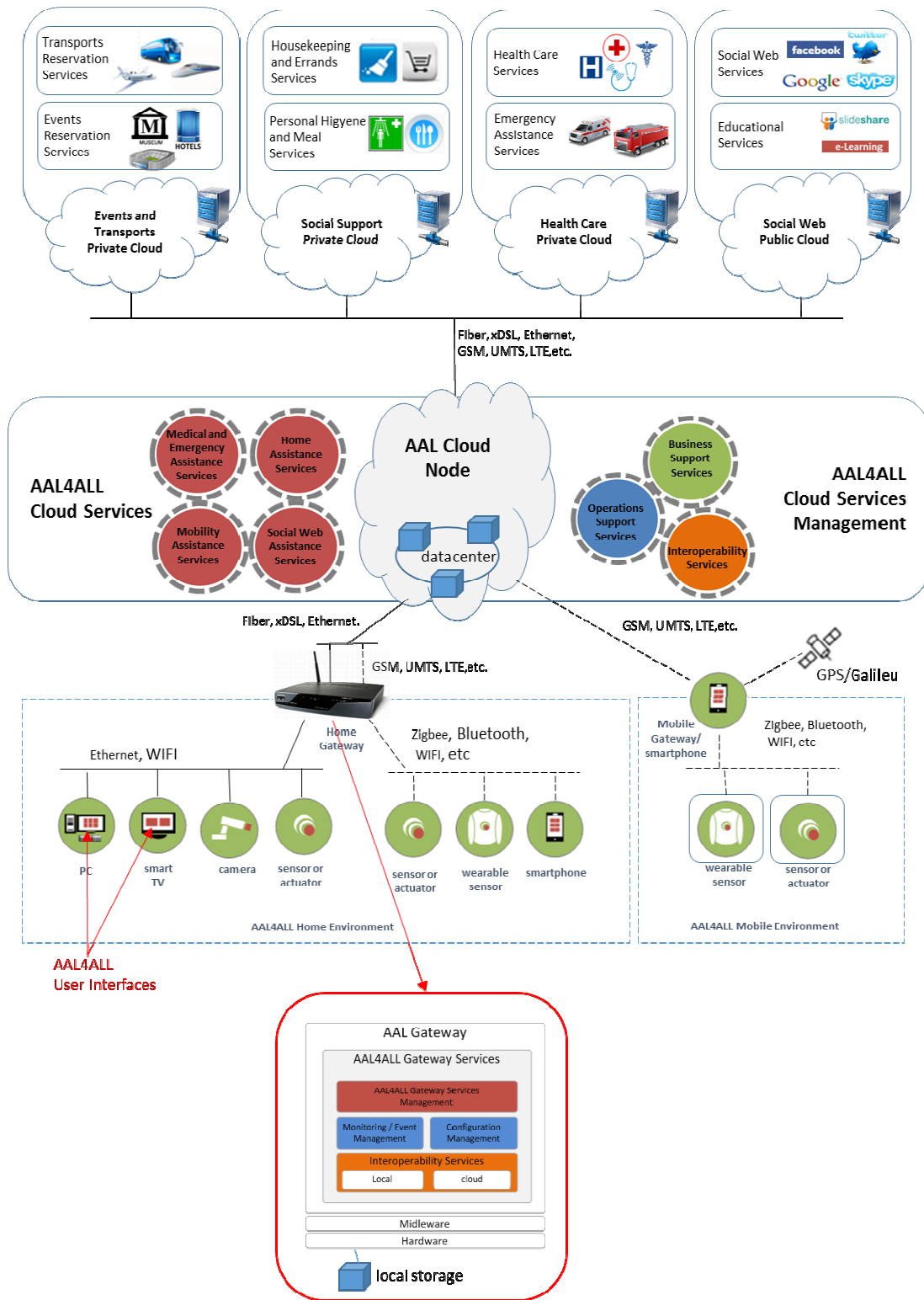


Figura 37: Arquitetura técnica alto-nível para AAL4ALL

4.5. Conclusões

Este caso de demonstração teve como principal objetivo aplicar o modelo de referência do NIST para auxiliar a concepção das arquiteturas de *cloud computing* do sistema AAL4ALL (*AAL Cloud Node* e *AAL Gateway*).

O modelo de referência do NIST permitiu, numa primeira fase, analisar a adequação da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* para contextos de *cloud computing*. Essa análise foi realizada tendo como base os componentes da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, cujas descrições arquiteturais foram cruzadas com as descrições arquiteturais dos componentes do modelo do NIST. Teve como objetivo verificar a cobertura da arquitetura lógica para atuar em contextos de *cloud computing*, principalmente no que se refere às principais atividades e funções referenciadas pelo modelo de referência do NIST ao nível dos serviços *cloud* e a gestão dos respetivos serviços. Essa análise possibilitou a identificação de algumas limitações na *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, justificando a execução de uma nova iteração da *Arquitetura Lógica do AAL4ALL*, permitindo complementar os esforços de levantamento de requisitos e alinhar a *Arquitetura Lógica do AAL4ALL* com conceitos de *cloud computing*, dando origem à *Arquitetura Lógica AAL4ALL Cloud*.

A *Arquitetura Lógica AAL4ALL Cloud* possibilitou derivar a arquitetura para o *AAL Cloud Node* e o *AAL Gateway*, numa perspetiva de modelos conceptuais (*Arquitetura Conceptual AAL Cloud Node* e *Arquitetura Conceptual AAL Gateway*) que representam arquiteturas organizadas dos sistemas, contextualizadas com questões de *cloud computing*, e que especificam os principais serviços AAL fornecidos ao nível central (na *cloud*) e a nível local (no *gateway*), onde se incluem os serviços de interoperabilidade que asseguram a interligação entre sistemas ao nível central e local.

A transição entre a arquitetura lógica e a arquitetura de interoperabilidade para AAL4ALL é realizada tendo por base os serviços de interoperabilidade especificados nas arquiteturas conceptuais do sistema AAL4ALL (*AAL Cloud Node* e *AAL Gateway*). A sistematização de normas e protocolos que asseguram a interoperabilidade entre sistemas é feita tendo por base as recomendações do modelo de referência do NIST e da arquitetura de referência da *CONTINUA*, principalmente para assegurar a interoperabilidade de sistemas locais. A arquitetura de interoperabilidade global (*Arquitetura de Interoperabilidade AAL4ALL*) segue a abordagem dada pela arquitetura de referência da *CONTINUA*.

5. Conclusões

Este capítulo tem como objetivo apresentar as conclusões do trabalho realizado no âmbito da presente dissertação, que resultam da aplicação do modelo de referência do NIST na concepção de arquiteturas de *cloud computing*.

Com o propósito de procurar resposta à questão de investigação, o presente trabalho teve como objetivo o estudo e a aplicação do modelo de referência do NIST para auxiliar a concepção de arquiteturas de sistemas de informação em contextos de *cloud computing*, constituindo, de acordo com o que foi apresentado ao longo da dissertação, uma ferramenta eficaz para discutir os requisitos e definir a estrutura e funcionamento de soluções baseadas em *cloud computing*.

O envolvimento do autor da dissertação em projetos de I&D, que exigem a concepção deste tipo de arquiteturas, permitiu a aplicação o modelo de referência do NIST em dois casos reais, que serviram de demonstração, nomeadamente: (1) Projeto EBIS - Projeto de desenvolvimento do sistema de fornecimento de Serviços ERP no modelo SaaS; (2) Projeto AAL4ALL - Projeto de desenvolvimento de um ecossistema de produtos e serviços de AAL (*Ambient Assisted Living*).

No primeiro caso de demonstração (EBIS), o modelo de referência foi aplicado na concepção do sistema de suporte ao negócio de fornecimento de um software ERP num modelo SaaS na *cloud*. Este sistema é designado de SI EBIS e possibilita a disponibilidade de um conjunto de serviços de suporte às atividades de negócio relacionadas com a comercialização e operação de

serviços ERP SaaS ao nível da gestão de clientes, subscrição de serviços, gestão da faturação e pagamentos de serviços de clientes, assim como, o fornecimento dos serviços típicos de um software ERP no modelo SaaS. Importa referir que a solução *cloud* contempla a integração do SI EBIS com os seguintes sistemas: (1) sistema ERP que disponibiliza os serviços ERP de clientes (designado de ERP SaaS); (2) sistema ERP do fornecedor de serviços (designado de ERP do Fornecedor) para troca de dados de negócio.

O modelo de referência do NIST foi usado inicialmente na fase de especificação funcional do sistema, tendo por base os casos de uso especificados e com o propósito de analisar os casos de uso quanto à cobertura de requisitos relacionados com o domínio do *cloud computing* (incluindo a interoperabilidade). A análise foi realizada através do cruzamento das descrições dos casos de uso com as descrições arquiteturais dos componentes do modelo de referência do NIST, mais especificamente os componentes de suporte ao negócio, aprovisionamento e configuração de serviços, interoperabilidade, segurança e serviços *cloud* (SaaS). Esta análise permitiu detetar algumas incoerências semânticas e a ausência de casos de uso que cobrissem com maior abrangência algumas áreas funcionais do modelo de referência do NIST.

Procedeu-se à redefinição dos casos de uso em função dos resultados da análise, tendo sido realizadas correções semânticas e realizado um levantamento de requisitos de *cloud* que foram identificados no modelo de referência do NIST, dando origem a novos casos de uso, com mais coerência semântica e funcional e que permitiram definir a arquitetura conceptual do sistema EBIS Cloud (*Arquitetura Conceptual EBIS Cloud*), mais robusta e mais comprometida com o modelo de referência do NIST. Esta arquitetura conceptual resultou da atribuição dos casos de uso do SI EBIS no modelo do NIST (nos elementos arquiteturais com semântica semelhante aos casos de uso). Os casos de uso foram organizados em componentes que definem os principais serviços do SI EBIS, nomeadamente: (1) *Serviços EBIS Cloud* (definem as interfaces de acesso aos serviços ERP SaaS e serviços EBIS); (2) *Serviços de Gestão EBIS Cloud* (asseguram as funcionalidades de suporte ao negócio, suporte ao aprovisionamento e configuração de serviços ERP SaaS e suporte à interoperabilidade com sistemas externos).

Os serviços de interoperabilidade são a base para a especificação da arquitetura de interoperabilidade do SI EBIS. Estes serviços são representados pelos dois componentes de interoperabilidade da arquitetura que asseguram a interoperabilidade do SI EBIS com os sistemas externos, nomeadamente: (1) interoperabilidade com ERP SaaS e (2) interoperabilidade

com ERP do Fornecedor. A especificação destes componentes resulta da definição de cenários de interoperabilidade que descrevem as necessidades de acesso do SI EBIS aos sistemas externos (ERP SaaS e ERP do Fornecedor), em função dos requisitos de negócio. Os componentes de interoperabilidade foram traduzidos em serviços residentes no SI EBIS, que aguardam mensagens dos sistemas externos e outros serviços que realizam a tarefa inversa. A definição das relações entre componentes resulta da representação das interações entre sistemas, que foram definidas com base em diagramas de sequência e que descrevem a forma como os sistemas colaboram (troca de mensagens entre sistemas), resultando na arquitetura de interoperabilidade representada pelos componentes de interoperabilidade dos sistemas e suas relações.

O principal propósito dos serviços de interoperabilidade é o de promover a integração e interoperabilidade entre componentes, através da sistematização de um conjunto de normas que permitem assegurar a interoperabilidade entre sistemas. A importância da sistematização de normas deve-se à necessidade de ser necessário assegurar os padrões de interoperabilidade que permitam a integração, comunicação e troca de mensagens entre sistemas de forma consistente. Para tal, teve-se em consideração o seguinte: (1) a arquitetura de interoperabilidade segue um modelo arquitetural orientado a serviços (típico SOA); (2) os sistemas encontram-se alojados em servidores localizados em *datacenters* distribuídos geograficamente, sendo que a comunicação entre estes sistemas e o acesso aos respetivos serviços é feito através da Web; (3) é necessário definir normas e protocolos reconhecidos e utilizados amplamente pela indústria. Neste sentido, a sistematização de normas foi realizada ao nível das interfaces de comunicação e protocolos de mensagens, tendo por base as recomendações do NIST, que sistematiza um conjunto de normas e protocolos utilizados em contextos de *cloud computing*, especialmente ao nível das tecnologias de redes e *web*.

O segundo caso de demonstração teve como principal objetivo demonstrar a importância da aplicação do modelo de referência do NIST na conceção das arquiteturas *cloud* dos principais sistemas do AAL4ALL, nomeadamente: (1) Sistema central (*AAL Cloud Node*); (2) Sistema local (*AAL Gateway*).

O modelo de referência do NIST foi introduzido após a especificação da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, que serviu para analisar a cobertura desta arquitetura com questões de *cloud computing*. Para tal, os elementos arquiteturais da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* foram mapeados

nos elementos arquiteturais do modelo de referência do NIST, de modo a analisar eventuais incoerências semânticas e a eventual ausência de requisitos e componentes da arquitetura lógica em função do modelo de referência do NIST. Com essa análise foi possível identificar algumas limitações na *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, nomeadamente: (1) falta de elementos arquiteturais relacionados com as funcionalidades de suporte ao negócio no ecossistema AAL4ALL; (2) falta de elementos arquiteturais relacionados com segurança e privacidade; (3) semântica parcialmente incompatível, ao nível dos elementos arquiteturais, com o modelo de referência do NIST. Estas limitações na arquitetura justificaram a execução de uma nova iteração da *Arquitetura Lógica AAL4ALL*, que permitiu complementar os esforços do levantamento de requisitos do projeto AAL4ALL relacionados com questões de *cloud computing*, assim como, possibilitou a conceção de uma arquitetura lógica mais preparada para atuar em contextos de *cloud computing*. Essa nova versão da arquitetura lógica foi mapeada no modelo de referência do NIST, através da atribuição dos elementos arquiteturais da arquitetura lógica nos elementos arquiteturais (com semântica semelhante) do modelo de referência do NIST. O resultado desse mapeamento traduziu-se num modelo arquitetural organizado e contextualizado com questões de *cloud computing*, que é vista como a arquitetura conceptual *cloud* para AAL4ALL.

A arquitetura conceptual *cloud* para AAL4ALL representa, essencialmente, uma visão global e simplificada da *Arquitetura Lógica AAL4ALL* orientada ao modelo de referência do NIST e sem detalhes de implementação técnica, que permitiu especificar os componentes principais dos sistemas central (*AAL Cloud Node*) e local (*AAL Gateway*). Ao nível do sistema central (*AAL Cloud Node*) a arquitetura especifica os serviços que são disponibilizados ao ecossistema AAL4ALL, nomeadamente: (1) Serviços *cloud* (SaaS) disponibilizados aos utilizadores; (2) serviços de suporte ao negócio em AAL4ALL; (3) serviços de aprovisionamento de serviços e sistemas AAL; (4) serviços de interoperabilidade entre sistemas. Esta arquitetura permitiu derivar a arquitetura para o sistema local (*AAL Gateway*), também ela orientada a contextos de *cloud computing* devido especialmente à necessidade deste sistema estar interligado com o sistema central (*AAL Cloud Node*) com o qual necessita de trocar dados que suportam os serviços disponibilizados pela “*cloud*”. Ambas as arquiteturas definem as fronteiras de interoperabilidade nas suas arquiteturas de forma a facilitar a identificação e especificação das interfaces dos respetivos sistemas (*AAL Cloud Node* e *AAL Gateway*).

Os serviços de interoperabilidade são a base para a especificação da arquitetura de interoperabilidade no AAL4ALL. Estes serviços são representados por cinco componentes de

interoperabilidade, especificados pela arquitetura *cloud*, que asseguram a interoperabilidade entre sistema central (*AAL Cloud Node*) e sistemas externos (incluindo o *AAL Gateway*). Neste projeto a arquitetura de interoperabilidade foi especificada numa visão global de alto-nível que inclui os três contextos de interoperabilidade, nomeadamente: (1) interoperabilidade entre sistemas locais e *AAL Gateway*, (2) interoperabilidade entre *AAL Gateway* e *AAL Cloud Node*, (3) interoperabilidade entre sistema central (*AAL Cloud Node*) e sistemas externos. A arquitetura de interoperabilidade foi baseada, além do modelo de referência do NIST, na arquitetura de referência da *CONTINUA* (especifica os principais componentes, interfaces e normas utilizadas na especificação de arquiteturas de sistemas para atuar no domínio do AAL) que permitiram a sistematização de normas e protocolos para assegurar a interoperabilidade no AAL4ALL.

As arquiteturas concebidas no âmbito deste caso de demonstração (conceptual e interoperabilidade) especificam os principais serviços do ecossistema AAL4ALL, incluído a interoperabilidade, e cobrem os três modos de vida AAL, nomeadamente, vida Independente, saúde e cuidados na vida, recreação na vida.

Para terminar, e como resposta à questão de investigação, os casos de demonstração apresentados na presente dissertação serviram, essencialmente, para demonstrar a aplicação do modelo de referência do NIST na conceção de arquiteturas de sistemas para atuarem em contexto de *cloud computing*. A sua aplicação pode ocorrer ao nível dos casos de uso e ao nível dos elementos arquiteturais das arquiteturas lógicas, tal como demonstrado. Demonstrou-se como conceber as arquiteturas conceptual e de interoperabilidade e como sistematizar um conjunto de referenciais normativos e protocolares que permitem assegurar a interoperabilidade no contexto de *cloud computing*, tendo em consideração, não só o modelo de referência d NIST, mas também outros modelos de referência aplicados em contextos muito específicos, como o caso da arquitetura da *CONTINUA*, que foi utilizada como referencial para contextos de interoperabilidade no domínio do AAL.

A utilização dos modelos de referência na conceção de arquiteturas de sistemas permite assegurar coerência semântica ao longo das fases de análise e conceção de sistemas por definirem os principais componentes, interfaces e normas que devem ser consideradas na especificação de sistemas para os domínios em que as arquiteturas de referência são de facto uma referência arquitetural, sendo, também, uma boa forma de definir terminologia coerente e clara que facilmente é compreendida por diferentes *stakeholders*.

Trabalho Futuro

A aplicação do modelo de referência do NIST para contextos de *cloud computing* foi utilizada no presente trabalho para auxiliar o processo de concepção das arquiteturas (conceptual e de interoperabilidade) para responder a contextos de *cloud computing*. No entanto, como se pôde verificar, a cobertura do modelo de referência não foi realizada na íntegra propositadamente pelo facto de não haver disponibilidade temporal, tendo sido dada prioridade apenas às componentes mais relevantes para os casos de demonstração em causa. Desta forma, será objetivo futuro aprofundar a utilização do modelo de referência para os componentes abordados no presente trabalho (Suporte ao Negócio, Aprovisionamento/Configuração, Interoperabilidade, Serviços *Cloud SaaS*), assim como, os restantes componentes do modelo que foram menos enfatizados, como a segurança, privacidade, a camada física e a camada de abstração de recursos. Dentro deste âmbito, serão ainda analisados outros modelos que possam servir de complemento ao modelo do NIST e que permitam completar esforços de cobertura do modelo na concepção de arquiteturas, assim como, modelos que permitam analisar os riscos associados à ausência de requisitos que cubram os componentes do modelo do NIST.

No que se refere propriamente a soluções SaaS, é importante perceber como fazer o alinhamento entre o modelo de referência do NIST com os modelos de maturidade definidos para a concepção de soluções SaaS na *cloud*, onde se evidencia o modelo de maturidade da Microsoft que define a maturidade de soluções SaaS em função de requisitos como a escalabilidade das soluções, a configuração de serviços em função das necessidades, e a eficiência multi-inquilino (*multi-tenant*) que se traduzem em características que devem ser contempladas nas arquiteturas de implementação para sistemas SaaS. Além deste modelo de serviços, é também importante analisar a aplicação do modelo de referência do NIST para a especificação de arquiteturas para sistemas que suportem serviços *cloud* de IaaS (*Infrastructure-as-a-Service*) e PaaS (*Platform-as-a-Service*).

6. Bibliografia

1. Peter Mell, Timothy Grance (2011). "The NIST definition of Cloud Computing" NIST Special Publication 800-145
2. Workday (2011). "The Real SaaS Manifesto: Defining "Real SaaS" and how it can benefit your business" (www.workday.com - disponível em 02-07-2013)
3. Achmad N.H., Yoke Y.K. (2010). "Analysis of Software as a Service (SaaS) For Software Service Offering Alternative: A Case Study of E-Office On-Demand Service of PT Telkom Indonesia". The 9th International Conference on e-Business (iNCEB2010)
4. Zeeshan Pervez, et al. "Multi-Tenant, Secure, Load Disseminated SaaS Architecture". University, South Korea
5. Miha Ahronovitz, Dustin Amrhein, et.al. (July 2010). "Cloud Computing Use Cases". Cloud Computing Use Case Discussion Group, Version 4
6. Oracle (April 2010). "SAP ERP in the Cloud". Oracle (<http://www.oracle.com/us/solutions/sap/database/sap-erp-cloud-352626.pdf> - disponível em 02-07-2013)
7. Ger van den Broek, Filippo Cavallo, et.al. "*Ambient Assisted Living Roadmap*". *European Ambient Assisted Living Innovation Alliance – AALIANCE FP7*
8. Oana-Sorina Lupșe et. Al. (2012). "Cloud Computing and Interoperability in Healthcare Information Systems". INTELLI, 2012 ISBN: 978-1-61208-224-0
9. K. Kosanke, et. Al. "ISO Standards for Interoperability: a comparison". CIMOSA Association

-
10. Fang Liu, Jin Tong, et.Al. (September 2011). "NIST Cloud Computing Reference Architecture - Recommendations of the National Institute of Standards and Technology". NIST Special Publication 500-292
 11. Vijay K. Vaishnavi, William Kuechler Jr. (2008) "Design Science Research Methods and Patterns - Innovating Information and Communication Technology". Taylor & Francis Group, LLC
 12. Vaishnavi, V. and Kuechler, W. (2004). "Design Research in Information Systems". ISWorld.Updated January 20, 2006
 13. Projecto EBIS - Módulos para "Business Intelligence" e para gestão de "Software as a Service" (ccg.pt - disponível em 02-07-2013)
 14. Projeto AAL4ALL - Ambient Assisted Living for ALL (www.aal4all.org - disponível em 02-07-2013)
 15. Portugal Telecom (www.telecom.pt/InternetResource/PTSite/PT - disponível em 02-07-2013)
 16. Microsoft (www.microsoft.com - disponível em 02-07-2013)
 17. Andrej Grguric. "ICT towards elderly independent living". Research and Development Center Ericsson Nikola Tesla d. d.
 18. Open Group (2009). "The Open Group Architecture Framework (TOGAF) v9". The Open Group (www.opengroup.org/togaf - disponível em 02-07-2013)
 19. Nick Rozanski, Eoin Woods (2009). "Software Systems Architecture – Working with Stakeholders using viewpoints and perspectives". Pag. 11-26 Addison-Wesley
 20. SEI – Software Engineering Institute. "Defining Software Architecture". (www.sei.cmu.edu/architecture/ - disponível em 02-07-2013)
 21. Nuno F., et Al. (2012). "Derivation of Process-Oriented Logical Architectures: An Elicitation Approach for Cloud Design". Volume 7343, 2012, pp 44-58 Springer
 22. IASA. "Infrastructure Architecture". The International Association of Software Architects (www.iasaglobal.org/iasa/Infrastructure_Architecture.asp - disponível em 02-07-2013)
 23. C. Matthew MacKenzie, Ken Laskey, et Al. "Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0". Committee Specification 1, 2 August 2006 OASIS
 24. ISO. "ISO/IEC 2382-01, Information Technology Vocabulary, Fundamental Terms" (www.iso.org - disponível em 02-07-2013)

-
25. IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (www.ieee.org - disponível em 02-07-2013)
 26. ETSI - European Telecommunications Standards Institute (<http://www.etsi.org> - disponível em 02-07-2013)
 27. 3GPP - 3rd Generation Partnership Project (www.3gpp.org - disponível em 02-07-2013)
 28. W3C - World Wide Web Consortium (<http://www.w3.org/> - disponível em 02-07-2013)
 29. TISPAN - Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (www.etsi.org/tispan - disponível em 02-07-2013)
 30. Hans van der Veer (Alcatel-Lucent), Anthony Wiles (ETSI Secretariat) (April 2008). "Achieving Technical Interoperability - the ETSI Approach". ETSI White Paper No. 3, 3rd edition - April 2008.
 31. Tatsuzo Osawa (October 2011). "Practice of M2M Connecting Real-World Things with Cloud Computing". FUJITSO Sci. Tech. J., Vol.47, No. 4, pp. 401-407
 32. Onbile."Cloud Computing Concerns and Issues"
(www.onbile.com/info/what-cloud-computing-means - disponível em 02-07-2013)
 33. Chris Harding. Et.Al. (August 2011). "Cloud Computing for Business – The Open Group Guide". The Open Group (www.opengroup.org - disponível em 02-07-2013)
 34. "Security Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing V2.1", CSA Cloud Security alliance December 2009
 35. A V Parameswaran, Asheesh Chaddha (2009). "Cloud Interoperability and standardization". SETLabs Briefings, VOL 7 NO 7, 2009
 36. Bohn, R.B., et al. (2011). "NIST Cloud Computing Reference Architecture in Services". IEEE World Congress on. 2011.
 37. Fang Liu, Jin Tong, et.Al. (September 2011). "NIST Cloud Computing Reference Architecture - Recommendations of the National Institute of Standards and Technology". NIST Special Publication 500-292
 38. Michael Hogan, Fang Liu, et.Al. (July 2011). "NIST Cloud Computing Standards Roadmap". NIST Special Publication 500-291
 39. NIST. "Inventory of Standards Relevant to Cloud Computing" (<http://collaborate.nist.gov/twiki-cloud-computing/bin/view/CloudComputing/StandardsInventory> - disponível em 02-07-2013)

-
40. Phil Bianco, Rick Kotermanski, Paulo Merson (2007). "Evaluating a Service-Oriented Architecture". SEI – Software Engineering Institute
 41. Oreste Signore (2003). "W3C Technologies: a Key for Interoperability" CMG Italia – XVII Convegno Annuale -Roma, 26-28 Maggio 2003
 42. Emilia Kancheva (May 2002). "Application Service Providers: An Alternative Model for IT Services Delivery". Educase- Center for Applied Research Volume 2002, issue 10
 43. Christian Baun, Marcel Kunze, et Al. (2011). "Cloud Computing – Web-Based Dynamic IT Services". Cloud Basis pag. 5-14 Springer
 44. Mike P. Papazoglou. "Service -Oriented Computing: Concepts, Characteristics and Directions". INFOLAB, Tilburg University - Netherlands
 45. Ritu Sharma, Manu Sood (September 2011). "A Model-Driven Approach to Cloud SaaS Interoperability". International Journal of Computer Applications - Volume 30 – No.8
 46. Microsoft (2009). "Fast-Growing SaaS Enabler Increases Operational Efficiency, Speeds Time to Market" (www.microsoft.com/hk/windowsserver/compare/CaseStudyDetails.aspx?recid=43 - disponível em 02-07-2013)
 47. Frederick Chong, Gianpaolo Carraro (2006). "Architecture Strategies for Catching the Long Tail". Microsoft Corporation (msdn.microsoft.com/en-us/library/aa479069.aspx - disponível em 02-07-2013)
 48. Seungseok Kang et al. (2006). "A General Maturity Model and Reference Architecture for SaaS Service". DASFAA 2010, Part II, LNCS 5982, pp. 337 – 346, 2010
 49. Windows Azure (www.windowsazure.com - disponível em 02-07-2013)
 50. Google (www.google.com/services/ disponível em 02-07-2013)
 51. Google APPs Engine (<https://developers.google.com/appengine/> - disponível em 02-07-2013)
 52. Amazon (www.amazon.com - disponível em 02-07-2013)
 53. Amazon Web Services (aws.amazon.com/pt - disponível em 02-07-2013)
 54. Salesforce (www.salesforce.com - disponível em 02-07-2013)
 55. force.com (www.force.com - disponível em 02-07-2013)
 56. Microsoft. "Software + Services". MSDN Architecture Center (msdn.microsoft.com/en-us/architecture/aa699384.aspx - disponível em 02-07-2013)
 57. Primavera Software (www.primaverabss.com - disponível em 02-07-2013)

-
58. Primavera SaaS (www.primaverabss.com/SaaS/Solu%C3%A7%C3%A3o-PRIMAVERA%20SaaS.aspx - disponível em 02-07-2013)
 59. PHC Software (www.phc.pt - disponível em 02-07-2013)
 60. ERP SaaS-PHC FX (www.phcfx.com - disponível em 02-07-2013)
 61. Portugal Telecom (www.telecom.pt - disponível em 02-07-2013)
 62. SmartCloud (www.smartcloudpt.pt - disponível em 02-07-2013)
 63. Microsoft. "Microsoft Remote Desktop Services (RDS) Explained". (technet.microsoft.com/en-us/video/remote-desktop-services-rds-explained.aspx - disponível em 02-07-2013)
 64. Intel (October 2010). "Cloud Computing: How Client Devices Affect the User Experience". IT Best Practices Cloud Computing and Employee Productivity
 65. Veli Stroetmann, Rainer Thiel, et Al. (March 2011). "Enabling smart integrated care: Recommendations for fostering greater interoperability of personal health systems". SmartPersonalHealth – European Commission
 66. Continua Alliance (www.continuaalliance.org - disponível em 02-07-2013)
 67. Randy Carroll, Rick Cnossen, et. al. (December 2007). "Continua: An Interoperable Personal Healthcare Ecosystem". IEEE pervasive computing – Vol. 6, No. 4, October–December 2007- Mobile and Ubiquitous Systems
 68. Kamran Sartipi, Mohammad H. Yarmand. "Standard-based Data and Service Interoperability in eHealth Systems". Department of Computing and Software McMaster University.
 69. ECAALYX - Enhanced Complete Ambient Assisted Living Experiment (ecaalyx.org - disponível em 02-07-2013)
 70. UniversAAL - UNIVERsal open platform and reference Specification for Ambiente Assisted Living (universaal.org - disponível em 02-07-2013).
 71. Maged N. Kamel Boulos. "eCAALYX: Towards a Real-world Ambient Assisted Living Solution that Delivers in Non-technical Environments and Is Sustainable". Faculty of Health, University of Plymouth
 72. UniversAAL (2011). "Standardisation usage plan and contributions".UniversAAL deliverable, D8.3-B - standardisation usage plan and contributions (<http://universaal.org/images/stories/deliverables/D8.3-B.pdf> - disponível em 02-07-2013)

-
73. Maged N. Kamel Boulos et. Al. "An Enhanced Ambient Assisted Living Experiment for Older People with Multiple Chronic Conditions".
(http://ecaalyx.org/isabel2009_accepted_cameraready.pdf - disponível em 02-07-2013)
 74. Broadband Forum TR-069 CWMP (www.broadband-forum.org/cwmp.php - disponível em 02-07-2013)
 75. Broadband Forum (www.broadband-forum.org - disponível em 02-07-2013)
 76. Camarinha-Matos, L.M., et al., "Consolidated Vision of ICT and Ageing ". D4.2 Braid Project
(<http://www.braidproject.eu/sites/default/files/D4.2%20Final.pdf> - disponível em 02-07-2013)
 77. Jupiter Networks (2013). "Cloud-Ready Data Center Reference Architecture". Juniper Networks
(www.juniper.net/us/en/local/pdf/reference-architectures/8030001-en.pdf - disponível em 02-07-2013)
 78. VDE (2012). "German AAL Standardization Roadmap". VDE Association For Electrical, Electronic & Information Technologies
 79. GPS Global Positioning System (www.gps.gov - disponível em 02-07-2013)
 80. Galileo (European Global Satellite-Based Navigation System) (www.gsa.europa.eu/galileo-0 - disponível em 02-07-2013)

7. Anexos

Standards and Protocols

The following section provides an overview of all standards, protocols and specifications referring used in present dissertation and related to Cloud Computing and AAL.

- **Extensible Markup Language (XML):** XML is a set of rules for encoding documents in machine-readable form. Although the design of XML focuses on documents, it is widely used for the representation of arbitrary data structures, for example in web services.
- **HyperText Markup Language (HTML):** HTML is the predominant markup language for web pages. A markup language is a set of markup tags, and HTML uses markup tags to describe web pages.
- **Simple Object Access Protocol (SOAP):** SOAP is a protocol specification for exchanging structured information in the implementation of Web Services in computer networks. SOAP can form the foundation layer of a web services protocol stack, providing a basic messaging framework upon which web services can be built.
- **Web Services Description Language (WSDL):** WSDL is an XML language for describing Web services. WSDL defines the core language which can be used to describe Web services based on an abstract model of what the service offers.

-
- **REST (representational State Transfer):** REST is an architectural pattern for use of application-layer communications in a manner that uses standards, but is not a standard in and of itself. REST accesses and returned data can take place over any application-layer protocol and are not limited to HTTP.
 - **The Internet Protocol Suite (TCP/IP):** The Internet Protocol Suite is the set of communications protocols used for the Internet and other similar networks. It is commonly also known as TCP/IP, named from two of the most important protocols in it: the Transmission Control Protocol (TCP) and the Internet Protocol (IP), which were the first two networking protocols defined in this standard.
 - **Hypertext Transfer Protocol (HTTP):** The Hypertext Transfer Protocol (HTTP) is a networking protocol for distributed, collaborative, hypermedia information systems. HTTP is the foundation of data communication for the World Wide Web.
 - **Global System for Mobile Communication (GSM):** GSM is a fully digital standard for mobile networks, which is primarily used for telephony, but also for circuit and packet switches data transmission and short messages.
 - **General Packet Radio Services (GPRS):** is based on the elder second generation (2G) mobile radio standard GSM. GPRS enables for mobile surfing in the Internet with theoretical data transmission rates up to 171.2 kbit per second (UMTS: 384 kbit per second and UMTS with HSDPA 7,2 Mbit per second). The GPRS speed allows only basic applications like e-mail checking or surfing on light web sites.
 - **Universal Mobile Telecommunications System (UMTS):** is the third generation (3G) global standard for mobile radio networks. It allows a faster wireless data transmission than by second generation (2G) GSM networks. Serve for mobile telephoning, data and multimedia services, e.g. comfortable mobile use of the Internet as well as video conferencing and video streaming. The UMTS network allows data transmission rates up to 384 kbit per second. In order to surf faster, more and more mobile phone enterprises support their UMTS networks by latest HSDPA technology which allows data transmission rates up to 7,6 Mbit per second.
 - **LTE Long Term Evolution:** 4G LTE is a standard or wireless communication of high-speed data for mobile phones and data terminals. It is based on the GSM/EDGE and

UMTS/HSPA network technologies, increasing the capacity and speed using a different radio interface together with core network improvements

- **Bluetooth (IEEE 802.15):** Bluetooth is an IEEE 802.15.1 industry standard for wireless communication between devices over short distances (WPAN). Bluetooth wireless technology is geared towards voice and data applications. It operates in the unlicensed 2.4 GHz spectrum. The peak data rate with EDR is 3 Mb/s.
- **Wi-Fi (IEEE 802.11):** Wi-Fi is the wireless communication technology built on IEEE 802.11 radio standards and used for Wireless Local Area Networks (WLANs). Wi-Fi is widely used form communication between devices in home (e.g. between laptops, set-top box-es, printers, digital cameras).
- **ZigBee:** ZigBee provides wireless low power LAN communication (e.g. between different sensors and home gateway). The standard provides the specifications, interface descriptions, object descriptions, protocols and algorithms pertaining to the ZigBee protocol standard.
- **Ethernet (IEEE 802.3):** Its purpose would be the wired communications between nodes in home or inside care facilities.
- **USB:** USB is a serial bus for connecting a computer to external devices. USB allows high-speed, easy connection of peripherals and other devices (such as medical devices or environmental sensors, and cameras) to a PC.
- **ISO/TC 215:** This committee provides a set of international standards in the field of Health Information and Communications Technology (ICT).
- **Health Level Seven (HL7):** provides standards for the exchange, management, and integration of data that supports clinical patient care and the management, delivery, and evaluation of healthcare services (clinical and administrative data). HL7 is wildly used to exchange healthcare data. HL7 standards will be used in healthcare related services that foresee a communication of sensible data between patients and medical providers.
- **ISO EN 11073** family: This standard family offers plug-and-play interoperability and a functional as well as a semantic interoperability between sensor systems and aggregation systems. This standard is used to format data that is sent from sensors or medical devices to the home hub.

-
- **Integrating the Healthcare Enterprise (IHE):** IHE has defined a common framework to deliver the basic interoperability needed for local and regional health information networks. IHE profiles healthcare standards, covering also remote patient management to certain extent. IHE Patient Care Device Technical Framework (PCD) - Help to improve or set up new technical framework for communication between medical devices and enterprise information systems.