

Abordagem I³VSM: Acompanhamento Autônomo de Pacientes Explorando Ciência de Situação na IoT

Rogério Albandes, Roger Machado, Jorge Barbosa e Adenauer Yamin

Abstract—Mobility has become a daily practice of physicians, so it is possible that they remain periods of time without contact with the teams that support them in the treatment of patients. Longer periods between communications can cause delays in performing procedures, drug prescribing, etc. Considering this scenario, this work has as objective the conception an approach, called I³VSM, which integrates: (i) a platform for acquisition of vital signs, (ii) an environment for contextual processing, which through customizable rules builds the Situation Awareness of the patients; and (iii) a textual and graphic display interface for these signals, which can be accessed by IoT. As a source of vital signs, the MIMIC-III database is being used, which has been widely accepted by the international community for this purpose. In turn, for the evaluation of I³VSM together with health professionals, the Technology Acceptance Model (TAM) was used, and promising results were obtained.

Palavras-Chave—Internet das Coisas, Ciência de Situação, Sinais Vitais.

I. INTRODUÇÃO

Considerando que a mobilidade constitui prática habitual no dia-a-dia dos médicos, implicando no trânsito por diferentes ambientes (hospitais, consultório, ambulatórios, etc.), é possível que os mesmos fiquem consideráveis períodos de tempo sem contato com as equipes de enfermagem que lhe dão suporte no tratamento dos pacientes. [1].

Por sua vez, estudos têm indicado que a frequência na comunicação entre os médicos e os outros profissionais de saúde nos hospitais constitui aspecto importante no tratamento de pacientes internados. Períodos mais longos entre comunicações podem provocar retardos na realização de procedimentos, na prescrição de drogas, etc., o que contribui para um possível aumento no período de internação [2].

A premissa perseguida neste trabalho é explorar recursos da Internet das Coisas (IoT), tanto para aquisição de informações sobre os pacientes, como para realizar uma interoperação com a comunidade médica sempre que necessário. Esta interoperação será coordenada por procedimentos automatizados, regidos por mecanismos para Ciência de Situação.

A Ciência de Situação refere-se a um modelo no qual o sistema computacional é capaz de verificar os aspectos nos quais tem interesse e, quando necessário, reagir as suas alterações disparando procedimentos pertinentes. Esta abordagem materializa premissas da IoT, nas quais existe uma comunicação autônoma entre objetos inteligentes, utilizados

Rogério Albandes e Adenauer Yamin. Universidade Católica de Pelotas - E-mails: rogerio.albandes@sou.ucpel.edu.br, adenauer.yamin@ucpel.edu.br; Jorge Barbosa. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Email: jbarbosa@unisinos.br; Roger Machado. Universidade Federal de Pelotas - E-mail: rdschachado@inf.ufpel.edu.br.

pelos profissionais de saúde, cooperando para o avanços das suas diferentes atividades [3].

De acordo com [4], para a construção de sistemas cientes de situação em ambientes distribuídos, como é o caso da presente proposta, alguns desafios devem ser tratados: (i) aquisição do contexto a partir de fontes heterogêneas e distribuídas; (ii) processamento dos dados contextuais adquiridos; e (iii) as respectivas ações direcionadas a todos os dispositivos e pessoas envolvidas.

Considerando este cenário, este trabalho tem por objetivo a concepção de uma abordagem, denominada I³VSM (*Interactive, IoT-based and Intelligent Vital Signs Monitor*), que integra: (i) uma plataforma para aquisição de sinais vitais; (ii) um ambiente para processamento contextual, que através de regras personalizáveis construa a Ciência de Situação dos pacientes, e quando necessário envie notificações para os profissionais de saúde envolvidos; e (iii) uma interface de visualização textual e gráfica destes sinais, que possa ser acessada de forma remota.

Para tanto, na concepção da abordagem I³VSM será explorada a arquitetura de software do *middleware* EXEHDA, particularmente do seu subsistema dedicado a processamento contextual, o qual será empregado na inferência da situação dos pacientes.

A expectativa com a I³VSM é permitir que os médicos possam remotamente antecipar diagnósticos de pacientes hospitalizados e a consequente prescrição de procedimentos. Além disto, entende-se que a pesquisa em andamento tem potencial para contribuir com a redução do tempo de internação.

Este artigo está organizado em sete seções. A segunda Seção apresenta os sistemas para pontuações de rastreamento e acompanhamento de pacientes. Na terceira Seção são discutidos os trabalhos relacionados. Na quarta Seção é introduzido o *middleware* EXEHDA destacando suas principais funcionalidades envolvidas para a obtenção da Ciência de Situação. A quinta Seção apresenta a abordagem I³VSM discutindo suas principais características. Na sexta Seção é discutida a prototipação e os testes realizados da abordagem I³VSM. Por fim, a sétima e última Seção apresenta as considerações finais e os trabalhos futuros.

II. SISTEMAS PARA PONTUAÇÕES DE RASTREAMENTO E ACOMPANHAMENTO

Existem sistemas chamados de Pontuações de Rastreamento e Acompanhamento (*track-and-trigger scores*), estes sistemas calculam uma pontuação, que reflete o estado de saúde de um paciente em relação a seus sinais vitais. Vários sistemas

de pontuação são utilizados internacionalmente [5], como o *Early Warning Score* (EWS), o *Modified Early Warning Score* (MEWS) [6] e o *VitalPAC Early Warning Score* (VIEWS)[7]. No entanto, alguns hospitais introduziram suas próprias pontuações de aviso prévio, como o *Chelsea Early Warning Score* (CEWS), introduzido pelo Hospital de Chelsea e Westminster no Reino Unido [8], dentre outros. O EWS é baseado nos sinais vitais frequência respiratória, saturação de oxigênio, temperatura, pressão arterial, pulso/frequência cardíaca e resposta AVPU [9]. Faixas de valores foram estabelecidas em cada sinal vital e adotado um valor para cada uma. O escore EWS é obtido com a soma destes valores.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção discute trabalhos relacionados à abordagem I³VSM. Durante o esforço de pesquisa foram identificados diversas abordagens relacionadas ao monitoramento remoto de pacientes, dentre as quais foram selecionados cinco trabalhos. Para sua seleção o trabalho deveria contemplar os seguintes aspectos: (i) monitorar sinais vitais; (ii) oferecer suporte para operações remotas tanto de sensoriamento como de atuação (envio de alertas, etc.); e (iii) considerar o emprego de ciência de situação.

O trabalho de [10] apresenta um modelo que automatiza a coleta, entrega e processamento de dados vitais dos pacientes com a ajuda de um dispositivo de borda e do container Docker [11]. Segundo o autor, o monitoramento de saúde e os aplicativos de resposta à emergências baseados em IoT exigem uma latência e um atraso menor quando da troca de informações. As informações são trocadas entre o servidor de borda, a nuvem e o dispositivo do usuário, o que afeta diretamente o desempenho. Para alcançar o objetivo proposto no trabalho, é utilizado o Raspberry pi como dispositivo de borda, para otimizar o processo de análise dos dados dos sensores, com isto é possível trabalhar com baixa largura de banda, baixa latência e com redes congestionadas.

No artigo de [12], é proposta a plataforma SM-IoT, uma plataforma baseada em IoT para cuidados de saúde inteligentes e personalizados, dedicada aos pacientes, bem como aos cuidadores. O objetivo desta plataforma é melhorar o monitoramento remoto do paciente e promover os serviços de saúde. A plataforma SM-IoT é capaz de coletar dados de fontes de informação heterogêneas, integrá-los usando uma web semântica flexível, armazená-los na nuvem para análise posterior, visualizar esses dados com interfaces amigáveis e facilitar seu compartilhamento levando em conta seu aspecto de privacidade.

No trabalho de [13], é proposto um sistema de automação hospitalar distribuído, autônomo, flexível e de baixo custo. Constituído de servidores e sensores que podem ser facilmente configurados. Uma placa Intel Galileo, com uma placa Wi-Fi integrada, funciona como um servidor web, que permite o acesso de pessoas autorizadas na mesma rede LAN, utilizando um computador pessoal ou, remotamente, através de Wi-Fi ou 3G/4G utilizando um *smartphone*. O Sistema beneficia não apenas os pacientes que recebem um tratamento mais eficiente mas também aos médicos que podem agilizar seus

esforços para atender a um número maior de pacientes. A ideia principal deste sistema é um monitoramento contínuo dos pacientes e um controle de instrumentos, via internet.

A proposta de [14] apresenta um *framework* genérico de Health-IoT que contém um Sistema de Apoio à Decisão Clínica (*Clinical Decision Support Systems- CDSS*), para fornecer um sistema de monitoramento de saúde auto-adequado e personalizado para idosos em ambiente doméstico. O *framework* é focado principalmente nos sensores de suporte, nos meios de comunicação, na comunicação segura e confiável de dados, no armazenamento baseado em nuvem e nos acessos remotos dos dados. O CDSS é utilizado para fornecer um relatório personalizado sobre o estado de saúde das pessoas com base na observação diária dos sinais vitais. Um conjunto de regras pré-determinadas é usado para classificar parâmetros de saúde individuais e o Raciocínio Baseado em Casos (*Case-Based Reasoning - CBR*) é aplicado para gerar o estado geral de saúde de um usuário.

Em [15] é apresentada a EcoHealth (Ecosistema de Dispositivos de *Health Care*), uma plataforma de middleware que integra sensores corporais heterogêneos para permitir o monitoramento remoto de pacientes e a melhoria de diagnósticos médicos. O seu objetivo principal é integrar informações obtidas a partir de tais sensores heterogêneos para fins de monitoramento, processamento, visualização e armazenamento desses dados, bem como de notificação e atuação referentes a condições atuais de pacientes e seus sinais vitais. O projeto da EcoHealth é baseado em várias tecnologias Web bem estabelecidas (HTTP, REST e EEML) com o intuito de padronizar e simplificar o desenvolvimento de aplicações no contexto de IoT, minimizando assim problemas de compatibilidade e de interoperabilidade entre fabricantes, protocolos proprietários e formatos de dados

Dentre os principais diferenciais da I³VSM temos o emprego do *Early Warning Score* (EWS), que é um reconhecido padrão internacional para Pontuações de Rastreamento e Acompanhamento de sinais vitais, o qual tem sido utilizado em abordagens não automatizadas, não sendo contemplado nos trabalhos relacionados.

Outro diferencial da I³VSM diz respeito ao uso de middleware, o qual somente é empregado pelo trabalho relacionado [15]. Para o tratamento do desafio de prover suporte a ciência de situação às aplicações na IoT, vem se destacando o emprego de *middlewares*, os quais são inseridos entre as infraestruturas computacionais e as aplicações [16].

Os *middlewares*, por meio de interfaces de alto nível, permitem a interoperabilidade de diferentes dispositivos da IoT, disponibilizando dentre outras funcionalidades, um meio padronizado para o acesso aos recursos disponíveis nos mesmos

IV. MIDDLEWARE EXEHDA

O EXEHDA consiste de um *middleware* ciente de situação baseado em serviços, o qual visa criar e gerenciar um ambiente computacional largamente distribuído, bem como promover a execução de aplicações sobre ele. O *middleware* vem sendo explorado pelo G3PD em frentes de pesquisa que tratam desafios da IoT [17].

O EXEHDA possui uma organização composta por um conjunto de células de execução, conforme pode ser observado na Figura 1. Cada célula, no que diz respeito ao provimento de Ciência de Situação, é composta por um Servidor de Contexto (SC), e por diversos Servidores de Borda (SB) e/ou Gateways.

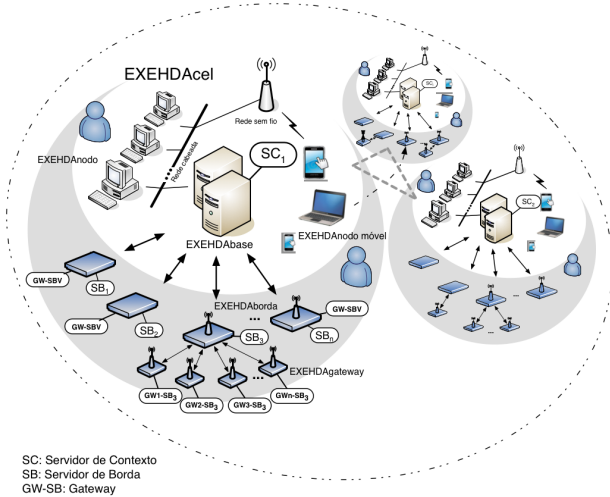


Fig. 1. Ambiente para IoT gerenciado pelo EXEHDA

Os Gateways coletam informações contextuais, provenientes de sensores físicos ou lógicos e tem a finalidade de tratar a heterogeneidade dos diversos tipos de sensores, em aspectos tanto de hardware como de protocolo, transferirem estas informações coletadas de forma normalizada aos Servidores de Borda. No EXEHDA os Gateways são implementados sobre um hardware embarcado específico para a finalidade de interoperar com sensores e atuadores.

No EXEHDA o processamento das informações contextuais é distribuída, ficando uma parte com o Servidor de Borda, e outra com o Servidor de Contexto (vide Figura 1).

Os dados recebidos pelos diversos Servidores de Borda são transmitidos ao Servidor de Contexto que os gerencia e realiza as etapas de armazenamento e processamento contextual. O Servidor de Contexto pode combinar os dados provenientes dos Servidores de Borda com informações históricas, que ficam registradas no Repositório de Informações Contextuais. Uma discussão mais ampla das diferentes funcionalidades tanto do Gateway, quanto dos Servidores de Borda está disponível em [17], por sua vez, uma avaliação das diferentes potencialidades do Servidor de Contexto pode ser encontrada em [18].

V. I³VSM: CONCEPÇÃO E FUNCIONALIDADES

A arquitetura de de software concebida para a abordagem I³VSM está apresentada na Figura 2. Na continuidade desta seção são tratadas as funcionalidades dos diferentes módulos, sendo discutidos seus perfis operacionais.

A. Bloco de Interação com o Ambiente

O Bloco de Interação do Ambiente é constituído pelo Módulo API (*Application Programming Interface*) Entrada,

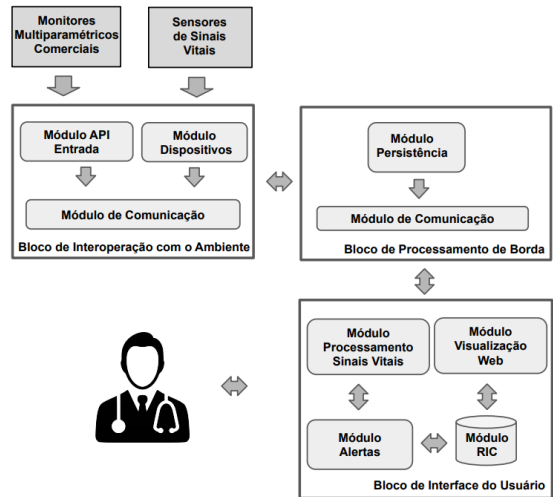


Fig. 2. Arquitetura de software da I³VSM

Módulo de Dispositivos e Módulo de Comunicação. Este bloco da I³VSM opera sobre um *Gateway* Nativo do *middleware* EXEHDA.

O Módulo API Entrada contempla a entrada dos sinais vitais à partir de monitores paramétricos comerciais, possui uma *RESTful API* que permite a qualquer fabricante tornar disponíveis seus dados ao I³VSM. O Módulo de Dispositivos é responsável por receber informações de sensores de sinais vitais, por meio de um composto por uma ESP32, possuindo um programa em *Python* que coleta os dados vindos dos sensores. Por sua vez, o Módulo de Comunicação é responsável por transferir/receber informações e comandos do Bloco de Processamento dos Sinais Vitais.

B. Bloco de Processamento de Borda

Dois módulos formam o Bloco de Processamento de Borda, que é instanciado sobre o Servidor de Borda do EXEHDA. Módulo de Comunicação, o qual é responsável por interoperar com o Bloco de Interface do Usuário, esta funcionalidade é instanciada no Módulo de Interação do Servidor de Borda do EXEHDA. Já o Módulo de Persistência, tem por objetivo realizar uma persistência temporária caso a conexão Internet com o Bloco de Interface do Usuário seja perdida. Esta funcionalidade é instanciada sobre o Módulo Persistência Local do Servidor de Borda do EXEHDA;

C. Bloco de Interface do Usuário

O Bloco de Interface do Usuário é constituído pelo Módulo de Processamento dos Sinais Vitais, Módulo de Visualização Web, Módulo de Alertas e o Repositório de Informações Contextuais, operando sobre um Servidor de Contexto do *middleware* EXEHDA.

D. Módulo de Processamento dos Sinais Vitais

O escore EWS é utilizado por padrão pelo I³VSM para a geração dos alertas. Os gatilhos e alertas são diferentes para cada hospital e, o I³VSM permite que além do escore

EWS, também o médico defina seus próprios gatilhos e correspondentes alertas. Será empregado como base os gatilhos utilizados pelo *Norfolk and Norwich University Hospital* ou NHS, sendo um dos maiores e mais modernos hospitais do Reino Unido. Segundo o NHS os médicos devem ser acionados para uma revisão quando o score EWS for igual ou superior a 5, caso maior ou igual a 6 os médicos necessitam atender o paciente imediatamente (dentro de 30 min).

Neste módulo são tratadas todas as regras referentes ao disparo de alertas, baseado nos sinais vitais coletados. Integram o conjunto de regras: (i) regras definidas pelo usuário, que irão atender suas especificidades baseadas em sua experiência profissional ou particularidades de sua especialidade; (ii) regras baseadas em padrões internacionais.

O médico, usuário do I³VSM pode configurar seus *templates* de regras utilizando suas definições, as regras de padrões estabelecidos ou ainda um conjunto híbrido de regras - o que torna flexível a configuração de seus alertas personalizados.

E. Módulo de Alertas

Alertas serão emitidos ao médico responsável pelo paciente segundos regras por ele estabelecidas e/ou indicadores internacionalmente aceitos. A I³VSM suporta 2 serviços de alerta que utilizam a Internet como meio e um que utiliza o serviço de *Short Message Service* (SMS) da rede GSM (*Global System for Mobile Communications*) de telefonia celular: (i) **Pushover**: É um serviço pago de envio de notificações instantâneas para tablets e celulares. Mais detalhadamente, o Pushover (<https://pushover.net>) é uma plataforma para enviar e receber notificações por push; (ii) **Telegram**: É um aplicativo de mensagens, rápido, simples e gratuito. O Telegram (<https://telegram.org>) funciona como SMS e e-mail combinados; e (iii) **SMS Gateway**: Não pode ser descartada a possibilidade de falta de conectividade à internet, seja por problema em seu backbone ou mesmo na rede interna do hospital.

Considerando esta hipótese foi concebido o módulo SMS Gateway que fará o envio de alertas utilizando a rede de telefonia celular. O Módulo SMS Gateway da arquitetura I³VSM emprega o embarcado ESP32 NodeMCU e o SIM800L, um *transceiver* Quad-Band GSM/GPRS.

VI. I³VSM: AVALIAÇÃO

Como fonte de sinais vitais para a I³VSM está sendo empregado o banco de dados MIMIC-III [19], o qual vem tendo ampla aceitação da comunidade internacional para esta finalidade.

O MIMIC, é um banco de dados relacional contendo tabelas de dados que compreende mais de 58.000 internações hospitalares para 38.645 adultos e 7.875 recém-nascidos [19]. O banco de dados MIMIC-III é notabilizado pelos seguintes motivos: (i) é o único banco de dados de cuidados críticos de livre acesso; (ii) seu conjunto de dados abrange mais de uma década, com informações detalhadas sobre os cuidados individuais de cada paciente; e (iii) a análise dos dados é irrestrita.

Nos hospitais brasileiros é comum a medida dos sinais vitais quando da troca de turno das equipes de enfermagem, que se dá de 6h em 6h, do banco de dados MIMIC-III foram excluídos os dados que estão fora destes valores: 00h00min, 06h00min, 12h00min e 18h00min. Da tabela que contém as medições realizadas nos pacientes (CHARTEVENTS) também foram suprimidos dados que não estão no indicador EWS, com isto o número total de registros que era de 330.712.483 passou para 43.332.281.

Com o objetivo de avaliar o funcionamento do Módulo de Processamento dos Sinais Vitais, foi utilizado o MIMIC-III já adaptado à realidade brasileira e ao escopo deste trabalho, sendo configurados os seguintes alertas: (i) Índice EWS for superior a 5 (chamado de alerta amarelo); (ii) Índice EWS for igual ou superior a 6 (chamado de alerta vermelho); e (iii) Alerta configurado pelo médico, aumento na frequência cardíaca, associada a febre. Foram processados 1.000 pacientes sendo gerados 45 alertas amarelo, 30 alertas vermelho e 12 alertas com os parâmetros configurados pelo médico.

Por sua vez, para avaliação junto aos profissionais de saúde foi utilizado o *Technology Acceptance Model* (TAM), um modelo, proposto por [20], que possui a vantagem de ser específico para tecnologia da informação e tem uma forte base teórica, além do amplo apoio empírico. O modelo sugere que, quando os usuários são apresentados a uma nova tecnologia, vários fatores influenciam sua decisão sobre como e quando eles a usarão, notadamente: (i) Utilidade percebida (*Perceived Usefulness* - PU) - é o grau em que uma pessoa acredita que usar um determinado sistema aumentaria seu desempenho no trabalho; e (ii) Facilidade de uso percebida (*Perceived Ease of Use* - PEOU) - é o grau em que uma pessoa acredita que usar um determinado sistema estaria livre de esforço [20]. Para isto, foi elaborado um questionário cujas questões estão mostradas na tabela I, empregando a escala Likert [21]: Discordo totalmente; Discordo parcialmente; Indiferente; Concordo parcialmente; e Concordo totalmente.

Nesta etapa de concepção da I³VSM, o questionário de avaliação desenvolvido foi aplicado a 10 médicos de 3 hospitais da cidade de Pelotas-RS, sendo apresentado aos mesmos uma demonstração da I³VSM, sendo os alertas, gerados à partir do MIMIC-III, usando o EWS e também os parâmetros configurados por eles, o que os aproximou do real funcionamento da proposta. Com o objetivo de avaliação da proposta foi aplicado um questionário a estes médicos, o qual é apresentado na tabela I, dando como resultado a Escala de Likert [21] apresentada na tabela II, o que indica um resultado promissor para a I³VSM.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a I³VSM é possibilitada a antecipação de diagnósticos e procedimentos por parte da equipe médica, o que, pode tornar viável a redução no tempo de internação.

Os resultados obtidos junto à médicos no que diz respeito a avaliação da Utilidade e Facilidade de Uso percebidas (TAM), mostram-se promissores e apontam para o prosseguimento das pesquisas da I³VSM, enquanto abordagem que emprega o *middleware* EXEHDA no provimento de abordagens para área de saúde.

TABELA I
QUESTIONÁRIO TAM RESPONDIDO PELOS MÉDICOS

Construto	Afirmativa
Facilidade de uso percebida	1 - Considero a utilização do I3VSM clara e objetiva.
	2 - Interagir com esta proposta não requer muito esforço mental.
	3 - Considero a proposta fácil de ser utilizada.
Utilidade Percebida	4 - A utilização do I3VSM melhoraria minha performance no dia-a-dia.
	5 - A utilização dessa tecnologia aumentaria minha produtividade.
	6 - A utilização dessa tecnologia me tornaria mais eficiente.

TABELA II
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA UTILIDADE E FACILIDADE DE USO PERCEBIDAS (TAM)

Questão	Discordo plenamente	Discordo parcialmente	Indiferente	Concordo parcialmente	Concordo plenamente
1	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	80,00%
2	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%	90,00%
3	0,00%	0,00%	10,00%	20,00%	70,00%
4	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%	90,00%
5	0,00%	0,00%	20,00%	10,00%	70,00%
6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Dentre os trabalhos futuros previstos tem-se o desenvolvimento de um aplicativo nativo para smartphones e a construção de uma API para integração com os sistemas legados dos hospitais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da FAPERGS (Programa Pesquisador Gaúcho - PqG).

REFERÊNCIAS

- [1] E. Costa Dias, "Condições de trabalho e saúde dos médicos: uma questão negligenciada e um desafio para a associação nacional de medicina do trabalho," *Rev. bras. med. trab.*, vol. 13, no. 2, 2015.
- [2] G. P. Rufino, M. G. Gurgel, T. d. C. Pontes, and E. Freire, "Avaliação de fatores determinantes do tempo de internação em clínica médica," *Revista Brasileira Clínica Médica*, vol. 10, no. 4, pp. 291–297, 2012.
- [3] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D. Georgakopoulos, "Context aware computing for the internet of things: A survey," *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, vol. 16, no. 1, pp. 414–454, First 2014.
- [4] O. B. Sezer, E. Dogdu, and A. M. Ozbayoglu, "Context-aware computing, learning, and big data in internet of things: a survey," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 1–27, 2018.
- [5] A. J. Bleyer, S. Vidya, G. B. Russell, C. M. Jones, L. Sujata, P. Daeihagh, and D. Hire, "Longitudinal analysis of one million vital signs in patients in an academic medical center," *Resuscitation*, vol. 82, no. 11, pp. 1387–1392, 2011.
- [6] C. Subbe, M. Kruger, P. Rutherford, and L. Gemmel, "Validation of a modified early warning score in medical admissions," *Qjm*, vol. 94, no. 10, pp. 521–526, 2001.
- [7] J. D. Plate, L. M. Peelen, L. P. Leenen, and F. Hietbrink, "Validation of the vitalpac early warning score at the intermediate care unit," *World journal of critical care medicine*, vol. 7, no. 3, p. 39, 2018.
- [8] C. Austen, C. Patterson, A. Poots, S. Green, T. Weldring, and D. Bell, "Using a local early warning scoring system as a model for the introduction of a national system," *Acute Med*, vol. 11, no. 2, pp. 66–73, 2012.
- [9] A. Commission et al., *Critical to success: the place of efficient and effective critical care services within the acute hospital*. Audit Commission London, 1999.
- [10] K. Jaiswal, S. Sobhanayak, A. K. Turuk, S. L. Bibhudatta, B. K. Mohanta, and D. Jena, "An iot-cloud based smart healthcare monitoring system using container based virtual environment in edge device," in *2018 International Conference on Emerging Trends and Innovations In Engineering And Technological Research (ICETIETR)*. IEEE, 2018, pp. 1–7.
- [11] J. Turnbull, *The Docker Book: Containerization is the new virtualization*. James Turnbull, 2014.
- [12] A. Dridi, S. Sassi, and S. Faiz, "A smart iot platform for personalized healthcare monitoring using semantic technologies," in *Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2017 IEEE 29th International Conference on*. IEEE, 2017, pp. 1198–1203.
- [13] S. Karthikeyan, K. V. Devi, and K. Valarmathi, "Internet of things: Hospice appliances monitoring and control system," in *Green Engineering and Technologies (IC-GET), 2015 Online International Conference on*. IEEE, 2015, pp. 1–6.
- [14] M. U. Ahmed, "An intelligent healthcare service to monitor vital signs in daily life—a case study on health-iot," *Int. J. Eng. Res. Appl.(IJERA)*, vol. 7, no. 3, pp. 43–55, 2017.
- [15] P. Maia, A. Baffa, E. Cavalcante, F. C. Delicato, T. Batista, and P. F. Pires, "Uma plataforma de middleware para integração de dispositivos e desenvolvimento de aplicações em e-health," 2015.
- [16] P. F. Pires, E. Cavalcante, T. Barros, F. C. Delicato, T. Batista, and B. Costa, "A platform for integrating physical devices in the internet of things," *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, pp. 234–241, 2014.
- [17] R. Souza, J. Lopes, C. Geyer, A. Cardozo, A. Yamin, and J. Barbosa, "An architecture for iot management targeted to context awareness of ubiquitous applications," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 24, no. 10, pp. 1452–1471, 2018.
- [18] J. L. Lopes, R. S. de Souza, C. Geyer, C. da Costa, J. Barbosa, A. M. Pernas, and A. Yamin, "A middleware architecture for dynamic adaptation in ubiquitous computing," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 20, no. 9, pp. 1327–1351, 2014.
- [19] A. E. Johnson, T. J. Pollard, L. Shen, H. L. Li-wei, M. Feng, M. Ghassemi, B. Moody, P. Szolovits, L. A. Celi, and R. G. Mark, "Mimic-iii, a freely accessible critical care database," *Scientific data*, vol. 3, p. 160035, 2016.
- [20] F. D. Davis, R. P. Bagozzi, and P. R. Warshaw, "User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models," *Management science*, vol. 35, no. 8, pp. 982–1003, 1989.
- [21] R. Likert, "A technique for the measurement of attitudes," *Archives of psychology*, 1932.