



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Vitor de Carvalho Melo Lopes

**TV Health das Coisas: uma arquitetura IoT para assistência
domiciliar à saúde**

Fortaleza – CE

6 de setembro de 2017

Vitor de Carvalho Melo Lopes

TV Health das Coisas: uma arquitetura IoT para assistência domiciliar à saúde

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Linha de Pesquisa: Computação Aplicada

Orientador: Prof. Dr. Antonio Mauro Barbosa de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PRPI)

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)

Fortaleza – CE

6 de setembro de 2017



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PRPI)
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)

Vitor de Carvalho Melo Lopes

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, sendo aprovada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e pela banca examinadora:

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Mauro Barbosa
de Oliveira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Antonio Wendell de Oliveira

Rodrigues

Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Luiz Odorico Monteiro de Andrade

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Fortaleza – CE

6 de setembro de 2017

Agradecimentos

Aos meus pais Roberval e Ângela e irmãos Júlia e Matheus pelas alegrias compartilhadas.

À Sofia pelo companheirismo e presença sempre carinhosa e atenciosa.

Ao meu orientador Antonio Mauro pelos ensinamentos ao longo deste período.

Aos colegas de mestrado Madson, David, Renan, Gustavo e Marcelo com os quais compartilhei conhecimentos diversos, alegrias e dificuldades vivenciadas no laboratório LAMP/PPGCC.

Aos colegas do Laboratório de Redes (LAR) no Instituto Federal do Ceará - Campus Aracati que me ajudaram com debates e ideias.

À todos os professores do mestrado pelos ensinamentos e pelos ricos debates.

*“Se a preocupação está em ter, ter, ter uma pessoa cada vez se preocupará menos em ser,
ser, ser.”*
(José Saramago)

Resumo

A expectativa de vida do brasileiro aumentou de 45,5 para 75,5 anos entre 1940 e 2015, segundo dados do IBGE. Idosos podem necessitar de maiores cuidados hospitalares com maior tempo de recuperação, o que aumenta o gasto com saúde. Nesse sentido, a Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) - uma modalidade de atenção ao paciente realizado em seu próprio domicílio, – apresenta-se como opção mais adequada ao paciente. Além de reduzir gastos hospitalares a ADS permite o contato mais intenso com familiares na recuperação do paciente. Estudos realizados por profissionais de saúde identificaram problemas no cenário de ADS, tais como a dificuldade que possuem os diversos atores envolvidos: o paciente, o cuidador, familiares, equipe de saúde e gestores. O cuidador mereceu especial atenção tendo em vista que ele nem sempre possui os conhecimentos e as habilidades necessárias para atendimento do doente. Este trabalho descreve a visão computacional desses cenários de saúde e propõe a TV Health das Coisas, uma solução inteligente para o ambiente de ADS baseada no modelo brasileiro de TV digital e na tecnologia Internet das Coisas. Esta solução tem como substrato um sistema embarcado associado à uma TV digital (*hub*) que coleta dados de diversos sensores existentes no ambiente de ADS, além de servir como interface para o paciente a diversas aplicações interativas. Os dados coletados alimentam modelos inteligentes de ontologia que permitem a inferência local (*hub*) de informações necessárias à tomada de decisão dos atores do ADS: paciente, cuidador, equipe de saúde, familiares, etc. Outro aspecto inteligente do TV Health das Coisas diz respeito a aprendizagem de máquinas via o sistema NextSaúde, do qual a TV Health das Coisas é um componente. Foi definida para este cenário de ADS uma arquitetura orientada a contexto (*context-aware concept*), enriquecida com conceitos da plataforma *OpenIoT* (Plataforma de Internet das Coisas). Um protótipo já se encontra operacional com suas arquiteturas funcional e de engenharia formalmente especificadas. Assim, paciente, cuidador, familiares, equipes de saúde e gestores podem, de forma seletiva, receber alertas, informações etc, via TV dispositivos móveis e outros mecanismos integrados ao sistema. A TV Health das Coisas resultou em um projeto financiado pela Embrapii e está sendo negociado para implantação em um plano de saúde.

Palavras-chave: atenção domiciliar. internet das coisas. computação ubíqua. computação pervasiva.

Abstract

According to IBGE, the life expectancy of Brazilian people increased from 45,5 to 75,5 years between 1940 and 2015. Because of inherent fragility of age, the elderly demands more hospital care, with more recovery time which increases the money that the Estate spend in each patient. The Home Care - health care modality that treats the patient in his own home - presents as more adequate option for the patient, besides the reduction of hospital expenses the Home Care allows an intense contact with relatives. Studies have identified problems in the scenario of home care such as the difficulty that the actors involved have: the patient, caregiver, relatives and health team. The caregiver deserves special attention given that he does not always have the knowledge and skills necessary to attend to the patient. This work describes the computational view of these health scenarios and proposes TV Health of Things, a smart solution for the ADS environment based on the Brazilian digital TV model and the Internet of Things technology. This solution has as substrate an embedded system associated with a digital TV (hub) that collects data from several sensors existing in the ADS environment, besides serving as an interface for the patient to several interactive applications. The data collected feed intelligent ontology models that allow the local inference (hub) of information necessary for the decision making of the ADS actors: patient, caregiver, health team, family, etc. Another intelligent aspect of TV Health of Things relates to learning machines via the NextSaúde system, of which TV Health of Things is a component. A context-aware concept, enriched with concepts from the OpenIoT (Internet Platform of Things) platform, was defined for this ADS scenario. A prototype is already operational with its formally specified functional and engineering architectures. Thus, patients, caregivers, relatives, health teams and managers can selectively receive alerts, information, etc. via mobile devices and other mechanisms integrated into the system. TV Health of Things resulted in an Embrapii-funded project and is being negotiated for deployment in a health care plan.

Keywords: home care. iot. ubiquitous and pervasive computing.

Listas de ilustrações

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Aplicação do Lariisa no ambiente domiciliar. | 29 |
| Figura 2 – Arquitetura atualizada do projeto Lariisa | 30 |
| Figura 3 – (a) Representação gráfica das categorias defendida por Tavolari, Fernandes e Medina; (b) Representação gráfica das categorias defendida por Giacomozi. | 34 |
| Figura 4 – Representação gráfica das influências nas áreas de sistemas embarcados, computação ubíqua/pervasiva e meios de comunicação. | 38 |
| Figura 5 – Histórico das tecnologias que fundamentaram o surgimento da <i>Internet of Things</i> | 39 |
| Figura 6 – Ilustração da definição de IoT. | 41 |
| Figura 7 – Ilustração das áreas em que o IoT poderá atuar e suas conexões. | 43 |
| Figura 8 – Arquitetura plataforma <i>OpenIoT</i> | 44 |
| Figura 9 – Visão geral dos cenários abordados. | 53 |
| Figura 10 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Físico | 58 |
| Figura 11 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Virtualizado | 58 |
| Figura 12 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano de Utilitários e Aplicações | 59 |
| Figura 13 – Visão geral arquitetural TV Health das Coisas | 60 |
| Figura 14 – Visão de engenharia da arquitetura TV Health das Coisas. | 61 |
| Figura 15 – Interação da TV Health das Coisas com outros módulos do projeto NextSaúde. | 62 |
| Figura 16 – Camadas do sistema embarcado | 66 |
| Figura 17 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.notification</i> . Alerta do tipo caixa de diálogo. | 68 |
| Figura 18 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.notification</i> . Alerta do tipo <i>pop-up</i> | 68 |
| Figura 19 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.dado</i> | 71 |
| Figura 20 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.panicbutton</i> | 72 |
| Figura 21 – Processo de cadastro de novo sensor. | 74 |
| Figura 22 – Hardware utilizado na solução proposta - montado pela empresa CRAFF. | 87 |
| Figura 23 – Tela principal do STB. Destaque para o menu “Sua Saúde”. | 87 |
| Figura 24 – Tela principal do menu “Sua Saúde”. | 88 |
| Figura 25 – Notificação do tipo caixa de diálogo. | 88 |
| Figura 26 – Notificação do tipo <i>pop-up</i> | 89 |
| Figura 27 – Tela principal do módulo <i>service.dado</i> | 89 |
| Figura 28 – Aviso para tranquilizar o usuário em situação de emergência. | 90 |
| Figura 29 – Diagrama Entidade/Relação para módulo <i>web</i> | 91 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 30 – Diagrama de Caso de Uso para módulo <i>service.notification</i> | 91 |
| Figura 31 – Diagrama de Atividades para módulo <i>service.notification</i> | 92 |
| Figura 32 – Diagrama de Caso de Uso para módulo <i>service.dado</i> | 92 |
| Figura 33 – Diagrama de Atividades para módulo <i>service.dado</i> | 93 |
| Figura 34 – Diagrama de Caso de Uso para módulo <i>service.panicbutton</i> | 94 |
| Figura 35 – Diagrama de Atividades para módulo <i>service.panicbutton</i> | 94 |

Lista de tabelas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Resumo das características das soluções semelhantes apresentadas anteriormente. | 51 |
| Tabela 2 – Especificação STB. | 65 |
| Tabela 3 – Lista de métodos disponíveis por API. | 67 |
| Tabela 4 – Métodos disponíveis na API de gerenciamento. | 73 |

Listas de códigos

| | | |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Conteúdo da requisição de uma mensagem | 69 |
| 2 | Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo <i>pop-up</i> | 70 |
| 3 | Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo ok | 70 |
| 4 | Definição de método utilizado para capturar dados do controle remoto e apresentar através de um alerta. | 71 |
| 5 | Definição de método utilizado para capturar situação de emergência enviada pelo usuário. | 73 |
| 6 | Mensagem JSON enviada no corpo da requisição HTTP. | 74 |

Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|--------|-------------------------------------------------------------------|
| ABS | <i>Anti-lock Breaking System</i> |
| ADS | Assistência Domiciliar à Saúde |
| API | <i>Application Programming Interface</i> |
| ARM | <i>Advanced RISC Machine</i> |
| BAN | <i>Body Area Network</i> |
| FUNCAP | Fundaçao Cearense de Apoio ao Desenvolvimento |
| HCCU | <i>Health Care Center Unit</i> |
| JSON | <i>JavaScript Object Notation</i> |
| MQTT | <i>Message Queue Telemetry Transport</i> |
| NFC | <i>Near Field Communication</i> |
| OSGi | <i>Open Services Gateway initiative</i> |
| PAN | <i>Personal Area Network</i> |
| PDA | <i>Personal Digital Assistant</i> |
| PIC | <i>Peripheral Interface Controller</i> |
| RES | Registro Eletrônico de Saúde |
| RCU | <i>Replace Care Unit</i> |
| SBTVD | Sistema Brasileiro de Televisão Digital |
| SAMDU | Serviço de Assistência Médica Domiciliar e de Urgência |
| SUS | Sistema Único de Saúde |
| SUDS | Sistema Único e Descentralizado de Saúde |
| STB | <i>Set-Top Box</i> |
| RISC | <i>Reduced Set Instruction Computer</i> |
| THOMAS | <i>MeTHods, Techniques and Tools for Open Multi-Agent Systems</i> |
| WAN | <i>Wide Area Network</i> |

Sumário

| | | |
|------------|-----------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 23 |
| 1.1 | Motivação para a Dissertação | 26 |
| 1.2 | Descrição do problema | 26 |
| 1.3 | Objetivo Geral | 27 |
| 1.4 | Objetivos Específicos | 27 |
| 1.5 | Estrutura da Dissertação | 27 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 29 |
| 2.1 | Lariisa | 29 |
| 2.2 | Aplicações Sensíveis ao Contexto | 31 |
| 2.3 | Assistência Domiciliar à Saúde | 32 |
| 2.3.1 | Atores envolvidos | 34 |
| 2.3.2 | Terminologia | 34 |
| 2.4 | Sistemas Embarcados | 35 |
| 2.4.0.1 | Arquitetura | 36 |
| 2.5 | Internet das Coisas | 37 |
| 2.5.1 | Histórico | 37 |
| 2.5.2 | Definições | 40 |
| 2.5.3 | Aplicações | 41 |
| 2.6 | Plataforma OpenIoT | 43 |
| 3 | TRABALHOS RELACIONADOS | 47 |
| 3.1 | Estado da arte | 47 |
| 3.2 | Outras propostas | 47 |
| 3.3 | Comparação entre soluções | 51 |
| 4 | TV HEALTH DAS COISAS | 53 |
| 4.1 | Descrição de cenários | 53 |
| 4.1.1 | Ambiente A | 53 |
| 4.1.1.1 | Doente sozinho | 54 |
| 4.1.1.2 | Doente com um familiar | 55 |
| 4.1.1.3 | Doente com um cuidador profissional | 55 |
| 4.1.2 | Ambiente B | 56 |
| 4.1.2.1 | Doente em situação de emergência | 56 |
| 4.1.3 | Ambiente C | 57 |
| 4.2 | Descrição da arquitetura | 57 |

| | | |
|------------|-------------------------------------------------|-----------|
| 4.3 | Visão de Engenharia | 60 |
| 4.3.1 | Blocos <i>hub</i> e sensores | 61 |
| 4.3.2 | Bloco inferência local | 62 |
| 4.3.3 | Bloco aprendizagem de máquinas | 62 |
| 4.3.4 | Bloco plataforma NextSaúde | 62 |
| 5 | ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO | 65 |
| 5.1 | <i>Hardware</i> utilizado | 65 |
| 5.2 | <i>Software</i> utilizado | 66 |
| 5.3 | Aplicações interativas | 66 |
| 5.3.1 | Módulo <i>web</i> | 67 |
| 5.3.2 | Módulo <i>service.notification</i> | 68 |
| 5.3.3 | Módulo <i>service.dado</i> | 70 |
| 5.3.4 | Módulo <i>service.panicbutton</i> | 72 |
| 5.4 | Conectando novos sensores | 73 |
| 6 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | 75 |
| 6.1 | Produção científica | 77 |
| 6.2 | Trabalhos futuros | 77 |
| | REFERÊNCIAS | 79 |
| | APÊNDICES | 85 |
| | APÊNDICE A – TV-HEALTH | 87 |
| A.1 | <i>Hardware</i> utilizado | 87 |
| A.2 | <i>Software</i> utilizado | 87 |
| A.3 | Diagramas UML | 91 |
| A.3.1 | Módulo <i>service.notification</i> | 91 |
| A.3.2 | Módulo <i>service.notification</i> | 91 |
| A.3.3 | Módulo <i>service.dado</i> | 92 |
| A.3.4 | Módulo <i>service.panicbutton</i> | 94 |

1 Introdução

O Brasil vem passando por um processo de envelhecimento da população e um aumento da expectativa de vida crescente desde a década de 1960. Com os atuais índices, a taxa do envelhecimento populacional atingirá, em 2025, cerca de 15% da população brasileira com indivíduos acima de 60 anos (GONÇALVES et al., 2006).

Os mais idosos, por conta da fragilidade inerente à idade, necessitam de cuidados especiais na hospitalização, além de demandarem mais tempo na recuperação. Muitas vezes há uma demanda de vários profissionais de uma equipe de saúde multidisciplinar para a total recuperação do doente.

Essa situação afeta políticas públicas dos governos municipais, estaduais e federal - que, segundo a Constituição Federal, devem prover atendimento hospitalar universal à população - tornando o gasto público com hospitalização de idosos maiores a cada ano (SILVEIRA et al., 2013).

Esse processo que a população brasileira vem atravessando ocasiona mudanças nos paradigmas de atendimento à saúde. Nessa perspectiva, surge a atenção domiciliar ou *home care*, modelo definido como o tratamento do paciente em seu próprio lar, com a presença ou não de um cuidador¹ - figura responsável por acompanhar o idoso em suas atividades diárias, ao assumir um papel de fundamental importância no acompanhamento do paciente em seu cotidiano.

Pesquisas indicam que esse método traz benefícios, pois o paciente encontra-se em um ambiente conhecido, podendo contar com a presença de seus familiares (HERMANN; LACERDA, 2007; DAY, 2010). E o ambiente seguro é mais propício para uma completa recuperação.

Assim, estudos realizados indicam uma mudança gradativa no modelo de tratamento de idosos. A escolha da atenção domiciliar em substituição da hospitalização mostra-se positivo nos planos social, psicológico e econômico, como exposto no trabalho de Santos (2014).

No que concerne às políticas públicas desenvolvidas pelo Estado, a vantagem é de reduzir os custos com internação. Estudos na área da saúde pública revelam que é possível economizar ao se substituir a internação hospitalar por uma abordagem em atenção domiciliar nos casos de menor gravidade, ou seja, casos em que o paciente não corre risco de morte (BOURDETTE et al., 1993).

¹ Neste trabalho, a figura do cuidador refere-se tanto a familiares, amigos ou um profissional com remuneração.

Na atenção domiciliar é de grande importância o acompanhamento do paciente pelo seu responsável. Essa tarefa é realizada por uma equipe de saúde que se desloca até o domicílio do idoso e executa a aferição de seus sinais vitais. Além de conversar com o próprio paciente, eles também conversam com o cuidador e verificam, ainda, se o ambiente domiciliar está propício à melhoria do doente.

A televisão está presente em praticamente todos os domicílios brasileiros (IBGE, 2015). Com isso, o Governo Brasileiro instituiu, através do decreto número 4901 de 26 de novembro de 2003, o Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) no país. Além da melhoria técnica, com a troca do sinal analógico para o sinal digital, promovendo, assim, melhoria na qualidade da imagem e som, a inserção da TV Digital trouxe o conceito de interatividade, permitindo que o telespectador saia da condição de espectador e passe a interagir com a televisão. Além disso, através do decreto, o Governo tenta promover a inclusão social ao “propiciar a criação de uma rede universal de educação à distância” (BRASIL, 2003).

O avanço tecnológico nas áreas de sistemas embarcados e tecnologia da informação e comunicação permite o desenvolvimento e a produção de dispositivos cada vez mais potentes e eficientes no processamento e no consumo de energia. Além disso, a miniaturização dos dispositivos possibilitam o surgimento de novas aplicações e soluções voltadas para áreas antes não atendidas por essas tecnologias.

A partir dessa evolução, surge a Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT). A IoT consiste de bilhões de “coisas” inteligentes que se comunicam entre si (LI; XU; ZHAO, 2015). Os objetos ou “coisas” são pequenos sistemas embarcados com sensores e/ou atuadores com um meio de comunicação. Uma vez conectados à Internet, os objetos podem ser acionados através da Internet - quando possuem atuadores - ou podem contribuir com dados relevantes sobre o ambiente - quando possuem sensores.

A comunicação que antes ocorria principalmente entre homens e máquinas na “Internet dos computadores” muda com o advento da IoT, e passa a ser principalmente entre máquinas, sendo elas (as coisas) os maiores produtores e consumidores de dados. Com isso, é possível perceber que a tecnologia IoT traz consigo a possibilidade de produzir uma grande quantidade de dados e permite que a interação homem-máquina seja atualizada, proporcionando novas formas de interação.

Em paralelo, o projeto Lariisa, uma arquitetura para tomada de decisão em governança de sistemas públicos de saúde, trabalhou a ideia de unir cinco domínios de inteligência em saúde; Gestão de conhecimento, Normatização sistemática, Clínico e Epidemiológico, Administrativa e Conhecimento compartilhado. Para efetivamente lidar com os domínios criou-se 4 componentes: (1) desenvolvimento de aplicações de tomada de decisão, (2) mecanismos de inferência, (3) informação coletada em tempo real e (4) conhecimento em saúde. Com essa abordagem, espera-se auxiliar os gestores e atores da

saúde coletiva e pública nas tomadas de decisão (OLIVEIRA et al., 2010).

A área da assistência domiciliar à saúde se beneficia do aperfeiçoamento na tecnologia e do surgimento da IoT ao ser atendida por dispositivos implantados no ambiente doméstico. Pesquisas realizadas (TRIANTAFYLLODIS et al., 2013; MOREIRA et al., 2016a) apontam para a utilização de equipamentos que monitorem o cotidiano do paciente e os auxilie nas formas de alertas para o paciente e o cuidador, além de informar à equipe de saúde ou a emergência sobre questões pertinentes do quadro observado auxiliando na tomada de decisão.

Neste trabalho, é proposta a TV Health das Coisas, um sistema embarcado em um *Set-Top Box* (STB) - dispositivo utilizado como ponto principal em uma arquitetura composta por ele (STB), sensores e outros componentes com tecnologias e conceitos de IoT para prover uma solução inteligente de atenção domiciliar à saúde.

O STB, além de realizar suas tarefas básicas explicadas anteriormente, tem poder de processamento para executar outras funções. Ele conta com interface de comunicação WiFi, portas *ethernet* e HDMI e o padrão RCA para conexão com a TV, além de portas *USB*. Sendo assim, uma vez conectado à Internet, o STB servirá de *hub* na casa do usuário, comunicando-se com outros sistemas na área de saúde e com o próprio paciente.

Através dos sensores é possível coletar dados referentes ao paciente e ao contexto em que ele está inserido - se ele está acamado ou se possui certa autonomia, ou, ainda, se o doente está acompanhado, por exemplo. Em seguida, os dados coletados são repassados ao STB que os concentra e realiza um processamento. Estes dados vão alimentar também modelos de ontologias, permitindo a inferência de informações necessárias para à tomada de decisão por parte dos atores envolvidos (paciente, cuidador, equipe de saúde e familiares).

Dessa maneira, o sistema pode auxiliar os atores envolvidos, emitindo alertas, informações, mensagens, entre outros, por meio da televisão ou dispositivos móveis integrados ao sistema. A TV Health das Coisas comunica-se com o NextSaúde - uma plataforma de interoperabilidade em saúde baseada no padrão OpenEHR - para compartilhar serviços internos disponíveis (regulação, farmácia, leitos etc.).

A TV Health das Coisas é, portanto, uma arquitetura orientada a contexto (*context-aware concept*), enriquecida com tecnologia da Internet das Coisas (IoT), que através de um STB coleta dados e apresenta alertas e informações processadas e comunica-se com a plataforma NextSaúde através de arquétipos do padrão OpenEHR. Até o momento uma parte desse processo já foi implementada, tal como as notificações dos alertas enviados ao doente e cuidador. A fase seguinte dirá respeito ao envio constante dos dados para a equipe de saúde.

1.1 Motivação para a Dissertação

Cresce cada vez mais a preocupação com os idosos, haja vista o aumento da expectativa de vida. Pergunta-se como é possível essas pessoas terem uma qualidade de vida na velhice se sabemos que, nessa idade, os problemas de saúde são acentuados. A idade provoca condições que impedem a autonomia, aumentam as dificuldades de locomoção, e intensificam a preocupação com remédios, entre outros.

Em muitos casos, cresce o número de internações hospitalares e, consequentemente, os gastos do Estado - que precisam ser mantidos, mas que podem ser mitigados ou melhor aproveitados. Visando enfrentar essa realidade, a comunidade acadêmica começa a se perguntar sobre os cuidados aos idosos no espaço domiciliar.

A linha de pesquisa de computação aplicada à saúde é vista como uma parte importante para a melhoria na qualidade dos serviços prestados na área. Por meio de pesquisas, a comunidade acadêmica possibilitou o avanço no campo da atenção domiciliar, desenvolvendo sistemas inteligentes que auxiliem no tratamento e ajudem os envolvidos.

1.2 Descrição do problema

Tendo em vista o cenário de atenção domiciliar no qual o paciente encontra-se em tratamento e deve ser observado constantemente, se faz necessário um acompanhamento por parte do cuidador, que, ao perceber a piora do paciente realiza algum procedimento e em alguns casos entra em contato com o socorro médico ou a equipe de saúde responsável pelo paciente.

O cuidador, como já afirmado, é geralmente um familiar, amigo, ou profissional remunerado. Não necessariamente detém a formação médica apropriada para a função que desempenha ou não disponibiliza todo o seu horário para o paciente. Do exposto, percebe-se a dificuldade do cuidador de realizar um procedimento médico mais elaborado ou auxiliar o paciente durante 24 horas do dia.

Já a equipe de saúde, devido a não proximidade com o doente, carece de informações prévias para um socorro direcionado ao paciente, diminuindo assim, as chances de sucesso do atendimento realizado.

A partir das observações citadas anteriormente - confirmada na dissertação de Santos (2014) - constata-se que a assistência domiciliar é possível e desejável, desde que alguns obstáculos sejam superados. O auxílio ao paciente, ao cuidador ou, ainda, à equipe de saúde que o acompanha, necessita de soluções eficientes e acessíveis.

1.3 Objetivo Geral

Oferecer uma solução que auxilie, o cuidador, o doente e à equipe de saúde no tratamento do paciente em domicílio, através de tecnologia de Internet das Coisas, da Televisão Digital, *smartphones*, e aplicativos *web*.

1.4 Objetivos Específicos

- Realizar estudo sobre o estado da arte de IoT aplicado a assistência domiciliar à saúde;
- Desenvolver uma arquitetura com tecnologia IoT com foco no paciente;
- Implementar um protótipo que utiliza um *Set-Top Box* (STB) e sensores para monitorar o paciente;
- Desenvolver aplicações interativas para auxiliar o paciente e cuidador;
- Permitir um acompanhamento constante da equipe de saúde ao paciente;
- Facilitar as atividades diárias do cuidador em relação aos procedimentos destinados ao doente;

1.5 Estrutura da Dissertação

O restante da dissertação é dividido em 5 capítulos: Fundamentação Teórica, Trabalhos relacionados, TV Health das Coisas, Aspectos de implementação e Conclusões e trabalhos futuros. No decorrer do trabalho, busca-se detalhar o assunto de modo que o leitor entenda as considerações.

No capítulo 2, são descritos conceitos de Atenção Domiciliar à Saúde, Sistemas Embarcados, Internet das Coisas - (*Internet of Things, IoT*) e Aplicações Sensíveis ao Contexto, separados nas seções Assistência Domiciliar à Saúde, Sistemas Embarcados, Internet das Coisas e Aplicações Sensíveis ao Contexto. Além de descrever os trabalhos sobre a arquitetura Lariisa e a Plataforma OpenIoT.

No capítulo 3 é apresentado o estado da arte de sistemas para a Assistência Domiciliar à Saúde, assim como os trabalhos semelhantes nessa área.

No capítulo 4 são descritos os cenários de ADS em que a arquitetura se mostra relevante. Além disso, é apresentada a visão funcional da TV Health das coisas - com uma descrição da origem da arquitetura - e uma visão de engenharia da solução.

O capítulo 5 aborda detalhes da implementação referente a TV Health das Coisas, tais como o módulo de notificações, módulo de auxílio e módulo de botão de pânico.

Por fim, no capítulo 6 é exposto a conclusão com as considerações finais e os

trabalhos futuros que achamos ser importantes linhas de estudo.

2 Fundamentação Teórica

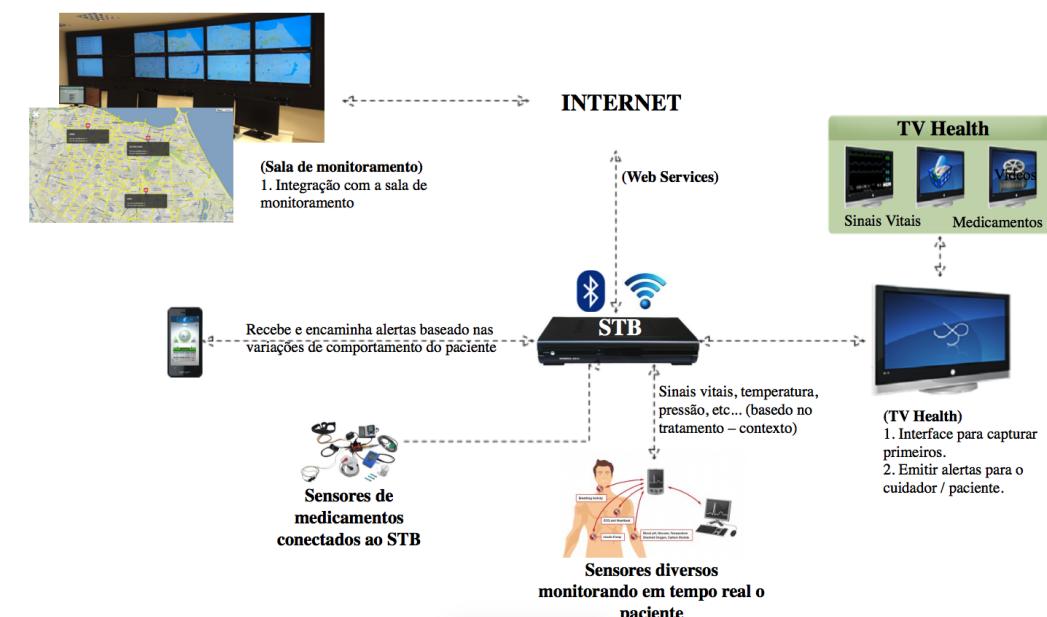
Este capítulo contém a fundamentação teórica necessária para o estudo proposto. Serão apresentadas pesquisas importantes na área, tais como, o projeto Lariisa e a plataforma OpenIoT. Detalha-se ainda conceitos relacionados a aplicações sensíveis a contexto, sistemas embarcados e Internet das Coisas.

2.1 Lariisa

O projeto Lariisa foi proposto por Oliveira et al. (2009) Trata-se de uma arquitetura para tomada de decisão em governança de sistemas públicos de saúde. Trabalhava a ideia de unir cinco domínios de inteligência em saúde: Gestão do conhecimento, Normatização sistémica, Clínico e Epidemiológico, Administrativa e Conhecimento compartilhado.

Esses 5 conceitos deveriam ser implantados, e para isso criou-se quatro componentes necessários para a tomada de decisão: (1) Desenvolvimento de aplicações de tomada de decisão, (2) mecanismos de inferência, (3) informação coletada em tempo real e (4) conhecimento em saúde. Esses quatro componentes convergindo para uma tecnologia sensível a contexto formam o framework Lariisa.

Figura 1 – Aplicação do Lariisa no ambiente domiciliar.



Fonte: Adaptado de Gardini et al. (2015).

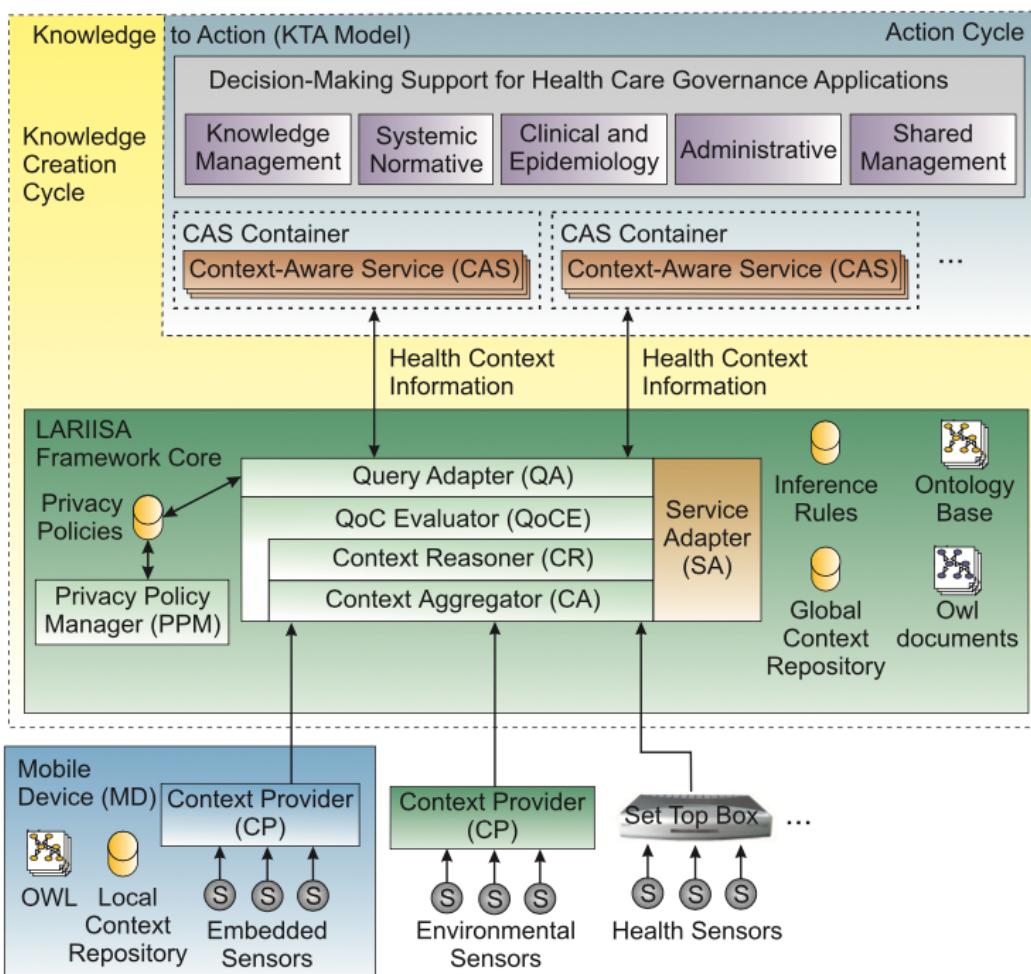
A arquitetura tinha como principal objetivo o desenvolvimento de tecnologia na

borda do conhecimento técnico-científico da saúde coletiva, do planejamento e gestão em saúde pública e saúde da família. Além disso, a tecnologia da informação e mecanismos de inferência que auxiliem a tomada de decisão eram pontos importantes da pesquisa.

Com o avanço dos estudos, Oliveira et al. (2010) propôs uma arquitetura baseada na primeira em que aprofundava os conceitos de contexto e ontologias. Os três principais blocos são: (1) Módulo de inteligência de Gestão na Saúde, (2) Ciclo de criação do conhecimento e (3) Ciclo de ação.

A aplicação do Lariisa no ambiente domiciliar foi um dos estudos de caso que ajudaram este trabalho a ser construído. Na figura 1 percebe-se o STB como ponto principal, recebendo dados dos sensores e em seguida os processando e enviando para a TV, *smartphones* e sistemas *web*. Essa abordagem permite o auxílio aos gestores, equipe de saúde, familiares, cuidador e paciente.

Figura 2 – Arquitetura atualizada do projeto Lariisa



Fonte: OLIVEIRA et al., 2010.

Da arquitetura representada na figura 2, o LARIISA Framework Core é de extrema

importância para esse trabalho. O Context Provider (CP) é responsável pela coleta de dados para o sistema. O usuário entra com os dados e o CP os recebe e trata. Já o Context Agregator (CA) agrupa a informação de vários provedores de contexto. O Context Reasoner (CR) executa os processos de inferência a partir do contexto. Em seguida o QOC Evaluator (QOCE) ou Avaliador de qualidade de contexto é utilizado para melhorar as decisões a serem tomadas.

Já o Service Adapter (SA) é responsável para detectar se determinada informação é relevante para o contexto de saúde diante dos ciclos de (1) criação do conhecimento, (2) tomada de decisão e (3) ações de cuidados de saúde.

2.2 Aplicações Sensíveis ao Contexto

O dicionário Houaiss (2001) define contexto como um conjunto de palavras, frases ou texto que precede ou se segue a determinada palavra, frase ou texto e que contribuem para o seu significado. Podemos entender desta definição que contexto são circunstâncias que acompanham a situação ou determinado fato. A depender do contexto, nos portamos de maneira diferente, como por exemplo: nos portamos de uma maneira no ambiente de trabalho (contexto) e de uma maneira diferente quando estamos na praia (contexto).

Apesar de exemplificar de maneira clara o que é contexto, esse tipo de definição apresentada anteriormente é de difícil aplicação na área da computação. Outras abordagens com definições mais específicas foram surgindo com o passar do tempo. No trabalho de Schilit, Adams e Want (1994) são definidos 3 aspectos importantes para o contexto: (1) onde você está, (2) com quem você está e (3) quais recursos estão próximos. Pascoe (1998) define contexto como um conjunto de estados de interesse conceituais e físicos para uma entidade em particular.

O desenvolvedor precisa identificar se determinada informação é contexto ou não para determinada aplicação em determinado momento. Tomando como exemplo uma aplicação móvel de acompanhamento de um *tour* em um museu a céu aberto, tanto as informações de tempo (clima, precipitação, umidade etc.) quanto as informações de pessoas (quantidades em cada setor) são informações de contexto. Já em locais fechados a informação de tempo não representa uma informação de contexto.

Davies et al. (1999) realizou um trabalho semelhante ao apresentado acima. Foi desenvolvido uma aplicação de guia turístico sensível a contexto para a cidade de *Lancaster* na Inglaterra. A solução combinava computação móvel, comunicação sem fio e sistemas embarcados para prover aplicações interativas (DAVIES et al., 1999).

No sentido de simplificar o desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto, Dey (2001) define “contexto (como) qualquer informação que pode ser utilizada para

caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o usuário e a aplicação”.

É possível, portanto, definir que um sistema computacional é sensível ao contexto se ele fizer uso desse contexto para prover informações ou serviços relevantes para o usuário de acordo com a sua tarefa no momento (DEY, 2001).

No que concerne a assistência domiciliar à saúde, os sistemas sensíveis a contexto podem fazer uso de informações de sensores de saúde (captura de sinais vitais do paciente), sensores de propósito geral (capturas no ambiente), ou ainda sensores virtuais (conjunto de programas cuja função é varrer as redes sociais e extrair informações válidas para determinada situação).

2.3 Assistência Domiciliar à Saúde

Segundo Mello (2008), uma das primeiras instituições voltadas para o cuidado com a saúde foi a fundação da Santa Casa de Misericórdia de Santos, em 1543. A principal atividade era prestar assistência de cunho caritativo a pessoas pobres e desabrigados. Tal estrutura permanece inalterada até o final do século XIX e início do século XX.

Com o Governo Getúlio Vargas, a partir de 1930, ocorre no Brasil o processo de industrialização, que trouxe crescimento rápido e desordenado às cidades, principalmente São Paulo e Rio de Janeiro. As transformações econômicas e sociais resultantes desse processo, a falta de saneamento básico, a pobreza etc. foram motivos para que parte da população reivindicasse mais atenção do Governo em relação aos cuidados de saúde (CARVALHO, 1984).

Carvalho (1984) indica, ainda, que apesar dessa pressão, não existiu uma política de saúde clara por parte das autoridades. Muitas vezes, algumas ações se voltavam para a criação de condições sanitárias mínimas, que se mostravam limitadas frente às reais necessidades da população. Dessa forma, as décadas subsequentes não foram significativas no tocante a uma ampliação dos serviços de saúde oferecidos à população.

Conforme análise de Mello (2008), ainda nos anos 1970, surgem tentativas de universalizar o acesso da assistência à saúde. Alguns programas e sistemas foram iniciados, sendo válido citar o (i) Sistema Único e Descentralizado de Saúde, o SUDS e (ii) o Sistema Único de Saúde, o SUS. Entretanto, em virtude da vigência da ditadura militar, implantada em 1964, que levou o país a vivenciar um estado de exceção, tais propostas não conseguiram se concretizar. Assim, somente no período da redemocratização, ocorrida em meados dos anos 1980, é que o SUS foi criado oficialmente pela Constituição Federal de 1988, Lei

8080/90¹, com o objetivo de garantir à população Brasileira o acesso universal às ações e serviços de saúde.

Paralelo à criação do Sistema Único de Saúde (SUS), ocorreu o avanço tecnológico que alcançou a prática médica, aperfeiçoando com isso a infraestrutura hospitalar. Dessa forma, os hospitais deixaram de ser espaços para abrigarem pobres desamparados e passaram a proporcionar tratamentos mais elaborados. O hospital passa a oferecer procedimentos cirúrgicos, atendimentos de urgência e internações. Isso torna a instituição complexa, com uma atuação de caráter menos íntimo e acolhedor. Além disso, estudiosos começam a identificar a possibilidade de tratamentos e cuidados com a saúde que não estejam, necessariamente, vinculados ao ambiente hospitalar.

Como consequência, surgiram diversas mudanças no atendimento, em que a Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) se tornou uma modalidade disponível.

A Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) divide-se basicamente em grupos de enfermagem e fisioterapia - nas modalidades mais básicas - até um atendimento multiprofissional, possibilitando um apoio ao paciente como um todo. A ADS pode ser provida tanto pelo setor privado quanto pelo setor público (AMARAL et al., 2001).

Os primeiros registros da ADS no Brasil surgem em 1967, na cidade de São Paulo, no Hospital do Servidor Público. O principal objetivo dessa abordagem era a liberação de leitos no hospital, levando para o domicílio procedimentos básicos, de baixa complexidade clínica.

No começo da década de 90, segundo Tavolari, Fernandes e Medina (2000), houve um aumento na quantidade de empresas privadas provendo o serviço de ADS, com atuação de cinco empresas que prestavam esse tipo de serviço. Já em 1999, esse número subiu, consideravelmente: saltou para mais de 180 (TAVOLARI; FERNANDES; MEDINA, 2000).

Amaral et al. (2001) define a ADS como uma sequência de serviços residuais a serem oferecidos depois que o indivíduo já recebeu atendimento primário e prévios. Ou seja: aquele que já recebeu atendimento primário com consequente diagnóstico e tratamento e pode ser acompanhado remotamente.

Amaral et al. (2001) lembram, ainda, que o atendimento domiciliar pode acelerar a recuperação do paciente e promover a redução de custos hospitalares, além de ser uma solução mais humanista para os portadores de doenças crônicas ou de longa duração, frente à hospitalização. Dessa forma, a assistência domiciliar à saúde tem como objetivos principais: (1) humanização no atendimento; (2) maior rapidez na recuperação do paciente, devido à proximidade com os seus familiares; (3) diminuição do risco de infecção hospitalar; (4) otimização de leitos hospitalares para pacientes que deles necessitem; e (5) redução do custo/dia da internação.

¹ Acessível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8080.htm>

2.3.1 Atores envolvidos

Para o entendimento geral da modalidade ADS faz-se necessário separar e explicar a atuação de cada um dos envolvidos. O paciente, para quem está voltado, fundamentalmente, todo o sistema, é aquele que sofre algum problema físico ou mental. A família é responsável por prover um ambiente propício a sua melhora.

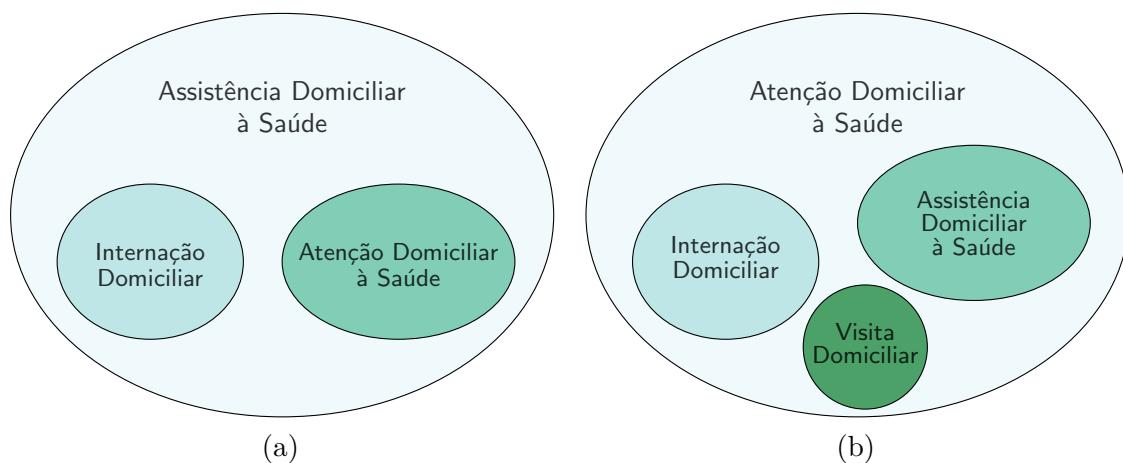
Outra figura importante na atenção ao paciente é a equipe multiprofissional - composta de médicos, enfermeiros, psicólogos, terapeutas, assistentes sociais, farmacêuticos, cuidadores e outros - visando propiciar, através da integração das diversas áreas de conhecimentos, a melhoria efetiva do paciente.

O cuidador, em muitos casos, é um familiar, alguém próximo à família. Também pode ser alguém contratado. Seu papel principal é cuidar do paciente, ajudando nas tarefas diárias como alimentação, lazer, socialização e limpeza do paciente, entre outros (AMARAL et al., 2001).

2.3.2 Terminologia

Apesar de não haver uma definição formal, a Assistência Domiciliar à Saúde pode ser separada em três modalidades, diferenciadas, principalmente, pelo grau de atenção dispensada ao paciente.

Figura 3 – (a) Representação gráfica das categorias defendida por Tavolari, Fernandes e Medina; (b) Representação gráfica das categorias defendida por Giacomozzi.



Fonte: Próprio autor.

É defendido por Tavolari, Fernandes e Medina (2000), que o termo Assistência Domiciliar à Saúde é genérico e referente a todo e qualquer procedimento de saúde realizado em domicílio, não importando o grau de complexidade. Já o termo Internação Domiciliar é aplicado quando, dos procedimentos realizados, o cuidado intensivo e multiprofissional é

perceptível, caracterizando-se ainda pelo transporte de parte da estrutura hospitalar para o domicílio do paciente. O paciente, nesse caso, é categorizado com complexidade alta ou moderada. Já no Atendimento Domiciliar, o paciente encontra-se num estado de menor complexidade médica, e a atenção a ele dispensada pode ou não ser realizada por uma equipe multiprofissional (TAVOLARI; FERNANDES; MEDINA, 2000).

Giacomozzi e Lacerda (2006) faz uma inversão das categorias propostas por Tavolari, Fernandes e Medina (2000) e define Atenção Domiciliar à Saúde como um termo mais genérico, englobando o atendimento, a visita e as internações domiciliares (GIACOMOZZI; LACERDA, 2006). Segundo a autora, a atenção domiciliar representa todo cuidado permanente a saúde, pois os serviços de saúde são oferecidos ao indivíduo e sua família minimizando os efeitos das incapacidades ou doenças, incluindo aquelas sem perspectiva de cura. Já o termo Assistência Domiciliar à Saúde é formado por atividades de cunho ambulatorial, adicionando a essa categorização a modalidade Visita Domiciliar, voltada para verificar a realidade do paciente, além de realizar ações educativas.

A despeito da diversidade de categorização apresentada pelos autores, ao nosso trabalho interessa tanto aqueles pacientes que inspiram maiores cuidados, correndo, inclusive, risco de vida, quanto aqueles que demandam menos preocupações - mas que, invariavelmente, estão sob os cuidados fora do ambiente hospitalar.

2.4 Sistemas Embarcados

Sistemas Embarcados estão inseridos em nossos cotidianos. Aparelhos como *smartphones*, *tablets* - com alto poder de processamento, e produtos comumente encontrados em nossas casas, a exemplo do forno de micro-ondas, geladeiras e máquinas de lavar roupas contém sistemas embarcados. Também são sistemas embarcados os computadores de bordo e controle de freios ABS (*Anti-lock Breaking System*)² em nossos carros. Essa diversidade de aplicações explicita a importância dessa área.

Nos exemplos citados anteriormente temos uma classificação quanto a funcionalidade dos sistemas embarcados. Sua definição, porém, não é simples, nem muito menos taxativa, uma vez que possuem uma grande complexidade em sua composição. Dessa forma, podemos definir, a princípio, sistemas embarcados como qualquer dispositivo/equipamento que disponha de um sistema programável e que seu objetivo não seja o de um computador de propósito geral³ (WOLF, 2012).

² ABS: tecnologia de freio considerada segura pois seu funcionamento impede que, em uma brecha de busca, as rodas deslizem, tornando difícil controlar o veículo

³ Computador de propósito geral é aquele em que é possível executar as mais diversas tarefas, tais como navegar na Internet, escrever documentos, executar jogos etc. Ou seja: não há uma função específica a ser realizada. Pelo exposto, percebe-se a complexidade da definição de sistemas embarcados, uma vez que, muitos deles desempenham funções que antes cabiam apenas ao computador de propósito geral.

Marwedel (2010) define: “Sistemas Embarcados (como) sistemas de processamento de informações incorporados à produtos.”, e, adicionado à esta definição, lista 5 características importantes:

- Segurança: dados confidenciais transmitidos ou recebidos pelo equipamento devem permanecer confidenciais e a comunicação deve ser autêntica;
- Seguro: característica indicativa de que o sistema não causará nenhum dano àqueles que o utilizam;
- Disponibilidade: sistema disponível para executar as funções para as quais foi programado;
- Confiabilidade: probabilidade que o sistema tem de que não falhará em sua execução; e
- Manutenibilidade: caso o sistema venha a falhar, deverá ser consertado em uma determinada janela de tempo.

Além disso, propriedades como sensores coletando informações do ambiente físico e atuadores controlando o ambiente no qual estão inseridos também caracterizam um sistema embarcado (MARWEDEL, 2010).

2.4.0.1 Arquitetura

A literatura divide o sistema embarcado em duas áreas, o *hardware* e o *software*. O primeiro é composto pelas partes físicas do sistema, tal como o processador, memória, interfaces de entrada e saída etc. O segundo é composto pelos componentes lógicos do sistema, ou seja, os programas que irão executar as funções previamente definidas do sistema embarcado.

No processo de *design* do sistema embarcado considera-se, dentro dos requisitos de *hardware*, quais dos processadores disponíveis no mercado atende melhor a necessidade do projeto, assim como é necessário identificar a quantidade de memória a ser utilizada pelo *software*.

Ainda referente ao processo de *design* é necessário determinar quais serão as interfaces de entrada (responsáveis por receber os dados para posterior processamento) e as interfaces de saída (responsáveis por apresentar os dados processados). Em paralelo, os requisitos de *software* são alinhados para que o *hardware* seja melhor aproveitado (WOLF, 2012).

A depender da finalidade do produto, esses requisitos diferem bastante. Por exemplo: o sistema embarcado responsável por controlar uma máquina de lavar é simples (em termos de funcionalidade, processamento, consumo de energia etc.), uma vez que aplica um componente microcontrolador de baixo poder de processamento (tal qual um

microcontrolador PIC⁴ de 16 bits) e um circuito auxiliar para atender as especificações de entrada e saída do sistema, assim como uma possível comunicação com outros sistemas.

Já o sistema embarcado em um *smartphone* realiza diversas funções, tem um alto nível de processamento de dados e consome muita energia. Para atender a estes requisitos, a equipe responsável pelo *design* utiliza vários processadores de alto poder computacional (tal qual processadores ARM⁵), como interface de entrada e saída uma tela sensível ao toque e faz uso, ainda, de diversos sensores para ajudar na usabilidade do dispositivo.

Semelhante aos *smartphones*, o sistema embarcado utilizado neste trabalho, o *Set-Top Box* (STB), processa grande quantidade de dados, além de realizar diferentes funções.

2.5 Internet das Coisas

Nesta seção serão abordados o histórico e o surgimento do termo Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT), definições na literatura, arquiteturas e exemplos de aplicações de IoT nas cidades, na zona rural e na saúde.

2.5.1 Histórico

Ashton (2009) defendeu que a Internet das Coisas tinha potencial para mudar o mundo, assim como a Internet mudou. Desde então pesquisas em diversas áreas, a inovação tecnológica e a atualização de conceitos já existentes, possibilitaram o surgimento da tecnologia Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*).

O termo IoT, apesar de recente remete a estudos realizados no final da década de 1990. Antes de IoT, termos como “computação ubíqua” e “computação pervasiva” eram os tópicos quentes⁶ nas pesquisas acadêmicas.

À época dos estudos, percebia-se o distanciamento ou o desaparecimento da figura “computador pessoal (PC)”, em nosso cotidiano. A tecnologia estava difundida ao ponto do termo “era pós pc” ser encontrado em diversos estudos (BONILLA; PRETTO, 2011; CHEN, 2011; PRESS, 1999) nas áreas de sistemas embarcados e tecnologias móveis.

Além disso, os estudos abordavam a convergência das diversas tecnologias através de: melhoria nos meios de comunicação, melhoria no poder computacional dos sistemas

⁴ Família de microcontroladores desenvolvido e fabricado pela empresa *Microchip Technology* comumente utilizado em sistemas embarcados que não necessitam de muito processamento.

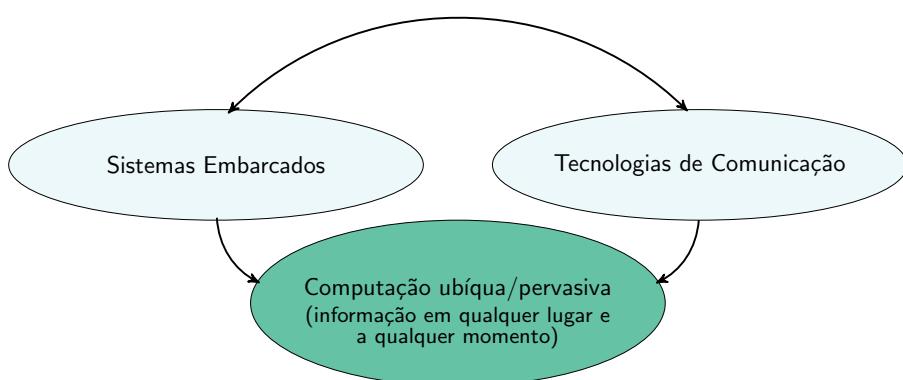
⁵ ARM - *Advanced RISC Machine*. Empresa que desenvolve processadores de arquitetura RISC, comumente utilizados em sistemas embarcados que necessitam de um poder de processamento alto.

⁶ Tópicos quentes são tópicos que estão em relevância na época em questão (final da década de 1990) em que muitos pesquisadores depositam seus estudos.

embarcados, melhoria contínua das baterias etc., proporcionando um ambiente em que seria possível encontrar tecnologia em todo lugar (LYYTINEN; YOO, 2002).

À essa tecnologia “em todo lugar” e ao distanciamento do usuário com o computador pessoal deu-se o nome de computação ubíqua. Weiser (1991), considerado o pai desse termo, antecipou que encontrariamos tecnologia nos diversos objetos do nosso cotidiano, tais como etiquetas de roupas e alimentos, cadeiras, geladeiras, lixeiras, interruptores de luzes etc. Essa previsão de Weiser já se concretizou em vários dispositivos.

Figura 4 – Representação gráfica das influências nas áreas de sistemas embarcados, computação ubíqua/pervasiva e meios de comunicação.



Fonte: Próprio autor.

Muitas vezes, a tecnologia inserida nesses objetos é invisível para o usuário final e essa transparência era defendida por Weiser (1991) para apresentar um outro termo, a “computação pervasiva”, assim definida pelo autor: “(...) criar um computador tão embarcado, tão natural que o usaríamos sem nem pensar sobre ele”. Além disso, computação pervasiva está relacionada à capacidade de dispositivos serem embarcados no mundo físico, obtendo informações do meio para auxiliar na computação, integrando, dessa forma, o ambiente físico e o mundo virtual (BOLSONI; CARDOSO; SOUZA, 2009; ARAUJO, 2003). A figura 4 demonstra a interligação entre as áreas de sistemas embarcados, computação ubíqua e pervasiva com as tecnologias de comunicação.

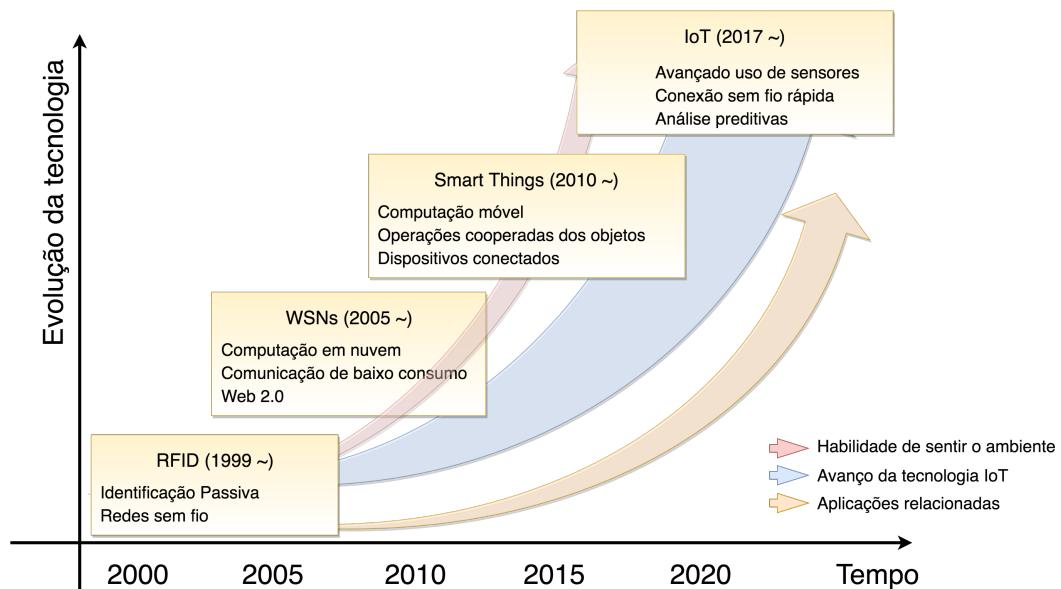
Segundo Hansmann et al. (2013), a computação pervasiva tem 4 princípios fundamentais, detalhados a seguir:

- Descentralização: os diversos dispositivos cooperam entre si e realizam pequenas tarefas e funções, contribuindo para o estabelecimento de uma dinâmica rede de comunicação. Podemos citar como exemplo os diversos dispositivos implantados na casa proporcionando conectividade em toda a extensão do lugar.
- Diversificação: diferente do computador de propósito geral - que proporciona a execução de várias tarefas - cada dispositivo tem um propósito específico

atendendo a necessidades únicas. Podemos citar, como exemplo, um sensor para leitura do nível de oxigênio no sangue, um relógio inteligente que conta quantos passos uma pessoa deu durante o dia etc. Dentro dessa diversidade, cada um desempenha uma função específica.

- Conectividade: os dispositivos devem interagir de maneira transparente e aqueles que são móveis devem mudar entre redes heterogêneas, sem o auxílio de um usuário. A conectividade diz respeito, também, à relação transparente entre dispositivo e usuário;
- Simplicidade: As funções desempenhadas pelos dispositivos devem ser simples e de fácil execução. Existem tipos de dispositivos que não requerem uma interação com o usuário; outros, no entanto, exigem alguma configuração e, nestes casos, a interação deve manter-se simples, capaz de oferecer acesso rápido ao usuário.

Figura 5 – Histórico das tecnologias que fundamentaram o surgimento da *Internet of Things*.



Fonte: Adaptado de Li, Xu e Zhao (2015).

A figura 5 representa uma evolução das tecnologias que fundamentaram o surgimento da Internet das Coisas. Os estudos foram aplicados, inicialmente, em tecnologias como RFID (*Radio Frequency Identification* ou Identificação por rádio-frequência). Essa tecnologia permite a identificação de objetos através de *tags* e leitores. As *tags*, em sua maioria, são do tipo passiva, ou seja, os leitores é que devem emitir a energia necessária para que ela funcione. Há ainda as *tags* ativas - com bateria interna enviando sua identificação periodicamente -;

e semi-passivas, com bateria interna que, no entanto, envia sua identificação quando um leitor se aproxima (WANT, 2006). A aplicabilidade desta tecnologia se dá, principalmente, para identificar e rastrear um objeto.

Em seguida, as Redes de Sensores Sem Fio (*Wireless Sensor Network*, WSN) foram ganhando espaço nos estudos acadêmicos. As redes são constituídas de nós que monitoram o ambiente ou as condições do ambiente em que estão inseridos. Cada nó está conectado a um ou mais nós. Dessa maneira os dados são repassados até um nó principal (nó *gateway*), tornando o dado disponível (LEWIS et al., 2004).

Posteriormente, as *smart things* colaboraram para o surgimento do IoT. Através da computação móvel e de dispositivos conectados foi possível explorar a cooperação entre dispositivos, tais como os *smartphones* e *smartwatches*.

Possibilitado por todo o avanço tecnológico descrito anteriormente e em conjunto com as várias tecnologias, o IoT, através de uma conexão a redes sem fio mais rápida, através de sistemas embarcados menores e com a possibilidade de aplicar análises preditivas aos dados coletados, torna-se realidade.

2.5.2 Definições

Na revisão sistemática sobre IoT, Li, Xu e Zhao (2015), defende IoT como parte da Internet do futuro, sendo constituída de bilhões de “coisas” inteligentes que se comunicam entre si. Já Pretz (2013) define IoT como um conjunto de coisas conectadas por uma rede sem fio e que são capazes de interagir entre si, sem interferência humana. Já Guillemin, Friess et al. (2009) define: IoT permite que pessoas e coisas estejam conectadas a qualquer hora, em qualquer lugar com qualquer coisa e qualquer pessoa usando uma rede de comunicação.

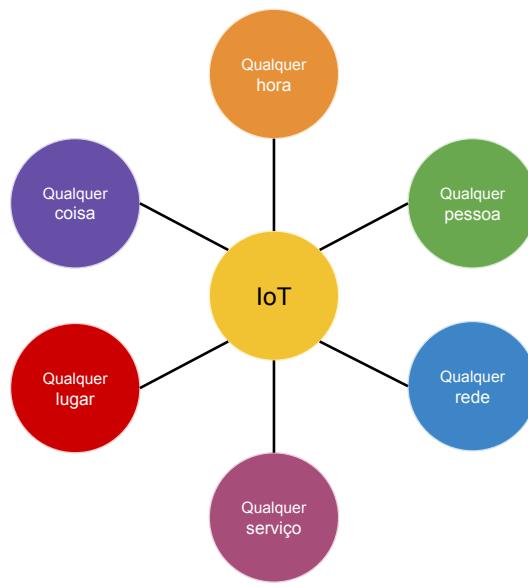
A IoT é um conceito em que o mundo virtual da tecnologia da informação se integra perfeitamente com o mundo real das coisas. A detecção do *status* das coisas através de sensores em adição a coleta e processamento de dados detalhadamente permite que sistemas respondam de imediato a qualquer mudança no mundo físico (UCKELMANN; HARRISON; MICHAELLES, 2011).

Um grupo europeu de pesquisa em IoT definiu: (IoT como) uma parte integrante da Internet do Futuro, tornando-se parte da infraestrutura de uma dinâmica rede global com capacidade de autoconfiguração baseada em padrões e protocolos de comunicação interoperáveis em que “coisas” possuem identidade, atributos físicos e personalidade virtual além de possuírem interfaces inteligentes e estarem integrados com a rede de informação (CERP-IOT, 2009).

Além disso, Guillemin, Friess et al. (2009) espera que as “coisas” de IoT se tornem participantes ativas em processos sociais, de negócio e de informação - preparadas para se

comunicar entre si e com o ambiente. Assim seria possível a troca de dados e informações sobre o ambiente em que estão inseridos ao mesmo tempo que reagem de forma autônoma com o mundo real, possibilitando a criação de serviços com ou sem a intervenção direta de um ser humano.

Figura 6 – Ilustração da definição de IoT.



Fonte: PERERA et al., 2014.

IoT habilita sistemas, portanto, a capturar, armazenar e transmitir dados de modo a crescer a quantidade de áreas atendidas por esse tipo de tecnologia. Alimentação, segurança, indústrias, logística, turismo e armazenamento são algumas das áreas em que a aplicação de IoT é abrangente e traz benefícios (XU et al., 2014).

2.5.3 Aplicações

IoT pode ser aplicado a diversas áreas, porém, os três principais grandes domínios que o IoT está sendo aplicado são: (1) cidades inteligentes, (2) indústria e (3) saúde.

Cidades inteligentes englobam, por exemplo, tópicos como mobilidade urbana inteligente e turismo inteligente. Através do monitoramento do tráfego será possível oferecer novas rotas de deslocamento, compartilhar modais (bicicletas, ônibus, metrô e carros) para alcançar o destino rapidamente e sugerir rotas alternativas para bombeiros, policiais ou serviço de emergência em saúde. As vegetações nas praças urbanas podem ser irrigadas de acordo com a presença ou não das chuvas. A iluminação das vias públicas podem ser acionadas apenas quando na presença de pessoas. Assim como o turismo, que também pode ser beneficiado através de melhores meios de transporte na cidade.

Smart grid é um outro tópico ligado a cidades inteligentes. Através das aplicações nesta área será possível identificar falhas na rede elétrica em tempo real e proporcionar melhores prestações de serviço aos usuários. Casas e prédios inteligentes entram nessa categoria também.

Ligado a estes tópicos, casas inteligentes têm sido uma área de aplicação de IoT bastante ativa. Através de sensores e interfaces de comunicação, os objetos da casa ganham novas funções. A patente de Yang (2005) registra uma lixeira inteligente que abre sua tampa de acordo com a proximidade do usuário. Já a pesquisa de Wang, Wang e Hou (2013) demonstra a utilização de sensores em uma geladeira. A partir de um sistema de gerenciamento da geladeira é possível ter informações das comidas e recomendar receitas para o usuário de acordo com os alimentos disponíveis, além de verificar quais itens estão próximos do final da validade ou faltantes e gerar uma lista de compras personalizada.

A área da indústria será também uma das mais beneficiadas com as aplicações em IoT. São tópicos de relevante interesse, agricultura e pecuária, logística e processos industriais em geral. O rastreio e identificação do animal pode ser auxiliado pelo IoT, assim como o plantio de monoculturas, monitoramento e irrigação. Até mesmo o armazenamento dos grãos pode ser acompanhado em tempo real. Nos processos industriais o IoT pode auxiliar em todo o processo de produção de veículos, por exemplo.

O domínio da saúde listado anteriormente tem os seguintes tópicos principais: cuidados médicos e de saúde e vida independente para idosos e doentes, este último, aliás, está intimamente ligado a este trabalho e é um dos tópicos mais estudados, tendo como base IoT e cuidado da saúde.

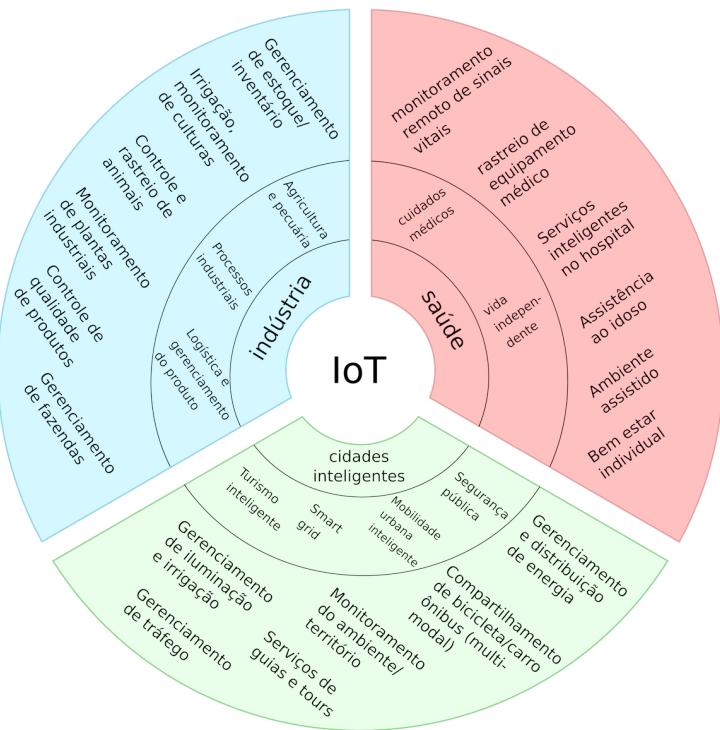
Os ganhos para os idosos são perceptíveis, o IoT visa possibilitar um ambiente onde ele tenha assistência sempre que precisar. Através do monitoramento de sinais vitais e do comportamento diário é possível inferir sobre o estado de saúde do idoso. A captura de sinais vitais pode ajudar, ainda, no diagnóstico de uma doença ainda por vir.

Por exemplo, os dispositivos *smartphones* e *smartwatches*, sensores de saúde e até mesmo roupas inteligentes permitem que o indivíduo que os carrega tenha um poder computacional que o permita utilizar serviços que um computador oferece, independentemente da sua localização (ARAUJO, 2003).

A área de atendimento domiciliar, portanto, é uma importante área de aplicação de IoT. Segundo Xu et al. (2014), IoT é adotado para melhorar a qualidade do serviço e reduzir custos. Um número cada vez maior de sensores de saúde e dispositivos capazes de capturar sinais vitais do paciente estão surgindo, possibilitando um monitoramento do paciente em tempo real.

O gráfico da figura 7 ilustra o que foi descrito anteriormente de forma circular o que remete a interoperabilidade entre as áreas citadas.

Figura 7 – Ilustração das áreas em que o IoT poderá atuar e suas conexões.



Fonte: Adaptado de Gil et al. (2016).

2.6 Plataforma OpenIoT

Com o intuito de tratar a grande quantidade de dados provenientes de todas as “coisas”, os grupos de pesquisa estudaram e desenvolveram *middlewares* com as mais diversas características. Desse grupo destacam-se as soluções: (1) Kaa⁷, (2) Thingsboard⁸ e (3) OpenIoT⁹.

Dos três listados anteriormente, este trabalho verificou que a plataforma OpenIoT foi a que mais contribuiu, em termos de ideias, conceitos e arquitetura para a solução proposta. Apesar de apresentarem casos de uso para cidades inteligentes, indústria e até mesmo cuidados de saúde, não foi encontrado na literatura tal documento que indique o mesmo para as outras duas abordagens.

Constatamos, portanto, que o OpenIoT - uma plataforma mantida pela União Europeia para Pesquisa e Inovação (FP7 - *European Union's Research and Innovation*) - tem como objetivo principal a implantação de uma infraestrutura de *middleware* capaz de integrar soluções de Internet das Coisas.

⁷ Kaa é um middleware para IoT disponível em <<https://www.kaaproject.org>>

⁸ Thingsboard é uma plataforma que permite o monitoramento e controle dos dispositivos IoT, disponível em <<https://thingsboard.io>>

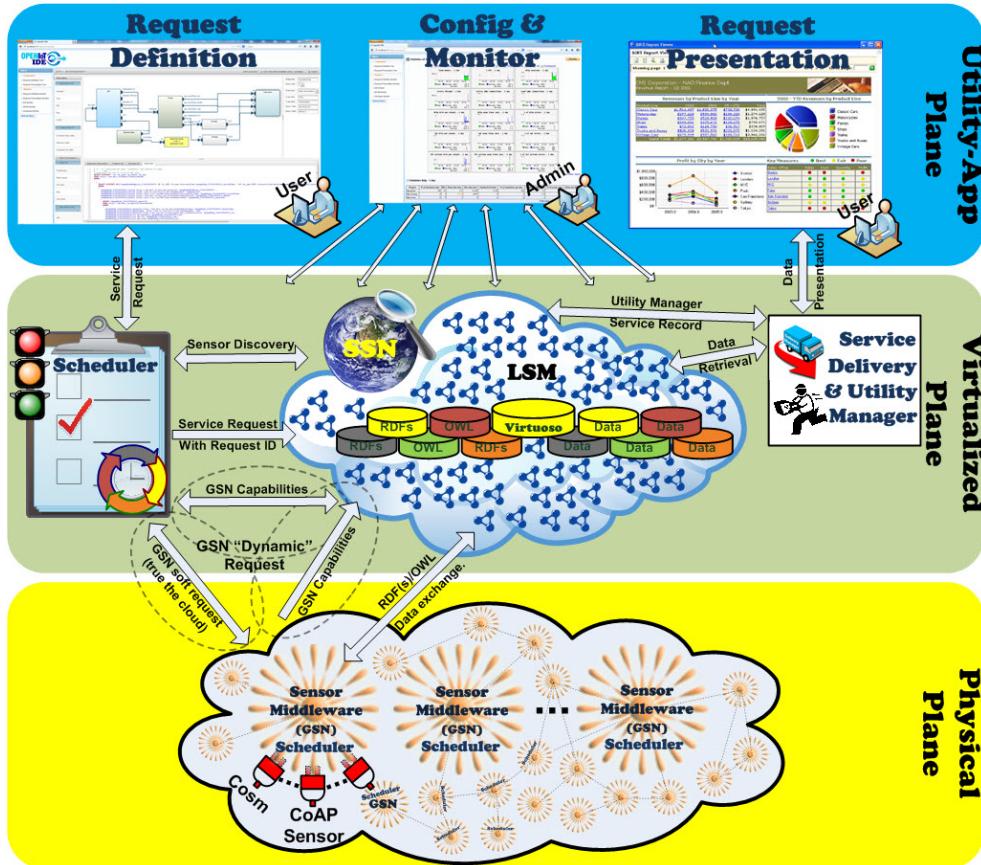
⁹ OpenIoT está disponível em <<http://www.openiot.eu/>>

O projeto enfatiza a convergência de Internet das Coisas e computação em nuvem, habilitando esses dois tópicos através de interoperabilidade semântica e dados ligados (*Linked Data*), desse modo, torna-se possível fornecer aos interessados uma “nuvem de coisas”.

A plataforma conta ainda com uma ontologia para padronizar a representação de sensores físicos e virtuais. Além disso, o *middleware* facilita a coleta de dados e garante o entendimento semântico da informação proveniente do sensor. Por fim, é pontuado no estudo a habilidade da plataforma de lidar com sensores móveis, possibilitando que uma série de aplicações sensitivas enviem dados para a plataforma.

OpenIoT foi arquitetado com 3 grandes seções: Aplicações e Utilitários, Plano virtualizado e Plano físico. A figura 8 ilustra as seções, seus módulos e suas conexões. Em seguida é detalhado as partes que compõem a plataforma OpenIoT.

Figura 8 – Arquitetura plataforma *OpenIoT*



Fonte: SOLDATOS et al., 2015.

A área de Aplicações e Utilitários é composta por três módulos. O principal objetivo desses módulos é permitir que o usuário final possa visualizar os dados (*Request Presentation*) comunicando-se diretamente com o módulo *Service Delivery and Utility*

Manager. Já o módulo *Request Definition* permite que o usuário defina um conjunto de requisições a serem executadas pela plataforma OpenIoT. Por fim, o módulo *Configuration and Monitoring* permite que o administrador do sistema tenha uma visão de gerenciamento e configuração das funcionalidades dos sensores conectados a plataforma.

A camada do meio, nomeada de Plano virtualizado, também contém três módulos. O *Scheduler* agenda as requisições definidas no módulo *Request Definition*, além disso, realiza constantes requisições a procura de novos sensores a serem adicionados a plataforma OpenIoT. Já o módulo *Linked Stream Middleware* é responsável por persistir os dados dos sensores, é neste módulo que os dados são guardados de acordo com a semântica deles. As configurações e informações gerais referentes ao funcionamento do OpenIoT são guardados também nessa camada. Por fim, o *Service Delivery and Utility Manager* é responsável por consultar no banco de dados e retornar essa consulta para o módulo *Request Presentation*.

A terceira camada, Plano Físico, é composto por um módulo apenas. O *Sensor Middleware* é responsável pela aquisição dos dados de sensores reais ou virtuais. Ele atua como um *gateway* entre o mundo real e o virtual (plataforma OpenIoT). Se comunica diretamente com o *Linked Stream Middleware* possibilitando a persistência dos dados.

Percebe-se, através da descrição dos módulos, que a arquitetura está bem estruturada e que cada módulo tem seu papel definido. Além disso, a possibilidade de interoperabilidade semântica e *Linked Data* é um atrativo para a plataforma. A captura de dados tanto de sensores reais quanto sensores virtuais garante uma grande quantidade de dados. Por outro lado, apesar da documentação garantir que o usuário não precisa ser do meio técnico, é necessário bastante conhecimento da plataforma para a correta utilização.

3 Trabalhos relacionados

Neste capítulo serão apresentados os trabalhos relacionados à pesquisa. Na seção 3.1 é descrito o estado da arte dos sistemas de atenção domiciliar à saúde. Na seção 3.2 apresenta-se outras propostas semelhantes a arquitetura TV Health das Coisas.

3.1 Estado da arte

O trabalho de Koch (2006) é uma leitura do estado atual e dos tópicos mais estudados em relação a atenção domiciliar. Segundo KOCH, esta é uma das áreas que mais cresce nas pesquisas. O intuito de diminuir custos, permitir que o indivíduo tenha mais controle sobre seu estado de saúde e a preferência de envelhecer em casa e próximo de seus familiares faz com que a área esteja em alta. Alinhado a isso, o rápido crescimento da tecnologia da informação e da comunicação auxilia a melhoria de serviços na área.

Palavras-chave como “*home monitoring*”, “*home telemedicine*” , “*information systems and home care*” estão no topo de uma lista de termos buscados pela pesquisadora. Dentre os trabalhos publicados, grande parte encontra-se nos Estados Unidos da América, Reino Unido e Japão. Adicionado a isso, os estudos publicados têm como foco pacientes com doenças crônicas ou idosos.

É possível extrair do trabalho, ainda, que as linhas de pesquisas, a partir de 2000, envolvem casas inteligentes e sensores vestíveis - principalmente para detecção de quedas. Técnicas e soluções para vídeo consultas é um tópico importante para a área. Outros tópicos importantes negligenciados pelos trabalhos são as padronizações para comunicar sistemas incompatíveis e a falta de guias práticos para criação de casas com potencial atendimento em atenção à saúde à distância. A área de segurança de dados também cresce com o intuito de garantir a privacidade e confidencialidade dos dados previnindo questões legais e éticas.

A revisão sistemática de Paré, Jaana e Sicotte (2007) sobre tele monitoramento de pacientes com doenças crônicas apresenta como resultado estudos que obtiveram sucesso em detecção antecipada de doenças. Corroborando assim, com o estudo realizado por Koch (2006).

3.2 Outras propostas

O trabalho de Isern et al. (2011) (TS-1) descreve uma arquitetura descentralizada baseada em agentes para o *home care*. A arquitetura é dividida em três camadas: (1) Ca-

mada de conhecimento, representando um Registro Eletrônico de Saúde¹ (RES), ontologias e bancos de dados de atividades que podem ser realizadas por outros atores descritos no sistema. (2) Camada de abstração de dados é responsável por recuperar os dados de fontes e tecnologias diferentes, como por exemplo os dados das ontologias, de RES e de base de dados relacionais. Esta camada é uma espécie de *middleware*. (3) A camada baseada em agentes contém a interface *web* que os atores (equipe de saúde e pacientes) utilizam para interagir com o sistema. Além disso conta com os agentes, que são entidade que agem de maneira semi automática no sentido de realizar diversas tarefas do sistema.

O trabalho, no entanto, não explica de que maneira será possível acompanhar o doente no seu dia-a-dia, além de não aplicar ou permitir, na descrição da arquitetura, que haja um acompanhamento constante.

A arquitetura funcional descrita no trabalho de Capozzi e Lanzola (2010) (TS-2), envolve a criação de duas áreas de interesse. Parte da arquitetura é chamada de “Unidade de tratamento remoto” (*Replace Care Unit (RCU)*), responsável pela interação do usuário com o sistema. O sistema está implantado no centro de tratamento e é chamado de “Unidade Central de Tratamento de Saúde” (*Health Care Center Unit - HCCU*). Nesta camada estão descritos os sistemas utilizados pela equipe de saúde que acompanha o doente.

Além de usar dispositivos médicos para adquirir os sinais vitais, o trabalho enfatiza, ainda, a solução criada para melhor obter os dados médicos do paciente. Foi utilizado reconhecimento de voz através de ligações para um módulo implantado no HCCU. Na comunicação entre essas partes, trafegam, ainda, alertas, lembretes, informações para alimentar o RES do paciente e informações das atividades diárias do doente.

Do ponto de vista computacional, Capozzi e Lanzola (2010) optaram por uma arquitetura baseada em agentes, entre eles, um servidor, responsável por ser um ponto de encontro dos agentes móveis - (computadores de propósito geral ou *smartphones* para repassar os dados adquiridos pelos dispositivos). Há ainda, nos agentes móveis, espaço para a utilização de domínios de conhecimentos através de ontologias.

Apesar da inovação ao utilizar reconhecimento de voz para realizar a aquisição de dados, o trabalho não faz nenhum estudo relacionado a usabilidade dessa solução no cotidiano do doente. Além disso, não ficou claro se os dados coletados trafegam dentro do sistema através de um protocolo conhecido e aberto, o que permitiria que o sistema se comunicasse com outros sistemas de saúde.

O trabalho de Bajo et al. (2010) (TS-3) descreve a solução THOMAS (*MeTHods, Techniques and Tools for Open Multi-Agent Systems*). Uma arquitetura modular composta por serviços. Ela é dividida em três camadas: Facilitador de Serviços, Sistema de Geren-

¹ Documento estrutural responsável por manter um conjunto de informações de saúde e assistência de um paciente durante toda a sua vida.

ciamento Organizacional e Núcleo da Plataforma. O Facilitador de Serviços age como um *gateway* para que outras partes do sistema tenham acesso e para que duas entidades possam se comunicar, permitindo a utilização de um serviço. O sistema de Gestão da Organização é responsável pelo ciclo de vida de uma organização. Para o sistema, uma organização pode ser, por exemplo o atendimento em domicílio e é estruturado por meio de unidades. A unidade de alerta, unidade de tratamento, unidade de localização etc. No Núcleo da Plataforma é onde reside os serviços necessários para uma arquitetura multi-agente, permitindo que vários agentes se comuniquem entre si.

O trabalho de Costa et al. (2012) (TS-4) descreve uma plataforma de três camadas. A camada de baixo nível de nome “Aquisição de dados e processamento”, realiza funções básicas de sistemas de monitoramento, coleta e processamento de dados dos sensores. A camada intermediária chamada de “Detecção de atividades” tem o propósito de detectar atividades humanas a partir dos dados coletados na primeira camada. A camada “Agendamento e tomadas de decisão” provê agendamento de alertas, consultas etc. além de servir de interface para o restante do sistema.

A aquisição de dados dar-se prioritariamente a partir de câmeras. Outra fonte de dados são os *smartphones*. A camada intermediária utiliza algoritmos de visão computacional para detectar atividades do dia-a-dia, repassando estas informações para a terceira camada. O agendamento utiliza as informações das outras camadas para realizar suas ações.

Apesar do descrito, o trabalho não informa se há a utilização de outros sensores no ambiente que não as câmeras e os *smartphones*. Também não deixa claro quais técnicas são utilizadas para o agendamento e as tomadas de decisão.

O trabalho de Palumbo et al. (2014) (TS-5) mostra a infraestrutura de redes de sensores necessária para atender um ambiente de atenção domiciliar. Sensores de saúde são utilizados no intuito de monitorar o paciente continuamente. Com isso, o sistema pode emitir alarmes referentes a possíveis problemas eminentes ou a longo prazo (de acordo com os dados coletados). Adiciona-se a essa abordagem um *middleware* com padrão OSGi² e uma aplicação sensível a contexto.

Neste trabalho, além do *middleware*, há uma infraestrutura de software composta de serviços responsáveis por interligar várias funcionalidades, tais como o serviço de armazenamento, responsável por persistir os dados remotamente e o monitoramento inteligente que permite o acesso ao reconhecimento de atividades e ao contexto. O sistema permite, ainda, uma visita remota a partir da utilização de um robô.

Apesar de não aparecer explicitamente os termos “computação ubíqua” ou “Internet das Coisas”, percebe-se a tentativa de utilizar técnicas e tecnologias referentes a estes

² OSGI - *Open Services Gateway initiative*. Descreve um padrão aberto para especificações que definem um sistema dinâmico de componentes para Plataforma Java.

assuntos. A proposta espera que o paciente esteja sempre próximo de um *smartphone* que é usado como *gateway* para o restante do sistema na nuvem. No entanto, não há uma abordagem na utilização de técnicas de inferência como aprendizagem de máquinas ou ontologias.

Spinsante e Gambi (2012) (TS-6) apresentam uma arquitetura sem fio centrada no domicílio para monitorar a saúde do paciente. Através dela o usuário tem pouca ou nenhuma interação com os dispositivos médicos, facilitando assim a utilização do sistema pelos idosos. A proposta utiliza um *framework* OSGi para lidar com os dispositivos médicos e uma aplicação interativa instalada no *Set-Top Box* (STB) conectado a tela da TV.

Além disso, um serviço na nuvem recebe os dados adquiridos pelos sensores. O *gateway* é a figura central da arquitetura proposta, ele é responsável por receber os dados dos sensores de saúde através da tecnologia *bluetooth* e transmiti-los para um repositório virtual na nuvem. Já as aplicações interativas instaladas no STB tem acesso aos dados através de uma API. A aplicação remota disponibiliza os dados através de uma interface *web*, que pode ser acessada pela equipe médica.

O trabalho não esclarece, no entanto, qual dispositivo desempenhará o papel do *gateway*, podendo ser um *tablet*, um *smartphone* ou um *Personal Digital Assistant* (PDA). Além disso, não utiliza nenhum tipo de inferência ou inteligência no sistema para que se possa alertar o paciente ou a equipe de saúde sobre uma possível anomalia.

Niiranen et al. (2002) (TS-7) utiliza a melhoria tecnológica proveniente da mudança da TV analógica para a TV digital para a criação da “TV Digital para cuidados médicos”. Focando na funcionalidade interativa da televisão digital, o trabalho cria uma aplicação para *Set-Top Box* (STB). O usuário faz uso da aplicação através do controle remoto, entrando com valores das medições realizadas por ele ou um cuidador.

Além de serem apresentados na tela da televisão, os dados são salvos em um banco de dados para posterior processamento. Este trabalho foca na parte técnica da televisão digital e na interação que ela proporciona, não mencionando termos como sensores, informações de contexto ou inteligência artificial.

O trabalho de Chan, Ray e Parameswaran (2008) (TS-8) aborda a criação de um ambiente de monitoramento remoto baseado em sistemas de tecnologia da informação modernos. Para isso, uma arquitetura de vários agentes para dispositivos móveis foi desenvolvida. A arquitetura permite a coleta de dados e posterior recomendações para pacientes e equipe de saúde. A solução é dividida em 3 áreas de comunicação: (1) *Body Area Network* (BAN), responsável pela comunicação entre os sensores médicos com comunicação *bluetooth* e o dispositivo móvel do paciente, (2) *Personal Area Network* (PAN), responsável pela comunicação do dispositivo móvel (*smartphone*) com a rede de telefonia móvel (3G/4G) em que um agente é responsável por enviar para o servidor na nuvem os dados através de

webservices, (3) *Wide Area Network* (WAN) permite que a equipe de saúde acompanhe o estado do paciente através de um dispositivo móvel ou um computador de propósito geral (interface *web*).

Apesar da descrição com viés para a tecnologia de telecomunicação, Chan, Ray e Parameswaran (2008) apresentam características que encontramos em trabalhos descritos anteriormente, tais como: sensores médicos, monitoramento remoto e acompanhamento por parte da equipe de saúde. Tópicos como sistemas inteligentes, aplicações sensíveis a contexto e TV digital, no entanto, não entram no escopo do trabalho.

3.3 Comparação entre soluções

A tabela 1 a seguir apresenta um comparativo simplificado do que foi exposto na seção anterior. O termo TS refere-se a “trabalhos semelhantes” enquanto que o termo SP refere-se a “solução proposta” neste trabalho.

Tabela 1 – Resumo das características das soluções semelhantes apresentadas anteriormente.

| Características | Trabalhos semelhantes | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 | TS 5 | TS 6 | TS 7 | TS 8 | SP |
| IoT | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ |
| TV Digital como meio de interação? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ |
| Sistema sensível a contexto? | - | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | - | ✗ | ✗ | ✓ |
| Monitoramento por sensores? | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ |
| STB como hub? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| Camada de inteligência? | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| Segue padrões abertos? | - | ✗ | - | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ |

Fonte: Próprio autor.

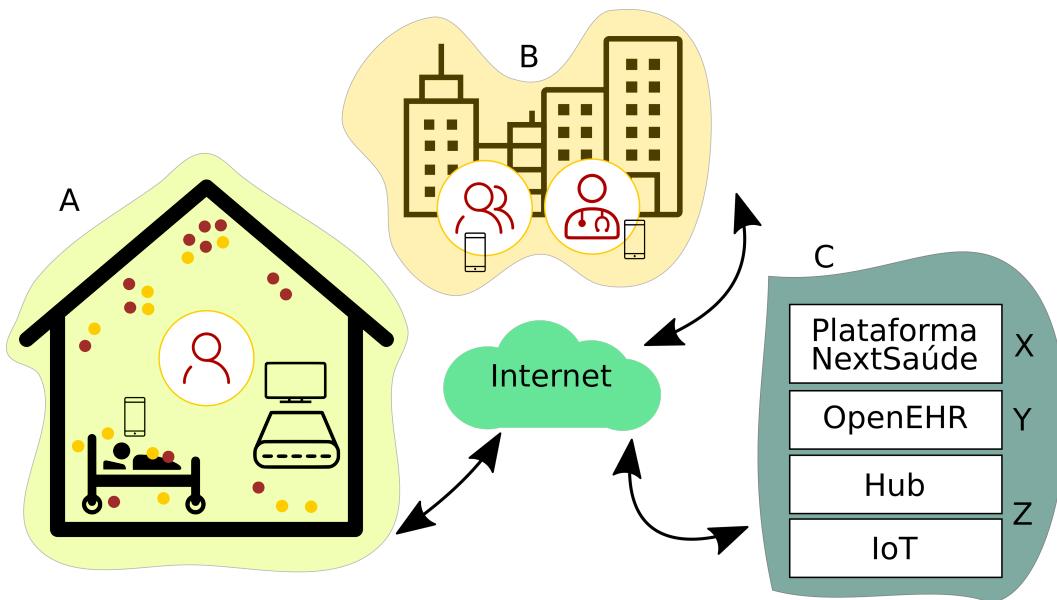
4 TV Health das Coisas

Neste capítulo será descrito a principal contribuição do trabalho. Composto pelo cenário de utilização da solução proposta, a visão arquitetural e a visão de engenharia da arquitetura.

4.1 Descrição de cenários

A figura 9 representa, de maneira genérica, o cenário base para a aplicação da solução. Nela podem ser verificados três ambientes. O ambiente A diz respeito ao domicílio do paciente. Já o ambiente B diz respeito aos atores móveis, tais como, equipe de saúde, parentes, amigos etc. O ambiente C representa os serviços disponibilizados pela solução.

Figura 9 – Visão geral dos cenários abordados.



Fonte: Próprio autor.

4.1.1 Ambiente A

O ambiente A representa o domicílio do usuário, seus atores locais (paciente, visitantes e cuidador e/ou parentes), os equipamentos responsáveis por realizar a aquisição dos dados, o *Set-Top Box* (STB) (*gateway*), a televisão e outros dispositivos capazes de apresentar dados e informações úteis para a assistência domiciliar à saúde.

Neste ambiente, um dos atores é o paciente, o monitoramento constante proporcionado pela tecnologia nos permite acompanhar com mais clareza a situação do doente.

A partir do monitoramento é possível alertar à equipe de saúde (Ambiente B) sobre alguma situação incomum. É possível também lembrar ao paciente a necessidade de tomar determinado remédio em um horário específico.

O cuidador também tem papel importante na recuperação ou no cotidiano do paciente. A tecnologia, portanto, inserida neste ambiente tem função de ajudar este ator. O sistema pode enviar mensagens no intuito de auxiliar o cuidador no que concerne ao tratamento para com o paciente ou idoso, informando como lidar com determinada situação ou simplesmente relembrá-lo da agenda diária do paciente, como por exemplo atividade física, encontro com amigos etc.

Os familiares e visitantes, figuras constantes em um ambiente domiciliar, também podem ser informados sobre um fato novo na agenda do doente, algo inusitado ou ainda uma situação de urgência/emergência.

Nesse sentido, podemos inserir no ambiente domiciliar um conjunto de dispositivos dotados de sensores com o intuito de captar eventos no domicílio. Os eventos captados contribuem com informações de contexto para a arquitetura. É possível a utilização de sistemas para captar os sinais vitais do paciente, tais como nível de oxigênio no corpo, batimentos cardíacos, temperatura corporal etc. Outros tipos de sensores podem ser implantados para captar informações do ambiente, disponibilizando assim informações de contexto para o sistema, tais como ruído sonoro nos cômodos, presença dos atores no domicílio, temperatura ambiente etc. Os sensores médicos e sensores gerais caracterizam um ambiente com tecnologia de Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), uma vez que os dados coletados poderão ser utilizados para análises preditivas.

O STB, equipamento que tinha como principal função o recebimento do sinal televisivo, seu processamento e a exibição do sinal na tela, ganha novas funcionalidades a partir do momento em que aumentamos seu poder de processamento e o conectamos à Internet. Os dados coletados pelos sensores são, então, repassados ao STB, que os processa, os apresenta através da tela do televisor ou ainda através de *smartphones* conectados ao sistema.

Para exemplificar o ambiente descrito anteriormente, esta subseção traz simulações (situações fictícias) do doente em cenários que a solução proposta nesta dissertação pode auxiliar.

4.1.1.1 Doente sozinho

Luísa, aposentada, 75 anos, vive sozinha em seu apartamento. Infelizmente, Luísa sofre de uma doença crônica e seu médico recomenda caminhada uma vez ao dia, durante 30 minutos. Além disso, foi prescrito à Luísa alguns medicamentos necessários para evitar as dores - cada um deles deveria ser ingerido em horários específicos.

Através do *Set-Top Box* (STB) acoplado à televisão e conectado à Internet, é possível enviar à Luísa avisos e notificações lembrando de suas atividades diárias - como por exemplo, a caminhada de 30 minutos recomendada pelo médico além do medicamento a ser ingerido.

Através da leitura de sinais vitais, proporcionada pelos sensores médicos, e conectados ao STB, será possível enviar leituras de sinais vitais específicos de Luísa para o médico que a acompanha. Assim, Luísa poderá receber tratamento diferenciado ou comparecer a uma consulta de maneira antecipada caso seja detectado a necessidade para tal.

Esta simulação, portanto, exemplifica uma aplicação prática do sistema proposto.

4.1.1.2 Doente com um familiar

Roberto é autônomo, trabalha em casa consertando televisores e mora com sua filha de 16 anos. Apesar do constante contato com os televisores, em seu momento de descanso, assiste aos seus programas favoritos.

Certo dia, Roberto não se sente bem e se deita. Tendo instalado a sua televisão o STB com as aplicações da solução proposta ele conta com a disponibilidade de diversas funcionalidades que podem auxiliá-lo neste momento. Poderá, por exemplo, acessar uma das aplicação através do controle remoto. A aplicação apresenta um conjunto de imagens na tela da televisão, cada uma exemplificando um sintoma. Usando o controle remoto, seleciona os sintomas que melhor exemplificam o que está sentindo. Essa informação é processada e, em seguida, a aplicação apresenta uma notificação contendo uma segunda opinião, informando também a necessidade de se apresentar a um médico. É importante ressaltar que o sistema não oferece ou indica nenhum tipo de medicamento.

É possível ainda que a aplicação sugira, em determinados casos, procedimentos a serem realizados no paciente, momento em que a filha de Roberto teria o papel de cuidadora informal ao realizar tais procedimentos. A aplicação guiaria o cuidador informal em um processo passo a passo. Nesta simulação, percebe-se a importância de contar com um dispositivo que auxilie o cuidador e o paciente em situações de risco à saúde.

4.1.1.3 Doente com um cuidador profissional

Dona Clélia, aposentada, contratou um cuidador profissional para acompanhar seu marido, Francisco. Infelizmente, Francisco sofre da doença de Parkinson. Por conta do seu contrato, o cuidador fica na casa apenas nos horários da manhã e tarde e de sobreaviso durante a noite.

Sabendo que o casal de idosos utiliza a solução proposta neste trabalho, e sendo o cuidador ciente das necessidades do doente, o cuidador poderá receber em seu celular

ou acompanhar através da televisão, um auxílio para a realização de um procedimento inerente a um paciente com Parkinson, ou ainda, o *status* das atividades diárias.

4.1.2 Ambiente B

O ambiente B diz respeito aos atores móveis do cenário geral. Os atores externos são a equipe de saúde, os familiares e amigos do paciente. Estes três tipos de atores estão em constante movimento e não visitam o doente frequentemente. Nesse sentido, o sistema disponibiliza meios para que fiquem a par da situação do paciente.

Estando os atores com um *smartphone* e este dispositivo conectado ao sistema, é possível receber alertas relacionados ao paciente. Os alertas podem envolver desde o *status* atual do doente, considerações acerca do cuidador até mensagens de cunho emergencial.

Já através da interface *web*, os atores mais beneficiados são a equipe de saúde e os familiares, pois eles têm acesso a informações mais detalhadas do paciente através desta forma de visualização de dados. Nesse modelo, os dados apresentados vão desde a leitura de alguns sensores instalados na casa até a visualização de sinais vitais do paciente.

4.1.2.1 Doente em situação de emergência

Maria é dona de casa e passa suas manhãs organizando e limpando a casa. Apesar de todo esse apreço pela casa, Maria não se cuida e, além de ser hipertensa, esquece de tomar seu remédio em algumas ocasiões.

Certa manhã, após preparar o almoço, Maria senta-se para assistir televisão - que conta com o STB com a solução proposta. Passado alguns minutos, ela sente uma forte dor no peito seguido por um desconforto no braço esquerdo. Neste momento, Maria certa de que precisa de ajuda, pode acionar no controle remoto o "botão de pânico".

A aplicação percebe o acionamento e toma algumas medidas, tais como, enviar mensagens de socorro através de SMS ou através de serviços de mensagens pela Internet para a equipe de saúde, para os amigos e familiares. Por fim, a aplicação pode enviar uma notificação para ser exibida na televisão no sentido de tranquilizar o usuário.

Além disso, os sensores médicos utilizados por Maria auxiliam os atores externos (equipe de saúde, familiares e amigos) a tomarem as medidas necessárias para o melhor atendimento de Maria. Em determinados casos, é possível, ainda, que a aplicação envie, através de notificações, sugestões de medidas a serem tomadas enquanto o socorro médico não chega.

4.1.3 Ambiente C

O ambiente C aborda de forma geral os serviços oferecidos e de que forma eles se relacionam com a parte A e B. Podemos descrever a parte C a partir de uma leitura *bottom-up* da figura 9.

No subitem Z pautamos a Internet das Coisas ou *IoT* e o *hub*. A partir desses dois blocos será possível realizar a aquisição de dados dos sensores médicos conectados ao paciente e sensores instalados no domicílio (ambiente A), proporcionando um monitoramento constante dos atores envolvidos, o que é ideal para uma situação de assistência domiciliar. Este serviço fará uso de tópicos apresentados na plataforma *OpenIoT* (seção 2.6 na página 43).

O subitem Y representa o bloco em que é feita a integração dos dados adquiridos à plataforma NextSaúde (subitem X). Para isso, utiliza-se o padrão OpenEHR. Sua função é permitir que outros sistemas de saúde se comuniquem de maneira transparente e com o menor esforço técnico possível.

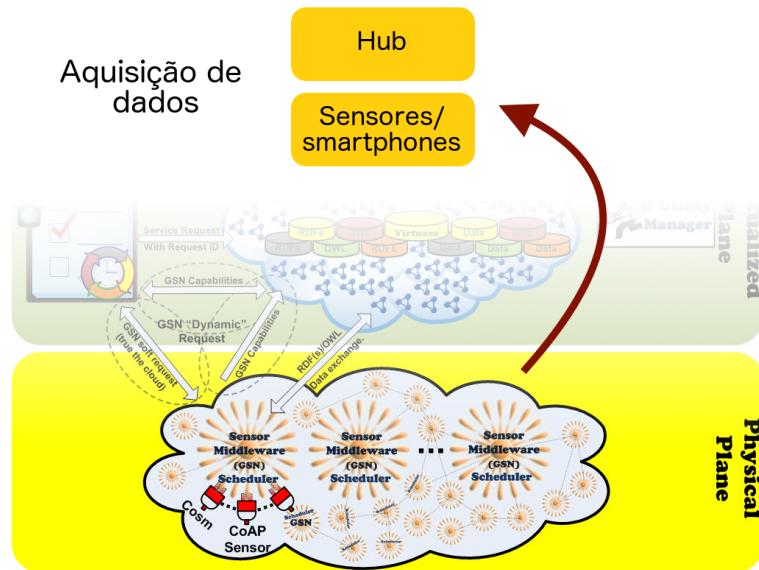
No subitem X temos a plataforma NextSaúde, esta plataforma oferece meios para que outros sistemas possam se comunicar com ela, possibilitando uma integração entre vários sistemas.

4.2 Descrição da arquitetura

A arquitetura TV Health das Coisas proposta nesta seção tem como uma das bases a plataforma OpenIoT (descrita na seção 2.6 na página 43). Considerando a forma em que ela foi dividida (“Plano Físico”, “Plano Virtualizado” e “Plano de Utilitários e Aplicativos”), foi feito um estudo para entender de que forma ela poderia ser modificada e utilizada para atender o ambiente de assistência domiciliar à saúde.

Na figura 8 foi separado o Plano físico - composto principalmente pelo módulo *Global Sensor Network* - em 2 blocos e uma camada de nome “Aquisição de dados” (figura 10). Esta camada caracteriza toda a parte de baixo nível da arquitetura. Fazem parte dela os sensores de saúde, sensores gerais, o *Set-Top Box* (STB) e suas aplicações embarcadas. A comunicação entre esses dois blocos dar-se através da rede WiFi disponibilizada na residência, Bluetooth ou NFC. Os dados adquiridos são persistidos no STB. Caso seja necessário, alguns desses dados são repassados adiante para posterior processamento.

Figura 10 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Físico



Fonte: Próprio autor.

Considerando ainda a figura 8, foi separado o Plano Virtualizado em 3 blocos e 3 camadas distintas, como pode ser visto na figura 11.

Figura 11 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Virtualizado



Fonte: Próprio autor.

A “Camada de inteligência local” não tem representante equivalente na arquitetura OpenIoT e pode ser relacionada tanto com o Plano Físico, quanto com o Plano Virtualizado, uma vez que ela encontra-se logicamente no dispositivo STB mas tem características

próprias dos módulos do Plano Virtualizado, fazendo com que as aplicações embarcadas tenham capacidade de inferir sobre determinadas situações. Dados provenientes dos sensores e que são úteis para a conclusão de um fato são utilizados como entrada para domínios de conhecimento na forma de ontologias. O próprio STB, portanto, pode decidir em eventuais situações, fornecendo uma resposta rápida e evitando assim, tráfego de dados desnecessário através da Internet.

Já a “Camada de inteligência remota” baseia-se no Plano Virtualizado que é composto pelos módulos “Scheduler”, “Linked Stream Middleware” e “Service Delivery and Utility Manager”. A camada tem como função recuperar os dados adquiridos pelos sensores e processá-los através de classificadores, estendendo, assim, a camada de número 2. Ao transmitir dados do ambiente domiciliar para um sistema na nuvem, a solução incorpora o poder de processamento disponibilizado por essa abordagem. Além de realizar inferências através de ontologias, pode-se preparar os dados para inteligência artificial por meio de aprendizagem de máquinas, aumentando o poder de inferência do sistema.

A “Camada de gerência de dados” foi extraída do Plano Virtualizado e do Plano de utilitários e aplicativos. Ela trata os dados gerenciais, aqueles referentes ao paciente e a logística de um atendimento especializado em domicílio, podendo, ainda, realizar a integração com o ambiente hospitalar, caso seja necessário uma transferência do doente. A plataforma NextSaúde é utilizada nesta camada para prover os serviços necessários, tais como, o Registro Eletrônico de Saúde (RES), integração com áreas hospitalares, farmácias etc.

Figura 12 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano de Utilitários e Aplicações

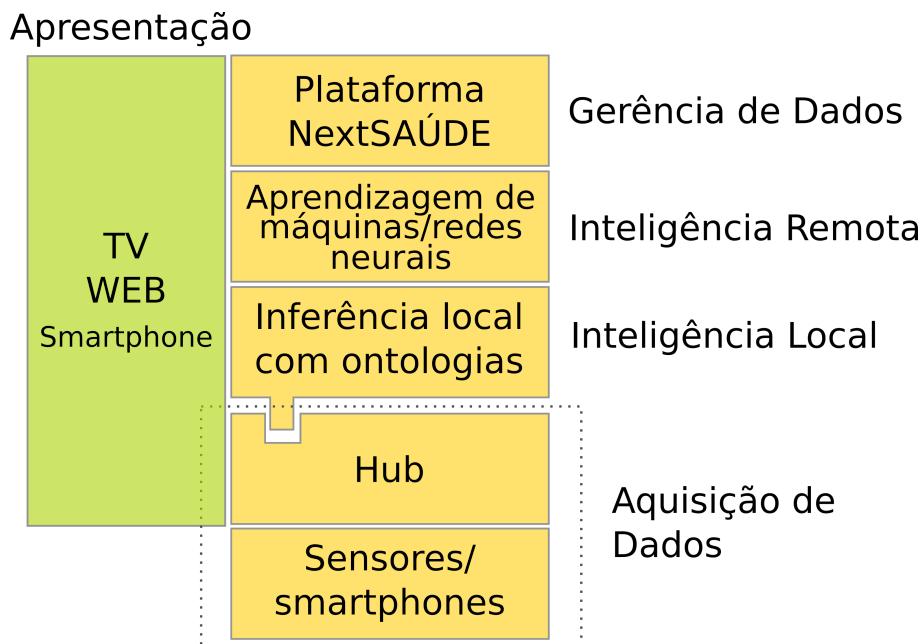


Fonte: Próprio autor.

Por fim, a “Camada de apresentação” é referente ao Plano de utilitários e aplicativos, porém, diferente da plataforma OpenIoT, esta camada se estende por toda a arquitetura, uma vez que a visualização de dados está presente em todas as camadas. Sendo assim, é possível que os diversos atores interajam por meio de *smartphones*, computadores e a tela da televisão na casa do doente. A camada, portanto, se encarrega de apresentar os dados brutos ou as informações processadas nos dispositivos conectados à plataforma.

A arquitetura é, portanto, composta de 5 camadas distintas mas que se comunicam entre si. As camadas descritas anteriormente, “Camada de aquisição de dados” responsável por adquirir os dados brutos dos sensores, “Camada de Inteligência local” responsável por inferir sob os dados acquisitados ainda no STB, “Camada de Inteligência na nuvem”, responsável por realizar inferências que não podiam ser realizadas localmente, “Camada de Gerência de dados”, responsável por gerenciar parte dos dados coletados no ambiente domiciliar, cruzando com dados oriundos de outros módulos da plataforma NextSaúde e “Camada de Apresentação de informações” - responsável por apresentar os dados nos mais diversos dispositivos, são representadas na figura 13.

Figura 13 – Visão geral arquitetural TV Health das Coisas



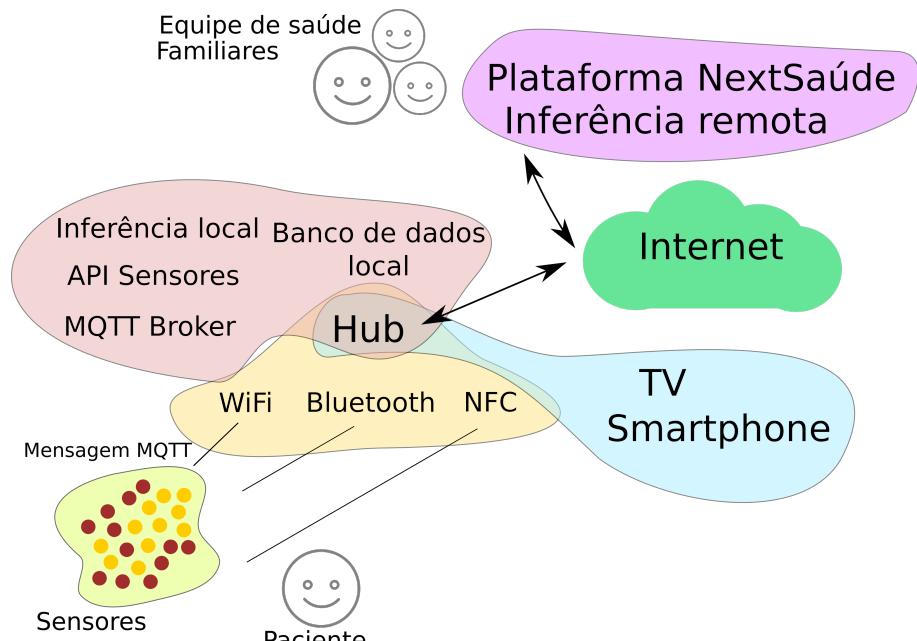
Fonte: Próprio autor.

4.3 Visão de Engenharia

A figura 14 representa a visão de engenharia da arquitetura proposta. Ela tem como ponto principal a utilização de um *Set-Top Box* (STB), quando se conectam a ele sensores implantados no ambiente, sensores de dispositivos como *smartphones* e *smartwatches* do paciente e do cuidador, e sensores de saúde do doente.

Esse processo é composto de três momentos distintos, mas interligados, no qual o primeiro é relativo à aquisição de dados do ambiente e do paciente, e a transmissão destes dados ao STB. O segundo diz respeito ao processamento dos dados brutos. O terceiro momento o envio dos dados processados para a plataforma NextSaúde.

Figura 14 – Visão de engenharia da arquitetura TV Health das Coisas.



Fonte: Próprio autor.

4.3.1 Blocos hub e sensores

Os sensores gerais, relativos ao ambiente domiciliar, coletam informações como temperatura e umidade da residência, qualidade do ar e localização do paciente ou cuidador nos cômodos. A partir desses dados é possível dizer ao software se determinado espaço está muito quente, se a qualidade do ar não está favorável à melhoria do paciente etc. Dados extraídos de celulares, como a localização, também cooperam com o contexto, a exemplo da informação proveniente do celular do cuidador que informa, à equipe médica ou aos parentes, se este está junto ao paciente.

Já os sensores de saúde têm como função principal coletar os sinais vitais do paciente (pressão arterial, frequência cardíaca, níveis de oxigênio no sangue etc). Em ambos os casos, - sensores gerais e sensores de saúde - as informações coletadas pelos dispositivos repassam esses dados para o STB através de interfaces com tecnologia *Bluetooth* ou *Wi-Fi*.

Ao utilizarmos sensores com *Wi-Fi*, por exemplo, os dados são transferidos ao STB utilizando um protocolo de transferência de mensagens entre máquinas, o *MQTT*¹. Foi instalado no STB um servidor *MQTT* para gerenciar os dados de entrada.

¹ O *MQTT* é um protocolo de transferência de mensagens de baixo custo computacional e reside em cima da camada TCP/IP. O sistema funciona a partir de um *publish/subscriber*. Utiliza-se um concentrador como um servidor *MQTT*.

4.3.2 Bloco inferência local

Para que o sistema de inferência local funcione de maneira adequada, é necessário basicamente a base de conhecimentos, composta por ontologias de domínios, ontologias de aplicação e regras de inferência.

Além disso, os dados provenientes da camada de aquisição de dados devem ser tratados para que sirvam de entrada para o sistema de inferência. Sendo assim, o STB pode tomar decisões no âmbito domiciliar, não necessitando de acesso à Internet para inferir sobre determinada situação.

4.3.3 Bloco aprendizagem de máquinas

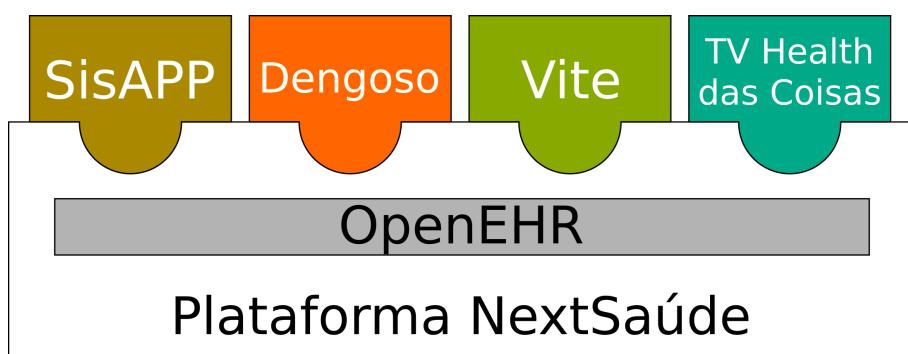
O bloco de aprendizagem de máquinas que pertence a camada de inferência remota recebe determinados dados, tais como sinais vitais da camada de aquisição de dados. Em seguida os dados são processados para que sejam extraídos os atributos, compondo um conjunto de dados específicos. Por fim, algoritmos de aprendizagem de máquinas são executados, inferindo sobre determinado assunto.

Pesquisas realizadas por Moreira et al. (2016b) utilizam aprendizagem de máquinas para auxiliar no cuidado a grávidas. Já a pesquisa de Braga et al. (2016) faz uso de classificadores preditivos para identificar a presença de doenças transmitíveis pelo mosquito *Aedes Aegypti* a partir de um conjunto de dados. Ambas as pesquisas foram realizadas por pesquisadores do projeto NextSaúde no âmbito do laboratório LAR.

4.3.4 Bloco plataforma NextSaúde

O bloco plataforma NextSaúde compõe a camada de gerência de dados e abriga o sistema responsável pela interligação da TV Health das Coisas com outros sistemas do projeto NextSaúde (figura 15).

Figura 15 – Interação da TV Health das Coisas com outros módulos do projeto NextSaúde.



Fonte: Adaptado de Mota (2016).

A camada de aquisição de dados se comunica com este bloco através de uma arquitetura cliente/servidor em que mensagens encapsuladas com o padrão de interoperabilidade OpenEHR trafegam, alimentando o Registro Eletrônico de Saúde (RES) do paciente. Na plataforma as informações do paciente são persistidas e podem ser cruzadas com outros sistemas que compõem o projeto NextSaúde e com outros módulos, tais como: farmácia e internação. Dessa maneira é possível, por exemplo, indicar uma consulta na especialidade cardiológica para um paciente em situação de ADS.

Por fim, os atores locais (paciente/cuidador) recebem as notificações principalmente através da tela da televisão conectada ao STB e através do *smartphone*. Os atores móveis (equipe de saúde) podem visualizar os dados e receber informações referentes ao paciente a partir da interface *web* ou a partir do *smartphone*.

5 Aspectos de implementação

Neste capítulo será abordado os aspectos de implementação. Dificuldades e as soluções encontradas para construir o *software*, que é um dos componentes da arquitetura apresentada no capítulo 4 na página 53.

A partir do considerado no capítulo 2, surge o protótipo TV-Health, com o intuito de resolver alguns dos problemas da assistência domiciliar à saúde.

5.1 *Hardware* utilizado

O *Set-Top Box* (STB) escolhido possui especificações técnicas robustas, listadas na tabela 2. Este STB foi resultado de um projeto de pesquisa fomentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e executado pela empresa CRAFF. Foi reutilizado neste trabalho por se tratar de uma pesquisa em que o autor participou efetivamente.

Tabela 2 – Especificação STB.

| Seção | Propriedade | Especificação |
|-----------------|---------------------------|------------------|
| Plataforma | Sistema Operacional | GNU/Linux Debian |
| | Chipset | A20 Allwinner |
| | Processador (CPU) | 1.2 GHz |
| | Processador Gráfico (GPU) | Mali 400 |
| Entrada e Saída | USB 2.0 (quantidade) | 4 |
| | Infravermelho | Sim |
| Rede | Ethernet | Sim |
| | Wi-Fi | Sim |
| Memória | NAND | 4 GB |
| | RAM | 2 GB |
| | Espaço para cartão | Sim (Até 32 GB) |
| Vídeo | HDMI | Sim |
| | RCA | Sim |
| | RGB | Não |
| Alimentação | Externa | Sim (9V) |
| | Bateria | Não |

Fonte: Próprio autor.

O STB representado na figura 22 na página 87 foi montado na empresa CRAFF, na figura pode ser verificado as entradas USB, o leitor de cartões microSD (na parte da frente) e as entradas de vídeo (HDMI e RCA) além da conexão com a antena externa e a conexão com a fonte de energia na parte de trás).

5.2 Software utilizado

Por se tratar de um sistema embarcado robusto, faz-se necessário a instalação de programas capazes de gerenciar o *hardware* disponível. Para tanto, o sistema operacional escolhido foi o GNU/Linux distribuição Linaro (derivado da distribuição Ubuntu) *kernel* 3.4 portável para a arquitetura ARM com *drivers* específicos para a plataforma desenvolvida.

Figura 16 – Camadas do sistema embarcado



Fonte: Próprio autor.

Na camada de usuário utilizamos o *software XBMC* - um gerenciador de mídia - como plataforma de exibição gráfica. É através dele que o usuário irá interagir com as aplicações desenvolvidas. Foram necessárias algumas modificações por conta dos objetivos específicos definidos para esta pesquisa, e do contexto do trabalho desenvolvido. Na figura 23 (Apêndice A na página 87) destaque para a tela inicial do *software XBMC* e para o menu “Sua Saúde”. Os outros menus representam funcionalidades padrão do *software* em questão, tais como acesso a mídias (imagens, vídeos e áudios) e acesso a TV Digital aberta.

Ao clicar no menu “Sua Saúde”, acessamos a tela com os módulos desenvolvidos para este trabalho (figura 24 - Apêndice A na página 87).

5.3 Aplicações interativas

O intuito das aplicações é melhorar a comunicação entre o doente e cuidador com a equipe médica e seus parentes, além de permitir que o usuário utilize o controle remoto como um “botão de pânico”. Por fim, um dos módulos da aplicação permite ao usuário escolher, dentre os sintomas, aqueles que mais caracterizam a sua situação e obter uma resposta do sistema relacionada às escolhas. As aplicações propostas foram validadas através da conclusão do projeto NextSaúde e da aprovação de artigos acadêmicos apresentados em Congressos.

Nossa solução foi projetada para atender aos requisitos que uma plataforma embarcada - com as características da tabela 2 - demanda. Apesar das especificações do *hardware*, o desenvolvimento foi encaminhado para obtermos um *software* simples em consumo de recursos.

As soluções foram implementadas utilizando, quando necessário, o paradigma de programação Orientada a Objetos. O desenvolvimento procedural foi aplicado com o intuito de realizar pequenas tarefas no sistema, tais como agendamento de execução de tarefas, atualização das aplicações, desligamento automático etc.

Além disso, também fizemos uso de *webservices* através da Internet, acessando outros sistemas e complementando as funcionalidades desejadas. As linguagens escolhidas para compor o sistema foram as linguagens *Python* e *Shell Script*.

5.3.1 Módulo web

Foi necessária a implantação de um módulo *web* para gerenciar as informações básicas do usuário. Neste sistema será possível cadastrar um paciente, seus alertas e contatos de emergência. O sistema foi desenvolvido na linguagem *Python* e funciona no STB. Ele pode ser acessado através de um navegador conectado a rede Wi-Fi local. A tabela 3 apresenta a API disponível no sistema. A figura 29 na página 91 representa o diagrama de entidades e relação da aplicação.

Tabela 3 – Lista de métodos disponíveis por API.

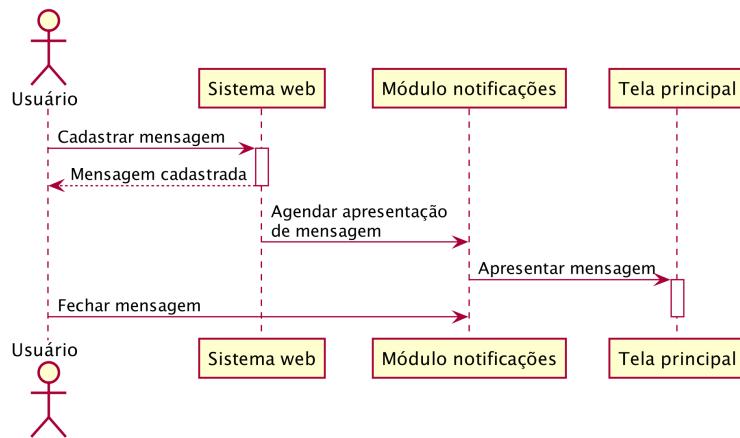
| Método | Caminho | Descrição |
|--------|--------------------|---------------------------------------------------------|
| GET | /api/usuarios/ | Lista usuários cadastrados |
| POST | /api/usuarios/ | Cadastra usuários cadastrados na base de dados |
| PUT | /api/usuarios/<id> | Atualiza usuário cadastrado a partir de um <i>id</i> |
| DELETE | /api/usuarios/<id> | Deleta usuário cadastrado (<i>id</i> como parâmetro) |
| GET | /api/alertas/ | Lista alertas cadastrados |
| POST | /api/alertas/ | Cadastra alerta na base de dados |
| PUT | /api/alertas/<id> | Atualiza alerta cadastrado a partir de um <i>id</i> |
| DELETE | /api/alertas/<id> | Deleta alerta cadastrado (<i>id</i> como parâmetro) |
| GET | /api/contatos/ | Lista contatos cadastrados |
| POST | /api/contatos/ | Cadastra contato na base de dados |
| PUT | /api/contatos/<id> | Atualiza informação de contato a partir de um <i>id</i> |
| DELETE | /api/contatos/<id> | Deleta contato cadastrado (<i>id</i> como parâmetro) |

Fonte: Próprio autor.

5.3.2 Módulo *service.notification*

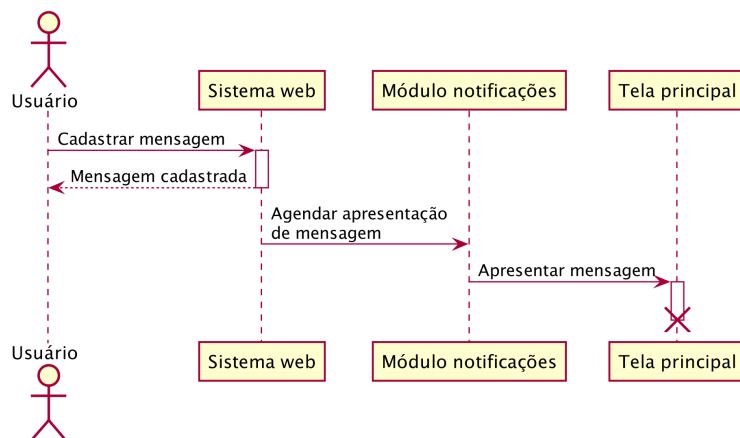
Este módulo é responsável por apresentar na tela da televisão as notificações e alertas recebidos no STB. Existem dois tipos de exibição de mensagens, a primeira delas, denominada “caixa de diálogo” (figura 25 na página 88 - Apêndice A), aparece no meio da tela, ocupando boa parte da mesma. Esse tipo de notificação é utilizada quando é necessário tirar a atenção do usuário da programação televisiva e passar a atenção para a mensagem exibida. Mensagens importantes e de cunho emergencial podem utilizar esse tipo de notificação. O diagrama de atividades representado na figura 17 foi utilizado como base para o desenvolvimento desta aplicação.

Figura 17 – Diagrama de Sequência para módulo *service.notification*. Alerta do tipo caixa de diálogo.



Fonte: Próprio autor.

Figura 18 – Diagrama de Sequência para módulo *service.notification*. Alerta do tipo *pop-up*.



Fonte: Próprio autor.

O segundo tipo de notificação é denominada de *pop-up*. Com esse modelo, a

mensagem é exibida no canto superior direito da tela, fazendo com que a atenção do usuário não seja totalmente requerida. Mensagens de cunho informativo podem utilizar esse tipo de notificação. A figura 26 (Apêndice A) mostra esta outra possibilidade em ação. O diagrama de sequência ilustrado na figura 18 difere da anterior, pois nesta, não é necessário, por parte do usuário, nenhuma ação, uma vez que a mensagem desaparece após alguns segundos de exibição.

O módulo *service.notification* foi desenvolvido utilizando a linguagem *Python* e sua lógica faz com que constantemente execute um *pooling* à aplicação em nuvem buscando por mensagens destinadas à esta instância de *software*. Caso a pergunta tenha uma resposta negativa, o programa espera um tempo e refaz a requisição. Caso a resposta seja positiva, ou seja, exista alguma mensagem para aquele usuário, o programa faz o *download* e agenda a exibição.

A resposta da requisição carrega informações pertinentes, um exemplo no formato JSON é apresentado a seguir:

```
{
  "id": "70e34cbb2b",
  "startDateTime": "2016-12-26T11:40:30.000000Z",
  "expirationDateTime": "2016-12-31T11:40:30.000000Z",
  "content": {
    "header": "Title",
    "message": "Body"
  },
  "type": "1",
  "critical": "True"
}
```

Código 1 – Conteúdo da requisição de uma mensagem

O *software* no STB verifica o conteúdo JSON, atentando-se para os campos *startDateTime* e *expirationDateTime* que representam quando iniciar a exibição da mensagem e quando não exibir mais a mensagem respectivamente, o tipo de notificação - se será do tipo *pop-up* ou caixa de diálogo -, a criticidade da mensagem - indicando se ela deve ser exibida interrompendo a programação ou não e o conteúdo da mensagem.

Após a correta leitura do conteúdo JSON, a mensagem é preparada para ser exibida. O código 2 faz uso da API do aplicativo *XBMC* para apresentar a mensagem no formato *pop-up* representado pela figura 26 na página 89.

O método representado no código 3 faz uso de um outro método da API, obtendo o resultado visto na figura 25 na página 88.

A mensagem será exibida na tela de acordo com o tipo de notificação escolhida.

```
def showNotificationPopup(self, id, header, message):
    try:
        header = header.encode('utf-8')
        message = message.encode('utf-8')
        if XBMC_ENABLE == True:
            message_content = 'Notification("{0}", "{1}")'.format(header, message)
            xbmc.executebuiltin(message_content)
    except Exception, e:
        logging.error("Erro -> notificacao POPUP ID: %s : %s" % (id, e))
```

Código 2 – Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo *pop-up*

```
def showNotificationOk(self, id, header, message):
    try:
        header = header.encode('utf-8')
        message = message.encode('utf-8')
        if XBMC_ENABLE == True:
            xbmcgui.Dialog().ok(header, message)
    except Exception, e:
        logging.error("Erro -> notificacao OK ID: %s : %s" % (id, e))
```

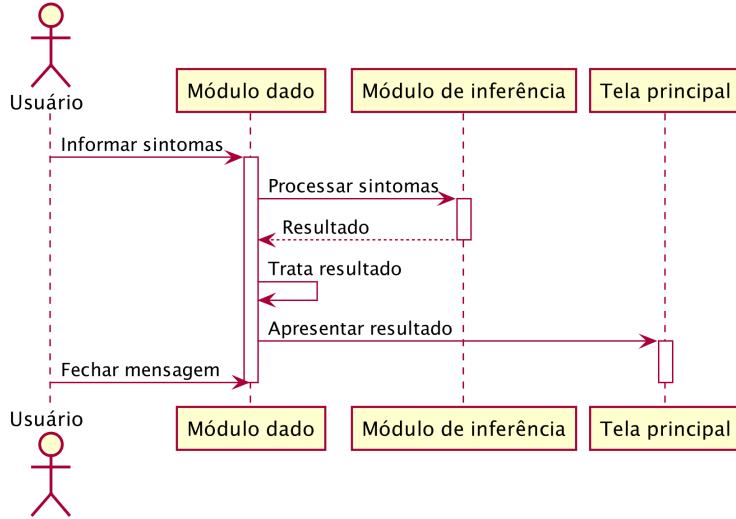
Código 3 – Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo ok

5.3.3 Módulo *service.dado*

O funcionamento deste módulo baseia-se no acionamento da aplicação através do controle remoto do *Set-Top Box* (STB) e a interação através de suas telas no televisor do usuário. O módulo apresenta uma tela inicial como a apresentada na figura 27 na página 89.

O módulo *service.dado* foi desenvolvido utilizando a linguagem *Python*. O usuário pode iniciar a aplicação através do menu “Sua Saúde” (figura 23 na página 87) e em seguida escolher a opção “Não está se sentindo bem?” (figura 24 na página 88) no *Set-Top Box* (STB) através do controle remoto. A tela inicial do módulo é apresentada na figura 27 na página 89.

O funcionamento deste módulo baseia-se no acionamento da aplicação através do controle remoto do *Set-Top Box* (STB) e a interação através de suas telas no televisor do usuário. O diagrama de sequência apresentado na figura 19 norteou o desenvolvimento deste módulo. Percebe-se que o usuário deve inicialmente, informar os sintomas e também fechar a mensagem com o resultado.

Figura 19 – Diagrama de Sequência para módulo *service.dado*.

Fonte: Próprio autor.

A partir da tela principal da aplicação, o usuário que se sente mal escolhe dentre um conjunto de sintomas, aqueles que representam o seu estado atual. Em seguida, esses sintomas são enviados através de um *webservice* para um módulo de inferência. A conclusão é retornada para o STB, que a processa e apresenta para o usuário.

```

def onClick(self, controlID):
    if not (controlID in [7011, 7012]):
        if not (SINTOMS[controlID] in self.selectedSintoms):
            self.selectedSintoms.append(SINTOMS[controlID])
    # ...
    if controlID == 7016:
        if len(self.selectedSintoms) != 0:
            self.server.requestSession()
            self.server.requestPatient(self.selectedSintoms)
            self.diseases = self.server.parseRequestPatient()
            header = 'Conclusão'
            message = 'Possíveis doenças são: {0}. Procure seu médico.'
            .format(', '.join(self.diseases))
            xbmcgui.Dialog().ok(header, message)
    # ...

```

Código 4 – Definição de método utilizado para capturar dados do controle remoto e apresentar através de um alerta.

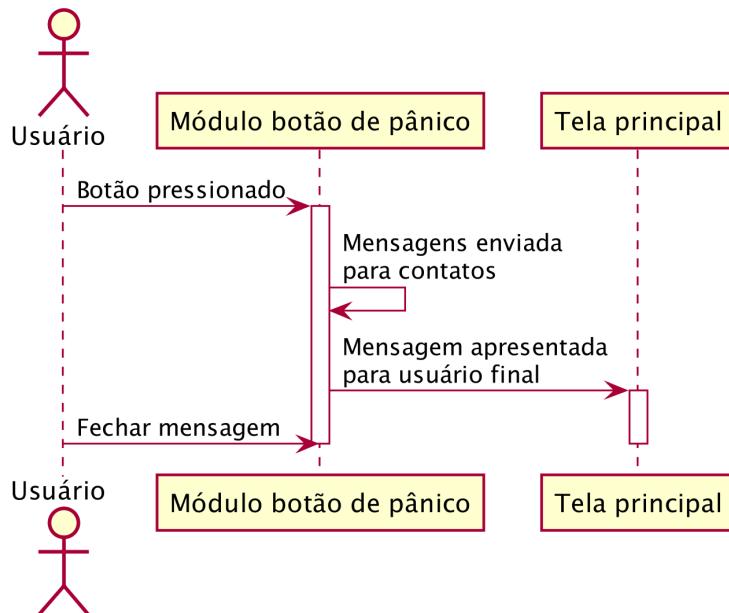
O código 4 demonstra a captura dos sintomas através do controle remoto do usuário, a requisição à um serviço externo e a apresentação do resultado através de um alerta. Cada elemento da tela tem um *ID*, assim, é possível identificar qual elemento foi escolhido pelo usuário através do controle remoto. Os sintomas estão dispostos em um dicionário

da linguagem *Python* em que cada chave é um *ID* e o valor, o nome do sintoma (variável **SINTOMS**). Quando o usuário escolhe um sintoma, este sintoma é adicionado à variável **selectedSintoms**, em seguida essa variável é repassada como parâmetro para a requisição. A resposta da requisição é apresentada através de um alerta do tipo caixa de diálogo.

5.3.4 Módulo *service.panicbutton*

O módulo *service.panicbutton* tem como objetivo permitir que o usuário utilize o controle remoto para reportar um momento que precisa de ajuda emergencial. Ao acionar a tecla reservada para tal função, o sistema percebe e prepara um conjunto de tarefas a serem executadas. Dentre elas, o envio de mensagens via (1) Serviço de Mensagem Simples (SMS) e (2) serviços de comunicação pela Internet (como por exemplo o aplicativo *Telegram*) para parentes, amigos, cuidador e a equipe médica que o acompanha. Além de entrar em contato com o serviço de urgência e emergência. O diagrama UML de sequência é apresentado na figura 20.

Figura 20 – Diagrama de Sequência para módulo *service.panicbutton*.



Fonte: Próprio autor.

Em seguida, o aplicativo exibe uma notificação na tela da televisão no intuito de acalmá-lo. A figura 28 exibe a mensagem tranquilizando o usuário.

O módulo foi desenvolvido utilizando a linguagem *Python* e acessando serviços externos para o envio das mensagens. O código 5 exibe o método que é executado quando o usuário executa o botão de pânico no controle remoto. Os contatos cadastrados são

requisitados no módulo *web*, em seguida, as mensagens são enviadas, por fim, um aviso é apresentado para o usuário na tela do televisor.

```
def onClick(self, controlID):
    # ...
    if controlID == 7020:
        contacts = self.server.getContacts()
        self.server.sendSMS(contacts)
        header = 'Conclusão'
        msg = "Você ativou o botão de pânico. "
        msg = msg + "Os contatos cadastrados estão sendo notificados. "
        msg = msg + "Aguarde e mantenha a calma"
        xbmcgui.Dialog().ok(header, msg)
    # ...
```

Código 5 – Definição de método utilizado para capturar situação de emergência enviada pelo usuário.

5.4 Conectando novos sensores

A API permite que desenvolvedores de dispositivos com sensores passem a fazer parte da solução. A partir desta abordagem, qualquer um pode contribuir com mais dados para o ambiente de assistência domiciliar à saúde. Espera-se que o dispositivo, seja ele um *hardware* ou um *script*, consiga realizar requisições HTTP e enviar mensagens MQTT com conteúdo JSON.

A *API Restful* projetada permite que o dispositivo seja encontrado e adicionado à rede (API de Gerenciamento) e que passe a fazer parte dos sensores que contribuem com dados para o sistema através da API de Dados.

Tabela 4 – Métodos disponíveis na API de gerenciamento.

| Método | Caminho | Descrição |
|--------|------------------|----------------------------------|
| POST | /api/device/ | Cadastra dispositivo |
| DELETE | /api/device/<id> | Deleta dispositivo com <i>id</i> |

Fonte: Próprio autor.

Em primeiro momento, o dispositivo precisará realizar requisições HTTP do tipo POST e DELETE. Uma vez conectado a rede local o dispositivo envia sua identificação e o *hub* trata essa informação, adicionando o dispositivo sensor ao sistema, contendo informações como: ID, localização (cômodo da casa ou corporal), tempo de leitura e unidade de sensoriamento (temperatura, ruído, nível de oxigênio no sangue etc). Uma

vez conectado ao sistema e o dispositivo tenha sido identificado, ele pode enviar os dados coletados por meio de mensagens MQTT.

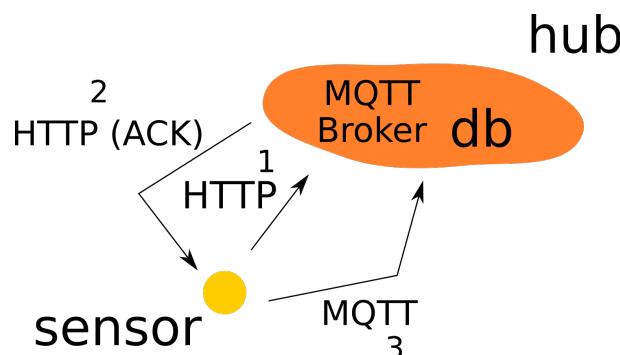
A API de gerenciamento conta inicialmente com dois métodos, listados na tabela 4. A mensagem JSON que deve ser enviada ao fazer uma requisição POST no caminho `api/v1/device/` é apresentada no código 6.

```
{
  "id": "01",
  "name": "Temperature",
  "endpoint": {
    "location": "room 1",
    "unit": "C"
  },
  "pulltime": 10
}
```

Código 6 – Mensagem JSON enviada no corpo da requisição HTTP.

No passo 1 da figura 21 o sensor faz uma requisição HTTP identificando-se, em seguida o *hub* cadastra o sensor no banco de dados local e responde com um *ack* (passo 2). O sensor pode agora enviar dados através do protocolo MQTT, o MQTT *Broker* no *hub* recebe o dado e em seguida persiste em banco de dados ou repassa o dado para outro sistema na arquitetura, como por exemplo, a plataforma NextSaúde.

Figura 21 – Processo de cadastro de novo sensor.



Fonte: Próprio autor.

A API de dados é representada por tópicos do MQTT Broker, que tem como padrão o caminho `health/<location>/<sensorID>/<value>/`. Em que os termos `location` e `sensorID` foram cadastrados através da API de gerenciamento e o termo `value` representa o valor da leitura do sensor.

6 Conclusões e trabalhos futuros

Apesar da proposta descrita nesta dissertação ter como base um projeto de pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico fomentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em parceria com a ENEL (antiga Companhia Energética do Ceará - COELCE) chamado METAL (Mecanismo de Comunicação entre Concessionárias e Clientes baseada na TV Digital) teve como ponto de partida o projeto de pesquisa NextSaúde.

O projeto METAL (número do projeto: PD-0039-0062-2012), foi executado pela empresa cearense CRAFF. Destinava-se a pesquisa e desenvolvimento de uma plataforma em nuvem para gerenciamento e um *Set-Top Box* (STB) com aplicações interativas para atender ao público alvo da fornecedora de energia elétrica no Estado do Ceará. Como resultado, a empresa disponibilizou o sistema na nuvem e aplicações interativas através do STB que permitiam o cliente ter acesso aos serviços da companhia através da sua televisão.

Tomando como base a assertiva que um dos grandes meios de entretenimento e informação da população brasileira é a televisão e o advento do Sistema Brasileiro de Televisão Digital com a interatividade inerente ao sistema, foi pensado que a televisão pudesse ser utilizada também como um meio de interação com o usuário. Para fornecer mais funcionalidades foi necessário a aplicação do STB com poder de processamento e conexão à Internet disponibilizados na casa do usuário.

O projeto de pesquisa NextSaúde (número do projeto: 6424611/2014) composto por três módulos: (1) *hardware*, (2) gerenciamento de ontologias e (3) aplicação, se propôs a desenvolver soluções especializadas e gerar inovações tecnológicas de interoperabilidade sintática, integração semântica de dados, tomada de decisão automatizada e o consequente aconselhamento aos atores envolvidos (do usuário ao gestor) em sistemas público de saúde. Como prova de conceito, o projeto fez uso do STB e sensores em conjunto com a televisão digital para focar na assistência domiciliar à saúde para doentes, idosos e cuidadores.

O autor desse trabalho foi responsável pela execução do módulo de *hardware* que era constituído de um sistema embarcado e aplicação de captura de dados do paciente em sua residência (assistência domiciliar à saúde), seja ela através de sensores ou por meio de aplicativos com entrada de dados.

Ao término do projeto NextSaúde o módulo de *hardware* foi renomeado para TV-Health e era composto de um *Set-Top Box* (STB), aplicações interativas e sistema de alertas e avisos. Os outros dois módulos receberam o nome de plataforma NextSaúde.

Além disso, foram realizadas reuniões com o laboratório Telemídia da PUC - Rio no sentido de distribuir as aplicações interativas de saúde desenvolvidas para o TV Health

nos STBs entregues aos beneficiários do programa Bolsa Família do Governo Federal. Essa ação colocaria as aplicações em uso para milhões de brasileiros melhorando assim o acesso a informação e saúde.

Por fim, percebeu-se a necessidade de um ambiente de atenção domiciliar à saúde de qualidade, a importância do cuidador no auxílio ao idoso/doente além da qualidade de vida que é necessária para terceira idade ou doentes crônicos. Através das pesquisas, nota-se a importância da tecnologia da informação para prover uma solução mais impactante para o usuário.

A percepção de instrumentalização dos atores (cuidador, equipe de saúde, idoso ou doente) através da tecnologia também surgiu nesse período. Aplicações móveis, interface *web* e acompanhamento do doente através da Internet foram tópicos importantes para o projeto.

À época da entrega da primeira versão do TV Health, percebeu-se a partir da pesquisa do estado da arte de tecnologias emergentes que a Internet das Coisas irá revolucionar a nossa sociedade. Diversos estudos apontam para uma transformação profunda nas áreas da indústria e de serviços.

Não será diferente com o ambiente de atenção domiciliar como nós o conhecemos. Através de “coisas” conectadas dotadas de sensores, poderemos melhorar a experiência de usuário. Será possível, então, entregar um serviço bem mais transparente para o usuário final e estaria alinhado com as novas soluções propostas ao redor do mundo.

A arquitetura proposta para atenção domiciliar à saúde faz uso de tecnologias já conhecidas, tais como sistema sensível a contexto e sistemas embarcados, e ontologias. Também incluiu Internet das Coisas. Auxiliar doente, cuidador, parentes e equipe de saúde através do STB e dispositivos móveis foi um dos objetivos deste trabalho.

A arquitetura considera a utilização do STB como um *hub* de comunicação. Todas as “coisas”, ou seja, sensores coletando sinais vitais do paciente, sensores coletando informações do ambiente e dispositivos móveis contribuindo para um sistema repleto de informações sobre o ator (idoso ou doente). Além disso a arquitetura contempla a tomada de decisão, tanto local, quanto na nuvem, através da utilização de ontologias e aprendizagem de máquinas.

Com essas características o objeto de estudo foi aprovado como um projeto a ser executado em parceria com o Polo Emprapii de Inovação/IFCE e a empresa cearense EXATA. Além disso, uma alteração do objeto de estudo está em fase de negociação com um plano de saúde privado para implantação da TV Health das Coisas em unidades hospitalares.

6.1 Produção científica

Durante este projeto de mestrado, os seguintes trabalhos científicos foram aceitos e publicados, a saber:

- **LOPES, V. C. M.; QUEIROZ, E.; FREITAS, N.; OLIVEIRA, M.; MONTEIRO, O.** TV-Health: A Context-Aware health Care Application for Brazilian Digital TV. In ACM. *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (Webmedia)*. Teresina, Brasil. 2016, pp. 103-106.
- **LOPES, V. C. M.; ROCHA, E.; QUEIROZ, E.; FREITAS, N.; VIANA, D.; OLIVEIRA, M.** VITESSE - more intelligence with emerging technologies for health systems. In: IEEE. *2016 7th International Conference on the Network of the Future (NOF)*. Buzios, Brasil. 2016, pp. 1-3.

Além do seguinte artigo aceito para publicação:

- **LOPES, V. C. M.; MOTA, H.; OLIVEIRA, M.; CARVALHO, G.** Towards an Emergency/Urgency approach based on the Brazilian Digital TV. *Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS)*. Ilha da Madeira, Portugal, 2016.

6.2 Trabalhos futuros

Uma vez definida a arquitetura e as características gerais que um sistema de atenção domiciliar à saúde atual deve ter, podemos propor a inclusão de novas funcionalidades a arquitetura apresentada, tais como novos métodos de aquisição de dados, com a ajuda de processamento de linguagem natural.

A necessidade de gerenciar corretamente todos os dispositivos que a Internet das Coisas proporciona cria uma linha de pesquisa em que é necessário aprimorar a comunicação e gerência de IoT e Computação em Nuvem.

Para finalizar, é possível realizar estudos relacionados ao tratamento em domicílio de doenças específicas - tal como o Parkinson, portadores de pressão alta, diabetes etc - englobando o uso de aprendizagem de máquinas com o intuito de detectar antecipadamente o surgimento de uma doença específica.

Referências

- AMARAL, N. d. et al. Assistência domiciliar à saúde (home health care): sua história e sua relevância para o sistema de saúde atual. *Rev Neurociencias*, v. 9, n. 3, p. 111–17, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.
- ARAUJO, R. B. de. Computação ubíqua: Princípios, tecnologias e desafios. In: *XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*. [S.l.: s.n.], 2003. v. 8, p. 11–13. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 42.
- ASHTON, K. That ‘internet of things’ thing. *RFID Journal*, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009. Citado na página 37.
- BAJO, J. et al. The thomas architecture in home care scenarios: A case study. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 5, p. 3986–3999, 2010. Elsevier. Citado na página 48.
- BOLSONI, E. P.; CARDOSO, C.; SOUZA, C. H. M. d. Computação ubíqua, cloud computing e plc para continuidade comunicacional diante de desastres. *V Seminário Internacional de Defesa Civil-DEFENCIL*, 2009. Citado na página 38.
- BONILLA, M. H. S.; PRETTO, N. D. L. *Inclusão digital: polêmica contemporânea*. [S.l.]: EDUFBA, 2011. Citado na página 37.
- BOURDETTE, D. N. et al. Health care costs of veterans with multiple sclerosis: implications for the rehabilitation of ms. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, v. 74, n. 1, p. 26–31, 1993. Citado na página 23.
- BRAGA, O. C. et al. A mobile health solution for diseases control transmitted by aedes aegypti mosquito using predictive classifiers. 2016. Citado na página 62.
- BRASIL, R. do. *Sistema Brasileiro de Televisão Digital - SBTVD*. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4901.htm>. Citado na página 24.
- CAPOZZI, D.; LANZOLA, G. An agent-based architecture for home care monitoring and education of chronic patients. In: IEEE. *Complexity in Engineering, 2010. COMPENG'10*. [S.l.], 2010. p. 138–140. Citado na página 48.
- CARVALHO, A. J. L. de. *PRONAN, o alimento da dominação: controle político e persistência da miséria em Fortaleza*. 1984. Citado na página 32.
- CERP-IOT. Internet of things strategic research roadmap. 2009. Citado na página 40.
- CHAN, V.; RAY, P.; PARAMESWARAN, N. Mobile e-health monitoring: an agent-based approach. *IET communications*, v. 2, n. 2, p. 223–230, 2008. IET. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 51.
- CHEN, T. M. 30th anniversary of the pc and the post-pc era [editor’s note]. *IEEE Network*, v. 25, n. 5, p. 2–3, September 2011. ISSN 0890-8044. Citado na página 37.

- COSTA, Â. et al. Sensor-driven agenda for intelligent home care of the elderly. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 15, p. 12192–12204, 2012. Elsevier. Citado na página 49.
- DAVIES, N. et al. 'caches in the air': disseminating tourist information in the guide system. In: IEEE. *Mobile Computing Systems and Applications, 1999. Proceedings. WMCSA '99. Second IEEE Workshop on.* [S.l.], 1999. p. 11–19. Citado na página 31.
- DAY, C. B. *Benefícios da atenção domiciliar ao idoso portador de dano crônico: revisão sistemática da literatura.* Monografia — Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio grande do Sul, 2010. Citado na página 23.
- DEY, A. K. Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, v. 5, n. 1, p. 4–7, 2001. Springer-Verlag. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- GARDINI, L. M. et al. Evolving an intelligent framework for decision-making process in e-health systems. In: *11th International Workshop on Operations Research.* [S.l.: s.n.], 2015. Citado na página 29.
- GIACOMOZZI, C. M.; LACERDA, M. R. A prática da assistência domiciliar dos profissionais da estratégia de saúde da família. *Texto contexto enferm*, v. 15, n. 4, p. 645–53, 2006. SciELO Brasil. Citado na página 35.
- GIL, D. et al. Internet of things: A review of surveys based on context aware intelligent services. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 16, n. 7, p. 1069, 2016. Citado na página 43.
- GONÇALVES, L. H. T. et al. Perfil da família cuidadora de idoso doente/fragilizado do contexto sociocultural de florianópolis, sc. *Texto Contexto Enferm*, v. 15, n. 4, p. 570–7, 2006. Citado na página 23.
- GUILLEMIN, P.; FRIESS, P. et al. Internet of things strategic research roadmap. *The Cluster of European Research Projects, Tech. Rep.*, 2009. Citado na página 40.
- HANSMANN, U. et al. *Pervasive computing handbook.* [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. Citado na página 38.
- HERMANN, A. P.; LACERDA, M. R. Atendimento domiciliar à saúde: um relato de experiência. *Cogitare Enfermagem*, v. 12, n. 4, 2007. Citado na página 23.
- HOUAISS, A. *Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa.* [S.l.]: Ed. Objetiva, 2001. Citado na página 31.
- IBGE, I. B. d. G. e. E. *Acesso à Internet e à Televisão e posse de Telefone Móvel Celular para uso pessoal.* [S.l.]: IBGE, 2015. v. 1. ISBN 978-85-240-4345-1. Citado na página 24.
- ISERN, D. et al. Agent-based execution of personalised home care treatments. *Applied Intelligence*, v. 34, n. 2, p. 155–180, 2011. Springer. Citado na página 47.
- KOCH, S. Home telehealth—current state and future trends. *International journal of medical informatics*, v. 75, n. 8, p. 565–576, 2006. Elsevier. Citado na página 47.
- LEWIS, F. L. et al. Wireless sensor networks. *Smart environments: technologies, protocols, and applications*, p. 11–46, 2004. New York: Wiley. Citado na página 40.

- LI, S.; XU, L. D.; ZHAO, S. The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers*, v. 17, n. 2, p. 243–259, 2015. Springer. Citado 3 vezes nas páginas 24, 39 e 40.
- LYYTINEN, K.; YOO, Y. Ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, v. 45, n. 12, p. 63–96, 2002. Citado na página 38.
- MARWEDEL, P. *Embedded system design: Embedded systems foundations of cyber-physical systems*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010. Citado na página 36.
- MELLO, I. M. *Humanização da Assistência Hospitalar no Brasil: conhecimentos básicos para estudantes e profissionais*. 1. ed. São Paulo: Rede Humaniza - FMUSPHC, 2008. Disponível em: <http://hc.fm.usp.br/humaniza/pdf/livro/livro_dra_inaia_Humanizacao_nos_Hospitais_do_Brasil.pdf>. Citado na página 32.
- MOREIRA, M. W. et al. Smart mobile system for pregnancy care using body sensors. In: IEEE. *Selected Topics in Mobile & Wireless Networking (MoWNeT), 2016 International Conference on*. [S.l.], 2016. p. 1–4. Citado na página 25.
- MOREIRA, M. W. L. et al. An inference mechanism using bayes-based classifiers in pregnancy care. In: *2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–5. Citado na página 62.
- MOTA, H. N. da G. *Plataforma NextSAÚDE - Uma solução de interoperabilidade para a gestão pública de saúde baseada no padrão OpenEHR*. 2016. Citado na página 62.
- NIIRANEN, S. et al. Personal health care services through digital television. *Computer methods and programs in biomedicine*, v. 68, n. 3, p. 249–259, 2002. Elsevier. Citado na página 50.
- OLIVEIRA, M. et al. Implementing home care application in brazilian digital tv. In: IEEE. *Information Infrastructure Symposium, 2009. GIIS'09. Global*. [S.l.], 2009. p. 1–7. Citado na página 29.
- OLIVEIRA, M. et al. A context-aware framework for health care governance decision-making systems: A model based on the brazilian digital tv. In: IEEE. *World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2010 IEEE International Symposium on a*. [S.l.], 2010. p. 1–6. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 30.
- PALUMBO, F. et al. Sensor network infrastructure for a home care monitoring system. *Sensors*, v. 14, n. 3, p. 3833–3860, 2014. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Citado na página 49.
- PARÉ, G.; JAANA, M.; SICOTTE, C. Systematic review of home telemonitoring for chronic diseases: the evidence base. *Journal of the American Medical Informatics Association*, v. 14, n. 3, p. 269–277, 2007. The Oxford University Press. Citado na página 47.
- PASCOE, J. Adding generic contextual capabilities to wearable computers. In: IEEE. *Wearable Computers, 1998. Digest of Papers. Second International Symposium on*. [S.l.], 1998. p. 92–99. Citado na página 31.
- PERERA, C. et al. Context aware computing for the internet of things: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 16, n. 1, p. 414–454, 2014. IEEE. Citado na página 41.

- PRESS, L. Personal computing: the post-pc era. *Communications of the ACM*, v. 42, n. 10, p. 21–24, 1999. ACM. Citado na página 37.
- PRETZ, K. The next evolution of the internet. *IEEE Magazine The institute*, v. 50, n. 5, 2013. Citado na página 40.
- SANTOS, M. P. A. dos. *Cenários de internação domiciliar para apoio ao desenvolvimento de aplicações de tecnologia de informação e comunicação na tomada de decisão em governança de sistemas públicos de saúde*. 2014. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 26.
- SCHILIT, B.; ADAMS, N.; WANT, R. Context-aware computing applications. In: IEEE. *Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on*. [S.l.], 1994. p. 85–90. Citado na página 31.
- SILVEIRA, R. E. da et al. Gastos relacionados a hospitalizações de idosos no brasil: perspectivas de uma década. *Einstein (16794508)*, v. 11, n. 4, 2013. Citado na página 23.
- SOLDATOS, J. et al. Openiot: Open source internet-of-things in the cloud. In: *Interoperability and open-source solutions for the internet of things*. [S.l.]: Springer, 2015. p. 13–25. Citado na página 44.
- SPINSANTE, S.; GAMBI, E. Remote health monitoring by osgi technology and digital tv integration. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, v. 58, n. 4, 2012. IEEE. Citado na página 50.
- TAVOLARI, C. E. L.; FERNANDES, F.; MEDINA, P. O desenvolvimento do home health care no brasil. *Revista de Administração em Saúde*, v. 3, n. 9, p. 15–18, 2000. Citado 3 vezes nas páginas 33, 34 e 35.
- TRIANTAFYLLOIDIS, A. K. et al. A pervasive health system integrating patient monitoring, status logging, and social sharing. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, v. 17, n. 1, p. 30–37, 2013. Citado na página 25.
- UCKELMANN, D.; HARRISON, M.; MICHAELLES, F. An architectural approach towards the future internet of things. In: *Architecting the internet of things*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 1–24. Citado na página 40.
- WANG, X.; WANG, X. Y.; HOU, R. C. A food management system based on iot for smart refrigerator. In: *Mechanical Engineering, Industrial Electronics and Information Technology Applications in Industry*. [S.l.]: Trans Tech Publications, 2013. (Applied Mechanics and Materials, v. 427), p. 2936–2939. Citado na página 42.
- WANT, R. An introduction to rfid technology. *IEEE pervasive computing*, v. 5, n. 1, p. 25–33, 2006. IEEE. Citado na página 40.
- WEISER, M. The computer for the 21st century. *Scientific american*, v. 265, n. 3, p. 94–104, 1991. Nature Publishing Group. Citado na página 38.
- WOLF, M. *Computers as components: principles of embedded computing system design*. [S.l.]: Elsevier, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- XU, B. et al. Ubiquitous data accessing method in iot-based information system for emergency medical services. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 10, n. 2, p. 1578–1586, 2014. IEEE. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.

YANG, F. *Trash can with sensor*. [S.l.]: Google Patents, 2005. US Patent App. 11/074,140. Citado na página 42.

Apêndices

APÊNDICE A – TV-Health

A.1 Hardware utilizado

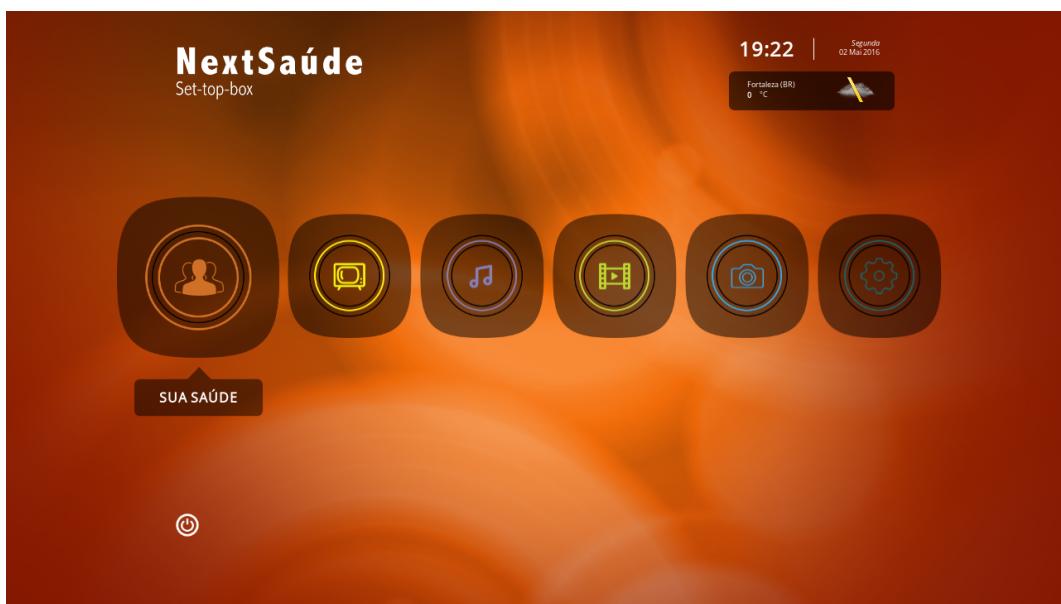
Figura 22 – Hardware utilizado na solução proposta - montado pela empresa CRAFF.



Fonte: Próprio autor.

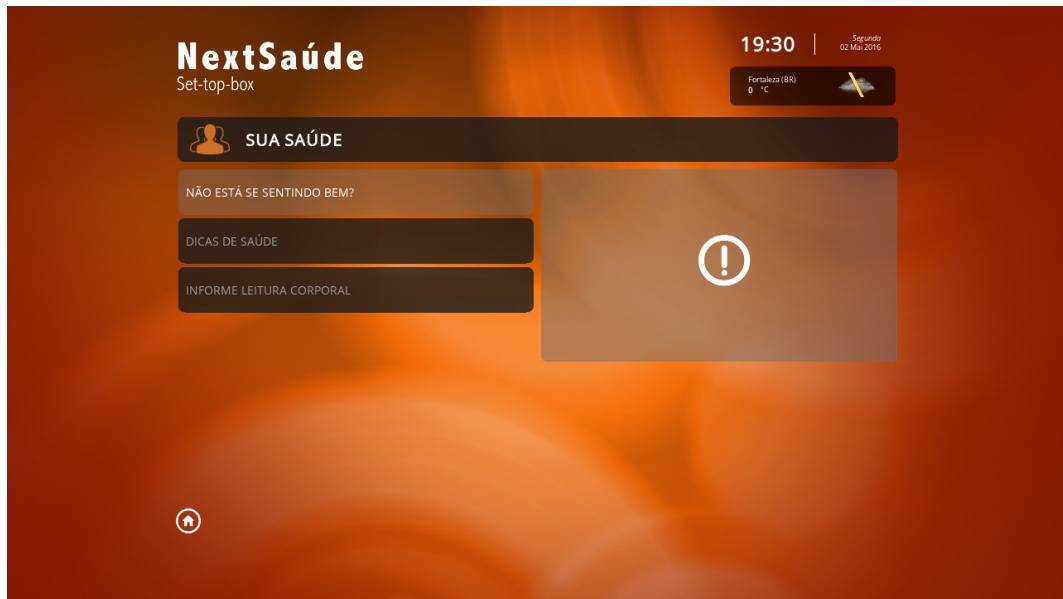
A.2 Software utilizado

Figura 23 – Tela principal do STB. Destaque para o menu “Sua Saúde”.



Fonte: Próprio autor.

Figura 24 – Tela principal do menu “Sua Saúde”.



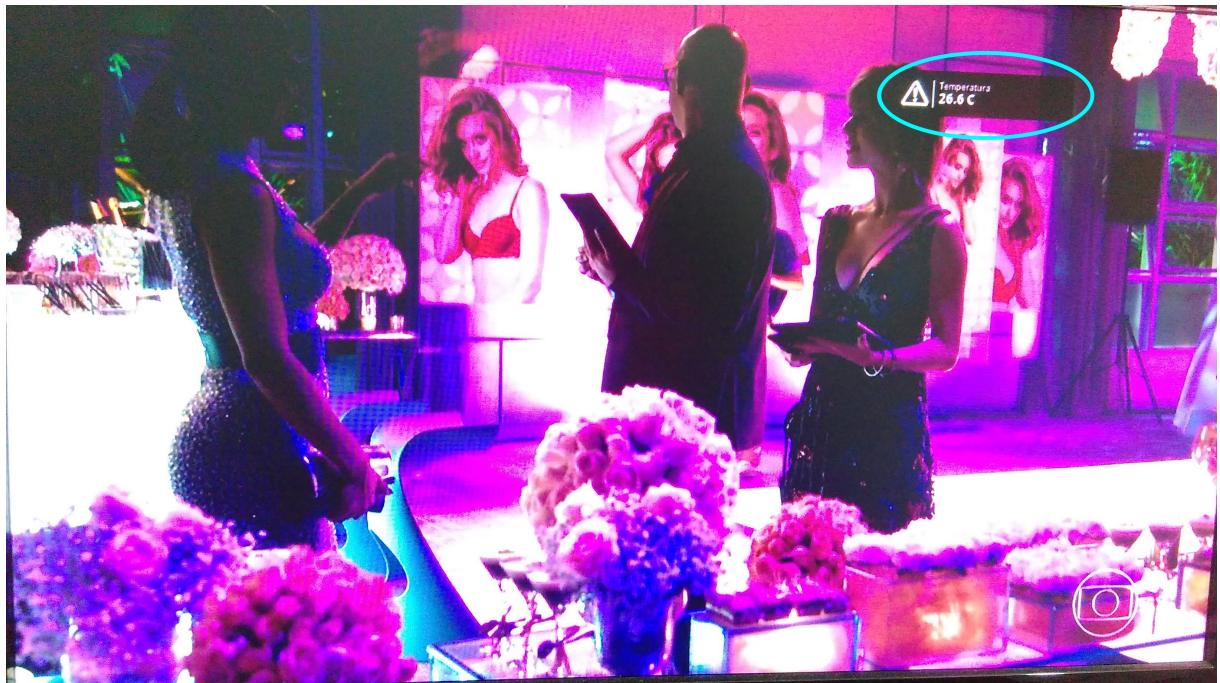
Fonte: Próprio autor.

Figura 25 – Notificação do tipo caixa de diálogo.



Fonte: Próprio autor.

Figura 26 – Notificação do tipo *pop-up*.



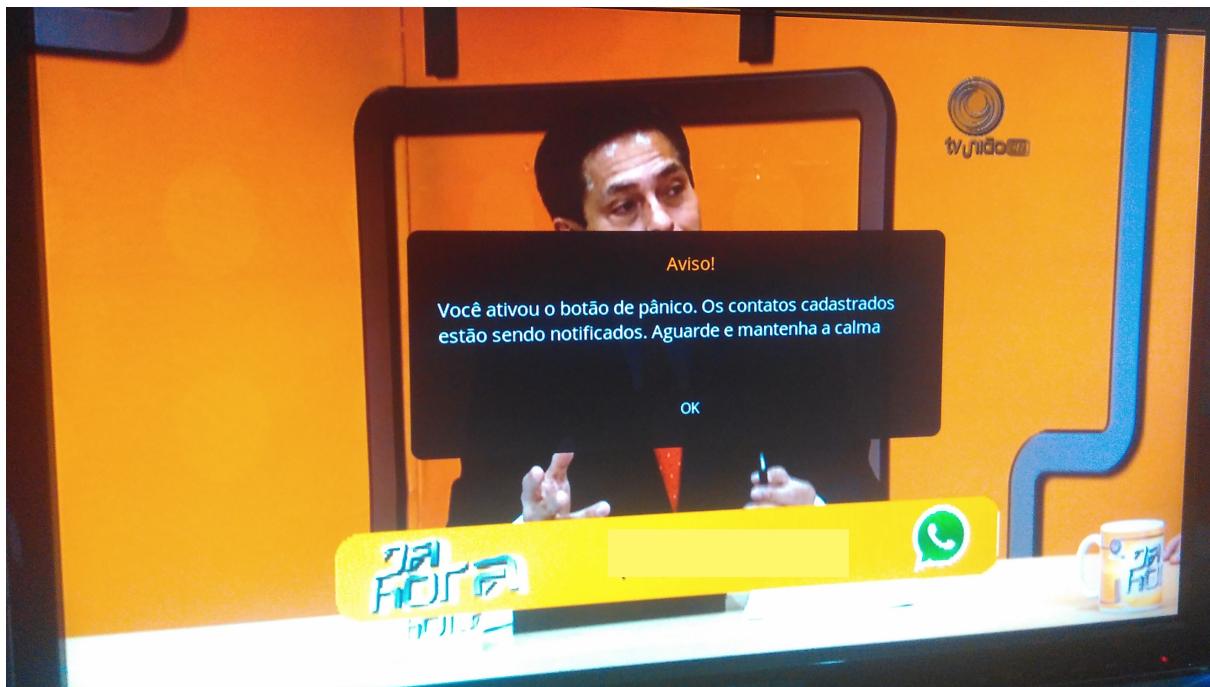
Fonte: Próprio autor.

Figura 27 – Tela principal do módulo *service.dado*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 28 – Aviso para tranquilizar o usuário em situação de emergência.

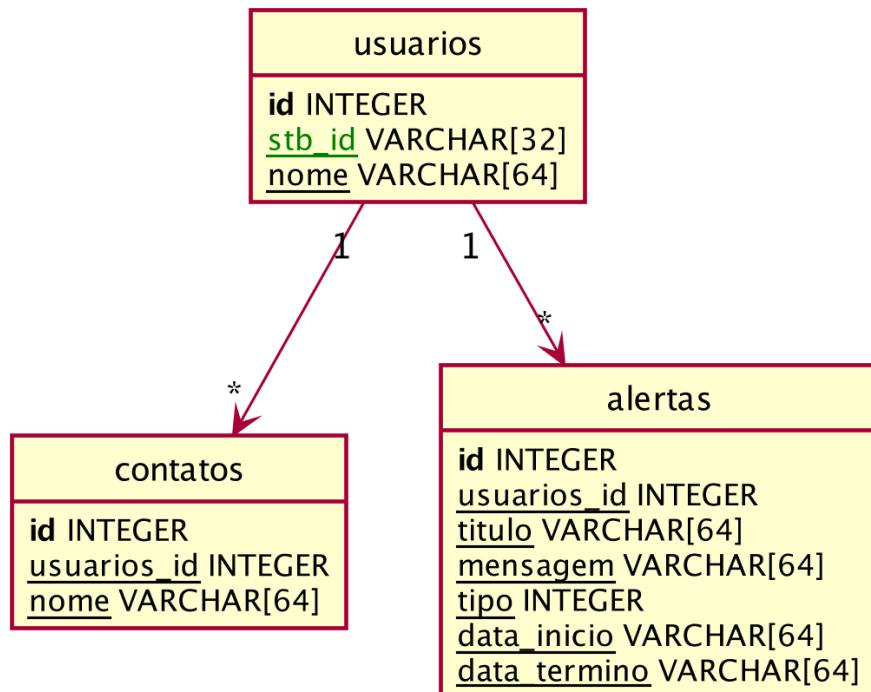


Fonte: Próprio autor.

A.3 Diagramas UML

A.3.1 Módulo *service.notification*

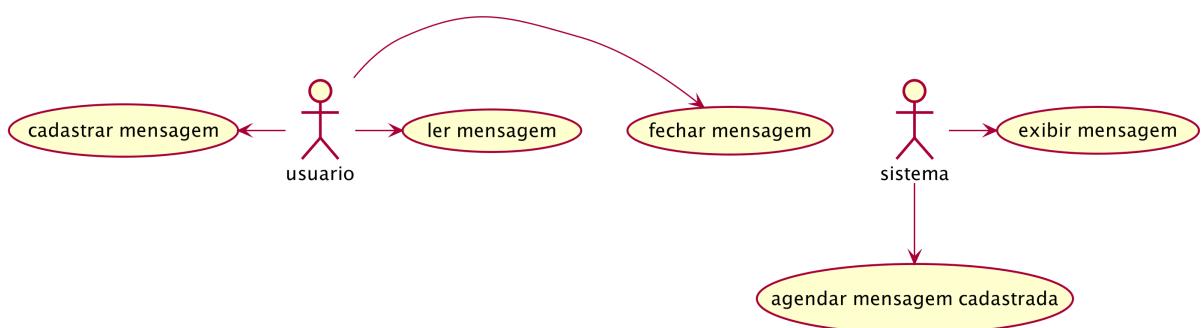
Figura 29 – Diagrama Entidade/Relação para módulo *web*.



Fonte: Próprio autor.

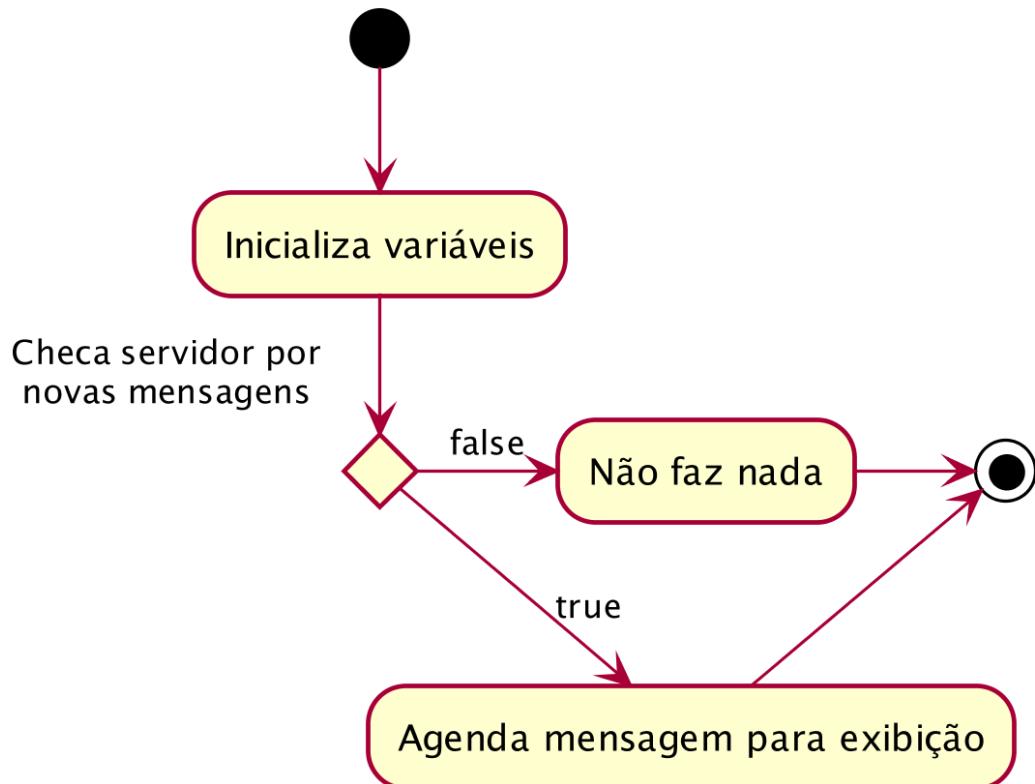
A.3.2 Módulo *service.notification*

Figura 30 – Diagrama de Caso de Uso para módulo *service.notification*.



Fonte: Próprio autor.

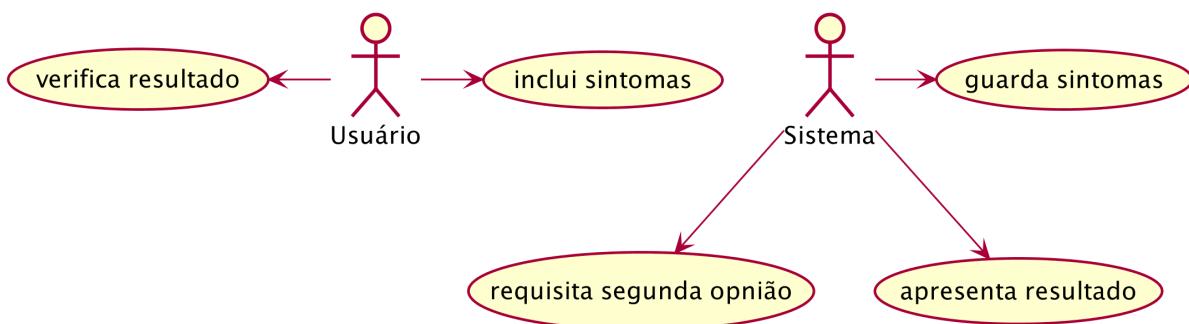
Figura 31 – Diagrama de Atividades para módulo *service.notification*.



Fonte: Próprio autor.

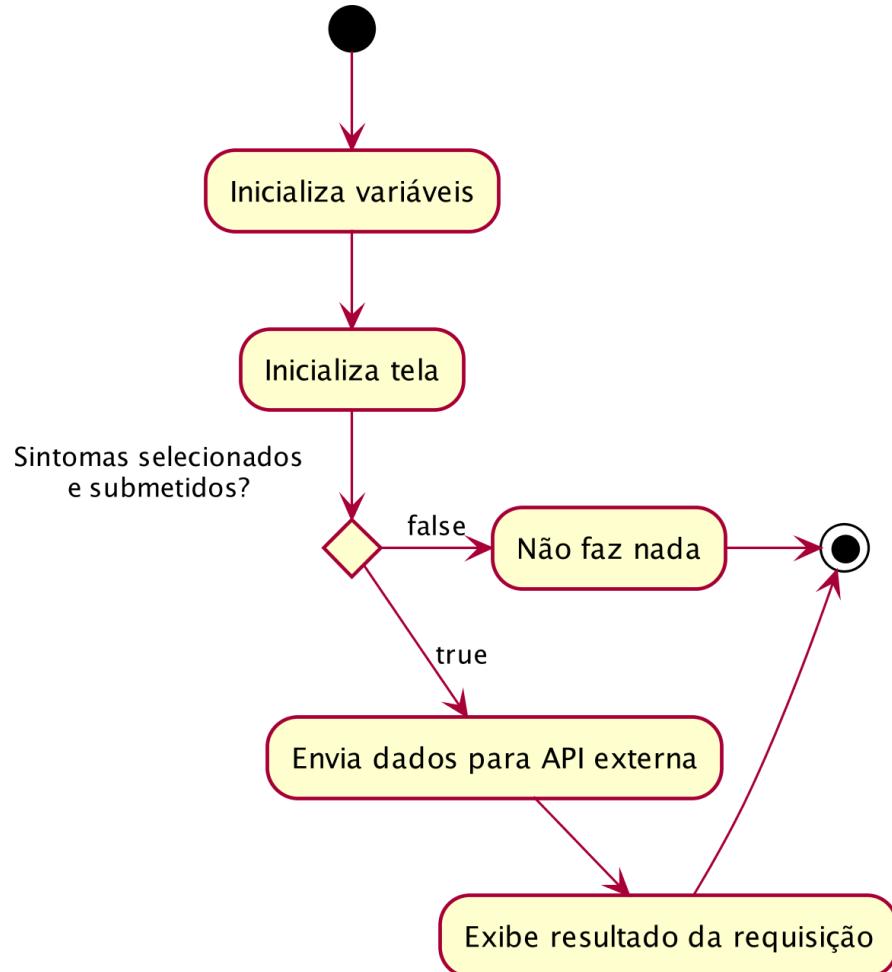
A.3.3 Módulo *service.dado*

Figura 32 – Diagrama de Caso de Uso para módulo *service.dado*.



Fonte: Próprio autor.

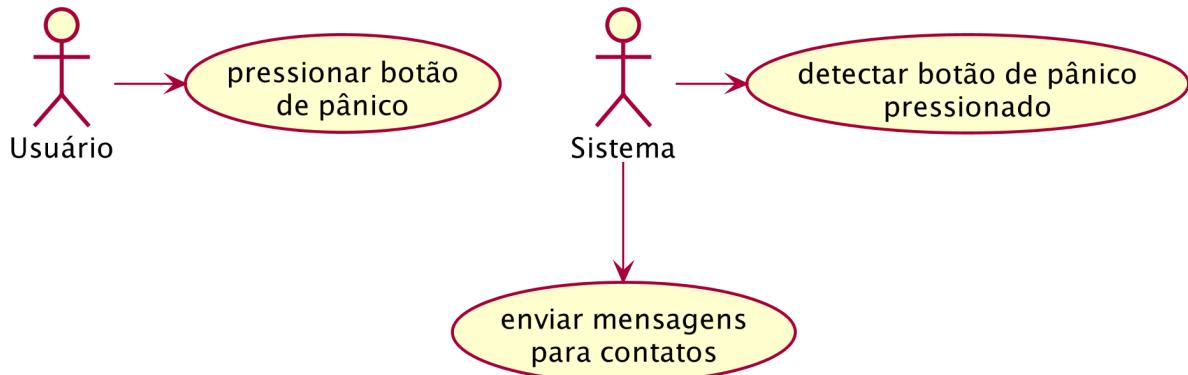
Figura 33 – Diagrama de Atividades para módulo *service.dado*.



Fonte: Próprio autor.

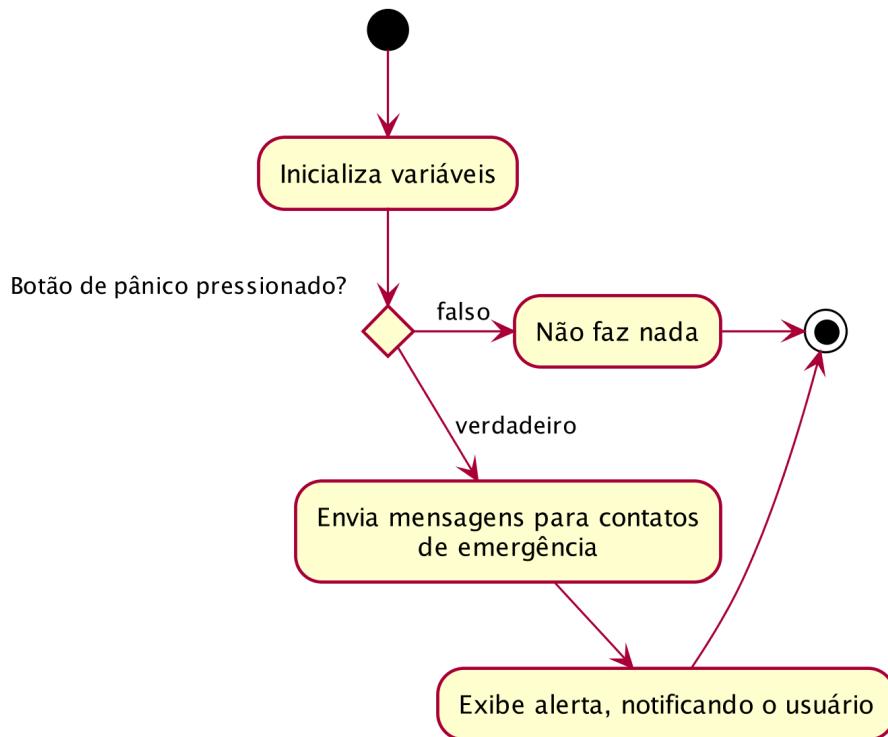
A.3.4 Módulo *service.panicbutton*

Figura 34 – Diagrama de Caso de Uso para módulo *service.panicbutton*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 35 – Diagrama de Atividades para módulo *service.panicbutton*.



Fonte: Próprio autor.