

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Programa de Pós-Graduação em Computação



Tese

Abordagem IoT PD-RPM: Promovendo Aderência à Diálise Peritoneal
Considerando o Cenário da Internet das Coisas

Rogério da Costa Albandes

Pelotas, 2024

Rogério da Costa Albandes

**Abordagem IoT PD-RPM: Promovendo Aderência à Diálise Peritoneal
Considerando o Cenário da Internet das Coisas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin
Coorientadores: Prof^a. Dr^a. Ana Marilza Pernas
Prof. Dr. Franklin Correa Barcellos

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

A324a Albandes, Rogerio da Costa

Abordagem IoT PD-RPM: Promovendo Aderência à Diálise Peritoneal Considerando o Cenário da Internet das Coisas [recurso eletrônico] / Rogerio da Costa Albandes ; Adenauer Corrêa Yamin, Ana Marilza Pernas, Franklin Correa Barcellos, orientadoras. — Pelotas, 2024.
143 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Diálise Peritoneal. 2. Gerenciamento Remoto de Pacientes. 3. Internet das Coisas. 4. Ciência de Situação. I. Yamin, Adenauer Corrêa, orient. II. Pernas, Ana Marilza, orient. III. Barcellos, Franklin Correa, orient. IV. Título.

CDD

Machines that replace physical labor have allowed us to focus more on what makes us human: our minds. Intelligent machines will continue that process, taking over the more menial aspects of cognition and elevating our mental lives toward creativity, curiosity, beauty, and joy. These are what truly make us human, not any particular activity or skill like swinging a hammer — or even playing chess.

— GARRY KASPAROV

RESUMO

ALBANDES, Rogério da Costa. **Abordagem IoT PD-RPM: Promovendo Aderência à Diálise Peritoneal Considerando o Cenário da Internet das Coisas**. Orientador: Adenauer Corrêa Yamin. 2024. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

Sociedades em todo o mundo estão enfrentando o problema de gerenciar a crescente população de pacientes com doença renal terminal, impulsionada, dentre outros aspectos, pelo crescimento populacional, aumento da longevidade, obesidade, diabetes e hipertensão. É estimado que a Doença Renal Crônica se tornará a 5ª principal causa de morte até 2040, superior à posição atual de 16ª. Tendo este cenário como motivação e a Revisão Sistemática de Literatura realizada, entende-se que a abordagem IoT PD-RPM tem como principal contribuição uma personalização pelo médico do tratamento do histórico de contexto considerando o paciente, em uma arquitetura que emprega um *middleware* para sua operação, o que viabiliza cuidados referentes à adequação à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Para tanto, integra a IoT PD-RPM um monitoramento das informações biométricas do paciente em Diálise Peritoneal (DP) de forma remota, ampliando a confiança tanto do paciente, como da equipe médica responsável, sobre a sua saúde ao longo do tratamento. Considerando isto, o objetivo geral desta Tese é a concepção da IoT PD-RPM a qual integra: (i) uma plataforma para a aquisição de sinais vitais de um paciente submetido a PD; (ii) um ambiente de processamento contextual, que, por meio de regras personalizáveis, constrói a Ciência da Situação dos pacientes; (iii) uma interface de visualização textual e gráfica dos sinais que possa ser acessada de forma remota, (iv) a especificação de um modelo computacional utilizando a análise sobre Históricos de Contextos com foco nas demandas usuais de monitoramento de pacientes em DP e (v) um módulo de Segurança e Auditoria de Banco de Dados, que visa tornar a IoT PD-RPM compatível com a LGPD. Para assegurar as funcionalidades da abordagem proposta, foram realizados Testes de Unidade, Integração e de Sistema. Por sua vez, para avaliar a receptividade da comunidade de saúde foi empregado o Método TAM (*Technology Acceptance Model*), o qual trouxe retornos positivos quando aos aspectos referentes a usabilidade e utilidade percebida, considerando o universo de 16 médicos envolvidos com o trabalho.

Palavras-chave: Diálise Peritoneal. Gerenciamento Remoto de Pacientes. Internet das Coisas. Ciência de Situação.

ABSTRACT

ALBANDES, Rogério da Costa. . Advisor: Adenauer Corrêa Yamin. 2024. 144 f. Thesis (Doctorate in Computer Science) – Technology Development Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

Societies worldwide are facing the challenge of managing the growing population of patients with end-stage renal disease, driven, among other factors, by population growth, increased longevity, obesity, diabetes, and hypertension. It is estimated that Chronic Kidney Disease will become the 5th leading cause of death by 2040, surpassing its current position as the 16th.

Motivated by this scenario and the Systematic Literature Review conducted, it is understood that the IoT PD-RPM approach primarily contributes by enabling physicians to personalize treatment based on the patient's contextual history. This is achieved within an architecture that employs middleware for its operation, facilitating compliance with the General Data Protection Law (Lei Geral de Proteção de Dados, LGPD).

To this end, the IoT PD-RPM integrates remote monitoring of biometric information for patients undergoing Peritoneal Dialysis (PD), enhancing trust in the patient's health status throughout the treatment for both the patient and the medical team.

Given this context, the general objective of this Thesis is the design of the IoT PD-RPM approach, which integrates: (i) a platform for acquiring vital signs of patients undergoing PD; (ii) a contextual processing environment that, through customizable rules, constructs the Situation Awareness of the patients; (iii) a textual and graphical visualization interface for the vital signs, accessible remotely and (iv) the specification of a computational model utilizing Context History analysis focused on the typical monitoring demands of PD patients; and (v) a Database Security and Audit module, which aims to make the IoT PD-RPM compliant with the LGPD.

To ensure the functionalities of the proposed approach, Unit, Integration, and System Tests were conducted. Additionally, to evaluate the healthcare community's receptiveness, the TAM (*Technology Acceptance Model*) method was employed, yielding positive feedback regarding usability and perceived usefulness, considering a sample of 16 physicians involved in the study.

Keywords: Peritoneal Dialysis. Remote Patient Management. Internet of Things. Situation Awareness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Características do Ciclo de Vida do Contexto	22
Figura 2	Visão Geral do Emprego da Ciência de Situação na Tomada de Decisão Dinâmica	26
Figura 3	Estrutura da Base de Dados MIMIC	47
Figura 4	Arquitetura de Software do <i>Middleware</i> EXEHDA	50
Figura 5	Subsistemas do <i>Middleware</i> EXEHDA	52
Figura 6	Ambiente Distribuído Provido pelo <i>Middleware</i> EXEHDA no Cenário da IoT	53
Figura 7	Abordagem Adotada na Revisão Sistemática de Literatura	57
Figura 8	Etapas Realizadas na Revisão Sistemática de Literatura	59
Figura 9	Artigos Retornados na Revisão Sistemática de Literatura por Base de Indexação	60
Figura 10	Visão Geral da Arquitetura da IoT PD-RPM	72
Figura 11	Cadastro dos Templates de Acompanhamento de Pacientes	75
Figura 12	Cadastro de Padrões dos Sinais Vitais na IoT PD-RPM	77
Figura 13	Visão do <i>Audit Module</i> da Arquitetura da IoT PD-RPM	78
Figura 14	System on a chip ESP32-CAM	93
Figura 15	Monitor de Sinais Vitais Lifetouch.10	94
Figura 16	Arquitetura da IoT PD-RPM Utilizando o MIMIC-IOT-PDRPM	100
Figura 17	Modelagem do Banco de Dados Utilizado pela IoT PD-RPM	102
Figura 18	<i>Theory of Reasoned Action</i> (TRA)	112
Figura 20	Dados Numéricos da Aplicação do Questionário de Avaliação	116
Figura 21	Certificado <i>CITI Program</i>	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação entre os Algoritmos de Regras de Associação	37
Tabela 2	Métricas para Distâncias entre Pontos no Plano	45
Tabela 3	Descrição das Tabelas do Banco de Dados MIMIC-III	48
Tabela 4	Tabela de Inclusões e Exclusões	59
Tabela 5	Totais de Artigos Afetados por Critério de Exclusão	61
Tabela 6	Análise Comparativa Entre os Trabalhos Relacionados e a IoT PD-RPM	70
Tabela 7	Valores Padrão Adotados no Acompanhamento dos Sinais Vitais . .	76
Tabela 8	Descrição das Tabelas da Base de Dados MIMIC-III Adaptada à IOT PD-RPM	102
Tabela 9	Conjunto de Itens Individuais Identificados pelo Algoritmo Apriori . .	105
Tabela 10	Itens Frequentes Identificados pelo Algoritmo Apriori	106
Tabela 11	Transações de Acesso por Usuário à IoT PD-RPM	110
Tabela 12	Questionário TAM Respondido pelos Médicos	114
Tabela 13	Valores Numéricos Adotados para a Tabela Likert	116

LISTINGS

5.1	<i>Layout</i> do Campo de Auditoria no Banco de Dados da IoT PD-RPM . . .	83
5.2	Exemplo de Coluna de Auditoria	83
5.3	Sintaxe do <i>Trigger</i> do Banco de Dados Mysql	84
6.1	<i>Layout</i> de uma Transação	103
6.2	Exemplo de uma Transação	104
6.3	Lista das Transações para o Usuário roger.mendes	105
6.4	Lista das Transações para o Usuário roger.mendes	106
6.5	Lista dos Pares que Atendem ao Suporte Mínimo	106
6.6	Lista dos Itens Frequentes (k=3) Identificados pelo Algoritmo Apriori . .	107
6.7	Comando CREATE TRIGGER da tabela de login, criado pela IoT PD-RPM	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
BIDMC	<i>Beth Israel Deaconess Medical Center</i>
CAAT	<i>Computer-Assisted Audit Tool</i>
CIR	<i>Contextual Information Repository</i>
CKD	<i>Chronic Kidney Disease</i>
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
DDL	<i>Data Definition Language</i>
DKIM	<i>DomainKeys Identified Mail</i>
DMARC	<i>Domain-based Message Authentication, Reporting and Conformance</i>
DML	<i>Data Modification Language</i>
DP	Diálise Peritoneal
DRC	Doença Renal Crônica
ESKD	<i>End-Stage Kidney Disease</i>
EXEHDA	<i>Execution Environment for Highly Distributed Applications</i>
GCP	<i>Google Cloud Platform</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HHS	<i>U.S. Department of Health and Human Services</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IAM	<i>AWS Identity and Access Management</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
LUPS	<i>Laboratory of Ubiquitous and Parallel Systems</i>

MIMIC	<i>Medical Information Mart for Intensive Care</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
PA	Pressão Arterial
PD	<i>Peritoneal Dialysis</i>
PEOU	<i>Perceived Ease of Use</i>
PU	<i>Perceived Usefulness</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RPM	<i>Remote Patient Management</i>
RRT	<i>Renal Replacement Therapy</i>
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SES	<i>Amazon Simple Email Service</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SNS	<i>Amazon Simple Notification Service</i>
SOS	<i>System-On-a-Chip</i>
SPF	<i>Sender Policy Framework</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TRA	<i>Theory of Reasoned Action</i>
TRS	Terapia Renal Substitutiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problema de Pesquisa	17
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	Estrutura do Texto	19
2	ESCOPO DA PESQUISA	21
2.1	Ciência de Contexto	21
2.1.1	Aquisição de Informações Contextuais	23
2.1.2	Processamento do Contexto	24
2.1.3	Distribuição de Contexto	25
2.2	Ciência de Situação	25
2.2.1	Regras de Determinação da Situação e da Ação	27
2.3	Segurança e Auditoria de Banco de Dados	28
2.3.1	Regras de Associação	29
2.3.2	Lei Geral de Proteção de Dados	38
2.3.3	Dado Pessoal e Dado Pessoal Sensível	39
2.3.4	Privacidade desde a Concepção	39
2.4	Sinais Vitais	41
2.4.1	Temperatura	41
2.4.2	Pulso	42
2.4.3	Pressão Arterial	42
2.4.4	Frequência Respiratória	43
2.4.5	Frequência Cardíaca	43
2.4.6	Oximetria de Pulso	44
2.5	Medidas de Similaridade em Históricos de Contexto	44
2.6	<i>Medical Information Mart for Intensive Care</i>	46
2.7	<i>Middleware EXEHDA</i>	49
2.7.1	Aspectos Funcionais e Arquiteturais	49
2.7.2	Organização dos Serviços	51
2.7.3	Ambiente Distribuído Provido pelo <i>Middleware EXEHDA</i>	53
2.8	Considerações Finais do Capítulo	54
3	ESTADO DA ARTE	56
3.1	Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura	56
3.1.1	Questões de Pesquisa	57

3.1.2	Cr�terios de Inclus�o e Exclus�o	59
3.1.3	Procedimento para Sele�o de Estudos	59
3.2	Trabalhos Seleccionados pela Revis�o Sistem�tica de Literatura . . .	60
3.3	Discuss�o das Quest�es de Pesquisa Considerando os Trabalhos Seleccionados na RSL	66
3.4	Considera�es Finais do Cap�tulo	70
4	IOT PD-RPM: ARQUITETURA PROPOSTA E SUAS FUNCIONALIDADES	71
4.1	Concep�o da Arquitetura da IoT PD-RPM	71
4.1.1	Environment Interoperation Block	71
4.1.2	Edge Processing Block	73
4.1.3	User Interface Block	73
4.1.4	Web Visualization Module	77
4.1.5	Relational Database Block	77
4.1.6	Audit Module	78
4.2	Considera�es Finais do Cap�tulo	80
5	IOT PD-RPM: TECNOLOGIAS SELECIONADAS	81
5.1	Banco de Dados MySQL	81
5.1.1	Formato de Dados JSON do MySQL	82
5.1.2	Objeto <i>Trigger</i> (Gatilho) do MySQL	83
5.2	Tecnologias Utilizadas em Ambiente Web	85
5.2.1	Interface de Programac�o de Aplicativos REST	85
5.3	Protocolo MQTT	87
5.4	Servi�os em Nuvem da <i>Amazon Web Services</i>	88
5.4.1	AWS Lambda	88
5.4.2	<i>Amazon Simple Storage Service</i>	89
5.4.3	<i>Amazon Relational Database Service</i>	90
5.4.4	<i>Amazon Simple Notification Service</i>	91
5.4.5	<i>Amazon Simple Email Service</i>	91
5.5	<i>System on a Chip</i> ESP32-CAM	92
5.6	Monitor de Sinais Vitais Lifetouch.10	93
5.7	Considera�es Finais do Cap�tulo	95
6	IOT PD-RPM: AVALIA�O REALIZADA	96
6.1	Testes de Unidade, Integra�o e de Sistema da Arquitetura da IoT PD-RPM	96
6.1.1	Teste de Unidade	97
6.1.2	Teste de Integra�o	98
6.1.3	Teste de Sistema	99
6.2	Arquitetura da IoT PD-RPM ante Sinais Vitais Reais	99
6.2.1	Explora�o do MIMIC-III na IoT PD-RPM	100
6.3	Arquitetura da IoT PD-RPM ante a LGPD	102
6.3.1	Prepara�o dos dados	103
6.3.2	Minera�o de Conjuntos de Itens Frequentes	104
6.3.3	Avalia�o da IoT PD-RPM ante a LGPD	108
6.4	Aplica�o do M�todo TAM na Arquitetura IoT PD-RPM	111
6.4.1	Modelos TRA e TAM	112
6.4.2	Resultados da Aplica�o M�todo TAM na IoT PD-RPM	114

6.4.3	Cálculo do Alfa de Cronbach	115
6.5	Considerações Finais do Capítulo	118
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
7.1	Principais Conclusões	119
7.2	Oportunidades para Continuidade da Pesquisa	121
7.3	Publicações Realizadas	121
	REFERÊNCIAS	124
	ASSINATURAS	137
	APÊNDICE A EXEMPLO DE REGISTRO DE AUDITORIA	139
	APÊNDICE B REGRAS DE ASSOCIAÇÃO GERADAS	140
	ANEXO A RELATÓRIO DE CONCLUSÃO DO CURSO <i>HUMAN RESEARCH</i>	143

1 INTRODUÇÃO

As sociedades em todo o mundo estão enfrentando o problema de gerenciar a crescente população de pacientes com Doença Renal em Estágio Final (*End-Stage Kidney Disease* - ESKD), impulsionadas pelo crescimento populacional, aumento da longevidade, obesidade, diabetes e hipertensão. O *Global Burden of Disease* (GBD, 2019) estima que a Doença Renal Crônica (*Chronic Kidney Disease* - CKD) tornar-se-á a 5ª principal causa de morte até 2040, bem acima da atual 16ª posição.

Quando a CKD progride para ESKD, é requerido que se realize a Terapia de Substituição Renal (*Renal Replacement Therapy* - RRT); diálise ou transplante de rim (LEVIN et al., 2017). A RRT na forma de hemodiálise (HD), diálise peritoneal (DP) ou transplante renal pode adicionar muitos anos, com significativa qualidade de vida, aos pacientes com CKD (FOREMAN et al., 2018).

É estimado que entre 5 e 10 milhões de pessoas no mundo serão submetidas à RRT até 2030, principalmente em países de baixa renda média. No entanto, o número de pessoas sem acesso à RRT permanecerá substancial. Isso se mostra compreensível, porque a diálise crônica é uma das terapias mais caras para indivíduos e governos. Esses dados mostram uma necessidade premente de desenvolver abordagens inovadoras e econômicas para que a RRT possa ser disponibilizada para as pessoas que podem se beneficiar dela (LIYANAGE et al., 2015).

Nos EUA a Presidência da República assinou, em 10/07/2019, uma Ordem Executiva para lançar o *Advancing American Kidney Health* (TRUMP, 2020); uma nova iniciativa para aumentar a intervenção do estado, quando do tratamento de doenças renais crônicas. Esta Ordem Executiva tem como objetivo central reduzir o número de pacientes com insuficiência renal, mitigar o total de pacientes recebendo diálise em centros de diálise e mais rins disponíveis para transplante. Em toda a América do Norte, 37 milhões de pacientes sofrem de doença renal crônica e mais de 726.000 têm doença renal terminal. Há quase 100.000 americanos esperando na lista para receber um transplante de rim e a doença renal é classificada como a nona principal causa de morte nos Estados Unidos.

Aproximadamente 20% do orçamento do *Medicare* (Sistema de seguros de saúde

gerido pelo governo dos Estados Unidos da América) (MEDICARE, 2020) - US\$ 114 bilhões por ano - são gastos em americanos com doença renal. O *U.S. Department of Health and Human Services* (HHS) ¹ estabeleceu três objetivos para melhorar a saúde renal: (i) Reduzir o número de americanos que desenvolvem doença renal em estágio terminal em 25% até 2030; (ii) Ter 80% dos novos pacientes com doença renal em estágio terminal em 2025 recebendo diálise em casa ou recebendo um transplante e (iii) Dobrar o número de rins disponíveis para transplante até 2030.

No Brasil, a Doença Renal Crônica (DRC) apresenta uma prevalência que acompanha padrões semelhantes aos observados em outros países. Atualmente, estima-se que entre 10% e 13% da população viva com algum nível de DRC. Com base nas projeções populacionais para 2024, que situam a população em cerca de 208 milhões, isso corresponde a aproximadamente 20 a 27 milhões de brasileiros afetados pela condição. Nos estágios mais graves da DRC, especialmente no estágio 5, os pacientes requerem Terapia Renal Substitutiva (TRS), que pode ser realizada por meio de hemodiálise ou DP. Dados de 2023 indicam que há cerca de 150 mil indivíduos em tratamento de diálise no Brasil (SESSO et al., 2023a).

O Sistema Único de Saúde (SUS) tem de fato um gasto substancial com o tratamento de DRC, especialmente em estágios avançados que requerem terapia renal substitutiva, como hemodiálise e diálise peritoneal. Dados recentes apontam que o SUS destina cerca de R\$ 3,5 a 4 bilhões por ano apenas com os tratamentos de diálise, que abrangem tanto a hemodiálise quanto a DP (SESSO et al., 2023b).

No momento atual, a DP vem se mostrando uma alternativa potencialmente mais promissora para o tratamento domiciliar de pacientes que necessitam RRT, entretanto uma adoção generalizada da mesma ainda enfrenta uma série de desafios com relação a sua aceitação, tanto por parte dos pacientes, como das equipes médicas envolvidas.

Por sua vez, no cenário computacional moderno, temos a presença crescente da Internet das Coisas (IoT), a qual é constituída de dispositivos ciber-físicos, os quais por serem dotados de capacidade de processamento e comunicação, podem interoperar trocando informações e comandos, sem exigir envolvimento direto dos diferentes usuários. Estes dispositivos, unicamente identificados, podem ser incorporados a veículos, casas, objetos pessoais, etc., agregando aos mesmos recursos de sensoriamento e atuação (PERERA, 2017).

A premissa perseguida neste trabalho é explorar estes recursos da IoT, tanto para aquisição de informações sobre os pacientes em DP, como para realizar uma interoperação com a comunidade médica sempre que necessário. Por sua vez, 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

¹<https://www.hhs.gov/>

disparando procedimentos pertinentes. Esta visão apresenta sinergia com as premissas da IoT, nas quais existe uma comunicação autônoma entre objetos inteligentes, regida por regras, as quais podem ser utilizadas pelos profissionais de saúde no acompanhamento de seus pacientes, cooperando para o avanços das suas diferentes atividades cotidianas (PERERA et al., 2014a).

De acordo com (SEZER; DOGDU; OZBAYOGLU, 2018), para a construção de sistemas cientes de situação em ambientes distribuídos, como é o caso da presente abordagem, 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 aos dispositivos e pessoas envolvidas.

A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), representa um marco regulatório na proteção dos direitos fundamentais de privacidade e segurança dos dados pessoais. Inspirada no Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (GDPR) europeu, a LGPD estabelece diretrizes para o tratamento de dados pessoais, impondo obrigações significativas para empresas e organizações que processam esses dados. Esse cenário impõe desafios complexos, especialmente em abordagens que tratam de dados pessoais sensíveis, dentre elas aquelas destinadas a área da saúde (MARTINS; ALMEIDA, 2023).

1.1 Problema de Pesquisa

O acompanhamento de pacientes que realizam a DP em casa tem o potencial de melhorar os resultados clínicos, promovendo a antecipação da necessidade de intercorrências e/ou exames complementares (BIEBUYCK et al., 2022). Isto pode contribuir para melhorar a aderência dos pacientes à DP, além de impactar positivamente na experiência geral dos pacientes ao longo do tratamento. Por outro lado, a DP promove uma redução de diferentes custos associados a Hemodiálise praticada em clínicas especializadas (MILAN MANANI et al., 2020).

Entretanto, considerando que tanto os acessos pelos profissionais de saúde, como o próprio monitoramento dos pacientes, irá acontecer em uma perspectiva distribuída, somado ao fato do quão sensíveis são os dados de saúde em geral, mostra-se necessário que a concepção de uma abordagem, que também contemple na sua arquitetura de software mecanismos que facultem o atendimento da legislação nacional referente a privacidade de dados (LGPD).

Assim, a abordagem cuja concepção é objeto desta Tese tem como problema de pesquisa investigar como potencializar a aderência à diálise peritoneal realizada em ambiente domiciliar, tanto pelos pacientes, como pelos profissionais de saúde.

1.2 Objetivos

Nesta seção são descritos, de forma detalhada, tanto o objetivo geral desta Tese, como também são apresentados os seus objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Nesta Tese são explorados recursos da IoT, tanto para aquisição de informações sobre os pacientes em DP 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.

Considerando este cenário, o objetivo geral desta tese e a concepção de uma abordagem, denominada IoT PD-RPM, explorando Ciência de Situação, bem como atendendo as premissas da LGPD para informações sensíveis, tudo isto em cenário de computação fortemente distribuído.

Para tanto a abordagem IoT PD-RPM proposta integra: (i) uma plataforma para aquisição de sinais vitais de um paciente submetido a DP; (ii) um ambiente para processamento contextual que, por meio de regras personalizáveis, construa a Ciência de Situação dos pacientes e, quando necessário, envie notificações para os profissionais de saúde envolvidos; (iii) uma interface de visualização textual e gráfica dos sinais que possa ser acessada de forma remota, (iv) a especificação de um modelo computacional utilizando a análise sobre Históricos de Contextos com foco nas demandas usuais de monitoramento de pacientes em DP, e; (v) um módulo de Segurança e Auditoria de Banco de Dados, que visa tornar a IoT PD-RPM *compliance* à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

1.2.2 Objetivos Específicos

Neste sentido, destacam-se os seguintes objetivos específicos, enquanto parte dos esforços de estudo e pesquisa necessários à consecução da IoT PD-RPM. Em uma perspectiva do mais geral para o particular, os mesmos podem ser resumidos como a seguir:

- Sistematizar o estado da arte na área, pela análise de trabalhos científicos relacionados com o tema de pesquisa proposto. Para tanto, foi considerada a realização de uma Revisão Sistemática de Literatura;
- Conceber uma arquitetura para abordagem IoT PD-RPM que atenda o problema de pesquisa elencado, considerando sua integração com o *middleware* EXEHDA, inicialmente concebido no Instituto de Informática da UFRGS;
- Conceber uma estratégia para processamento contextual, a ser integrada a arquitetura da IoT PD-RPM, explorando técnicas de reconhecimento de situação,

com possibilidade de interpretar sinais vitais ao longo do tempo, comparando os padrões de comportamento dos mesmos com referências estabelecidas pelos profissionais de saúde;

- Conceber uma estratégia de auditoria a ser incorporada a arquitetura da IoT PD-RPM, a qual irá atuar sobre diferentes tabelas do Banco de Dados do EXEHDA, com destaque ao *Contextual Information Repository* (CIR), promovendo a adequação da abordagem proposta à LGPD;
- Adicionar suporte ao EXEHDA para tratamento do seu Banco de Dados em plataforma de nuvem, potencializando seu uso no cenário da saúde, no qual os pacientes podem ser atendidos em diferentes localidades;
- Promover o uso de protocolos e abordagens de hardware consolidados no cenário da IoT quando da concepção da IoT PD-RPM, potencializando sua interoperabilidade com outras pesquisas que exploram o cenário computacional da IoT.

Na concepção da abordagem IoT PD-RPM será explorado o subsistema dedicado a coleta e processamento de informações contextuais da arquitetura de software do *middleware* EXEHDA, o qual será empregado na inferência da situação dos pacientes.

A expectativa com a IoT PD-RPM é permitir que os médicos possam remotamente antecipar diagnósticos e a consequente prescrição de procedimentos. Além disto, tranquilizar os pacientes quanto ao fato de que seu tratamento, apesar de ser feito distante de uma clínica, está sendo monitorado e, assim, tendo o acompanhamento de uma equipe médica multidisciplinar.

Entende-se que a pesquisa associada ao desenvolvimento da IoT PD-RPM, tem potencial para aumentar a probabilidade de aceitação do tratamento, como parte de uma rotina diária muitas vezes desafiadora, contribuindo assim para um aumento da aderência à opção pela realização em casa de uma DP.

Para isso a abordagem proposta gerencia regras baseadas em históricos de contexto, as quais produzam alertas de modo autônomo à equipe multidisciplinar que acompanha o paciente remotamente, reduzindo o tempo de atendimento de pacientes que apresentem os dados clínicos em situações mais críticas. Algo neste sentido se diferencia dos tradicionais métodos de RPM, cujos esforços de interpretação dos sinais vitais ao longo do tempo são usualmente feitos pela própria equipe de saúde responsável pelo paciente.

1.3 Estrutura do Texto

Este documento está organizado em seis Capítulos, partindo de aspectos gerais da área de Ciência de Contexto e Situação e, evoluindo para aqueles mais específicos

no t3pico da pesquisa desenvolvida.

No Cap3tulo 1 foram apresentados o problema de pesquisa e os objetivos deste trabalho. O conte3do dos demais cap3tulos est3 resumido a seguir.

No Cap3tulo 2 s3o sistematizados os principais conceitos considerados relevantes em rela33o 3 proposta: Ci3ncia de Contexto, Ci3ncia de Situa33o, Seguran3a e Auditoria de Banco de Dados, Regras de Associa33o e Sinais Vitais. Ainda, s3o descritas as caracter3sticas e funcionalidades do *middleware* EXEHDA, na perspectiva da obten33o de Ci3ncia de Contexto e Situa33o.

No Cap3tulo 3 3 sumariizado o estado da arte no Monitoramento Remoto de Pacientes, sendo explorada para isso uma Revis3o Sistem3tica de Literatura. Desta forma, s3o apresentados o fluxo de execu33o da revis3o realizada, as principais caracter3sticas dos trabalhos selecionados e uma an3lise comparativa entre estes.

A organiza33o da arquitetura da IoT PD-RPM 3 apresentada no Cap3tulo 4. S3o discutidas as suas principais caracter3sticas, componentes arquiteturais e funcionalidades.

No Cap3tulo 5 est3o descritos os m3todos de avalia33o da abordagem IoT PD-RPM que ser3o empregados para o monitoramento de pacientes em di3lise peritoneal domiciliar.

Por fim, no Cap3tulo 6 s3o apresentadas as considera33es finais, destacando as principais contribu33es observadas at3 o momento e as possibilidades de trabalhos futuros a serem desenvolvidos. Tamb3m est3o listadas as publica33es realizadas at3 o momento, as publica33es previstas e o cronograma de atividades que ser3o desenvolvidas at3 a conclus3o do curso de doutorado.

2 ESCOPO DA PESQUISA

Os principais estudos realizados, necessários ao desenvolvimento desta Tese, estão sintetizados neste capítulo. As diferentes apropriações realizadas na literatura da área, enquanto decorrência destes estudos, serviram de base para os esforços de pesquisa desenvolvidos nesta Tese.

2.1 Ciência de Contexto

Contexto é definido como toda informação que pode ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade (pessoa, local ou objeto) que seja considerada relevante para a interação entre o usuário e a aplicação, incluindo o próprio usuário e a aplicação (DEY, 2001; KHATTAK et al., 2014). Essa definição é abrangente quanto aos tipos de dados, porém, é considerada suficiente para avaliar se uma determinada informação é um elemento de contexto (PERERA et al., 2014b). Em (LOPES et al., 2014), contexto é definido como toda informação que pode ser obtida pela infraestrutura computacional e que é relevante para a aplicação. Isso significa que o contexto pode focar em alguns aspectos e não priorizar outros, dependendo dos interesses envolvidos na aplicação do usuário.

Enquanto a Ciência de Contexto (TEMDEE; PRASAD, 2018) se refere a capacidade de um sistema computacional em perceber características do meio que sejam de seu interesse e, quando necessário, reagir as mesmas. É inerente à ciência de contexto a possibilidade de (MACHADO et al., 2019): (i) coletar informações relevantes para o contexto de interesse das aplicações; (ii) armazenar os dados coletados em um histórico que pode ser utilizado para estabelecer tendências sobre os valores de informações do contexto; (iii) direcionar ações e comportamentos que interfiram no ambiente de interesse do usuário. Este ambiente pode estar inclusive distante do usuário, fisicamente falando.

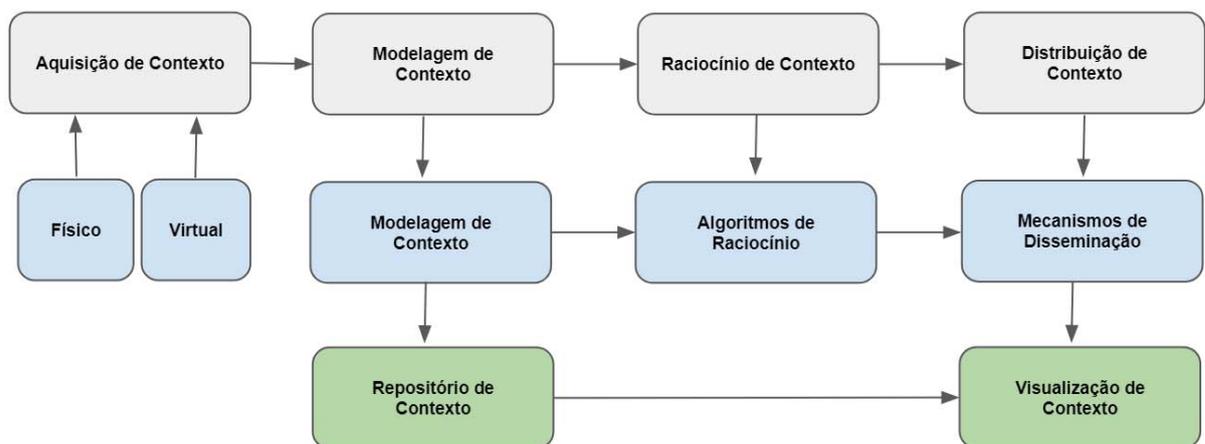
Os sistemas cientes de contexto adquirem contexto, raciocinam sobre ele e podem alterar o comportamento do sistema, gerar notificações, etc., sempre na perspectiva de melhor atender as novas circunstâncias de interesse do usuário.

Os sistemas cientes de contexto adaptam suas operações e serviços ao contexto do usuário sem a necessidade de intervenção explícita do mesmo. Essa característica extra, de fazer uso do ambiente/contexto do usuário para fins de computação, aumentou a usabilidade e eficácia de tais sistemas e encorajou muitos pesquisadores a contribuírem nesse domínio de pesquisa (NAWARA; KASHEF, 2021; KAVITHA; RAVIKUMAR, 2021). A revisão de literatura indica que a construção do suporte à Ciência de Contexto para as aplicações aponta para diversos desafios operacionais, dentre eles: (i) a aquisição de informações contextuais a partir de fontes heterogêneas e distribuídas; (ii) o tratamento das informações de contexto adquiridas e a respectiva atuação sobre o meio físico; e (iii) a disseminação dessas informações aos consumidores interessados de forma distribuída e no momento oportuno.

Embora as atuais propostas de *middleware* cientes de contexto contenham diferentes componentes ou módulos para gerenciar o contexto, eles obedecem a uma regra geral que é o ciclo de vida do contexto. A vida do contexto, que é o período desde a sua obtenção até a destruição, é demarcada por seis fases significativas: Aquisição de Contexto, Modelagem de Contexto, Raciocínio de Contexto, Distribuição de Contexto, Repositório de Contexto e Visualização de Contexto como ilustrado na Figura 1.

Nesta perspectiva, a maneira de realizar ciência de contexto começa com a aquisição de vários tipos de contexto, seguido pelo processo de formalização e inferência e, finalmente, termina com a distribuição do contexto útil para as aplicações. No estágio de modelagem e raciocínio do contexto, os dados do contexto histórico precisam ser registrados para uso por regras, para consultas adicionais e também para que possam ser visualizados pelos usuários. A seguir, as fases mais relevantes para a concepção da IoT PD-RPM são descritas em detalhes.

Figura 1 – Características do Ciclo de Vida do Contexto



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de (LI et al., 2015).

2.1.1 Aquisição de Informações Contextuais

A aquisição de informações contextuais refere-se ao processo de monitorar, capturar e/ou obter informações de contexto, abstraindo das aplicações a complexidade da coleta de dados, além de possibilitar a reutilização de sensores e a separação entre obtenção e utilização das informações contextuais (ALEGRE; AUGUSTO; CLARK, 2016a).

A aquisição das informações contextuais é feita por sensores que não se limitam aos dispositivos que fazem a aquisição de variáveis físicas do ambiente, mas sim, a qualquer fonte de dados capaz de fornecer informações de contexto utilizáveis. Segundo (DEEBA; SARAVANAGURU, 2021), em relação à forma como os dados são capturados, os sensores podem ser classificados em três grupos:

- Sensores físicos: esses dispositivos têm a função de captar grandezas físicas diretamente do ambiente, normalmente, gerando sinais elétricos proporcionais a essas grandezas para poderem ser lidos por sistemas externos. Dados obtidos a partir desses sensores são chamados de contexto de baixo nível. Possuem menor significância e apresentam vulnerabilidade a pequenas mudanças. Como exemplos típicos desse tipo de sensor têm-se: sensor de movimento, localização, temperatura, umidade, entre outros;
- Sensores virtuais: estes sensores não possuem uma presença física. Eles são criados a partir da integração e interpretação de dados fornecidos por outros sensores físicos ou sistemas. Ou seja, eles "simulam" um sensor físico ao agregar e processar dados de diversas fontes para fornecer informações úteis.
- Sensores lógicos: por sua vez, estes sensores estão mais relacionados à forma como os dados são interpretados em termos de condições lógicas. Eles operam com base em regras ou condições específicas, que determinam um estado ou decisão a ser tomada.

O desenvolvimento de sistemas computacionais para cenários IoT - em que a quantidade de dispositivos pode atingir números importantes - deve adotar estratégias que promovam a escalabilidade. Dessa forma, o momento correto da coleta das informações contextuais deve respeitar a natureza do elemento monitorado para não serem feitas requisições desnecessárias. Apoiando essa decisão, algumas técnicas de coleta são indicadas por (PERERA et al., 2014b), as quais são classificadas quanto à responsabilidade e a frequência.

Quanto à responsabilidade, o processo de coleta das informações de contexto pode ocorrer de duas formas:

- *Pull*: nessa situação, o procedimento de coleta da informação contextual é disparado a partir do *middleware*, o qual faz uma consulta diretamente ao sensor.

Nessa estratégia de coleta, o software que gerencia o comportamento do sensor não precisa realizar computações elaboradas, pois não cabe a ele avaliar o momento oportuno de realizar a coleta;

- *Push*: nesse caso, o procedimento de coleta é disparado a partir do sensor, o qual tem a iniciativa de enviar os dados capturados para o *middleware* através de um processo de publicação. Essa estratégia proporciona um processo de aquisição de maneira reativa, podendo ser disparada através de eventos do ambiente.

As duas diferentes frequências de coleta (instantânea e periódica) podem ser implantadas tanto através do método *pull* quanto do método *push*.

É fundamental que a ação de aquisição de contexto permaneça em constante execução, sendo esperado que seja executada de forma independente das aplicações que a utilizem, viabilizando, desta forma, que diversas aplicações possam fazer uso das mesmas informações contextuais.

2.1.2 Processamento do Contexto

O processamento do contexto visa possibilitar a compreensão dos contextos de interesse através da geração de informações mais significativas (BIBRI, 2015). Consiste em um conjunto de métodos e processos que realizam a abstração, o mapeamento, a manipulação, a agregação, a derivação, a inferência e demais ações sobre as informações contextuais, com o propósito de facilitar o entendimento de um determinado contexto pelas aplicações e auxiliá-las na tomada de decisão.

O processo de interpretação de contexto pode ser direto, como derivar o nome de uma rua a partir de suas coordenadas geográficas, ou complexo e oneroso, como inferir o humor de um usuário baseado em seu perfil e na atividade em que ele está realizando. Além disso, o ambiente da IoT é extremamente dinâmico e as informações contextuais podem estar distribuídas em diferentes lugares ou produzidas por dispositivos com alto grau de mobilidade. Essa complexidade faz com que exista a necessidade de um suporte computacional às aplicações, de maneira a auxiliá-las na realização de interpretações de contextos (BIBRI, 2015; ALEGRE; AUGUSTO; CLARK, 2016b).

Assim, as atividades de processamento do contexto devem ser abstraídas das aplicações e um módulo interpretador torna-se, portanto, um componente essencial em uma plataforma de suporte a tais aplicações. Ele deve ser capaz de obter e prover informações contextuais em diferentes níveis de abstração, conforme a necessidade do usuário e de suas aplicações. Uma aplicação pode necessitar tanto de informações brutas, de mais baixo nível, como de informações mais abstratas e elaboradas, de mais alto nível, provenientes de um processo de refinamento e interpretação (DINH; KARMAKAR; KAMRUZZAMAN, 2020)

A necessidade de manter o histórico de informações de contexto é um requisito ligado à aquisição de informações de contexto, bem como à disponibilidade contínua dos componentes de captura de informações de contexto. Um histórico de contexto pode ser utilizado para estabelecer tendências de valores futuros de informações contextuais. Sem o armazenamento dessas informações, análises desse tipo não são possíveis de realizar.

2.1.3 Distribuição de Contexto

A distribuição de contexto é responsável por disseminar informações de contexto úteis para aplicativos interessados nas mesmas. O principal mecanismo de distribuição é baseado na metodologia *subscribe/publish* (ZHANG et al., 2021)

No *Subscribe/publish* os aplicativos interessados em determinadas informações de contexto podem se inscrever, por exemplo, em um serviço disponibilizado por um *middleware* e serem notificados quando ocorrerem atualizações das informações de contexto de interesse. Também é possível, as aplicações consumidoras de contexto possam fazer consultas sobre as informações contextuais que estão interessadas, a qualquer momento.

2.2 Ciência de Situação

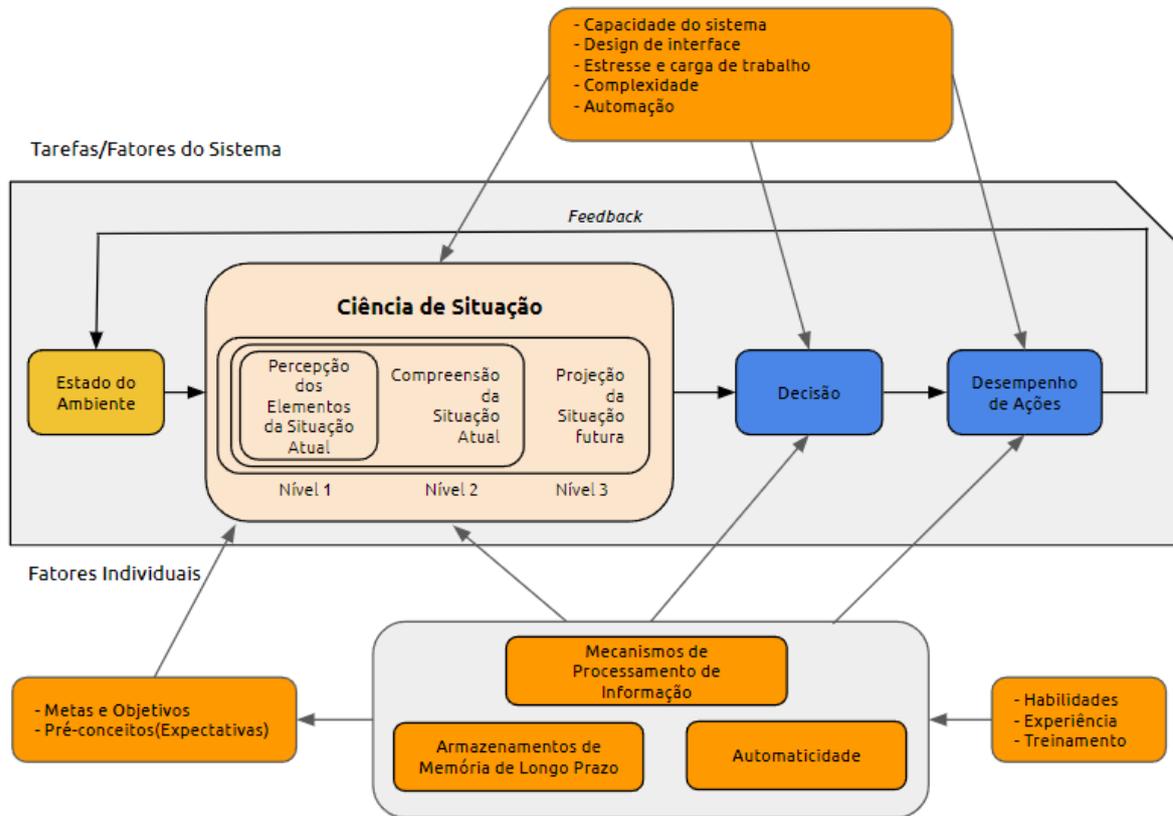
Uma discussão detalhada da Ciência de Situação em relação à cognição humana foi introduzida no artigo seminal Endsley (1988). Resumidamente, foi definida como “a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão de seu significado e a projeção de seu status em um futuro próximo”, como mostra a Figura 2, ou seja, a capacidade de projetar ações futuras em um modelo, através da compreensão dos eventos e elementos que estão ocorrendo em um determinado local e tempo.

O interesse na Ciência de Situação cresceu rapidamente desde o seu uso inicial na aviação para muitas áreas diferentes, incluindo o controle de tráfego aéreo, operações militares, transporte, sistemas de energia, aplicação da lei, gestão de emergência, cuidados de saúde, transporte, mineração e operações com petróleo e gás (ENDSLEY, 2015).

Vários modelos de Ciência de Situação foram introduzidos ao longo dos anos (Adams; Tenney; Pew (2017); Durso; Gronlund (1999); Smith; Hancock (1995)) cada um com muitas semelhanças em termos de seu foco sobre a importância dos objetivos, estruturas de memória, modelos mentais e atenção. Mas o modelo de (ENDSLEY, 1995) tem sido considerado um dos mais citados modelos de Ciência de Situação (ENDSLEY, 2015).

O modelo de Ciência de Situação de Endsley (1995) é baseado em três níveis:

Figura 2 – Visão Geral do Emprego da Ciência de Situação na Tomada de Decisão Dinâmica



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de (ENDSLEY, 1995)

- **Nível 1 - Percepção:** É o primeiro passo para a compreensão do ambiente dinâmico, perceber o estado, a dinâmica e os atributos relevantes deste ambiente;
- **Nível 2 - Compreensão:** Compreender a situação baseia-se numa síntese dos elementos identificados no nível 1, através de reconhecimento de padrões, interpretação e avaliação;
- **Nível 3 - Projeção:** Projeta o estado futuro, preocupado com o que acontecerá com base na dinâmica dos elementos, isto é alcançado através do conhecimento do estado e da dinâmica dos elementos e da compreensão da situação dos níveis 1 e 2.

A primeira fase, atua na detecção e reconhecimento de atributos e estados de elementos relevantes do ambiente. Na segunda fase, compreensão sobre a situação, tem-se a síntese dos elementos percebidos pela primeira. Porém, essa fase vai além da simples aquisição da ciência sobre os elementos, busca-se atingir o entendimento sobre o significado dos elementos em relação à situação. E a terceira fase, baseia-se na habilidade de projetar ações e prever estados futuros dos elementos do ambiente.

Tal habilidade é adquirida através da combinação da primeira e segunda fase. Essas projeções e predições são recursos valiosos nas tomadas de decisões (CLOSS, 2017).

A camada de percepção é o nível 1, a compreensão é o nível 2 e a projeção é o nível 3. A percepção recebe informações do mundo real como um conjunto de palavras e repassa para a compreensão, que irá juntá-las, formando uma mensagem e entregará para a projeção, que buscará ações para a mensagem, situações desejadas, retornando a pesquisa para o mundo. É importante notar que a comunicação não ocorre de forma linear, ou seja, caso haja algum problema no nível 3, ele pode retornar direto para o nível 1 (LEE; KIRLIK; DAINOFF, 2013).

2.2.1 Regras de Determinação da Situação e da Ação

As aplicações com reconhecimento de situação exploram as informações situacionais atuais do usuário/paciente no sentido de fornecer informações apropriadas ou executar determinadas tarefas de forma abrangente. Esse tipo de aplicação se adapta a um contexto situacional atual e, talvez, futuro do usuário/paciente, reagindo assim de forma inseparável da situação. Segundo (TEIXEIRA et al., 2020; ALMEIDA et al., 2019), para lidar com o contexto situacional a computação situacional distingue dois tipos de regras:

- As regras de determinação da situação, que modelam o conhecimento com o qual o sistema infere a situação atual do usuário/paciente;
- as regras de determinação de ação com as quais o sistema aciona tarefas específicas relacionadas ao contexto situacional atual.

O primeiro tipo de regras diz respeito a conclusão/classificação da classe de situações compatíveis com que um usuário/paciente pode estar envolvido. Tais regras combinam informações contextuais a partir de diversas fontes de conhecimento sobre o contexto do usuário.

O segundo tipo de regras associa cada situação a um conjunto de determinadas tarefas que podem ser invocadas de forma generalizada. Elas podem acionar tarefas específicas relacionadas com o contexto situacional atual. Basicamente as regras invocam tarefas específicas baseadas no perfil do usuário/paciente. No entanto, o sistema tem que considerar o grau de certeza sobre o envolvimento do usuário em determinada situação. Isto significa que o sistema tem que decidir qual a tarefa será executada de acordo com a situação

Existem três possibilidades de ocorrência baseado na situação: (i) Não executar nenhuma ação; (ii) Executar uma ação; e (iii) Notificar. A primeira indica que o sistema não está certo sobre o envolvimento situacional do usuário/paciente, portanto, ele não invoca nenhuma tarefa de atividade se um determinado evento ocorrer. Na segunda,

o sistema tem que executar a tarefa correspondente, tal atividade indica que o sistema executa de forma pervasiva a tarefa, sem envolvimento do usuário/paciente. A terceira possibilidade apenas informa que um evento específico ocorreu onde duas evidências possíveis são válidas: Não há regra de determinação de ação especificada para esse evento ou o sistema não tem certeza suficiente sobre o envolvimento situacional do usuário/paciente.

2.3 Segurança e Auditoria de Banco de Dados

A auditoria em banco de dados objetiva manter a integridade e a confiabilidade dos dados, o controle de acesso, o controle das mudanças nos dados e em sua estrutura e a observância dos papéis de cada usuário. Além disso, tem como propósito aperfeiçoar e garantir a credibilidade das informações armazenadas em um banco de dados, verificando se atividades na base de dados estão em conformidade com as diretrizes pré-determinadas ou pela legislação vigente (ALRUWAILI, 2012).

Dentre as pesquisas a respeito de auditoria em banco de dados, as quais exploram diferentes abordagens conceituais, o trabalho *Auditing Database Design on Historical Data* (WARAPORN, 2010) ofereceu várias técnicas para fazer auditoria de dados históricos em bancos de dados, incluindo auditoria baseada em linha, em coluna, logs de auditoria e auditoria de tabela semi-estruturada.

A auditoria de modificações de dados usando operações DML (*Data Manipulation Language*) é um método aceito para registro histórico de um banco de dados. Alterações nas instruções DML, incluindo valores antigos e novos, podem ser documentadas por meio de auditoria (ANWAR; PANJAITAN; SUPRIATI, 2021).

Com um método de registro adequado, as atividades do banco de dados e outras informações, como uso e desempenho do sistema, podem ser registradas sob demanda do administrador. Na continuidade, os logs podem ser utilizados na análise da trilha de auditoria e geração de relatórios de uso do banco de dados, para (i) determinar se a segurança e outras políticas estão sendo violadas e, em caso afirmativo, fornecer evidências da violação; (ii) descobrir ataques ao banco de dados; (iii) ajudar a recuperar um banco de dados caso ocorra algum dano.

O uso de *Computer-Assisted Audit Tool* (CAAT) (SERPENINOVA; MAKARENKO; LITVINOVA, 2020) pode facilitar a realização do trabalho de auditoria pelos auditores e/ou encarregados da administração da abordagem proposta.

Essa auditoria é realizada considerando as seguintes premissas: (i) auditoria de logon/off; (ii) auditoria de uso e (iii) auditoria de atributo de segurança (privilégios, usuário/login e alterações de senha). A auditoria nessa abordagem inicia com a criação de gatilhos que irão abastecer as tabelas responsáveis por obter dados que serão utilizados no processo de auditoria.

Os relatórios resultantes da auditoria mostram acessos suspeitos dos usuários, que incluem: (i) Acesso vindo de lugares geográficos inesperados ou que não estão relacionados ao comportamento habitual dos usuários; (ii) Tentativas de acesso fora do horário de funcionamento, especialmente em horários que não seguem o padrão de uso dos usuários autorizados; (iii) Padrões atípicos, como múltiplas tentativas de login falhadas, acesso a áreas restritas do sistema sem justificativa ou mudanças rápidas e significativas no comportamento do usuário; (iv) Tentativas de acessar uma conta de vários lugares geográficos, o que é impossível para um usuário legítimo; (v) Alterações súbitas nas configurações de uma conta, como senha ou informações pessoais, não iniciadas pelo usuário legítimo e (vi) dados de sinais vitais fora do intervalo esperado e/ou fora dos padrões normais.

Na abordagem IoT PD-RPM, o emprego de mecanismos de segurança e auditoria são centrais para que os profissionais de saúde possam ter confiança nos dados coletados, os quais constituem a base quando da construção de diagnósticos.

Outrossim, dados confiáveis são centrais para uma pronta ação dos profissionais de saúde, o que irá aumentar a empatia dos pacientes com a premissa de um acompanhamento com o emprego de sensoriamento remoto, potencializando a chance de aderência à DP.

2.3.1 Regras de Associação

As Regras de Associação têm como premissa básica encontrar elementos que implicam na presença de outros elementos em uma mesma transação, ou seja, encontrar relacionamentos ou padrões frequentes entre conjuntos de dados (OZAWA et al., 2020). O termo transação indica quais itens foram considerados em uma determinada operação de consulta. Em qualquer transação com uma variedade de itens, as regras de associação destinam-se a descobrir as regras que determinam como ou por que certos itens estão conectados.

As Regras de Associação são técnicas que realizam a chamada análise de afinidade, que é o estudo de atributos ou características que sempre estão associadas mutuamente. O método mais difundido de implementação das regras de associação são os *market basket analysis*, que mostram as condições para os valores dos atributos que ocorrem frequentemente em um conjunto de dados. Como exemplo de uma regra de associação que poderia ser encontrada num banco de dados de um supermercado seria que 80% dos clientes que compram o produto X também adquirem, na mesma ocasião, o produto Y (ÜNVAN, 2021). Além do exemplo acima da *market basket analysis*, as regras de associação são empregadas hoje em muitas áreas de aplicação, incluindo mineração de uso da Web, detecção de intrusão, produção contínua e bioinformática.

Os seguintes termos são definidos para a Regra de Associação:

- I (Itens): conjunto dos seus n atributos $\{i_1, i_2, \dots, i_n\}$;
- D (Database): conjunto das m transações $\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$;
- T : Número total de transações de D .

Cada transação em D tem um identificador (ID) de transação único e contém um subconjunto dos itens em I . Uma regra de associação é uma expressão na forma:

$$X \Rightarrow Y, X \subset I, Y \subset I; X \neq \emptyset; Y \neq \emptyset \text{ e } X \cap Y = \emptyset \quad (1)$$

X é definido como antecedente e Y como conseqüente da regra. Tanto o antecedente, quanto o conseqüente de uma regra de associação podem ser formados por conjuntos contendo um ou mais itens. A quantidade de itens pertencentes a um conjunto de itens é chamada de comprimento do conjunto. Um conjunto de itens de comprimento k costuma ser referenciado como um k -itemset (TELIKANI; GANDOMI; SHAHBAHRAMI, 2020).

Várias métricas podem ser utilizadas para avaliar as regras e identificar quais são interessantes. As restrições mais utilizadas são limiares mínimos de suporte e confiança:

- Suporte (S):

O suporte é uma medida de frequência relativa que indica a proporção de transações em que um determinado conjunto de itens aparece juntos. O suporte é calculado dividindo o número de transações em que o conjunto de itens aparece pelo número total de transações no conjunto de dados, conforme equação 2.

$$S = \frac{\text{Número de transações contendo o conjunto de itens } X}{\text{Número total de transações}} \quad (2)$$

Usando como exemplo um conjunto de dados de compras em um supermercado que contém 100 transações, se um conjunto de itens leite, pão, queijo aparecer em 50 das 100 transações no conjunto de dados, então o suporte desse conjunto de itens é de $50/100$ ou $0,5$, ou seja, 50% das transações contêm esses itens juntos.

- Confiança (C):

Confiança C da regra de associação é uma medida da precisão da regra, conforme determinado pela porcentagem de transações em D contendo X que também contém Y . A confiança é uma medida de força de associação entre dois conjuntos de itens e indica a probabilidade condicional de que um determinado conjunto de itens Y apareça em uma transação dado que outro conjunto de itens

X também apareceu. A confiança é calculada dividindo o número de transações em que o conjunto de itens X e Y aparecem juntos pelo número total de transações em que o conjunto de itens X aparece.

$$C(X \rightarrow Y) = \frac{\text{Número de transações contendo tanto X quanto Y}}{\text{Número de transações contendo X}} \quad (3)$$

Seguindo a utilização do exemplo de um conjunto de dados de compras, se um conjunto de itens leite, pão aparecer em 70 das 100 transações no conjunto de dados, e dentro dessas 70 transações, o conjunto leite, pão, queijo aparecer em 40 transações, então a confiança da regra de associação leite, pão \rightarrow queijo será de 40/70 ou 0,57, ou seja, 57% das transações que contêm leite, pão também contêm queijo.

Principais Algoritmos empregados em Regras de Associação

Algoritmo Apriori

O algoritmo Apriori (AGRAWAL; SRIKANT et al., 1994) é uma das técnicas mais fundamentais e amplamente utilizadas na mineração de regras de associação. Desenvolvido por Rakesh Agrawal e Ramakrishnan Srikant em 1994, o Apriori opera na premissa de que qualquer subconjunto de um *itemset* frequente também deve ser frequente. Esse princípio, conhecido como propriedade antimonotônica, permite que o algoritmo reduza significativamente o número de candidatos gerados durante a busca por padrões. O Apriori inicia com a identificação de *itemsets* únicos frequentes e, em seguida, expande iterativamente esses conjuntos para gerar *itemsets* maiores, filtrando aqueles que não atendem a um limiar mínimo de suporte predefinido (CHRYSOULAS; FASLI, 2023).

A eficiência do Apriori é derivada de sua capacidade de diminuir o espaço de busca, porém, essa eficiência tem um custo. O processo de geração de candidatos e verificação de suporte pode ser computacionalmente intensivo, especialmente em grandes bases de dados com muitos itens distintos. A complexidade cresce exponencialmente com o aumento do tamanho dos *itemsets*, resultando em uma explosão combinatória que pode tornar o algoritmo impraticável para conjuntos de dados muito grandes ou densos. Para mitigar esses desafios, várias otimizações e variantes do Apriori foram desenvolvidas, incluindo o uso de estruturas de dados avançadas e técnicas de poda para reduzir ainda mais o número de candidatos (MAK; LEE; PARK, 2023).

O Apriori continua sendo uma ferramenta valiosa na análise de cestas de compras, identificação de padrões de comportamento do consumidor e outras aplicações

de mineração de dados. Sua simplicidade e a clareza do processo de geração de regras tornam o Apriori uma escolha popular para a introdução de conceitos de mineração de dados em ambientes educacionais e de pesquisa. Além disso, os princípios fundamentais do Apriori formam a base para muitos outros algoritmos de regras de associação mais avançados, como o FP-Growth, que visa melhorar a eficiência superando as limitações do Apriori na geração e verificação de candidatos.

Algoritmo Frequent Pattern Growth (FP-Growth)

O algoritmo FP-Growth (Frequent Pattern Growth) é uma técnica avançada de mineração de regras de associação, desenvolvida por (HAN; PEI; YIN, 2000) Ele surgiu como uma alternativa ao algoritmo Apriori, visando superar suas limitações de eficiência, especialmente em grandes conjuntos de dados. O FP-Growth utiliza uma abordagem diferente, ao invés de gerar e testar todos os possíveis candidatos, ele constrói uma estrutura compacta de árvore chamada FP-tree (Frequent Pattern Tree). Essa árvore armazena a informação sobre os padrões frequentes de maneira eficiente, permitindo que o algoritmo encontre itemsets frequentes sem a necessidade de múltiplas passagens pelo banco de dados (SINGH; KUMAR; KUMAR, 2023).

A construção da FP-tree é realizada em duas passagens principais pelo conjunto de dados. Na primeira passagem, o algoritmo calcula a frequência de cada item e filtra aqueles que não atingem o suporte mínimo, organizando os itens restantes em uma ordem decrescente de frequência. Na segunda passagem, ele constrói a FP-tree inserindo transações segundo a ordem dos itens filtrados. A FP-tree é uma estrutura compacta que compartilha prefixos comuns entre transações, reduzindo significativamente o espaço de armazenamento necessário. Após a construção da árvore, o algoritmo explora a FP-tree para extrair os padrões frequentes por meio de uma técnica de divisão e conquista, decompondo o problema original em subproblemas menores e mais manejáveis (WANG; LIU, 2024).

O FP-Growth é amplamente reconhecido por sua eficiência e capacidade de lidar com grandes volumes de dados de forma mais rápida e com menor consumo de memória comparado ao Apriori. A abordagem baseada em árvores permite que o algoritmo evite a geração explosiva de candidatos e reduza a complexidade computacional. Contudo, a implementação e compreensão do FP-Growth podem ser mais complexas devido à necessidade de gerenciar e manipular a FP-tree. Apesar disso, o FP-Growth tem sido amplamente adotado em diversas aplicações práticas, como análise de cestas de compras, detecção de padrões em grandes bases de dados e outras áreas que requerem a descoberta eficiente de padrões frequentes e regras de associação (ZHANG; LIU; GUO, 2020).

Algoritmo Equivalence Class Transformation (ECLAT)

O algoritmo ECLAT (Equivalence Class Transformation) é uma técnica poderosa para a mineração de padrões frequentes em grandes conjuntos de dados. Desenvolvido por (ZAKI, 2000), o Eclat utiliza uma abordagem baseada em interseção de conjuntos, em vez de varreduras repetidas do banco de dados, como é comum no Apriori. Ele transforma o problema de mineração de itemsets frequentes em um problema de interseção de conjuntos, o que pode ser mais eficiente em muitos cenários. O algoritmo representa os itemsets na forma de listas de transações (TID-lists), onde cada itemset é associado a uma lista de identificadores de transações nas quais o itemset aparece (ZHU; LI; WANG, 2022).

O funcionamento do ECLAT é relativamente simples: ele começa com itemsets únicos e suas respectivas TID-lists, e em seguida, combina esses itemsets para gerar itemsets maiores, calculando a interseção de suas TID-lists para determinar a frequência dos novos itemsets. Se a interseção de duas TID-lists resulta em um conjunto de transações que satisfaz o suporte mínimo, o novo itemset é considerado frequente e a interseção continua com outros itemsets para gerar conjuntos maiores. Esse processo continua recursivamente até que todos os itemsets frequentes sejam descobertos. A eficiência do Eclat advém de sua capacidade de utilizar operações de interseção rápidas e da compactação da representação dos dados, especialmente eficaz em conjuntos de dados esparsos (REN et al., 2020).

Apesar de sua eficiência, o Eclat tem suas limitações. Em conjuntos de dados densos, onde muitos itens aparecem juntos em várias transações, as TID-lists podem se tornar muito grandes, aumentando o custo de armazenamento e o tempo de interseção. Além disso, a abordagem baseada em interseção pode ser menos intuitiva e mais complexa de implementar comparada a métodos como Apriori ou FP-Growth. No entanto, para muitos tipos de dados e aplicações, especialmente aqueles esparsos por natureza, o Eclat oferece uma alternativa valiosa que pode superar as limitações dos algoritmos tradicionais de mineração de padrões frequentes. Ele é amplamente utilizado em aplicações que vão desde a análise de mercado até a mineração de dados de sequências biológicas, demonstrando sua versatilidade e eficácia (MAN et al., 2023).

Algoritmo Recursive Association Rule Mining (RARM)

O algoritmo RARM (Recursive Association Rule Mining) é uma técnica avançada para a descoberta de regras de associação que utiliza uma abordagem recursiva para explorar padrões frequentes em grandes conjuntos de dados. Diferente de algoritmos como Apriori e FP-Growth, que seguem uma abordagem iterativa ou baseada em árvores, o RARM quebra o problema de mineração em subproblemas menores e mais

maneáveis. A ideia central é que, ao dividir recursivamente o conjunto de dados, o algoritmo pode focar em subconjuntos menores, facilitando a identificação de padrões que podem ser difíceis de detectar em um único passo global (MOKKADEM; PELLETIER; RAIMBAULT, 2022).

A execução do RARM começa com a identificação de itemsets frequentes básicos, sendo então utilizados como sementes para gerar subproblemas menores. Cada subproblema envolve a mineração de regras de associação em um subconjunto específico do conjunto de dados original. Esta abordagem recursiva continua até que todos os possíveis padrões sejam explorados. A vantagem dessa metodologia é a redução do espaço de busca, uma vez que cada subproblema pode ser resolvido de forma independente e paralelamente, o que melhora a eficiência do algoritmo em termos de tempo de execução e uso de memória (ABDUL; KIM; KANG, 2021).

Uma das principais vantagens do RARM é sua escalabilidade e flexibilidade. Ao dividir o problema em partes menores, ele pode lidar eficientemente com conjuntos de dados grandes e complexos que poderiam ser desafiadores para outros algoritmos de mineração de regras de associação. Além disso, a abordagem recursiva permite adaptações e otimizações específicas, como a utilização de heurísticas para priorizar a exploração de certos padrões, o que pode aumentar ainda mais a eficiência. No entanto, essa complexidade adicional pode tornar a implementação do RARM mais desafiadora, exigindo um entendimento profundo dos princípios subjacentes e uma gestão cuidadosa dos recursos computacionais para garantir o desempenho ideal (LI; LIU; WU, 2021).

Algoritmo Statistical-Based Rule Mining (STUCCO)

O algoritmo Statistical-Based Rule Mining (STUCCO) é uma abordagem distinta na descoberta de regras de associação, fundamentada em técnicas estatísticas para identificar relações significativas entre itens em grandes conjuntos de dados. Ao contrário de métodos como Apriori ou FP-Growth, que se baseiam principalmente na frequência de ocorrência dos itens, o STUCCO se concentra na significância estatística das associações encontradas. Esse enfoque permite que o algoritmo detecte padrões que podem não ser necessariamente frequentes, mas que têm uma relação estatisticamente significativa, proporcionando uma compreensão mais profunda das interações entre os itens (CHEN; WANG, 2024).

O funcionamento do STUCCO envolve a aplicação de testes estatísticos, como o teste qui-quadrado ou o teste de Fisher, para avaliar a força das associações entre os itens. O algoritmo começa identificando todos os pares de itens e calculando a matriz de contingência para cada par, que resume a coocorrência dos itens nas transações. Em seguida, aplica os testes estatísticos para determinar a probabilidade de que a

associação observada entre os itens ocorra por acaso. As regras que atendem a um nível de significância predefinido são consideradas significativas e, portanto, incluídas no conjunto de regras descobertas (LI; ZHANG; LIU, 2021).

Uma das principais vantagens do STUCCO é sua capacidade de revelar associações importantes que podem ser negligenciadas por algoritmos baseados exclusivamente na frequência. Isso é particularmente útil em domínios onde a ocorrência de certos itens pode ser rara, mas as relações entre eles são cruciais, como na pesquisa médica ou em análises de fraudes. No entanto, a aplicação de testes estatísticos pode ser computacionalmente intensiva, especialmente em grandes conjuntos de dados, e requer uma compreensão sólida dos princípios estatísticos para interpretar corretamente os resultados. Apesar dessas complexidades, o STUCCO oferece uma abordagem robusta e informativa para a mineração de regras de associação, combinando a força da análise estatística com a flexibilidade da descoberta de padrões (MOURA; SILVA; SOUZA, 2022).

Comparação entre os Algoritmos de Regras de Associação

Para comparar os algoritmos Apriori, FP-Growth, Eclat, RARM e STUCCO serão considerados três aspectos: Facilidade de Implementação, Eficiência em Grandes Conjuntos de Dados (*Big Data*) e Complexidade Computacional.

Facilidade de Implementação

- Apriori: O algoritmo Apriori é relativamente intuitivo de implementar ao seguir um procedimento claro e intuitivo de geração de candidatos e poda de itemsets infrequentes. Sua simplicidade torna-o uma escolha popular para introdução aos conceitos de mineração de regras de associação.
- FP-Growth: O FP-Growth é mais complexo de implementar do que o Apriori, devido à necessidade de construir e manipular a FP-tree. No entanto, muitas bibliotecas de mineração de dados oferecem implementações prontas, facilitando seu uso prático.
- ECLAT: A implementação do ECLAT é moderadamente complexa. Ele requer a gestão de listas de transações (TID-lists) e operações de interseção, o que pode ser menos intuitivo do que o Apriori, mas ainda assim mais compreensível do que o FP-Growth.
- RARM: O algoritmo RARM pode ser mais difícil de implementar devido à sua abordagem recursiva e à necessidade de dividir e gerenciar subproblemas. Requer uma boa compreensão da recursão e da decomposição de problemas.

- STUCCO: A implementação do STUCCO pode ser complexa devido à aplicação de testes estatísticos para determinar a significância das associações. É necessário conhecimento em estatística e capacidade de calcular e interpretar os testes estatísticos corretamente.

Eficiência em Grandes Conjuntos de Dados (*Big Data*)

- Apriori: O Apriori pode ser ineficiente em grandes conjuntos de dados devido ao grande número de candidatos gerados e à necessidade de múltiplas passagens pelo banco de dados. Seu desempenho tende a degradar significativamente com o aumento do tamanho dos dados.
- FP-Growth: O FP-Growth é altamente eficiente em grandes conjuntos de dados. Sua estrutura de FP-tree compacta permite que ele processe grandes volumes de dados rapidamente, sem a necessidade de gerar explicitamente todos os candidatos.
- ECLAT: O ECLAT pode ser muito eficiente em conjuntos de dados esparsos, onde as TID-lists são pequenas. No entanto, seu desempenho pode ser prejudicado em conjuntos de dados densos, onde as listas de transações se tornam grandes e a interseção se torna mais cara.
- RARM: O RARM é escalável e pode ser eficiente em grandes conjuntos de dados devido à sua abordagem de divisão e conquista. No entanto, a eficiência depende da implementação específica e da forma como os subproblemas são gerenciados.
- STUCCO: A eficiência do STUCCO em grandes conjuntos de dados pode ser limitada pela necessidade de realizar testes estatísticos para cada possível associação. Isso pode ser computacionalmente intensivo, especialmente para conjuntos de dados muito grandes.

Complexidade Computacional

- Apriori: O Apriori tem alta complexidade computacional, principalmente devido à explosão combinatória de candidatos. A complexidade aumenta exponencialmente com o número de itens no conjunto de dados.
- FP-Growth: O FP-Growth tem menor complexidade computacional em comparação com o Apriori, ao evitar a geração explícita de todos os candidatos e utiliza uma estrutura de dados eficiente para armazenar padrões frequentes.

- Eclat: A complexidade computacional do Eclat depende da densidade do conjunto de dados. Em dados esparsos, pode ser bastante eficiente, mas em dados densos, a interseção de grandes TID-lists pode aumentar significativamente a complexidade.
- RARM: A complexidade computacional do RARM pode ser alta devido à necessidade de gerenciar recursivamente múltiplos subproblemas. A divisão de problemas grandes em subproblemas menores pode ajudar a mitigar a complexidade, mas requer uma gestão eficiente.
- STUCCO: O STUCCO tem alta complexidade computacional devido à aplicação de testes estatísticos para cada possível associação. Além disso, a interpretação dos resultados estatísticos adiciona uma camada extra de complexidade.

Tabela 1 – Comparação entre os Algoritmos de Regras de Associação

Algoritmo	Facilidade de Implementação	Eficiência em Big Data	Complexidade Computacional
Apriori	Alta	Média a Baixa	Alta
FP-Growth	Média e Alta	Alta	Média
Eclat	Média	Alta (dados esparsos)	Variável (baixa em dados esparsos, alta em dados densos)
RARM	Baixa	Alta	Alta
STUCCO	Baixa	Média a Baixa	Alta

Fonte: Elaborada pelo autor.

O algoritmo Apriori foi o escolhido para utilização na IoT PD-RPM devido à sua robustez e ampla utilização em mineração de regras de associação. O Apriori é um dos algoritmos mais antigos e estabelecidos nessa área, conhecido por sua capacidade de encontrar associações frequentes em grandes bases de dados. A simplicidade do seu funcionamento, fundamentado no princípio anti monotônico que permite a remoção de conjuntos de itens infrequentes, garante a eficácia da execução e a compreensão dos resultados alcançados. Esta clareza torna o Apriori especialmente adequado para trabalhos científicos onde a interpretação e a replicabilidade dos resultados são indispensáveis.

Além disso, o Apriori possui uma vasta documentação e implementações em diversas ferramentas de software, permitindo sua integração em diferentes ambientes de pesquisa. Comparado a outros algoritmos como o FP-Growth, que requer estruturas

de dados mais complexas, ou o Eclat, que pode ser menos intuitivo, o Apriori oferece um bom equilíbrio entre desempenho e simplicidade (MUKHERJEE et al., 2023).

A sua popularidade na literatura científica também significa haver um maior suporte e um corpo de conhecimento consolidado, permitindo que pesquisadores construam sobre trabalhos anteriores com maior confiança. Essas características tornam o Apriori uma escolha confiável para explorar regras de associação, garantindo resultados robustos e de fácil interpretação (HEATON, 2016).

Para os gestores da IoT PD-RPM, as regras de associação, utilizando o algoritmo Apriori, irão permitir inferências relacionadas a horários de acesso por parte de profissionais de saúde, equipamentos de origem, pacientes usualmente pesquisados por determinado profissional, local de origem dos dados sensorizados junto ao paciente, dentre outros aspectos.

2.3.2 Lei Geral de Proteção de Dados

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) (REPÚBLICA, 2018), Lei nº 13.709/2018, estabelece um marco regulatório para o tratamento de dados pessoais no Brasil, sendo inspirada na regulamentação europeia, a General Data Protection Regulation (GDPR). A LGPD também altera os artigos 7º e 16º do Marco Civil da Internet. O objetivo da LGPD é garantir a proteção de direitos fundamentais, como a privacidade e a liberdade, ao criar um sistema jurídico que define como empresas e organizações devem coletar, armazenar, processar e compartilhar dados pessoais. Ela traz conceitos fundamentais, como o de dados pessoais, dados sensíveis e anonimização, além de princípios para o tratamento de dados, como a finalidade, necessidade e segurança, estabelecendo um ambiente de maior transparência e controle para os titulares de dados (DONEDA; VIANNA, 2020).

A LGPD aplica-se a qualquer operação de tratamento de dados pessoais realizada por pessoa natural ou jurídica, de direito público ou privado, independentemente do meio, do país de sua sede ou do país onde estejam localizados os dados. Dessa forma, o escopo extraterritorial da lei garante sua aplicação sempre que o tratamento de dados tiver como alvo indivíduos localizados no Brasil. Entre as principais obrigações que a LGPD impõe às organizações estão a necessidade de obter o consentimento dos titulares de dados, a criação de mecanismos para que os titulares possam acessar, corrigir ou excluir seus dados, e a nomeação de um Encarregado de Proteção de Dados (MAZZINI; CUNHA, 2021).

Além de garantir maior transparência e controle para os titulares dos dados, a LGPD estabelece um sistema de fiscalização e sanções coordenado pela Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD) (VIANNA; DONEDA, 2022). As sanções podem variar desde advertências até multas, que podem alcançar 2% do faturamento da empresa, limitadas a R\$ 50 milhões por infração. O cumprimento da LGPD exige que

as organizações adotem práticas de segurança da informação adequadas, implementando medidas técnicas e administrativas para proteger os dados pessoais de acessos não autorizados, vazamentos e outras ameaças .

2.3.3 Dado Pessoal e Dado Pessoal Sensível

Dado pessoal é toda informação relacionada à pessoa natural identificada ou identificável, ou seja, qualquer informação que permita identificar, direta ou indiretamente um indivíduo é considerada um dado pessoal (SOUZA GODOY; LIMA, 2021). Logo, os dados pessoais são as informações relativas à pessoa que permitem sua identificação ou, como consta da LGPD, “informação relacionada à pessoa natural identificada ou identificável”. Alguns exemplos seriam: nome, RG, CPF, gênero, etc.

Considera-se também dados pessoais algumas informações que nem sempre são fornecidas de forma consciente, como dados de localização via GPS, imagem fotográfica ou computacional, hábitos de consumo, dados de identificação online (por exemplo, endereço IP), etc.

Já dado pessoal sensível é dado pessoal sobre origem racial ou étnica, convicção religiosa, opinião política, filiação a sindicato ou a organização de caráter religioso, filosófico ou político, dado referente à saúde ou à vida sexual, dado genético ou biométrico. Com relação ao dado pessoal sensível se faz necessário ter total controle e visibilidade sobre os dados sensíveis coletados, sua finalidade e real necessidade. Restringir ao máximo o acesso ao dado sensível, reforçando o controle desse acesso e adotando medidas extras de segurança da informação para evitar que os dados sejam expostos (DONEDA; MENDES, 2021).

2.3.4 Privacidade desde a Concepção

Privacy by Design ou “Privacidade desde a Concepção” consiste em um conceito desenvolvido na década de 1990 pela Dra. Ann Cavoukian, Comissária de Informação e Privacidade de Ontário, no Canadá, para contemplar sua inquietação com os efeitos que poderiam emergir a partir da combinação entre avanço da tecnologia e utilização massiva de dados pessoais pelas empresas (CAVOUKIAN, 2020). Para ela, o futuro da privacidade não poderia depender apenas de leis e regulações, era preciso incorporar essa preocupação à arquitetura dos sistemas e das funcionalidades, provocando uma mudança nas práticas de negócios, na forma padrão de desenvolvimento, bem como na criação de produtos e serviços pelas empresas e organizações (BUTPHENG; YEH; XIONG, 2020).

Sete princípios norteiam o *Privacy by Design*:

- Proatividade, não reatividade: O primeiro princípio destaca a importância de antecipar e prevenir problemas de privacidade, em vez de reagir a incidentes após eles terem ocorrido. Isso envolve a identificação de riscos potenciais para

a privacidade desde o início e a implementação de medidas para mitigá-los;

- Privacidade como padrão: Esse princípio exige que a privacidade seja incorporada como um padrão de design em todas as atividades, produtos e sistemas. Isso significa que, por padrão, as configurações devem ser as mais protetoras da privacidade, e os usuários não devem ser forçados a ajustar as configurações para garantir sua privacidade;
- Privacidade embutida: A privacidade deve ser uma parte integrante do design de um produto ou sistema desde o início, e não um complemento posterior. Isso requer uma consideração cuidadosa das implicações de privacidade em todos os aspectos do design, desde a arquitetura até as funcionalidades;
- Funcionalidade total: Esse princípio enfatiza que a proteção da privacidade não deve ser alcançada às custas da funcionalidade. Os sistemas e produtos devem oferecer todos os recursos esperados pelos usuários, sem comprometer a privacidade.
- Segurança de ponta a ponta: A segurança e a privacidade devem ser garantidas em toda a cadeia de processamento de dados, desde a coleta até o armazenamento e a transmissão. Isso envolve o uso de criptografia e outras medidas de segurança para proteger os dados durante todo o ciclo de vida.
- Visibilidade e transparência: Os usuários devem ser informados sobre as práticas de coleta, uso e compartilhamento de seus dados. Isso inclui fornecer informações claras e compreensíveis sobre políticas de privacidade e práticas de tratamento de dados.
- Respeito pela privacidade do usuário: O último princípio enfatiza a importância de respeitar as escolhas dos usuários em relação à privacidade. Isso significa permitir que os usuários tenham controle sobre seus dados pessoais, incluindo a capacidade de consentir ou recusar a coleta e o uso de suas informações.

Ao adotar os princípios do *Privacy by Design*, as empresas e organizações não apenas demonstram compromisso com a proteção dos dados pessoais, mas também contribuem para o fortalecimento da confiança entre os usuários e as soluções tecnológicas que utilizam. A implementação desses princípios desde as etapas iniciais de desenvolvimento permite que a privacidade seja tratada como um elemento central, ao invés de um complemento reativo. Esse enfoque proativo garante que os riscos relacionados à privacidade sejam mitigados antecipadamente, promovendo um equilíbrio eficaz entre segurança, funcionalidade e transparência (BUTPHENG; YEH; XIONG, 2020).

Assim, o *Privacy by Design* não só cumpre com as obrigações legais impostas por legislações como a LGPD, mas também se alinha às melhores práticas internacionais, reforçando a ética no tratamento de dados e garantindo que a privacidade do usuário seja sempre respeitada e protegida.

2.4 Sinais Vitais

Os sinais vitais são um grupo dos 4 a 6 sinais mais importantes que indicam o status das funções vitais, também chamadas de sustentadoras da vida do corpo. Essas medidas são tomadas para ajudar a avaliar a saúde física geral de uma pessoa, fornecer pistas para possíveis doenças e mostrar progresso em direção à recuperação. Os intervalos normais para os sinais vitais de uma pessoa variam de acordo com a idade, peso, sexo e saúde geral.

2.4.1 Temperatura

A temperatura do corpo representa o equilíbrio entre o calor produzido e o calor perdido, também conhecido como termorregulação (GONG; LIU; ZHOU, 2021). No ambiente clínico, a temperatura corporal pode ser afetada por fatores como fisiopatologia subjacente, por exemplo, sepse, exposição da pele, por exemplo, no centro cirúrgico ou idade. Outros fatores podem não afetar a temperatura central do corpo, mas podem contribuir para medições imprecisas, como o consumo de líquidos quentes ou frios antes da medição da temperatura oral.

Clinicamente, existem três tipos de temperatura corporal: temperatura corporal central do paciente; como o paciente diz que ele se sente; e a temperatura corporal da superfície ou como o paciente se sente ao tocar. Ao medir a temperatura corporal, vários fatores devem ser considerados. O aparelho de medição não deve apenas ser calibrado corretamente, mas também deve estar ciente da diferença na temperatura central entre os locais anatômicos. Por exemplo, um estudo encontrou diferenças significativas na precisão e consistência de vários dispositivos comumente usados para medir a temperatura - timpânica, descartável oral, artéria elétrica e temporal oral (DAVIE; JONES; MYATT, 2022). Isso destaca a importância da calibração regular, uso correto, documentação precisa (local de medição e leitura de temperatura) e consistência (usando o mesmo local) como formas de identificar com precisão as tendências na temperatura central do paciente. Nenhum único termômetro ou local de medição é recomendado como a melhor prática, mas para garantir a precisão e a prática segura, o enfermeiro, ou paciente quando em tratamento em casa, deve estar ciente desses fatores.

2.4.2 Pulso

O pulso é definido como a expansão rítmica palpável de uma artéria, produzida pelo aumento do volume de sangue introduzido no vaso pela contração e relaxamento do coração (JOHNSON; ROBERTS, 2022). O pulso é afetado por muitos fatores, incluindo idade, condições médicas existentes, por exemplo, febre, medicamentos e estado do fluido, como exemplo, hiper/hipovolemia. Os enfermeiros, ou pacientes quando em tratamento domiciliar, devem estar cientes de que o pulso nem sempre é um reflexo verdadeiro da contratilidade ou débito cardíaco; no caso de estenose aórtica, por exemplo, o pulso pode ser fraco, apesar de contrações cardíacas fortes.

O pulso também não deve ser considerado o mesmo que a frequência cardíaca, que é na verdade, uma característica de pulso mensurável. Quando o pulso é palpado, outras características, além da taxa, também precisam ser avaliadas. Esses incluem a força ou amplitude do pulso, a igualdade periférica de pulsos e a regularidade do pulso, os quais, fornecem à enfermeira maior *insight* (WALKER; HARRIS, 2023).

2.4.3 Pressão Arterial

Segundo Smith; Johnson (2022), a pressão arterial (PA) refere-se à pressão exercida pelo sangue contra a parede arterial. Ela é influenciada por vários fatores fisiológicos, incluindo o débito cardíaco, a resistência vascular periférica, o volume sanguíneo, a viscosidade e a elasticidade da parede dos vasos. A PA é um dos sinais vitais mais críticos e frequentemente monitorados, pois reflete diretamente o fluxo sanguíneo durante a contração (sístole) e o relaxamento (diástole) do coração. Além disso, a PA serve como um dos indicadores principais de fornecimento de oxigênio celular, sendo essencial na avaliação do estado hemodinâmico do paciente.

Mudanças na PA podem sinalizar condições patológicas ou representar tentativas do corpo de manter a homeostase. Por exemplo, hipertensão pode indicar aumento na resistência vascular periférica ou disfunções cardíacas, enquanto uma hipotensão severa pode sinalizar choque hipovolêmico ou outras condições de emergência. Sabe-se que uma queda abrupta na PA é um sinal comum em pacientes antes de uma parada cardíaca (RICH, 1999). Embora uma mudança na PA isolada não indique necessariamente uma parada cardíaca iminente, ela justifica uma avaliação imediata e detalhada pela equipe médica.

A precisão na medição da PA é essencial, pois pequenos erros podem levar a diagnósticos imprecisos ou tratamentos inadequados. A PA continua sendo um dos sinais vitais mais imprecisamente medidos, devido a diversos fatores, como técnicas inadequadas, calibração incorreta dos equipamentos e falta de padronização no local de medição (THOMPSON; ROBERTS, 2021). Estudos recentes também indicam que a PA ambulatorial, ou a PA medida fora do ambiente clínico, pode fornecer uma avaliação mais precisa do risco cardiovascular do que as medições pontuais realizadas no

consultório (PARATI; STERGIOU et al., 2022).

2.4.4 Frequência Respiratória

Frequência respiratória ou ritmo respiratório é a designação dada ao número de ciclos respiratórios completados num intervalo específico de tempo, sendo mais comum ser expressa em respirações por minuto. A frequência respiratória é um dado importante na observação do paciente e a sua medição precisa é fundamental para sua avaliação (JEVON; ADAMS, 2022).

A medida da frequência respiratória serve a vários propósitos, como ser um marcador precoce de acidose (COOPER; TASHIRO, 2021). É também um dos mais significativos indicadores de doenças críticas. Um aumento da frequência normal do paciente de três a cinco respirações por minuto é um sinal precoce e importante de desconforto respiratório e de uma potencial hipoxemia (SHEPPARD; LIANG, 2022). Apesar disso, pesquisas confirmam que a frequência respiratória, muitas vezes, não é registrada em ambientes clínicos ou é simplesmente adivinhada (MITCHELL; CHANG, 2021). Isso é perturbador, uma vez que uma taxa respiratória anormal é o melhor preditor de um evento adverso iminente, como a parada cardíaca (CRETIKOS; HARTMANN, 2021). A razão para essa avaliação aleatória não é clara. Talvez seja porque os enfermeiros assumem que a saturação de oxigênio proporciona uma análise melhor sobre a função respiratória do paciente ou porque não existe um equipamento automatizado para medir a frequência respiratória (HOGAN; PERKINS, 2021).

2.4.5 Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca é a velocidade do ciclo cardíaco - fluxo e pressão sanguínea que ocorrem, desde o início de um batimento cardíaco até o próximo batimento, divididos em dois períodos: o de relaxamento, chamado diástole, quando o coração se distende ao receber o sangue, e o de contração, denominado sístole, quando ele ejeta o sangue (OBRIST, 2021). É medida pelo número de contrações do coração por minuto (bpm), podendo variar de acordo com as necessidades físicas do organismo, incluindo a necessidade de absorção de oxigênio e excreção de gás carbônico (OBRIST, 2021). É normalmente igual ou próxima à pulsação arterial medida em qualquer ponto periférico do corpo.

O método mais preciso de medição da frequência cardíaca é o eletrocardiograma (ECG), um teste clínico, não invasivo, e que consiste na fixação de elétrodos que captam a atividade elétrica do coração. Essa informação é impressa em papel milimetrado, onde podem ser observados os padrões de contração do músculo cardíaco. Esse exame pode detectar muitas disfunções cardíacas. Funciona através da detecção de pequenas variações de energia elétrica na pele da pessoa, as quais correspondem às batidas do coração. O eletrocardiograma é considerado padrão ouro para

o diagnóstico não invasivo das arritmias e distúrbios de condução, além de ser muito importante nos quadros isquêmicos coronarianos, constituindo-se em um marcador de doença do coração (NICOLAU; TIMERMAN, 2022).

2.4.6 Oximetria de Pulso

Oximetria é a medida da saturação de oxigênio do sangue, a qual é a porcentagem de oxigênio que está sendo transportado na circulação sanguínea. A oximetria de pulso é um método não invasivo para monitorar a saturação de oxigênio de uma pessoa (SO_2). Embora a leitura da SpO_2 (saturação periférica de oxigênio) nem sempre seja idêntica à leitura mais desejável de SaO_2 (saturação arterial de oxigênio) da gasometria arterial, os dois estão suficientemente correlacionados para que o método seguro, conveniente, não invasivo e barato da oximetria de pulso seja valioso para medir a saturação de oxigênio em uso clínico (JUBRAN, 2021).

Em seu modo de aplicação mais comum (transmissivo), um dispositivo sensor é colocado em uma parte fina do corpo do paciente, geralmente um dedo ou lóbulo da orelha, ou, no caso de uma criança, por meio de um pé. O dispositivo passa dois comprimentos de onda de luz através da parte do corpo para um fotodetector. Ele mede a variação da absorvância em cada um dos comprimentos de onda, permitindo determinar as absorvâncias devidas apenas ao sangue arterial pulsante, excluindo sangue venoso, pele, osso, músculo, gordura e (geralmente) esmalte de unha (JUBRAN, 2021).

2.5 Medidas de Similaridade em Históricos de Contexto

Os pacientes em DP, a medida que têm diferentes procedimentos terapêuticos em andamento, apresentam sinais vitais oscilando no tempo, constituindo uma série histórica.

O perfil de estabilidade, crescimento ou decréscimo dos sinais vitais de um paciente em particular, pode ser comparado com padrões já estabelecidos por médicos, estabelecendo assim, por níveis de similaridade, uma expectativa de tendência por um quadro clínico.

O nível de proximidade com relação a um determinado padrão, na IoT PD-RPM, é computado pela aplicação recorrente de uma métrica para medida de distância, considerando a evolução dos diferentes sinais vitais. Do ponto de vista científico e matemático, a distância é definida como um grau quantitativo de quão distantes estão dois objetos. A Tabela 2 apresenta as métricas mais usuais para distâncias entre pontos no plano. As medidas de distância que satisfazem as propriedades métricas são, simplesmente, chamadas de métricas, enquanto outras medidas de distância não-métricas são, ocasionalmente, chamadas de divergência. Sinônimos para similaridade incluem

medidas de proximidade e similaridade são, frequentemente, chamadas de coeficientes de similaridade (CHA, 2007).

Tabela 2 – Métricas para Distâncias entre Pontos no Plano

Euclidean	$d_{Eucl} = \sqrt{\sum_{i=1}^d P_i - Q_i ^2} \quad (4)$
City Block	$d_{Cb} = \sum_{i=1}^d P_i - Q_i \quad (5)$
Minkowski	$d_{Mk} = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^d P_i - Q_i ^p} \quad (6)$
Cjebyshev	$d_{Cheb} = \max_i P_i - Q_i \quad (7)$

Fonte: Elaborada pelo autor.

Um dos mais consolidados conceitos de medida de distância é a Distância Euclidiana (*Euclidean Distance*). Em matemática, Distância Euclidiana, ou distância métrica, é a distância entre dois pontos, que pode ser provada pela aplicação repetida do teorema de Pitágoras. O conceito de Distância Euclidiana tem prevalecido em diferentes culturas e regiões por milênios, sendo utilizada para todos os tipos de dados ou padrões a serem comparados. Euclides afirmou que a menor distância entre dois pontos é uma linha e, portanto, a equação 4 é conhecida como distância euclidiana. Muitas vezes foi chamada de métrica pitagórica, uma vez que é derivada do Teorema de Pitágoras.

No final do século 19, Hermann Minkowski considerou a Distância do Bloco da Cidade (*City Block Distance*) (KEMP, 2018), mostrada na equação 5, também conhecida por Distância Retilínea (*Rectilinear Distance*), Métrica do Táxi (*Taxicab Norm*) e Distância de Manhattan (Manhattan Distance). A Métrica do Táxi, considera que distância

entre dois pontos é a soma das diferenças absolutas de suas coordenadas. Hermann generalizou as equações 4 e 5 para a equação 6 que é chamada de Distância de Minkowski (*Minkowski distance*) (DU, 2018).

Quando P tende a infinito, a equação 6 pode ser derivada sendo chamado de Distância do Tabuleiro de Xadrez em 2D (Chessboard Distance in 2D), também conhecida por Distância de Chebyshev (Chebyshev distance). A distância de Chebyshev é uma métrica definida em um espaço vetorial onde a distância entre dois vetores é a maior das diferenças ao longo de qualquer dimensão de coordenada (SINGH; YADAV; RANA, 2013).

2.6 *Medical Information Mart for Intensive Care*

O MIMIC, atualmente na versão III, é um banco de dados relacional contendo tabelas de dados referentes a pacientes que permaneceram dentro das unidades de terapia intensiva do *Beth Israel Deaconess Medical Center* (BIDMC) - Boston, Massachusetts, Estados Unidos, que compreende mais de 58.000 internações hospitalares para 38.645 adultos e 7.875 recém-nascidos (JOHNSON et al., 2016). Os dados abrangem de junho de 2001 a outubro de 2012. Incluem sinais vitais, medicamentos, medições laboratoriais, observações e anotações elaboradas por prestadores de cuidados, equilíbrio de fluidos, códigos de procedimentos, códigos de diagnóstico, relatórios de imagens, tempo de internação hospitalar, dados de sobrevivência etc, conforme pode ser observado na Figura 3

O MIMIC-III é composto por dados de saúde oriundos de dois sistemas de informações diferentes sobre cuidados intensivos, os quais estavam em operação no BIDMC durante o período de coleta de dados: *Philips CareVue Clinical Information System*, desenvolvido pela empresa *Philips Health-care*¹ e o *iMDsoft MetaVision ICU*, desenvolvido pela *iMDsoft*².

O banco de dados está disponível nas plataformas de nuvem *Google Cloud Platform* (GCP)³ e *Amazon Web Services* (AWS)⁴. Também é possível acessar os dados diretamente através do download de arquivos CSV (*Comma-Separated Values*) disponibilizados pelo *PhysioNet*, a qual foi a forma empregada neste trabalho. No formato CSV, cada tabela de dados está contida em um arquivo individual.

O banco de dados MIMIC-III vem se mostrando significativo para uso em aplicações da área de saúde pelos seguintes motivos: (i) é o único banco de dados de cuidados críticos de livre acesso. A natureza aberta dos dados permite que os estudos clínicos sejam reproduzidos e melhorados, o que de outra forma não seria possível.

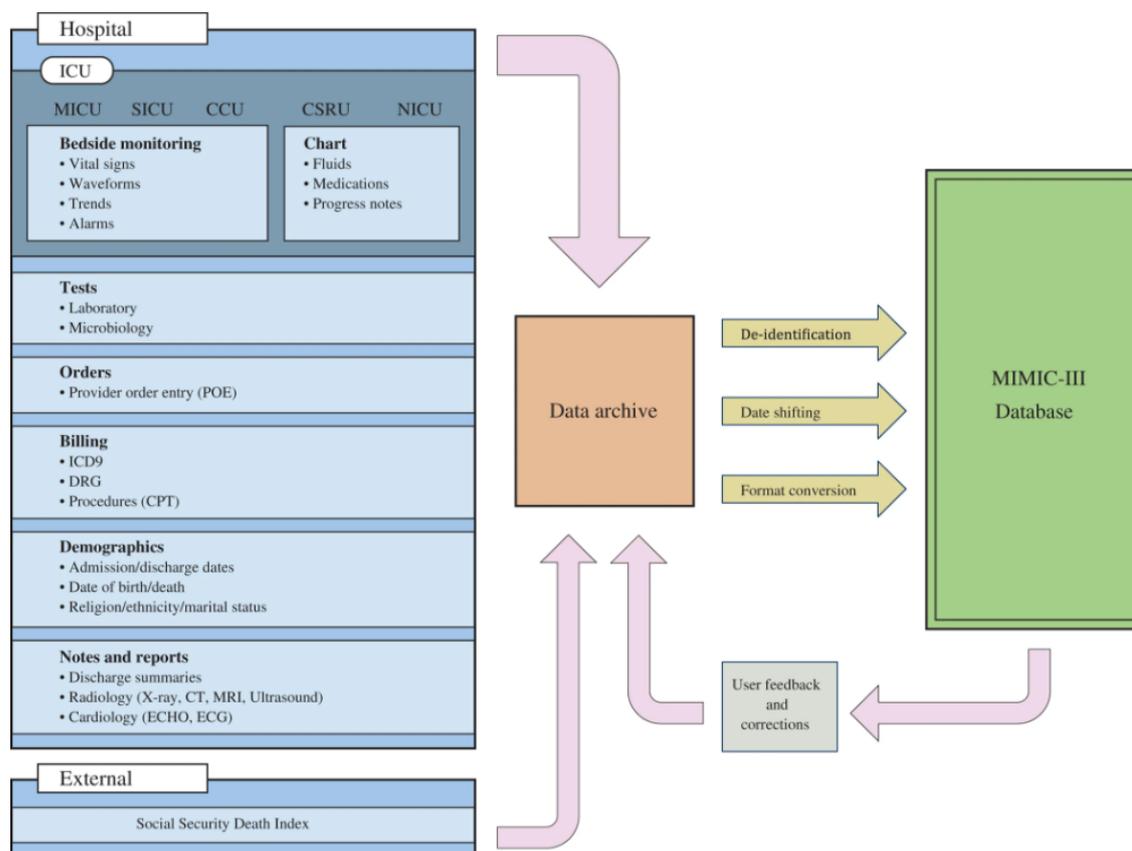
¹<https://www.philips.com.br/healthcare/>

²<https://www.imd-soft.com/>

³<https://cloud.google.com/>

⁴<https://aws.amazon.com/>

Figura 3 – Estrutura da Base de Dados MIMIC



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de (JOHNSON et al., 2016)

(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, uma vez que ela é aceita, permite tanto a pesquisa clínica como o uso em educação.

O acesso ao MIMIC requer a assinatura de um contrato para o uso de dados e a realização de um treinamento básico sobre pesquisa em seres humanos chamado *Human Research - Data or Specimens Only Research*. No Anexo A está o relatório de conclusão desse treinamento.

Descrição dos Dados

O MIMIC-III é um banco de dados relacional composto por 26 tabelas. As tabelas são vinculadas por identificadores que geralmente possuem o sufixo "ID". Por exemplo, *SUBJECT_ID* refere-se a um paciente único.

Eventos registrados, como notas, exames laboratoriais e equilíbrio de fluidos, são armazenados em uma série de tabelas de "eventos". Por exemplo, a tabela *OUTPUTEVENTS* contém todas as medições relacionadas à saída de um determinado

paciente, enquanto a tabela *LABEVENTS* contém resultados de testes laboratoriais para um paciente.

Tabela 3 – Descrição das Tabelas do Banco de Dados MIMIC-III

Tabela	Descrição
ADMISSIONS	Registros das admissões dos pacientes no hospital, como a data e hora de admissão e alta, tipo de admissão e dados demográficos.
CALLOUT	Informações sobre quando um paciente foi liberado para alta da UTI e quando o paciente realmente recebeu alta.
CAREGIVERS	Informações sobre os profissionais de saúde que cuidaram dos pacientes.
CHARTEVENTS	Dados de monitoramento contínuo, incluindo medidas como frequência cardíaca, pressão arterial e outros parâmetros vitais.
CPTEVENTS	Códigos relacionados a procedimentos médicos no padrão <i>Current Procedural Terminology (CPT)</i> .
D_CPT	Descrições de códigos CPT.
D_ICD_DIAGNOSES	Dicionário com as descrições de códigos de diagnósticos no padrão ICD-9 (<i>International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems</i>).
D_ICD_PROCEDURES	Dicionário com as descrições de códigos de procedimentos no padrão ICD.
D_ITEMS	Dicionário com as descrições do indexador ITEMID usados na coleta de vários dados de saúde.
D_LABITEMS	Dicionário com as descrições de códigos de exames laboratoriais.
DATETIMEEVENTS	Data e hora de eventos de enfermagem como diálise ou inserção de cateteres.
DIAGNOSES_ICD	Códigos de diagnóstico associados aos pacientes no padrão ICD-9.
DRGCODES	Códigos diagnóstico no padrão <i>Diagnosis Related Groups (DRG)</i> usados pelo hospital para fins de faturamento.
ICUSTAYS	Informações sobre as internações dos pacientes nas UTIs, como datas de internação e alta, duração, tipo de UTIs e sistema usado na coleta de dados (<i>Philips CareVue</i> ou <i>iMDSoft Metavision</i>).
INPUTEVENTS_CV	Registros de administração de medicamentos para pacientes monitorados pelo sistema <i>Philips CareVue</i> enquanto internados na UTI.
INPUTEVENTS_MV	Registros de administração de medicamentos para pacientes monitorados pelo sistema <i>iMDSoft Metavision</i> enquanto internados na UTI.
LABEVENTS	Dados de exames laboratoriais, incluindo resultados de testes como hemogramas, química sanguínea e gasometria.
MICROBIOLOGYEVENTS	Dados relacionados a resultados de cultura microbiológica e sensibilidades.
NOTEEVENTS	Anotações da equipe médica e de enfermagem, relatórios de ECG, relatórios de imagens e resumos de alta.
OUTPUTEVENTS	Registros de saída de fluidos do paciente, como urina, drenagem e outros.
PATIENTS	Informações demográficas dos pacientes, incluindo data de nascimento, gênero e data de óbito.
PRESCRIPTIONS	Informações sobre prescrições de medicamentos, incluindo nomes de medicamentos, doses e datas de administração.
PROCEDURESEVENTS_MV	Descrições de procedimentos médicos realizados nos pacientes.
PROCEDURES_ICD	Códigos de procedimentos associados aos pacientes no padrão ICD-9.
SERVICES	Tipos de serviços prestados durante a internação.
TRANSFERS	Detalhes sobre transferências de pacientes entre diferentes unidades dentro do hospital, incluindo admissão e alta na UTI.

Fonte: Elaborada pelo autor.

As tabelas prefixadas com 'D_' são tabelas de dicionário e fornecem definições para identificadores. Por exemplo, cada linha de *CHARTEVENTS* está associada a um único *ITEMID* que representa o conceito medido, mas não contém o nome real da medição. Ao unir *CHARTEVENTS* e *D_ITEMS* no *ITEMID*, é possível identificar o conceito representado por um determinado *ITEMID*.

De modo geral, são empregadas cinco tabelas para identificar e acompanhar as internações dos pacientes: *ADMISSIONS*, *PATIENTS*, *ICUSTAYS*, *SERVICES* e *TRANSFERS*. Outras cinco tabelas são dicionários para referência cruzada de códigos identificadores com suas respectivas definições: *D_CPT*, *D_ICD_DIAGNOSES*,

D_CID_PROCEDURES, D_ITEMS e D_LABITEMS. As tabelas restantes contêm dados associados ao atendimento ao paciente, como medidas fisiológicas, observações do cuidador e informações de cobrança do hospital.

Na Tabela 3 está uma breve descrição de cada tabela que compõe o MIMIC de forma a melhor detalhar a estrutura e organização dos dados no *dataset*.

2.7 Middleware EXEHDA

Neste capítulo, está registrada, resumidamente, a revisão feita sobre o *middleware* EXEHDA (*Execution Environment for Highly Distributed Applications*) e seus subsistemas, proposto inicialmente no GPPD/UFRGS, vide Yamin (2004). Revisão essa, que se faz necessária para o entendimento de como os componentes propostos na IoT PD-RPM são mapeados na arquitetura do *middleware*.

O EXEHDA é um *middleware* adaptativo ao contexto e baseado em serviços, que visa criar e gerenciar um ambiente ubíquo, bem como, promover a execução, sob esse ambiente, das aplicações que expressam a semântica siga-me. Essas aplicações são distribuídas e adaptativas ao contexto em que seu processamento ocorre, estando disponíveis a partir de qualquer lugar, todo o tempo (LOPES et al., 2013). Seu objetivo é permitir que as aplicações possam obter informações de seus contextos de interesse e reagir às variações que acontecem nos mesmos.

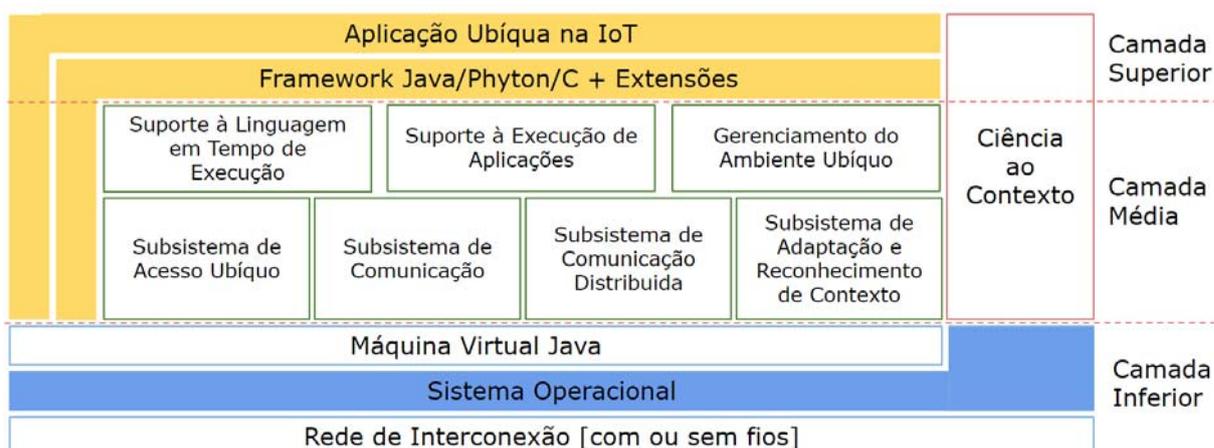
2.7.1 Aspectos Funcionais e Arquiteturais

O EXEHDA tem como objetivo a definição de uma arquitetura para um ambiente de execução destinado às aplicações largamente distribuídas, como as providas pelo ambiente computacional da IoT, nas quais as condições de contexto são monitoradas de forma proativa e o suporte à execução deve permitir que tanto a aplicação como ele próprio, utilizem essas informações na gerência da adaptação de seus aspectos funcionais e não-funcionais. Entende-se por adaptação funcional, aquela que implica na modificação do código sendo executado. Por sua vez, adaptação não funcional é aquela que atua sobre a gerência da execução distribuída. Também a premissa siga-me deverá ser suportada, garantindo a execução da aplicação do usuário em qualquer tempo, lugar e dispositivo. (LOPES, 2016).

Os principais requisitos que o EXEHDA atende são: (i) gerenciar, de modo independente, tanto aspectos não funcionais como funcionais das aplicações; (ii) dar suporte à adaptação dinâmica de aplicações; (iii) disponibilizar mecanismos para obter e tratar informações de contexto; (iv) empregar informações de contexto na tomada de decisões; (v) decidir as ações adaptativas de forma colaborativa com a aplicação, e; (vi) disponibilizar a semântica siga-me, permitindo ao usuário iniciar as aplicações e acessar dados a partir de qualquer lugar.

A arquitetura de software do *middleware* EXEHDA, mostrada na Figura 4 visa fornecer uma solução integrada para construir e executar aplicativos distribuídos em grande escala. A execução de tais aplicativos é suportada pelo *middleware* EXEHDA.

Figura 4 – Arquitetura de Software do *Middleware* EXEHDA



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de (LOPES et al., 2014)

A arquitetura do EXEHDA é dividida em uma organização lógica de três camadas: camada de aplicação (superior); camada de suporte e ambiente de execução (média); e (inferior) camada dos sistemas básicos. A camada superior corresponde às abstrações que o designer do aplicativo fornece, para facilitar o desenvolvimento de um aplicativo adaptativo que reconheça o contexto. Isso é obtido, principalmente, pelo fornecimento de um *framework* Java. Também temos nessa e na próxima camada, a representação da ciência de contexto. A razão para isso, é ressaltar sua importância na arquitetura, destacando sua presença no design de muitos componentes.

Na camada intermediária, estão os mecanismos de apoio para a implementação de estratégias para execução adaptativa de aplicações distribuídas. Essa camada possui dois níveis, o primeiro nível consiste nos módulos de serviço do aplicativo e o segundo nível é formado pelos serviços básicos do EXEHDA. Esses serviços básicos possibilitam recursos necessários para o nível superior e abrange vários aspectos, como acesso ubíquo, comunicação, execução distribuída, reconhecimento de contexto e adaptação. Finalmente, a Camada Inferior da arquitetura é composta de linguagens nativas e sistemas que integram o ambiente físico de execução. Por razões de portabilidade, nessa camada, a plataforma para implementação é uma *Java Virtual Machine* em suas diferentes abordagens. A arquitetura pressupõe a existência de uma rede para suportar a execução de componentes e serviços em escala global (LOPES et al., 2014; LOPES, 2016).

Os requisitos de funcionamento em um ambiente de alta heterogeneidade, em que os recursos de hardware e disponibilidade de software em cada dispositivo po-

dem variar, têm motivado a utilização de serviços plugáveis. Em cada nodo, um perfil de execução define a política de carregamento que será aplicada para cada um dos serviços do *middleware*. As políticas de carregamento são duas: (i) no *boot*, o que significa que o serviço deve ser carregado no processo de inicialização do nodo; ou (ii) sob demanda, o que significa que o serviço será carregado em seu primeiro uso.

O núcleo mínimo do EXEHDA gerencia a política de carregamento dos serviços e deve estar operacional em cada nodo que compõe o ambiente ubíquo. Usando esse recurso, podemos configurar o que é necessário e quando ele deve ser carregado. Para tanto, dois serviços do núcleo mínimo devem estar sempre presentes: (i) *Profile Manager*, no carregamento da interpretação dos perfis de execução, faz com que esses perfis estejam disponíveis em tempo de execução para os demais serviços de *middleware*; (ii) *Service Manager*, que ativa serviços em um nodo com base nas informações fornecidas pelo *Profile Manager*. O código de serviço é carregado sob demanda a partir do repositório de serviços, que pode ser local ou remoto, dependendo da capacidade de armazenamento do dispositivo e da natureza do serviço a ser carregado.

O EXEHDA tem como requisito, permanecer operacional durante os períodos de desconexão planejada. Para dar suporte a esse recurso, os serviços são divididos em duas partes, uma instância de nodo e uma instância de celular. O primeiro, é o local para cada dispositivo, enquanto que o último, executa no nodo base. Assim, o dispositivo local poderá estar operacional durante o desligamento planejado, considerando, que a instância do nodo do serviço deve renunciar temporariamente ao acesso aos recursos que estão na rede. Por outro lado, a instância celular do serviço, em execução no nodo base da célula, atua como um ponto de referência para serviços que exigem procedimentos de coordenação distribuídos, inter-nodos ou inter-células (AUGUSTIN; YAMIN; GEYER, 2005; LOPES et al., 2014).

2.7.2 Organização dos Serviços

O *middleware* EXEHDA é formado por quatro subsistemas, conforme mostra a Figura 5: Subsistema de Execução Distribuída, Subsistema de Comunicação, Subsistema de Acesso Ubíquo e Subsistema de Reconhecimento de Contexto e Adaptação, descritos a seguir.

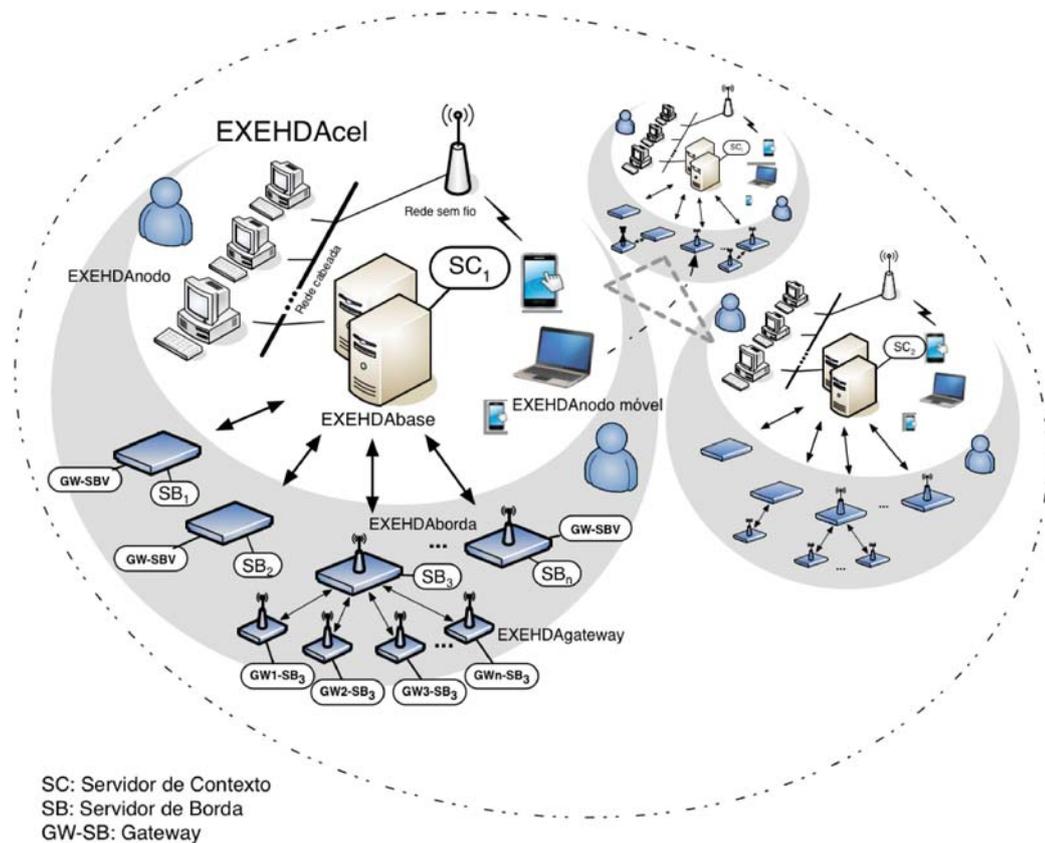
- **Subsistema de Execução Distribuída:** O Subsistema de Execução Distribuída é responsável pelo suporte ao processamento distribuído no EXEHDA. No intuito de promover uma execução efetivamente adaptativa em um cenário largamente distribuído como os providos pela IoT, este subsistema interage com outros subsistemas do EXEHDA. Em específico, interage com o Subsistema de Reconhecimento de Contexto e Adaptação, de forma a prover comportamento distribuído e adaptativo às aplicações da IoT.

inclui serviços que tratam desde a extração da informação bruta sobre as características dinâmicas e estáticas dos recursos que compõem o ambiente ubíquo, passando pela identificação em alto nível dos elementos de contexto, até o disparo das ações de adaptação em reação a modificações no estado de tais elementos contextuais.

2.7.3 Ambiente Distribuído Provido pelo *Middleware* EXEHDA

O ambiente computacional ubíquo, largamente distribuído, gerenciado pelo *middleware* EXEHDA para uso em aplicações da IoT tem a sua organização, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Ambiente Distribuído Provido pelo *Middleware* EXEHDA no Cenário da IoT



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de (LOPES et al., 2013)

Considerando a perspectiva de promover a computação de aplicações na IoT, atendendo a critérios de distributividade, escalabilidade, heterogeneidade, mobilidade e adaptabilidade ao contexto, este ambiente é constituído por células de execução.

Deste modo os dispositivos computacionais são distribuídos entre as células, sendo cada célula constituída dos seguintes componentes: (i) EXEHDAbase, o ele-

mento central da célula, sendo responsável por todo serviços e constituindo referência para os demais elementos; (ii) o EXEHDA nodo que corresponde aos dispositivos computacionais responsáveis pela execução das aplicações; (iii) o EXEHDA nodo móvel, um subcaso do anterior, que corresponde aos dispositivos tipicamente móveis que podem se deslocar entre as células do ambiente ubíquo, como notebooks, *tablets* ou *smartphones*, (iv) o EXEHDA borda, responsável por fazer a interoperação entre os serviços do *middleware* e os diversos tipos de *gateways*; e (v) o EXEHDA gateway, que consiste no elemento responsável por setorizar pontos de coleta e/ou atuação distribuídos, disponíveis no meio físico, realizando a interação destes com os outros componentes do *middleware*.

Para provimento de ciência de contexto em um ambiente largamente distribuído, o EXEHDA-IoT se vale de dois tipos principais de servidores da arquitetura do EXEHDA: Servidor de Borda e Servidor de Contexto (vide Figura 6). O Servidor de Borda se destina a gerenciar a interação com o meio físico através de *gateways*, sendo instanciado em um equipamento do tipo EXEHDA borda. O Servidor de Contexto, por sua vez, é alocado no EXEHDA base e atua no armazenamento e no processamento das informações contextuais, integrando dados históricos e dados provenientes de diferentes Servidores de Borda distribuídos no ambiente .

A premissa é que os sensores e/ou atuadores sejam integrados ao Servidor de Borda somente através de *gateways*. Os *gateways* são utilizados então, para tratar os diversos tipos de protocolos físicos inerentes a dispositivos de sensoriamento e/ou atuação, bem como garantir que dispositivos com capacidade restrita, tanto computacional como energética, possam se comunicar com o Servidor de Borda via TCP/IP.

Os *gateways* possuem hardware e capacidades computacionais limitadas, sendo dedicados para tratar tecnologias específicas, como redes de sensores sem fio, por exemplo, fazendo a conversão de protocolos e o gerenciamento dos dispositivos.

2.8 Considerações Finais do Capítulo

A fundamentação teórica tratada neste capítulo é a contextualização que antecede a concepção da IoT PD-RPM . São apresentadas a Ciência de Contexto e Situação, que são componentes chave para viabilizar os sistemas autônomos. O contexto é descrito como qualquer informação que caracteriza a situação de uma entidade. Foram citadas as duas fases que compõe contexto: (i) aquisição de informações do contexto; (ii) processamento do contexto e (iii) distribuição de contexto. Na continuidade do capítulo, foi explorado o conceito de Segurança e Auditoria de Banco de Dados que objetiva manter a integridade e a confiabilidade dos dados, o controle de acesso, o controle das mudanças nos dados e em sua estrutura, os acessos e os papéis de cada usuário.

Na continuidade foi apresentado o conceito de Regras de Associação cuja premissa básica encontrar elementos que implicam na presença de padrões de comportamentos de outros elementos em uma mesma transação, ou seja, encontrar relacionamentos ou padrões frequentes entre conjuntos de dados.

A Seção seguinte deste capítulo apresenta os Sinais Vitais, que são um grupo dos sinais mais importantes que indicam o status das funções vitais, também chamadas de sustentadoras da vida do corpo. Essas medidas são tomadas para ajudar a avaliar a saúde física geral de uma pessoa, fornecer pistas para possíveis doenças e mostrar progresso em direção à recuperação.

Na penúltima seção deste capítulo, é apresentado o banco de dados MIMIC-III. Este banco de dados, contém o *dataset* que foi utilizado para a avaliação preliminar da IoT PD-RPM.

A última Seção deste capítulo foi realizada uma revisão sobre o *middleware* EXEHDA e seus subsistemas, com um olhar voltado para o entendimento de como os componentes propostos na IoT PD-RPM são mapeados na arquitetura do mesmo.

Aplicações que utilizam o EXEHDA, especialmente na área da saúde, armazenam dados pessoais e também dados pessoais do tipo sensível (Artigo 11º). A presente abordagem visa avançar na direção de tornar a instituição que utiliza o *middleware* EXEHDA em suas aplicações de *IoT Health* adequada à LGPD. Se espera que com a adequação à LGPD e o correspondente tratamento correto dos dados pessoais, o paciente se sinta mais seguro na utilização da IoT PD-RPM, com isso suscitando uma maior aderência ao seu tratamento.

3 ESTADO DA ARTE

Este Capítulo objetiva caracterizar o estado da arte nas frentes de pesquisas sobre o monitoramento remoto de pacientes em diálise peritoneal domiciliar. Para a realização desse levantamento efetivou-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). A RSL consiste em uma metodologia de pesquisa que garante a reprodutibilidade dos procedimentos realizados quando da obtenção de conhecimento sobre algum tema específico (OKOLI, 2019; XIAO; WATSON, 2019).

Nas próximas seções deste Capítulo são discutidos os critérios referentes ao protocolo empregado na condução da RSL e os trabalhos selecionados através da mesma.

3.1 Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura

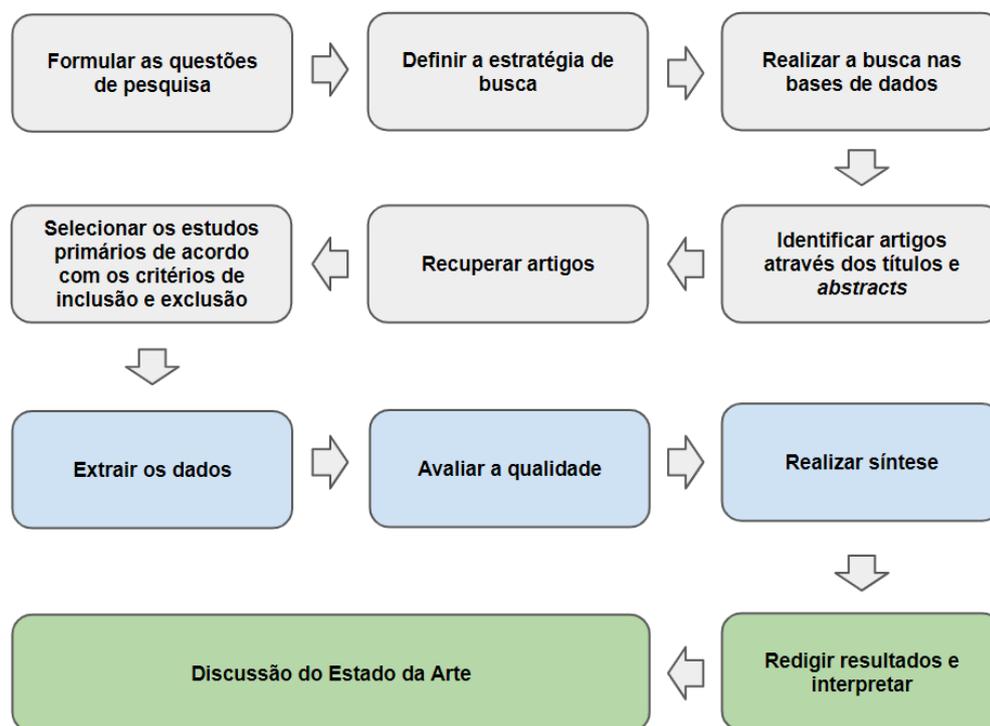
Antes da definição do protocolo da RSL foi realizada uma revisão prévia da literatura. Esta revisão assistemática teve como objetivo encontrar trabalhos que se aproximavam do tema de pesquisa explorado, bem como auxiliar na definição das palavras-chave e *string* de busca a ser aplicada aos repositórios de busca de trabalhos científicos.

Para realização da RSL, como ferramenta de apoio, foi utilizado o *software* Parsifal¹ (GARCÍA-PEÑALVO, 2017). Esta ferramenta, disponibilizada online e de forma gratuita, foi de extrema importância para a condução deste estudo uma vez que proporcionou um ambiente de trabalho colaborativo, onde todas as atividades realizadas nas fases de planejamento (objetivos e questões de pesquisa) e condução (*string* de busca, palavras chaves e sinônimos, critérios de inclusão e exclusão) estão disponíveis na ferramenta, além da criação do formulário de extração de dados.

A abordagem para conduzir a RSL, apresentada na Figura 7, foi baseada nas diretrizes e no modelo de protocolo de revisão sistemática proposto por (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). De acordo com essas diretrizes, o processo de RSL inclui diversas atividades, que podem ser agrupadas em três fases principais: planejamento, condução e relato da RSL.

¹<https://parsif.al/>

Figura 7 – Abordagem Adotada na Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de (GODELA, 2023)

3.1.1 Questões de Pesquisa

O objetivo desta revisão sistemática é analisar as abordagens propostas para o monitoramento remoto de pacientes em diálise peritoneal nos últimos 5 anos. Foi considerado que o foco de interesse é identificar o estado da arte referente a monitoramento de pacientes em diálise peritoneal domiciliar.

Como primeira etapa para o desenvolvimento de uma RSL tem-se que é a definição das questões de pesquisa que fundamentam a mesma (PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015). Assim, as questões de pesquisa desta RSL, que nortearam o estudo, estão descritas a seguir:

- RQ1: Como os sinais vitais são coletados - uso de sensores e/ou entrada de dados manual?
- RQ2: Como os dados coletados são armazenados? Qual plataforma é utilizada?
- RQ3: Como são considerados os históricos de contextos para prover serviços e/ou informações relevantes para o usuário?
- RQ4: É utilizado um *middleware* na arquitetura da proposta ?

- RQ5: Há previsão de emissão de alertas considerando parâmetros pré-definidos e/ou escores médicos?
- RQ6: Existem cuidados referentes à adequação à LGPD?

A estratégia de identificação de trabalhos incluiu uma busca personalizada, usando uma *string* de busca nas bases de indexação selecionadas.

O desenvolvimento do protocolo de RSL adotado nesta Tese seguiu o PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context*) conforme sugerido por (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), bem como (PETTICREW; ROBERTS, 2008):

- *Population*: Publicações que abordem o monitoramento remoto de pacientes;
- *Intervention*: O objetivo da intervenção foi coletar evidências em relação às abordagens propostas para monitorar pacientes especialmente em DP;
- *Comparison*: Comparação entre as arquiteturas propostas, bem como o hardware utilizado;
- *Outcomes*: Abordagens arquiteturais, técnicas, conceitos e *middlewares* utilizados na concepção de aplicativos ou sistemas destinados ao monitoramento remoto de pacientes;
- *Context*: pesquisas relacionadas a monitoramento de paciente em casa, especialmente em DP.

A fim de encontrar os estudos relevantes foi aplicada a *string* de busca em seis bases de indexação: (i) ACM Digital Library; (ii) IEEE Digital Library; (iii) Science Direct; (iv) Scopus; (v) Springer Link; (vi) Google Scholar. A escolha das bases de indexação se deu por sua importância e relevância na área da Ciência da Computação e da Nefrologia, bem como por cobrirem a maioria dos periódicos e artigos de conferência nesta área.

A *string* de pesquisa foi especificada considerando os principais termos relacionados ao monitoramento de pacientes especificamente aos que realizam DP domiciliar. Foram realizadas pesquisas piloto para refinar a *string* de pesquisa de forma iterativa. Foram excluídas as palavras-chave cuja inclusão não retornou resultados. Após várias iterações, ficou definida a seguinte *strings* de pesquisa para pesquisar palavras-chave, título, resumo e texto completo das publicações: ("remote patient monitoring"OR "remote peritoneal dialysis monitoring") AND ("internet of things"OR iot). Não foram consideradas palavras-chave referentes a LGPD porque se mostraram restritivas.

3.1.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Objetivando avaliar a qualidade dos trabalhos, o que é também chamado de seleção para exclusão, é necessário declarar explicitamente em uma RSL os critérios utilizados para julgar quais artigos serão excluídos por qualidade insuficiente. Se faz necessário também classificar a qualidade de todos os artigos incluídos, dependendo das metodologias de pesquisa que empregam (OKOLI, 2015).

Os critérios resumidos de inclusão e exclusão são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de Inclusões e Exclusões

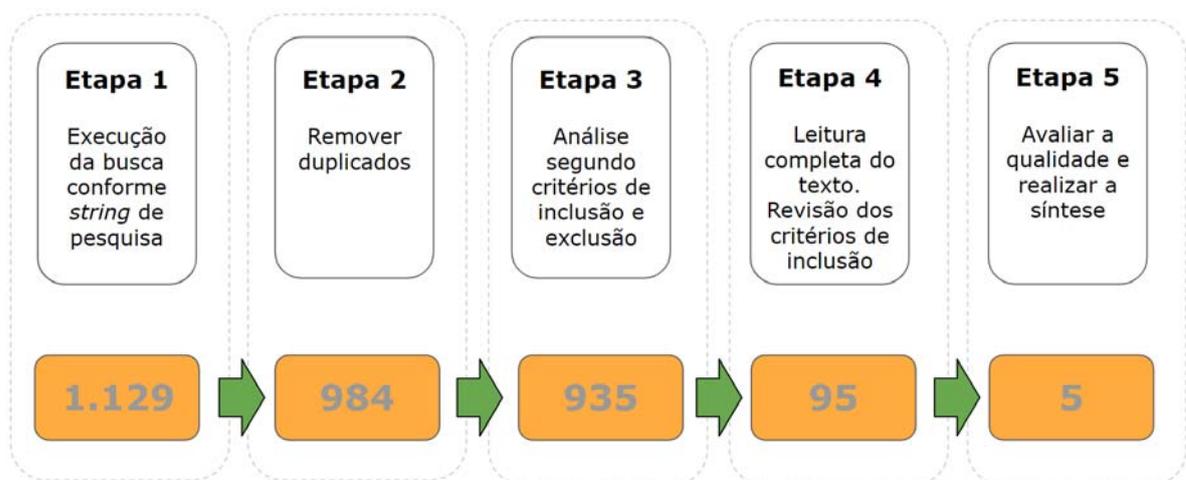
#	Critérios de Inclusão
1	Estudos primários
2	Estudos que tratam de RPM
#	Critérios de Exclusão
1	Estudos secundários ou terciários
2	Estudos duplicados
3	Estudos anteriores a 2018
4	Estudos fora do escopo
5	<i>Short papers</i> (4 páginas ou menos)

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.3 Procedimento para Seleção de Estudos

O procedimento para seleção de estudos, apresentado na Figura 8, foi dividido em quatro etapas principais.

Figura 8 – Etapas Realizadas na Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: Elaborada pelo autor.

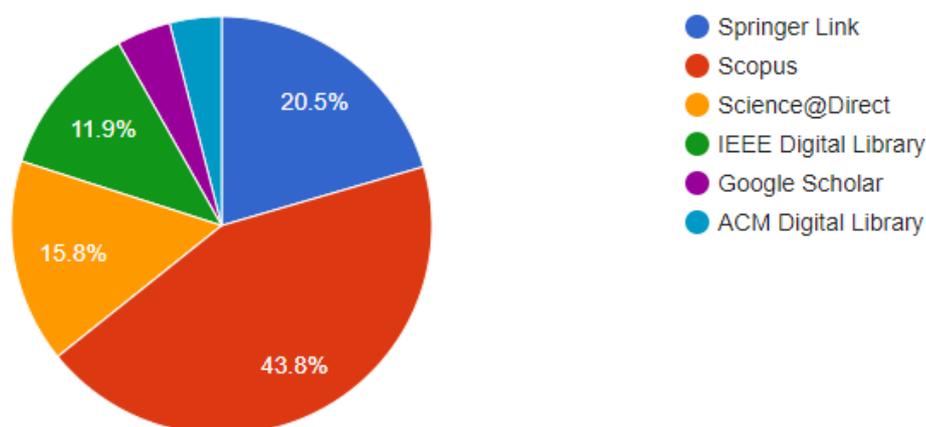
Na Etapa 1, os estudos foram obtidos a partir de bancos de dados usando a *string*

de pesquisa. ACM Digital Library retornou 45, Scopus 494, Science@Direct 178, Google Scholar 47, Springer Link 231 e IEEE Digital Library 134. Os resultados da pesquisa (1129) foram baixados sendo inscritos e organizados com a ajuda da ferramenta Parsifal (LIMA et al., 2019), com excessão dos artigos do Google Scholar onde foi utilizada a ferramenta Zotero (TRINOSKEY; BRAHMI; GALL, 2009) - Zotero² importa automaticamente as informações de citações de várias fontes, incluindo sites sem assinatura, de periódicos e de banco de dados baseados na Web, como Google Scholar. Na segunda etapa foram excluídos os artigos duplicados. Na terceira etapa utilizando os critérios de inclusão e exclusão foram removidos 840 artigos. Já na quarta etapa após a leitura dos artigos restantes restaram 95 artigos. na quinta e última etapa os artigos foram submetidos a uma análise de qualidade e restaram 5 artigos.

3.2 Trabalhos Selecionados pela Revisão Sistemática de Literatura

A Figura 9 apresenta uma visão geral dos artigos retornados por cada base de indexação durante o processo de revisão sistemática empregado. Destaca-se que o gráfico da Figura corresponde aos artigos obtidos na primeira etapa, antes da avaliação da qualidade.

Figura 9 – Artigos Retornados na Revisão Sistemática de Literatura por Base de Indexação



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 5 apresenta uma visão geral dos artigos, que foram excluídos com base em cada critério de exclusão previamente definido. Conforme pode ser visualizado,

²<https://www.zotero.org/>

o critério que excluiu o maior número de trabalhos foi "Estudos fora do escopo", com 200 artigos eliminados.

Tabela 5 – Totais de Artigos Afetados por Critério de Exclusão

Critério de Exclusão	Artigos
Estudos fora do escopo	929
<i>Short Papers</i>	8
Estudos Secundários ou terciários	8
Estudos duplicados	145
Estudos anteriores a 2018	33

Fonte: Elaborada pelo autor.

Esta seção tem como propósito caracterizar cada um dos cinco trabalhos relacionados, do ponto de vista de sua expectativa de aplicação, bem como das técnicas usadas na sua concepção. A discussão dos trabalhos selecionados, foi realizada na perspectiva de buscar subsídios para responder às questões de pesquisa consideradas para revisão de literatura. Os objetivos dos trabalhos são apresentados na subseção 3.4, junto a uma análise crítica, traçando um paralelo a proposta de concepção da IoT PD-RPM. Foram selecionados 5 artigos na Revisão Sistemática de Literatura. Esses artigos receberam uma leitura completa em seu conteúdo com o objetivo de validar os critérios de inclusão e exclusão definidos neste trabalho. Esses trabalhos serão apresentados a seguir.

- **A1: An Internet of Things Application on Continuous Remote Patient Monitoring and Diagnosis (MIA et al., 2021)**

O objetivo do trabalho é detectar emergências médicas e diagnosticar doenças. Permitindo que pessoas autorizadas recebam notificações em seus telefones móveis e monitorem o estado do paciente por meio de um painel web ou aplicativo para smartphone. Os parâmetros de saúde do paciente armazenados no banco de dados podem ser pesquisados para prever doenças com antecedência.

Este artigo de pesquisa aborda um dispositivo vestível não invasivo que monitora os sinais vitais de um paciente em tempo real, usando a Internet das Coisas (IoT). O dispositivo proposto pode monitorar a temperatura corporal, pressão sanguínea, frequência cardíaca, saturação de oxigênio, nível de glicose no sangue, ECG, detecção de quedas de pacientes e parâmetros de localização. Além disso, ele possui uma unidade de analisador de respiração que mede os compostos orgânicos voláteis totais (COVs), dióxido de carbono, álcool, sulfeto de hidrogênio e nível de amônia na respiração. Utiliza a plataforma Blink Cloud

para armazenar os sinais coletados. Com a finalidade de pesquisa foi utilizado o servidor em nuvem ThinkSpeak. Que possibilita a análise avançada de dados na nuvem utilizando o software Matlab.

O sistema é projetado com um microcontrolador de 8 bits junto com sensores correspondentes. Os dados dos sensores são alimentados em um banco de dados da web usando um protocolo de comunicação WiFi. Além disso, o sistema possui um painel de controle da web e um aplicativo de *smartphone* com Acesso Baseado em Funções (ABF, na sigla em inglês) para monitorar vários pacientes remotamente. A abordagem proposta demonstra um sistema avançado de monitoramento remoto de pacientes e diagnóstico para pacientes com doenças crônicas, especialmente em uma pandemia.

O trabalho conclui que a proposta garante o melhor agendamento dos recursos médicos limitados para atender a mais pacientes. Além disso, cria um banco de dados médico abrangente com base nos dados de saúde do paciente, colocando-os sob vigilância médica ao gerar um índice de saúde pessoal. No futuro, pode se tornar uma nova tendência na arena da pesquisa de monitoramento remoto de pacientes. Ele pode ser integrado com sensores pequenos e mais sensíveis para aumentar a precisão e reduzir o tamanho do dispositivo. Um maior número de dispositivos sincronizados com um banco de dados central pode apoiar serviços de saúde digital em todo o país. Portanto, essa tecnologia impacta a sociedade em termos de desenvolvimento humano sustentável.

- **A2: An IoT-Aware System for Remote Monitoring of Patients with Chronic Heart Failure (SERGI et al., 2023)**

Este trabalho apresenta o projeto SMART CARE, que visa desenvolver um sistema de monitoramento integrado, composto por componentes de hardware e software, que podem tornar as várias fases de gerenciamento de pacientes com insuficiência cardíaca crônica (ICC) (prevenção, diagnóstico, terapia, acompanhamento) mais eficientes. O SMART CARE é um sistema inteligente de monitoramento baseado em tecnologias da IoT tem o potencial de reorganizar a forma como as doenças crônicas são gerenciadas. Pode ser integrado com dispositivos vestíveis/portáteis e outros sensores para rastrear os sinais vitais em tempo real. Essas informações podem ser transmitidas aos prestadores de cuidados de saúde para revisão, permitindo a detecção precoce de quaisquer alterações ou possíveis problemas.

Por meio do uso de novas ferramentas de cálculo de risco baseadas na análise de dados do mundo real por Inteligência Artificial (IA), o projeto espera produzir intervenções terapêuticas direcionadas e precoces que reduzam significativamente as readmissões hospitalares. Uma característica inovadora adicional do

projeto é a capacidade de coletar dados de um nó de borda de baixo custo localizado na residência do paciente. Este nó pode realizar uma avaliação inicial dos dados, detectar desvios do comportamento normal e acionar alertas.

O algoritmo de detecção de anomalias será distribuído entre o nó de borda e a nuvem, e por meio desse processamento, o nó de borda gerará notificações ou sugestões comportamentais em tempo hábil que podem ser enviadas diretamente para o dispositivo móvel do paciente. A mesma plataforma de telemedicina também enviará notificações/alertas para outros interessados, como parentes, cuidadores ou pessoal médico autorizado, para gerar ações específicas para o paciente individual.

Na proposta, os dados podem ter origem em várias fontes. Fontes potenciais incluem sensores físicos ou bioquímicos inteligentes usados pelo paciente, dispositivos vestíveis/portáteis e sensores ambientais. Por outro lado, os dispositivos de borda também podem realizar inteligência de borda, que envolve a execução de algoritmos de IA no próprio dispositivo. Essa abordagem pode reduzir a quantidade de dados transmitidos para a nuvem, pois o dispositivo de borda pode filtrar e analisar dados localmente, enviando apenas informações relevantes para a nuvem.

Uma plataforma em nuvem é responsável por coletar, armazenar e processar dados do paciente. A plataforma utiliza algoritmos de IA/ML para analisar os dados e identificar padrões e anomalias que possam indicar alterações no estado de saúde do paciente, alertando os profissionais de saúde para tomar ações apropriadas.

- **A3: An IoT-Based Duplex Mode Remote Health Monitoring System (POLASI et al., 2023)**

Este estudo demonstra o uso do Monitoramento Remoto de Pacientes (RPM), onde Redes de Sensores Sem Fio (WSNs, na sigla em inglês) são conectadas sem fio usando Redes de Área Corporal (WBAN, na sigla em inglês) para medir parâmetros de saúde significativos, como temperatura do paciente, batimentos cardíacos, frequência cardíaca e níveis de pressão em modo remoto, em qualquer lugar e a qualquer momento.

Além disso, um sensor MEMS conectado a outros sensores serve como um sensor de rastreamento de movimento para monitorar o estado físico do paciente quando ele está sozinho. Em caso de falta de resposta a movimentos físicos, assistência médica imediata é enviada para a localização do paciente usando um módulo GPS. Criando um sistema de monitoramento biomédico autônomo, esses sensores são conectados sem fio a um módulo Wi-Fi e, em seguida, os va-

lores dos sensores são registrados em um servidor médico usando comunicação sem fio na nuvem.

Usando a tecnologia LoRa, que opera sob a plataforma da Internet das Coisas (IoT), promove a funcionalidade de dois modos, descritos como um modo de duplex neste sistema. Os valores são exibidos em um LCD e um alarme sonoro conectado ao modelo atua como um sistema de alerta para o outro lado do sistema de monitoramento. Os profissionais médicos podem visualizar e analisar as condições de seus pacientes, e a telemedicina é fornecida conforme necessário.

Em comparação com trabalhos anteriores, este trabalho não apenas inclui múltiplos sensores, mas também apresenta recursos LoRa. Usando tecnologia de comunicação de longo alcance, ele cobre uma distância de 15 km ou mais. O dispositivo de rastreamento de saúde é muito útil para pacientes em áreas rurais e para pessoas que desejam reduzir as visitas ao hospital.

- **A4: MedPlus - a Cross-Platform Application that Allows Remote Patient Monitoring (GÎȘTESCU et al., 2021)**

Este artigo propõe uma aplicação web destinada a aprimorar a comunicação entre paciente e médico por meio do monitoramento contínuo da saúde do paciente, análise constante de seu estado e relato de informações a um especialista. A solução proposta envolve a leitura de dados em tempo real de um aplicativo Google Fit³ instalado no telefone do paciente, responsável por reunir dados do aplicativo de saúde padrão do telefone ou adicionados por meio de dispositivos e sensores associados, como *smartwatches*, balanças, entre outros.

O MedPlus consiste em uma aplicação web totalmente funcional dividida em *front-end* implementado usando React.js⁴ e o back-end escrito em Node.js⁵. O método proposto para o sistema de monitoramento de pacientes coleta dados de saúde do celular do paciente e os analisa. Em relação à privacidade do usuário, a solução utiliza OAuth⁶, que é um protocolo aberto para permitir autorização segura de maneira simples e padrão em aplicativos web, móveis e *desktop*.

A análise dos dados de saúde é realizada a cada 24 horas em todos os dados de saúde de um paciente coletados durante o dia, a fim de manter o índice de falsos positivos de anomalias relatadas o mais baixo possível. Antes de uma análise manual pelo médico, nossa solução utiliza um serviço de IA que ajuda a antecipar problemas antes que ocorram, chamado *Anomaly Detector da Microsoft*

³<https://developers.google.com/fit/>

⁴<https://react.dev/>

⁵<https://nodejs.org/>

⁶<https://oauth.net/2/>

*Azure*⁷. Sua responsabilidade é garantir a fácil incorporação de capacidades de detecção de anomalias para que pacientes e médicos possam identificar rapidamente problemas. Anomalias em séries temporais podem oferecer informações relevantes para situações críticas, especialmente em domínios médicos.

O *Anomaly Detector* pode identificar se os dados contêm alguma anomalia e fornecer uma janela de tempo em que a anomalia ocorreu, além de uma pontuação indicando a gravidade em comparação com outras na série temporal [29]. Seu processador de detecção de anomalias encontra anomalias para cada série temporal individual, enquanto um processador de alerta inteligente correlaciona as anomalias de diferentes séries temporais e gera um relatório de incidente correspondente.

Com todos os dados coletados e analisados, é construído um perfil para cada paciente. Isso é o que o médico vai avaliar e fornecer informações, como diagnósticos e tratamentos, a fim de melhorar o estado de saúde do paciente.

- **A5: Cloud-Based Remote Patient Monitoring System with Abnormality Detection and Alert Notification (SAHU et al., 2022)**

O artigo descreve um sistema capaz de medir diferentes parâmetros fisiológicos, com precisão e de acordo com os padrões médicos necessários. Este sistema oferece monitoramento contínuo do paciente local e remotamente por meio de um aplicativo móvel, utilizando uma plataforma em nuvem. Além disso, inclui detecção de anormalidades nos dados fisiológicos e notificação de alertas.

É utilizada uma Rede de Sensores Corporais (BSN, na sigla em inglês), que consiste em uma rede de sensores não invasivos usados no corpo, ao redor ou dentro dele, capazes de medir e transmitir fisiologicamente parâmetros com fio ou sem fio.

O Bluetooth de baixa energia (BLE, na sigla em inglês) é utilizado como uma ligação de interface entre a estação base da BSN e um gateway móvel. A interface entre o *gateway* e a nuvem pode ser realizada por Wi-Fi ou *Ethernet*. O *gateway* pode ser um dispositivo Android, como um *smartphone* ou *tablet*. A comunicação UDP ou o protocolo TCP e o *WebSocket* são utilizados para receber os dados no servidor em nuvem. Para o RPMS em tempo real, os parâmetros fisiológicos do paciente são armazenados no Amazon S3 do Amazon Web Service (AWS)⁸. As APIs REST da Amazon estão sendo utilizadas para transmitir os arquivos do cliente Android para o *bucket* S3. Em caso de evento anormal e emergência, o sistema pode gerar uma notificação de alerta para o usuário local

⁷<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/anomaly-detector/>

⁸<https://aws.amazon.com/>

e o supervisor remoto.

A análise de desempenho do sistema de armazenamento em nuvem implementado em termos de taxa de transmissão de dados em tempo real mostra o desempenho satisfatório do sistema. O aplicativo móvel desenvolvido para dispositivos Android funciona adequadamente para visualização, análise e armazenamento de dados local e globalmente. A viabilidade e confiabilidade do sistema proposto foram testadas e validadas satisfatoriamente. O escopo futuro do trabalho inclui análise de dados para prognóstico, diagnóstico e previsão da gravidade do estado de saúde, juntamente com o desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão com base nos dados adquiridos e no histórico médico do paciente.

3.3 Discussão das Questões de Pesquisa Considerando os Trabalhos Seleccionados na RSL

Na presente seção, até o momento além da discussão dos Trabalhos Seleccionados identificados durante a RSL, também foram exploradas a relevância e as implicações decorrentes dessa discussão no respaldo da proposição subjacente a esta Tese.

A seguir, ao aprofundarmos a análise dos Trabalhos Seleccionados, foi realizada uma imersão crítica nas contribuições dos mesmos em relação às questões de pesquisa que guiaram a RSL desenvolvida. Essa abordagem teve por finalidade permitir a contextualização de maneira mais abrangente do panorama existente no campo de estudo desta Tese, revelando lacunas, convergências e possíveis direcionamentos para a concepção da IoT PD-RPM.

RQ1: Como os sinais vitais são coletados - uso de sensores e/ou entrada de dados manual?

Esta funcionalidade torna-se viável devido ao ambiente criado pelos sistemas integrados baseados na IoT. A interoperabilidade facilitada pela IoT possibilita que objetos inteligentes, dotados de conectividade à internet e inseridos em um contexto de sistemas largamente distribuídos, adquiram a capacidade de coletar, armazenar e compartilhar dados de forma eficiente. À luz dessas definições, percebemos que apenas 2 trabalhos apresentam a possibilidade de entrada de dados - sinais vitais - de forma manual e também utilizando sensores.

Na abordagem IoT PD-RPM, foram contempladas ambas as possibilidades, levando em consideração a eventualidade de falhas em um sensor. Dessa forma, o paciente terá a capacidade de enviar os dados à equipe médica mesmo em situações problemáticas, visando, primordialmente, assegurar a tranquilidade do paciente. Essa abordagem busca promover uma aderência mais robusta ao tratamento, proporcio-

nando uma maior confiabilidade no monitoramento e, por conseguinte, promovendo a segurança e satisfação do paciente.

RQ2: Como os dados coletados são armazenados? Qual plataforma é utilizada?

Todos os estudos escolhidos optaram por adotar uma plataforma em nuvem devido às suas características distintivas, tais como elasticidade e alta disponibilidade.

Diversas plataformas foram adotadas nos estudos analisados. O trabalho A1 fez uso da plataforma Blink Cloud⁹, enquanto o trabalho A2, embora tenha optado pela computação em nuvem, não especificou a plataforma utilizada. Por sua vez, o trabalho A3 escolheu integrar-se à plataforma Thingspeak¹⁰, o trabalho A4 alinhou-se com a infraestrutura da Google Fit¹¹. Por fim, o trabalho A5 fundamentou-se na robusta plataforma Amazon Web Services¹². Essa diversidade de escolhas evidencia a variedade de opções disponíveis, cada uma atendendo a necessidades específicas e refletindo as particularidades de cada pesquisa.

Em consonância com essa tendência, a abordagem IoT PD-RPM fundamentou-se na escolha da plataforma em nuvem da Amazon, notoriamente a mais antiga e abrangente em termos de serviços disponíveis. Essa seleção estratégica visa assegurar uma disponibilidade ininterrupta de 24 horas, destacando-se não apenas pela longevidade da plataforma, mas também pela sua completude, que se traduz em uma infraestrutura robusta e confiável para suportar nossas necessidades.

RQ3: Como são considerados os históricos de contextos para prover serviços e/ou informações relevantes para o usuário?

Com exceção do trabalho A3, os demais trabalhos selecionados utilizam, de uma forma ou de outra, históricos de contextos para comparação entre séries históricas de valores sensorizados ou introduzidos manualmente.

Na IoT PD-RPM, os sinais vitais coletados proporcionam ao usuário a prerrogativa de estabelecer históricos de contexto, circunstanciados no tempo. Esses históricos podem ser comparados com um padrão definido pelo próprio usuário, empregando distâncias Euclidianas. Esta técnica, referente ao cálculo de similaridade entre registros temporais, será empregada na abordagem objeto desta Tese.

Essa perspectiva permite uma análise metódica e personalizada dos dados, oferecendo ao usuário a capacidade de contextualizar e avaliar as variações nos sinais vitais em relação a um padrão pré-determinado, enriquecendo assim a utilidade e

⁹<https://blynk.io/>

¹⁰<https://thingspeak.com/>

¹¹<https://developers.google.com/fit>

¹²<https://aws.amazon.com/pt/>

eficácia, por consequência uma maior aderência ao tratamento, visto que a equipe médica poderá considerar as especificidades de cada paciente em DP. Outrossim, considerando interações com a equipe de profissionais de saúde do Centro de Referência em Nefrologia de Pelotas, o emprego de um padrão definido pela equipe de saúde como referência para comparações ao longo do tempo, contribui significativamente para interpretabilidade das indicações feitas pela plataforma computacional.

RQ4: É utilizado um *middleware* na arquitetura da proposta?

A incorporação de um *middleware* em arquiteturas de IoT oferece uma série de vantagens significativas. Em primeiro lugar, o *middleware* atua como uma camada intermediária que facilita a comunicação e a integração eficiente entre os dispositivos IoT heterogêneos, superando desafios relacionados a protocolos divergentes e tecnologias diversas.

Além disso, ao prover funcionalidades como gerenciamento de dados, segurança e coordenação de eventos, o *middleware* simplifica o desenvolvimento e a manutenção de aplicações IoT complexas. Sua capacidade de lidar com a heterogeneidade dos dispositivos e oferecer uma interface consistente para os desenvolvedores promove a interoperabilidade, facilitando a criação de soluções robustas e escaláveis.

Adicionalmente, o uso de um *middleware* contribui para a flexibilidade e adaptabilidade das arquiteturas IoT, permitindo a incorporação de novos dispositivos e serviços de maneira mais ágil. Em resumo, a integração de um *middleware* se revela crucial para otimizar a eficiência operacional, promover a interoperabilidade e simplificar a complexidade inerente às arquiteturas de Internet das Coisas.

Nenhum dos Trabalhos Selecionados utiliza um *middleware* em sua arquitetura. A IoT PD-RPM emprega o *middleware* EXEHDA, que oferece uma robusta infraestrutura de *middleware* simplificando a complexidade inerente à comunicação entre dispositivos IoT. O EXEHDA proporciona uma abordagem eficiente para a interoperabilidade, permitindo que dispositivos heterogêneos troquem informações de maneira coesa e eficaz. Além disso, sua arquitetura flexível e escalável se adapta às demandas dinâmicas dos ambientes IoT, proporcionando um ambiente propício para o desenvolvimento e implementação de soluções inovadoras.

RQ5: Há previsão de emissão de alertas considerando parâmetros pré-definidos e/ou escores médicos?

A emissão de alertas em abordagens IoT na área da saúde desempenha um papel crucial, proporcionando uma comunicação instantânea e assertiva para a equipe médica. Em um contexto em que a tomada de decisões rápidas pode ser determinante, a detecção precoce de eventos críticos, variações nos sinais vitais ou outras condições

anômalas é fundamental.

A emissão de alertas permite que a equipe médica seja notificada imediatamente sobre situações emergenciais, possibilitando uma resposta ágil e personalizada. Essa funcionalidade não apenas agiliza a intervenção médica, mas também contribui para a prevenção de complicações, melhorando a eficácia dos cuidados prestados.

Todos os Trabalhos Seleccionados recorrem aos alertas, considerando que promove uma abordagem proativa, permitindo que a equipe médica antecipe potenciais problemas e intervenha antes que se agravem.

Na IoT PD-RPM o emprego de alertas é fundamental no resultado da aderência do paciente, já que com personalização dos alertas, adaptados às necessidades específicas de cada paciente, torna possível um monitoramento mais preciso e individualizado fazendo com que o paciente receba retorno da equipe médica após cada alerta disparado.

RQ6: Existem cuidados referentes à adequação à LGPD?

A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais é um marco regulatório fundamental para a proteção de dados pessoais em ambientes digitais e físicos. Sua importância se evidencia no crescente volume de informações sensíveis compartilhadas e armazenadas por organizações, especialmente em um contexto global de rápida digitalização. Ao regulamentar o tratamento de dados pessoais, a LGPD estabelece um conjunto de direitos para os titulares de dados e obrigações para as entidades que processam essas informações, promovendo maior transparência, segurança e controle por parte dos cidadãos sobre suas informações pessoais.

Para a Ciência da Computação, a LGPD apresenta desafios e oportunidades relacionados à concepção de sistemas, algoritmos e soluções tecnológicas que atendam aos requisitos de conformidade legal. Além disso, os conceitos de *privacy by design*, incorporados pela LGPD, requerem que desenvolvedores e arquitetos de software considerem a privacidade como um princípio central desde a fase de planejamento e desenvolvimento de aplicações.

O alinhamento entre os requisitos legais e os aspectos técnicos tem impulsionado inovações na área de segurança da informação e proteção de dados, promovendo a adoção de novas práticas e tecnologias voltadas para a preservação da privacidade dos usuários.

Nenhum dos trabalhos seleccionados demonstra preocupação com a adequação às exigências da LGPD, tampouco incorporam em sua concepção os princípios de *privacy by design* preconizados por essa legislação. A abordagem proposta, IoT PD-RPM, destaca-se por incluir um módulo de auditoria de banco de dados que visa assegurar a conformidade do EXEHDA com os requisitos da LGPD.

3.4 Considerações Finais do Capítulo

Este Capítulo apresentou uma Revisão Sistemática da Literatura nos temas de monitoramento remoto de pacientes, monitoramento remoto de pacientes em diálise peritoneal, especialmente utilizando a IoT como meio. Ao final desta revisão, foram selecionados cinco trabalhos, sendo apresentadas suas principais características e as estratégias usadas para o monitoramento remoto de pacientes. Os trabalhos foram analisados comparativamente para possibilitar uma discussão a respeito de suas características e identificar lacunas em suas propostas.

A análise dos cinco artigos decorrentes da revisão sistemática permitiu identificar que apenas 2 artigos selecionados permitem a entrada manual de dados. Todos os artigos utilizam plataformas em nuvem, de diferentes fornecedores. Foi verificado também que apenas um dos artigos selecionados não contempla a Análise de Histórico de Contexto. Por fim, foi observado que nenhum artigo selecionado incorpora um *middleware* em sua concepção, bem como não contempla procedimentos direcionados a adequação de suas propostas às exigências da LGPD.

A partir da discussão feita neste capítulo, foi elaborada Tabela 6, que irá contemplar as Questões de Pesquisa, através de uma análise comparativa entre os trabalhos relacionados, traçando um paralelo ao projeto da IoT PD-RPM.

Tabela 6 – Análise Comparativa Entre os Trabalhos Relacionados e a IoT PD-RPM

	Entrada de Dados	Plataforma	Análise Histórico	Middleware	Alertas Notificações	Diálise Peritoneal	Auditoria Banco de Dados	LGPD Adequação
A0	Manual e Sensor	Nuvem	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
A1	Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
A2	Manual e Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
A3	Sensor	Nuvem	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
A4	Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
A5	Manual e Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não

Fonte: Elaborada pelo autor.

Neste Capítulo, dedicado à análise dos trabalhos relacionados, com ênfase no monitoramento remoto de pacientes, foi observado que eles apresentam similaridades a IoT PD-RPM, mesmo que estejam em diferentes níveis de maturidade tecnológica. No próximo capítulo será apresentada a concepção da IoT PD-RPM, tendo por foco sua arquitetura e as tecnologias selecionadas para sua consecução.

4 IOT PD-RPM: ARQUITETURA PROPOSTA E SUAS FUNCIONALIDADES

Neste capítulo é apresentada a concepção da abordagem IoT PD-RPM, caracterizando sua arquitetura, bem como descrevendo os diferentes módulos que a compõem.

O foco dado para caracterização da abordagem IoT PD-RPM reside nas suas particularidades de composição e sinergia das suas funcionalidades. As decisões referentes à escolha das tecnologias de hardware/software para prototipação da IoT PD-RPM tiveram como critério central o fato destas serem *open-source*, bem como também terem ampla aceitação junto a comunidade técnico-científica.

4.1 Concepção da Arquitetura da IoT PD-RPM

A arquitetura de software concebida para abordagem IoT PD-RPM está apresentada na Figura 10. A especificação da arquitetura da IoT PD-RPM obedeceu o padrão *Technical Architecture Modeling* (TAM) (SAP, 2023). Na continuidade desta seção são tratadas as funcionalidades dos diferentes módulos, sendo discutidos seus perfis operacionais. Diferentes aspectos referentes a concepção da IoT PD-RPM estão disponíveis em um repositório do GitHub¹

4.1.1 Environment Interoperation Block

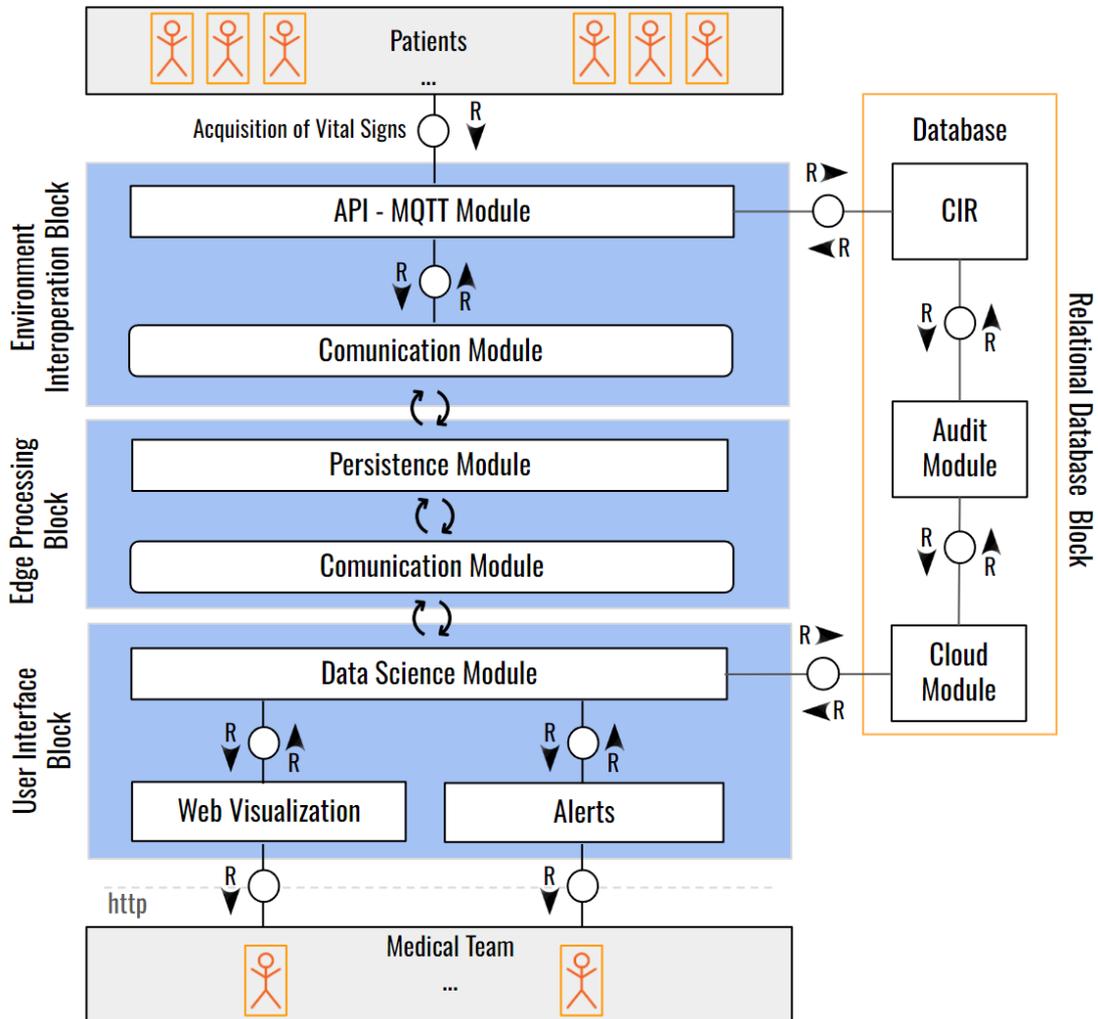
O *Environment Interoperation Block* é constituído pelo Módulo API-MQTT e o pelo *Communication Module*. Este módulo é responsável pela aquisição de sinais vitais e outros parâmetros do paciente em DP domiciliar. Este bloco da IoT PD-RPM opera sobre um *Gateway* do *middleware* EXEHDA.

4.1.1.1 API-MQTT Module

O *API-MQTT Module* contempla uma *RESTful API* que permite a entrada de parâmetros oriundos de uma interface web e/ou aplicativo mobile e de imagens geradas a partir do *System-On-a-Chip* (SOC) ESP32-CAM.

¹<https://github.com/albandes/IoT-PD-RPM>

Figura 10 – Visão Geral da Arquitetura IoT PD-RPM



Fonte: Elaborada pelo autor.

No *API-MQTT Module* também ocorre a assinatura de tópicos de um *broker* MQTT, onde as informações de sensores de sinais vitais são coletadas pelo monitor Life-Touch.10 da empresa Lifemed. Essas informações são geradas por meio das *General Purpose Input/Output* (GPIO) de um SOC ESP32-CAM, possuindo um programa em MicroPython (MICROPYTHON, 2022) que coleta os dados vindos dos sensores e transmite ao *broker* MQTT.

4.1.1.2 *Communication Module*

Este módulo é responsável por realizar a interoperação de dois blocos da arquitetura da IoT PD-RPM. Neste caso, é promovida a comunicação entre os blocos *Environment Interoperation Block* e *Edge Processing Block* onde é responsável por transferir/receber informações e comandos do *Persistence Module*.

4.1.2 Edge Processing Block

Dois módulos formam o *Edge Processing Block*, que é instanciado sobre o Servidor de Borda do EXEHDA.

4.1.2.1 Persistence Module

O *Persistence Module*, tem por objetivo realizar uma persistência temporária, caso a conexão Internet com o *Environment Interoperation BLock* seja perdida. Caso a publicação não possa ser efetuada, o dado contextual é armazenado em banco de dados local, para que a publicação ocorra posteriormente. Em período, que pode ser configurado pelo administrador do *middleware*, é verificada a disponibilidade de conexão, e os dados armazenados localmente serão submetidos ao Servidor de Contexto.

Essa funcionalidade é instanciada sobre o Módulo Persistência Local do Servidor de Borda do EXEHDA.

4.1.2.2 Communication Module

Neste ponto da arquitetura, este módulo é responsável por interoperar com dois blocos da arquitetura da IoT PD-RPM : o *Edge Processing Block* e o *Data Science Module*. As funcionalidades deste módulo são instanciadas no Módulo de Interoperação do Servidor de Borda do EXEHDA.

Desse modo, este Módulo é responsável por realizar as requisições de leitura e atuação junto aos *Gateways* do EXEHDA, que alojam as funcionalidades do *Environment Interoperation Block*. As leituras, particularmente, coletam informações contextuais referentes aos sinais vitais dos pacientes.

Além disso, este módulo também é responsável pela publicação do dado contextual, que compreende os sinais vitais do paciente, no Servidor de Contexto. São utilizados como parâmetros de publicação o *id* do *Gateway*, o *id* do sensor e o valor coletado.

4.1.3 User Interface Block

O *User Interface Block* é constituído pelo *Data Science Module*, *Web Visualization Module* e o *Alerts Module*, operando sobre um Servidor de Contexto do *middleware* EXEHDA. Neste bloco é feito um uso intensivo das Tecnologias Web (vide Seção 5.2).

4.1.3.1 Data Science Module

O processamento de contexto se dá no *Data Science Module*, onde os dados são recebidos e uniformizados segundo o padrão interno da IoT PD-RPM. Após padronizados, estes dados passarão pelo conjunto de regras que irão definir o status de cada sinal vital. Após, é realizado o processamento do *Medical Individual Rules Pattern* (MIRP), que é um conjunto de regras definido pelo médico, individualizado para cada

paciente. Ainda no *Data Science Module* são tratadas as séries históricas de contexto e a interpretação de Contextos com foco na DP. As definições adotadas para o processamento contextual neste módulo foram construídas a partir de discussões com a equipe de profissionais de saúde do Centro de Referência em Nefrologia de Pelotas, os quais priorizaram de modo bastante objetivo uma abordagem que tornasse o procedimento automatizado de ciência de situação o mais interpretável possível pela equipe. Esta preocupação tem sido recorrente na literatura que explora interpretação de dados (LIMA et al., 2022).

Neste módulo são tratadas todas as regras referentes ao disparo de alertas, com base 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 da IoT PD-RPM, pode configurar seus *templates* de regras utilizando suas definições, as regras de padrões estabelecidos ou ainda um conjunto híbrido de regras - tornando flexível a configuração de seus alertas personalizados. A configuração de regras personalizadas possui uma interface intuitiva, conforme ilustra a Figura 11, chamada de Cadastro de Templates, onde o médico define quais sinais vitais irá utilizar, seus valores, operadores relacionais (igual, diferente, maior, menor, maior ou igual, menor ou igual) e os operadores lógicos (and e or) para concatenar os diferentes sinais vitais. Com isto o médico cria um *template* para cada situação de sua especialidade. Este *template* recebe um nome e ficará armazenado para uso posterior em qualquer paciente.

Histórico de Sinais Vitais na IoT PD-RPM

O conceito de histórico de contexto é usado por vários autores (BARBOSA et al., 2018). Em geral, as abordagens têm em comum o fato de lidar com registros de sequências de eventos ordenados cronologicamente e ligados a uma entidade identificável. A diferença é o tipo de informação que é descrito nestas sequências. Alguns desses estudos tratam sequências descrevendo localizações (CLARKE; DRIVER, 2004; LI; EICKHOFF; VRIES, 2012) ou atividades de usuários (CLARKE; DRIVER, 2004; SMITH, 2008), enquanto (SILVA et al., 2010) propõe apoio a entidades genéricas. Essa abordagem genérica corresponde às categorias propostas por (DEY; ABOWD; SALBER, 2001) para descrever o contexto de uma entidade.

Séries temporais são conjuntos de observações ordenadas cronologicamente (FU, 2011). Com base nessa definição, adotamos a premissa de que sequências de contextos visitados por uma entidade (contextos históricos) podem ser descritas como uma série temporal.

Figura 11 – Cadastro dos Templates de Acompanhamento de Pacientes na IoT PD-RPM

IoT PD-RPM: Cadastro de Template

Nome do Template

Sinal Vital

Comparação

Valor

Lógica

Sinal Vital

Comparação

Valor

Alertas
Método de envio

E-mail

Pushover

Telegram

SMS

Fonte: Elaborada pelo autor.

Distância de Edição (CHA, 2007), Distância de Cosseno (CHEN; MA; ZHANG, 2009), Distância de Lp e Distância de Alinhamento de Sequência (SKOPAL; BUSTOS, 2011) são técnicas de última geração para calcular a similaridade ou a distância entre dois objetos. Além disso, a distância Dynamic Time Warp (DTW) (BERNDT; CLIFFORD, 1994) para análise de similaridade entre séries temporais, Maximum Common Grid (ZHANG H HU R, 2012) para calcular a similaridade de trajetórias e HwSimilarity (BOBADILLA et al., 2013) para sistemas de recomendação usando hardware de baixo custo são outras técnicas conhecidas usadas para medir a similaridade de contextos.

A distância de Minkowski pode ser considerada uma generalização da distância Euclidiana e da distância de Manhattan. Manipulando o valor da variável p da fórmula, teremos: (i) quando $p = 1$ o valor da distância de Manhattan, (ii) quando $p = 2$ a distância Euclidiana e (iii) quando $p = 3$ a distância Chebychev. A distância Euclidiana é uma das métricas de distância mais usadas. Como queremos calcular a distância entre dois pontos de dados em um plano, a distância Euclidiana é a mais indicada.

Padrão Estabelecido

Para tratar a tendência da situação do paciente no decorrer do tempo, na IoT PD-RPM foi estabelecida uma norma que servirá para medir a distância da variação do sinal vital no tempo Δ_{overtime} , com a variação estabelecida pelo médico quando da definição do padrão Δ_{standard} .

Considerando a Tabela 7, quando o sinal vital aumentar de valor em relação à medida anterior Δ_{overtime} recebe o valor 1, quando a medida mantiver o mesmo valor da anterior ao Δ_{overtime} é atribuído como 0 e ao diminuir o valor do sinal vital, com relação a medida anterior o Δ_{overtime} valerá -1.

Tabela 7 – Valores Padrão Adotados no Acompanhamento dos Sinais Vitais

Variação do Valor do Sinal Vital	Valor (Δ_{overtime})
Aumentando	1
Estável	0
Diminuindo	-1

Fonte: Elaborada pelo autor.

A interface da IoT PD-RPM, conforme ilustra a Figura 12, permite que o médico realize o cadastro de padrões da variação dos sinais vitais (aumentando, estável ou diminuindo), com o objetivo de ser alertado quando a situação do paciente estiver próxima a este padrão. Considerando que o valor mínimo, quando as séries são iguais, é zero e o máximo, quando as séries tem tendências totalmente opostas, é 4,24, foi adotado, para o envio de alertas de similaridade, sempre que o valor for inferior a 2.

4.1.3.2 Alerts

Na abordagem IoT PD-RPM, o papel dos alertas é preponderante, considerando as características da atividade dos profissionais da saúde quanto à mobilidade e períodos prolongados, na maioria das vezes sem a possibilidade de atender a ligações telefônicas. Alertas serão emitidos à equipe responsável pelo paciente seguindo regras por eles estabelecidas e/ou indicadores, internacionalmente aceitos. A proposta explora 2 serviços de mensagens que utilizam a Internet como meio: *Pushover* e *Telegram*; e um outro, denominado *SMSGateway*, que utiliza o serviço de *Short Message Service* (SMS) da rede GSM (*Global System for Mobile Communications*) de telefonia celular. Esse módulo gerencia os diferentes dados de contato da equipe médica e/ou pacientes e partir das inferências feitas pelo *Data Science Module* envia mensagens para a equipe de saúde, considerando prioridades e tempos de resposta.

Figura 12 – Cadastro de Padrões dos Sinais Vitais na IoT PD-RPM

IoT PD-RPM: Cadastro de Padrões - Histórico

Nome do Template

Intervalo

Sinal Vital

Variação

Sinal Vital

Variação

Alertas E-mail
Método de envio Pushover
 Telegram
 SMS

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.4 Web Visualization Module

O *Web Visualization Module* é responsável por toda interface visual da IoT PD-RPM. Suas funções vão das rotinas de login até as visualizações de *dashboards* de pacientes e telas que mostram dados importantes e pode ser acessada de forma remota.

4.1.5 Relational Database Block

O *Relational Database Block* é composto pelo *Contextual Information Repository* (CIR), pelo *Audit Module* e pelo *Cloud Module*.

4.1.5.1 Contextual Information Repository

É o módulo responsável pela persistência dos dados que são utilizados no Módulo Visualização Web. São armazenados os dados contextuais dos usuários, seus *templates*, imagens, interfaces de visualização e serviço de alertas, bem como os parâmetros de configuração. Estes dados são armazenados o Banco de Dados Rela-

cional MySQL adotado para este trabalho (vide Seção 5.1), o qual é instanciado em uma RDS na AWS.

4.1.5.2 Cloud Conector

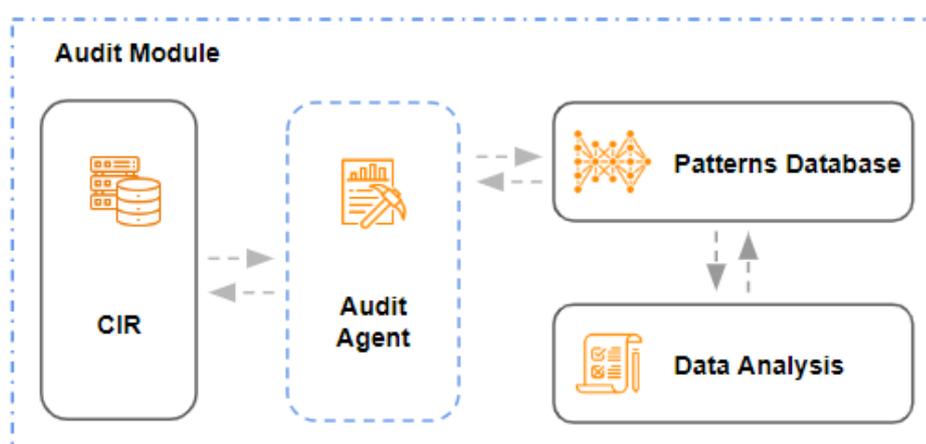
O módulo *Cloud Conector* faz a conexão ao serviço de nuvem da Amazon chamado AWS IOT ². O AWS IOT é uma suíte de serviços em nuvem voltado à aplicações IoT. A IoT PD-RPM publica os dados vindos do *Environment Interoperation Block* na AWS IOT. O componente *Cloud Conector* utiliza vários serviços da AWS para tratar os dados, fazer análises e gerar gráficos para *dashboards* utilizadas para uma melhor visualização por parte do usuário.

4.1.6 Audit Module

A auditoria do CIR do EXEHDA se dá no *Audit Module*. Sua função é manter a integridade do banco de dados da IoT PD-RPM, comparando com padrões previamente estabelecidos baseados em regras de associação. A auditoria realizada neste módulo avança no sentido de tornar a abordagem compatível com a LGPD.

O *Audit Module* foi fracionado em componentes menores, conforme a Figura 13, sendo eles: *Audit Agent*, *Patterns Database* e *Data Analysis*.

Figura 13 – Visão do *Audit Module* da Arquitetura da IoT PD-RPM



Fonte: Elaborada pelo autor.

Audit Agent

Este módulo é central para a finalidade de automatizar a realização de auditorias no banco de dados do *middleware* EXEHDA. Sua concepção foi realizada de forma que

²<https://aws.amazon.com/pt/iot/>

estas auditorias possam acontecer de forma independente de novas funcionalidades (*features*) e/ou manutenções em módulos e aplicações já existentes no ecossistema da IoT PD-RPM, mediante (*triggers*) relacionadas aos métodos de inclusão, alteração e exclusão das tabelas do banco de dados

Este componente é responsável por armazenar todas as transações realizadas tanto pelos usuários quanto pelos sensores da IoT PD-RPM. Esse processo é automatizado por meio de *triggers* implementadas no banco de dados, que registram as transações no formato JSON (ORG, 2022) em uma tabela modelada especificamente para atender às necessidades de auditoria.

Data Analysis

No componente Data Analysis, é utilizada a técnica de mineração de dados baseada na aprendizagem de regras de associação, com o emprego do algoritmo Apriori. Essa abordagem tem como finalidade a extração de regras de associação que revelem padrões recorrentes nos conjuntos de itens provenientes das tabelas de auditoria, alimentadas pelo componente Audit Agent. As regras de associação extraídas permitem identificar relações significativas entre os dados monitorados, facilitando a detecção de comportamentos anômalos ou suspeitos que possam comprometer a segurança. Com base na confiança associada a essas regras, a abordagem é capaz de emitir alertas quando são detectados dados que estejam fora dos padrões previamente estabelecidos, proporcionando uma camada adicional de controle e mitigação de riscos no ambiente da IoT PD-RPM.

Na IoT PD-RPM o Componente Data Analysis visa montar regras de associação entre: (i) Usuários e horários de login; (ii) Senhas erradas e usuários; (iii) Sensores e valores publicados e (iv) Sensores e intervalos de tempo de publicação. As regras geradas com a utilização das Regras de Associação são salvas nas tabelas de *patterns* da IoT PD-RPM com objetivo de estabelecer padrões de comportamento de usuários e de sensores

Patterns Database

As regras de associação geradas pelo Componente Data Analysis, a partir da tabela de auditoria gravada pelo Audit Agent, são armazenadas no Componente Patterns Database. Com isto a IoT PD-RPM mantém uma base de dados com as regras de associação das transações de usuários e sensores. Em intervalos de tempo determinado, via parametrização, estas regras são analisadas e alertas são emitidos, baseados nos valores de confiança de cada regra.

4.2 Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo discutiu a concepção da abordagem IoT PD-RPM, destacando, entre outros aspectos, a sua arquitetura. A apresentação da arquitetura teve como foco a compreensão de como os componentes individuais se integram. Esse detalhamento entre os diferentes módulos concebidos permitiu uma visão do potencial para oferta das diferentes funcionalidades da IoT PD-RPM.

Além disso, foi tratada a interoperação de todos os módulos concebidos, oferecendo uma visão abrangente do potencial da IoT PD-RPM em termos de funcionalidades. A análise dessa interconectividade mostra como os módulos atuam conjuntamente para potencializar as capacidades da IoT PD-RPM em sua totalidade.

5 IOT PD-RPM: TECNOLOGIAS SELECIONADAS

Este capítulo aborda as decisões tomadas em relação à seleção de tecnologias a serem empregadas na IoT PD-RPM. Para fundamentar essas escolhas, foi realizada uma análise criteriosa, considerando as tendências mais recentes observadas na literatura da área. Essa análise permitiu identificar quais tecnologias estão em ascensão e têm maior potencial de aplicação e sucesso no contexto estudado.

Além disso, foi considerada também a revisão dos trabalhos relacionados feita, para melhor entender as soluções tecnológicas mais validadas e aquelas ainda em fase de avaliação, junto as pesquisas na área desta Tese. Essa análise crítica, também contribuiu para a criação de uma base sólida, quando da seleção das tecnologias entendidas como mais adequadas.

5.1 Banco de Dados MySQL

O MySQL¹, tem uma história que remonta ao início dos anos 1990. Foi criado por Michael Widenius, um engenheiro de software finlandês, juntamente com David Axmark e Allan Larsson. O projeto inicialmente visava criar um banco de dados de código aberto que fosse rápido, confiável e acessível. Em 1995, a primeira versão pública do MySQL foi lançada, e o sistema ganhou popularidade rapidamente devido a sua eficiência e custo acessível. Em 2008, a Sun Microsystems adquiriu a MySQL AB, a empresa por trás do MySQL, e posteriormente a Oracle Corporation comprou a Sun Microsystems, tornando o MySQL parte de seu portfólio de produtos. No entanto, a versão do MySQL mantida pela comunidade, conhecida como "*MySQL Community Server*", continuou a ser um projeto de código aberto amplamente utilizado, enquanto a Oracle ofereceu uma versão comercial chamada "*MySQL Enterprise*".

O MySQL suporta a linguagem SQL (*Structured Query Language*) e oferece uma ampla gama de recursos, incluindo suporte para transações ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade), replicação de dados, índices eficientes e segurança robusta. Além disso, possui uma comunidade ativa de desenvolvedores que

¹<https://www.mysql.com/>

continuam a aprimorar e expandir suas funcionalidades.

O MySQL pode ser implantado em diversas plataformas, incluindo sistemas operacionais Windows, Linux e macOS, tornando-o acessível a uma ampla variedade de ambientes de desenvolvimento. Além disso, o MySQL é frequentemente combinado com linguagens de programação populares, como PHP, Python e Java. Sua capacidade de lidar com grandes volumes de dados, juntamente com recursos avançados como replicação *master-slave* e *clusters*, o tornam uma escolha sólida para aplicações que necessitam de alta disponibilidade e desempenho em seus sistemas de banco de dados.

5.1.1 Formato de Dados JSON do MySQL

JSON (*JavaScript Object Notation* - Notação de Objetos JavaScript) é uma formatação simples e intuitiva de troca de dados. Para seres humanos, é fácil de ler e escrever. Para máquinas, é fácil de interpretar e gerar. Está baseado em um subconjunto da linguagem de programação JavaScript. JSON é em formato texto e completamente independente de linguagem de programação, apesar de usar convenções que são familiares às linguagens C e familiares, incluindo C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python e muitas outras (ORG, 2022).

A partir da versão 5.7.8 (MYSQL, 2022), o MySQL suporta nativamente o tipo de dados JSON. Este tipo de campo oferece várias vantagens em relação ao campo do tipo TEX:

- Validação – Os dados são validados automaticamente. Se o JSON for inválido, o registro não será inserido e a operação produzirá um erro.
- Acesso eficiente – O formato de armazenamento é otimizado. Os documentos JSON salvos nas colunas do tipo JSON são, na verdade, convertidos em um formato interno que permite leitura rápida aos elementos do documento. Quando o servidor precisar ler um valor JSON armazenado nesse formato binário, o valor não precisa ser convertido a partir de uma representação em texto.
- Desempenho – É possível melhorar o desempenho da consulta criando índices nas colunas do JSON. Isso é possível através dos índices secundários em colunas virtuais.
- Conveniência – É facilitada a recuperação de valores nas consultas através da função `JSON_EXTRACT` ou com sintaxe oferecida (`coluna->caminho`).

Na IoT PD-RPM, para se obter o efeito desejado na auditoria, é utilizado o tipo de campo JSON do MySQL. Na listagem 5.1 é apresentado o layout do campo JSON utilizado para armazenar todas as movimentações do banco de dados do EXEHDA. Um exemplo da utilização do formato JSON é ilustrado na listagem 5.2

Lista 5.1 – *Layout* do Campo de Auditoria no Banco de Dados da IoT PD-RPM

```

{
  "audit": {
    "id": "column ID",
    "database": "database name",
    "table": "table name",
    "user_app": "EXEHDA's user",
    "dml": {
      "action": "action type, ex. DELETE",
      "timestamp": "date and time",
      "user": "database user",
      "ip": "connection Ip Address"
    },
    "row": {
      "old_row": [{ data before movement }],
      "new_row": [{ data after movement }]
    }
  }
}

```

Lista 5.2 – Exemplo de Coluna de Auditoria

```

{
  "audit": {
    "id": "349d00f7-ac8b-11ed-8a09-12df67a99bbf",
    "database": "exehta",
    "table": "exd_sensor_data",
    "user_app": "simone.silva",
    "dml": {
      "action": "INSERT",
      "timestamp": "2023-02-14 14:15:40",
      "user": "albandes@%",
      "ip": "172.31.73.30"
    },
    "row": {
      "new_row": [
        {
          "sensor_data_id": 62561,
          "sensor_id": 52,
          "collected_date": "2023-02-14 14:15:40",
          "published_date": "2023-02-14 14:15:39",
          "collected_value": 22.562500
        }
      ]
    }
  }
}

```

5.1.2 Objeto *Trigger* (Gatilho) do MySQL

Um Gatilho é um procedimento salvo em um banco de dados invocado automaticamente sempre que ocorre um evento nesse banco, que no caso de desta Tese seria o MySQL. Em geral, essas ações que acionam os Gatilhos são modificações nas tabelas por meio de operações de inserção, exclusão e atualização de dados (*insert*, *delete* e *update*).

Duas classes de Gatilhos em banco de dados podem ser descritas:

- Gatilhos DDL (Data Definition Language): Essa classe de gatilhos é acionada em eventos que alteram a estrutura (como criar, modificar ou soltar uma tabela) ou em determinados eventos relacionados ao servidor, como alterações de segurança ou atualização de eventos estatísticos;
- Gatilhos DML (Data Modification Language): Esta é a classe de gatilhos mais usada. Nesse caso, o evento de disparo é uma declaração de modificação de dados; poderia ser uma instrução de inserção, atualização ou exclusão em uma tabela, ou em uma exibição.

Na IoT PD-RPM são utilizados gatilhos DML visando gerar um histórico (*log*) das alterações sofridas nos dados do banco de dados do EXEHDA. Os Gatilhos DML podem ser executadas ANTES ou DEPOIS das operações de inserção, alteração ou remoção de registros.

Sintaxe do gatilho: A instrução CREATE TRIGGER cria um gatilho, que está associado à tabela do banco de dados. Também inclui cláusulas que especificam o tempo de ação do gatilho, o evento de acionamento e o que fazer quando o gatilho é ativado. Na lista 5.3 é possível visualizar a sintaxe básica de criação de um gatilho em um banco de dados Mysql.

Lista 5.3 – Sintaxe do *Trigger* do Banco de Dados Mysql

```
CREATE
  [DEFINER = user]
  TRIGGER [IF NOT EXISTS] trigger_name
  trigger_time trigger_event
  ON tbl_name FOR EACH ROW
  [trigger_order]
  /* trigger_body */
```

Abaixo são listados os parâmetros que compõem a sintaxe para os Gatilhos.

- *trigger_name*: nome do gatilho, segue as mesmas regras de nomeação dos demais objetos do banco;
- *trigger_time*: quando o gatilho será executado. Os valores válidos são BEFORE (antes) e AFTER (depois).
- *trigger_event*: evento que dispara o gatilho. Os valores possíveis são INSERT, UPDATE e DELETE;
- *tbl_name*: nome da tabela a qual o gatilho está associado;
- *trigger_order*: Ordem de execução do gatilho, valor opcional que estabelece uma ordem de acionamento do gatilho. Se ele será acionado antes (PRECEDES) ou depois (FOLLOWS) de outro gatilho.

5.2 Tecnologias Utilizadas em Ambiente Web

Os métodos pelos quais os computadores se comunicam através do uso de linguagens de marcação e pacotes multimídia são conhecidos como tecnologia da web. A seguir, são listadas as tecnologias utilizadas no *Web Visualization Module* da IoT PD-RPM.

- HTML: O acrônimo HTML² vem do inglês e significa *Hypertext Markup Language* ou em português: Linguagem de Marcação de Hipertexto. É uma linguagem de marcação utilizada na construção de páginas na Web. Documentos HTML podem ser interpretados por navegadores. Criada por Tim Berners-Lee (físico britânico), que também criou outros protocolos associados como o HTTP, a tecnologia é fruto da junção entre os padrões HyTime e SGML.
- PHP: Criado por Rasmus Lerdorf em 1995, PHP³ (um acrônimo recursivo para “PHP: Hypertext Preprocessor”, originalmente Personal Home Page), é uma linguagem de script *open source* de uso geral, muito utilizada e, especialmente adequada para o desenvolvimento web e que pode ser embutida dentro do HTML.
- JavaScript: É uma linguagem de programação interpretada de alto nível, caracterizada também, como dinâmica, fracamente tipada, *prototype-based* e multiparadigma. Idealizada no meio da década de 90, mais precisamente, em 1996, pelo programador Brendan Eich. Ele concebeu a linguagem quando ainda trabalhava na *Netscape Communications Corporation*, foi originalmente utilizada para funcionar no navegador *Netscape Navigator*, seu objetivo era facilitar processos dentro de páginas web, tornando a programação de animações e alertas muito mais simples.
- JQuery: Lançada em 2006, por John Resig, a JQuery⁴ é uma biblioteca leve, rápida e cheia de recursos para Javascript. Ela facilita a manipulação de eventos, animações, elementos HTML e utilização de Ajax (*Asynchronous Javascript and XML*). Basicamente, ela mudou e facilitou a escrita de códigos em Javascript. A biblioteca também oferece a possibilidade de criação de plugins sobre ela. Através da JQuery é possível desenvolver aplicações web de alta complexibilidade.

5.2.1 Interface de Programação de Aplicativos REST

Uma Interface de Programação de Aplicativos, ou o anacrônico API, do inglês *Application Programming Interface* é um código que permite a comunicação entre dois

²<https://www.w3.org>

³<https://www.php.net>

⁴<http://jquery.com/>

programas de software. A API define a maneira correta para um desenvolvedor escrever um programa que solicita serviços de um sistema operacional ou outra aplicação.

Uma API RESTful é um estilo arquitetural para uma API que utiliza requisições HTTP para acessar e utilizar dados. Esses dados podem ser manipulados por operações como GET, PUT, POST e DELETE, referentes à leitura, atualização, criação e exclusão de recursos (SUBRAMANIAN; RAJ, 2019).

A API RESTful, também conhecida como serviço web RESTful ou API REST, baseia-se na Transferência de Estado Representacional, *Representational State Transfer*, em inglês (REST), uma abordagem arquitetural frequentemente utilizada no desenvolvimento de serviços web. A tecnologia REST é geralmente preferida em relação a outras tecnologias semelhantes devido ao uso mais eficiente de largura de banda, tornando-a mais adequada para o uso eficiente da internet.

Uma API RESTful utiliza comandos para obter recursos. O estado de um recurso em qualquer momento é chamado de representação do recurso. Uma API RESTful utiliza as metodologias HTTP existentes definidas pelo protocolo RFC 2616⁵, como:

- GET para recuperar um recurso;
- PUT para alterar o estado ou atualizar um recurso, que pode ser um objeto, arquivo ou bloco;
- POST para criar esse recurso;
- DELETE para removê-lo.

Com o REST, os componentes em rede são um recurso ao qual o usuário solicita acesso, como uma caixa preta cujos detalhes de implementação são desconhecidos. Todas as chamadas são sem estado; nada pode ser retido pelo serviço RESTful entre execuções.

Os formatos de dados suportados pela API REST incluem:

- application/json;
- application/xml;
- application/x-wbe+xml;
- application/x-www-form-urlencoded;
- multipart/form-data

⁵<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2616>

Como as chamadas não têm estado, o REST é útil em aplicativos em nuvem. Os componentes sem estado podem ser reimplantados livremente se algo falhar e podem ser dimensionados para acomodar alterações de carga. Isso ocorre porque qualquer solicitação pode ser direcionada a qualquer instância de um componente; não pode haver nada salvo que precise ser lembrado na próxima transação. Isso torna o REST preferível para uso na web. O modelo RESTful também é útil em serviços em nuvem porque a ligação a um serviço por meio de uma API é uma questão de controlar como o URL é decodificado.

5.3 Protocolo MQTT

O MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) foi criado pelo Dr Andy Stanford-Clark (IBM) e por Arlen Nipper (Eurotech) no final dos anos 90. Sua aplicação original era vincular sensores em pipelines de petróleo a satélites. Como seu nome sugere, ele é um protocolo de mensagem com suporte para a comunicação assíncrona entre as partes.

Um protocolo de sistema de mensagens assíncrono desacopla o emissor e o receptor da mensagem tanto no espaço quanto no tempo e, portanto, é escalável em ambientes de rede que não são confiáveis. Apesar de seu nome, ele não tem nada a ver com filas de mensagens, na verdade, ele usa um modelo de publicação e assinatura (*publish/subscribe*). No final de 2014, ele se tornou, oficialmente, um padrão aberto OASIS (VERSION, 2016), com suporte nas linguagens de programação populares, usando diversas implementações de software livre. Em janeiro de 2016, a *International Organization for Standardization* (ISO) aprovou o MQTT como um ISO *standard* (ISO/IEC 20922) .

O MQTT é um dos protocolos mais utilizados para implementações IoT. Pela utilização de um modelo leve de publicação/assinatura de mensagens, é considerado ideal para a conectividade máquina-máquina (M2M), especialmente, em condições de baixa largura de banda da rede e/ou capacidade de recursos limitada (MISHRA; KERTESZ, 2020).

Os princípios do protocolo MQTT são, de certo modo, semelhantes ao modelo cliente-servidor, uma vez que ele está operando com um único corretor central e vários clientes, conectados a ele. Aqui, toda a interação é realizada através da mensagem de inscrição/publicação. Isso permite manter os publicadores e assinantes (ou seja, clientes) desconhecidos uns dos outros, já que nunca estão conectados diretamente – apenas através do servidor MQTT.

O protocolo MQTT define dois tipos de entidades na rede: um *message broker* e inúmeros clientes. O *broker* é um servidor que recebe todas as mensagens dos clientes e, em seguida, roteia essas mensagens para os clientes de destino. Um

cliente é qualquer coisa que possa interagir com o *broker* e receber mensagens. Um cliente pode ser um sensor de IoT em campo ou um aplicativo que processa dados de IoT (ALSHAMMARI, 2023).

O cliente conecta-se ao *broker*, podendo assinar qualquer “tópico” de mensagem. Essa conexão pode ser uma conexão TCP/IP simples ou uma conexão TLS criptografada para mensagens de natureza sigilosa. O cliente publica as mensagens em um tópico, enviando a mensagem e o tópico ao *broker*. Em seguida, o *broker* encaminha a mensagem a todos os clientes que assinam esse tópico. Como as mensagens do MQTT são organizadas por tópicos, é possibilitado ao desenvolvedor, especificar, que determinados clientes, somente podem interagir com determinadas mensagens. Por exemplo, os sensores publicarão suas leituras no tópico “vitalSigns/temperature” e assinarão o tópico “iot-pd-rpm/configChange”. Os aplicativos de processamento de dados, que salvam os dados do sensor em um banco de dados de *backend*, assinarão o tópico “vitalSigns/temperature”. Um aplicativo de console administrativo poderia receber comandos do administrador do sistema, para ajustar as configurações dos sensores, como a sensibilidade e a frequência de amostragem, e publicar essas mudanças no tópico “iot-pd-rpm/configChange”.

A dissociação entre o publicador e o assinante é uma característica marcante no MQTT. A dissociação possui três dimensões: espaço, tempo e sincronização: Desacoplamento do espaço (*Space decoupling*), Desacoplamento do tempo (*Time decoupling*) e Desacoplamento de sincronização (*Synchronization decoupling*).

- Desacoplamento do espaço: Os *publishers* não precisam conhecer os *subscribers* interessados em seus eventos (endereço ip, porta, etc).
- Desacoplamento do tempo: *Publishers* e *subscribers* não necessitam estar ativos ao mesmo tempo.
- Desacoplamento de sincronização: As operações em ambos não precisam ser interrompidas durante a publicação ou o recebimento.

5.4 Serviços em Nuvem da Amazon Web Services

Nesta seção estão descritas as tecnologias da *Amazon Web Services* (AWS) previstas para replicação do CIR a ser utilizado na IoT PD-RPM e serviços associados. Dentre as várias tecnologias que serão empregadas na IoT PD-RPM, destacam-se as descritas a seguir:

5.4.1 AWS Lambda

O AWS Lambda é uma plataforma *serverless* que permite a execução de código sem a necessidade de provisionamento ou gerenciamento explícito de servidores,

caracterizando-se como uma solução altamente eficiente em termos de escalabilidade e manutenção de infraestrutura. O serviço elimina a complexidade associada ao gerenciamento de servidores físicos ou virtuais, proporcionando uma abstração total do ambiente subjacente. Isso possibilita que os desenvolvedores concentrem seus esforços exclusivamente na implementação lógica das suas aplicações ou serviços de *back-end*, sem a necessidade de se preocupar com a configuração, monitoramento e dimensionamento da infraestrutura.

O Lambda oferece suporte à execução de código em resposta a uma ampla variedade de eventos, podendo ser configurado para processar dados ou tarefas oriundas de outros serviços da AWS, como S3, DynamoDB, ou eventos HTTP via API Gateway. O código carregado na plataforma é automaticamente escalado em resposta à demanda, ajustando-se de forma elástica e eficiente às variações de carga, garantindo, dessa forma, alta disponibilidade e desempenho robusto, sem intervenção manual. A flexibilidade do AWS Lambda permite que o código seja acionado de maneira automatizada por meio de eventos específicos ou invocado diretamente por aplicações móveis ou web, proporcionando uma integração perfeita com o ecossistema da AWS e facilitando o desenvolvimento de arquiteturas complexas e altamente distribuídas.

Essa arquitetura orientada a eventos e a abstração da infraestrutura tornam o AWS Lambda uma solução ideal para a criação de sistemas de *back-end* modernos e altamente responsivos, reduzindo significativamente o tempo e os recursos necessários para o gerenciamento de infraestrutura, ao mesmo tempo que garante conformidade com requisitos de escalabilidade e disponibilidade, características essenciais para aplicações em larga escala⁶.

5.4.2 Amazon Simple Storage Service

O *Amazon Simple Storage Service* (Amazon S3) é um serviço de armazenamento de objetos altamente escalável, que oferece uma combinação robusta de disponibilidade, segurança e desempenho. O S3 foi projetado para armazenar volumes massivos de dados de forma eficiente, atendendo a uma vasta gama de casos de uso, como hospedagem de websites, suporte a aplicativos móveis, backup e restauração de sistemas, arquivamento de dados, execução de aplicações empresariais, dispositivos IoT e análises complexas de *big data*.

O S3 possibilita o armazenamento e a recuperação de qualquer quantidade de dados, a qualquer momento, a partir de qualquer local, sendo uma solução ideal para aplicações distribuídas e em nuvem que demandam alta durabilidade e confiabilidade. O serviço é integrado com outros produtos do ecossistema AWS, facilitando a implementação de arquiteturas escaláveis e seguras, com controle granular de acesso e suporte a políticas de versionamento e replicação de dados.

⁶<https://aws.amazon.com/lambda/>

A arquitetura do Amazon S3 também garante altos níveis de segurança, implementando medidas como criptografia de dados em trânsito e em repouso, além de fornecer integração com serviços como *AWS Identity and Access Management (IAM)* para o gerenciamento de permissões e controle de acesso refinado. A combinação dessas características faz do S3 uma solução eficiente e versátil para diversas indústrias e cenários de uso, como análises em larga escala, armazenamento de arquivos multimídia e *logs*, bem como suporte a infraestruturas modernas que demandam resiliência e flexibilidade no gerenciamento de grandes volumes de dados⁷.

5.4.3 Amazon Relational Database Service

O *Amazon Relational Database Service (Amazon RDS)* simplifica a configuração, operação e escalabilidade de bancos de dados relacionais na nuvem, proporcionando uma solução eficiente e econômica para o gerenciamento de bancos de dados em ambientes distribuídos. O RDS oferece capacidade redimensionável, permitindo que as organizações ajustem seus recursos de acordo com a demanda, enquanto automatiza tarefas administrativas essenciais, como o provisionamento de hardware, a configuração inicial dos bancos de dados, a aplicação de *patches* e a realização de backups regulares.

O serviço está disponível em vários tipos de instâncias otimizadas para diferentes requisitos, como memória, desempenho ou operações de entrada/saída (E/S), garantindo flexibilidade no ajuste das instâncias para atender a necessidades específicas de carga de trabalho. Além disso, o Amazon RDS oferece suporte a seis mecanismos de bancos de dados amplamente utilizados: Amazon Aurora, PostgreSQL, MySQL, MariaDB, Oracle Database e SQL Server, permitindo que as organizações escolham o mecanismo que melhor se adapta às suas necessidades operacionais e de desenvolvimento.

Uma das principais vantagens do Amazon RDS é a automatização de tarefas complexas, como a criação de *backups* automáticos, a aplicação de atualizações de segurança, a detecção de falhas e a recuperação automatizada, o que reduz significativamente a sobrecarga operacional para administradores de banco de dados. O serviço também suporta replicação de dados, possibilitando a criação de réplicas para melhorar a disponibilidade e a resiliência dos dados em ambientes de produção.

Além disso, o RDS é totalmente integrado ao ecossistema da AWS, facilitando a implementação de soluções que aproveitam outras ofertas de serviços na nuvem, como Amazon S3, AWS Lambda e Amazon CloudWatch, para criar arquiteturas escaláveis e resilientes. Com esses recursos, o Amazon RDS se destaca como uma solução ideal para organizações que buscam otimizar a gestão de seus bancos de dados relacionais, com alta confiabilidade, desempenho e segurança, atendendo aos requisitos

⁷<https://aws.amazon.com/s3/>

modernos de aplicações em larga escala⁸.

5.4.4 *Amazon Simple Notification Service*

O *Amazon Simple Notification Service* (SNS) é um serviço de mensagens baseado no padrão de publicação/assinatura (*publish/subscribe*), totalmente gerenciado e projetado para oferecer alta disponibilidade, segurança e durabilidade. O SNS facilita o desacoplamento de microsserviços, sistemas distribuídos e aplicações sem servidor (*serverless*), desempenhando um papel crucial na arquitetura de sistemas escaláveis e altamente resilientes. Sua capacidade de comunicação assíncrona e o envio de mensagens em grande escala tornam o SNS ideal para ambientes distribuídos e aplicações que exigem comunicação eficiente entre componentes independentes.

O Amazon SNS oferece o conceito de tópicos, que possibilita o envio de mensagens do tipo 'muitos para muitos', permitindo a comunicação com vários assinantes simultaneamente, com uma arquitetura baseada em *push* e suporte a alta taxa de transferência de mensagens. Isso possibilita o envio de notificações em tempo real para uma ampla gama de *endpoints* de assinantes, incluindo filas do *Amazon Simple Queue Service* (SQS), funções do AWS Lambda e *webhooks* HTTPS, promovendo processamento paralelo e a rápida propagação de eventos ou atualizações por todo o sistema.

O SNS também suporta diversas estratégias de entrega, incluindo envio de notificações para dispositivos móveis via *push notifications*, SMS, e-mail ou mensagens para outros serviços da AWS, possibilitando sua utilização em uma ampla variedade de casos de uso, como notificações de monitoramento, alertas em tempo real e orquestração de microsserviços. Ao promover o desacoplamento entre produtores e consumidores de mensagens, o Amazon SNS aumenta a flexibilidade e a escalabilidade de arquiteturas distribuídas, ao mesmo tempo que facilita a criação de sistemas resilientes e de alta desempenho.

Além disso, o serviço garante segurança robusta, integrando-se com o IAM para controle granular de permissões, bem como oferecendo criptografia opcional para garantir a confidencialidade dos dados. Com essas características, o Amazon SNS se posiciona como uma solução eficiente e flexível para a construção de sistemas de notificação em grande escala, atendendo aos requisitos de desempenho e disponibilidade de ambientes modernos de computação em nuvem⁹.

5.4.5 *Amazon Simple Email Service*

O *Amazon Simple Email Service* (SES) é um provedor de serviços de e-mail baseado em nuvem que oferece uma solução escalável e flexível para o envio e recebi-

⁸<https://aws.amazon.com/rds/>

⁹<https://aws.amazon.com/sns/>

mento de e-mails em grandes volumes. O Amazon SES pode ser facilmente integrado a qualquer aplicação, permitindo a automação de campanhas de e-mail e notificações transacionais de maneira eficiente. Ele é projetado para atender às necessidades de empresas que requerem alto desempenho no envio de e-mails, oferecendo a possibilidade de uso de endereços IP dedicados, compartilhados ou próprios, conforme a demanda de cada aplicação.

Além de sua flexibilidade na configuração de endereços IP, o Amazon SES oferece relatórios detalhados sobre o desempenho e as métricas dos remetentes, incluindo estatísticas sobre a capacidade de entrega e engajamento dos e-mails enviados. Essas ferramentas de monitoramento permitem aos administradores otimizar continuamente suas campanhas de e-mail e garantir uma alta taxa de entregabilidade. Entre as funcionalidades adicionais, o Amazon SES também oferece suporte a várias estratégias de entrega de e-mails, incluindo *feedback loops* e relatórios de devoluções (*bounces*) e reclamações, que ajudam a manter a reputação do remetente.

Em termos de segurança, o Amazon SES é compatível com todos os mecanismos de autenticação padrão da indústria, como *DomainKeys Identified Mail* (DKIM), *Sender Policy Framework* (SPF) e *Domain-based Message Authentication, Reporting and Conformance* (DMARC). Esses mecanismos garantem que os e-mails enviados são devidamente autenticados, minimizando os riscos associados a *phishing* e *spoofing*, ao mesmo tempo em que aumentam a taxa de aceitação de e-mails pelos provedores de serviço de e-mail de destino. O uso dessas autenticações assegura que as comunicações por e-mail estejam alinhadas com as melhores práticas de segurança e conformidade.

Com sua capacidade de integração com outros serviços da AWS, como *Amazon CloudWatch* para monitoramento de desempenho e *AWS Lambda* para automação de processos baseados em e-mails, o Amazon SES se destaca como uma solução completa e versátil para empresas que necessitam de uma plataforma robusta para comunicação por e-mail. Suas características de segurança, escalabilidade e monitoramento tornam o Amazon SES uma ferramenta indispensável para o envio de e-mails em massa, atendendo aos requisitos de organizações que dependem de comunicação eletrônica de alta confiabilidade¹⁰.

5.5 System on a Chip ESP32-CAM

O ESP32 é um microcontrolador integrado com conectividade Wi-Fi e Bluetooth, amplamente utilizado em projetos de Internet das Coisas (IoT) devido à sua versatilidade e baixo consumo de energia. Desenvolvido pela Espressif Systems¹¹, o ESP32

¹⁰<https://aws.amazon.com/ses/>

¹¹<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

apresenta um processador dual-core, suporte para comunicação por protocolo TCP/IP, além de incluir interfaces para periféricos como UART, SPI e I2C, tornando-o ideal para aplicações em redes de sensores e dispositivos conectados. Sua capacidade de gerenciamento eficiente de energia permite a operação em dispositivos movidos a bateria por longos períodos, um fator essencial em muitas implementações de IoT. Além disso, sua compatibilidade com plataformas de desenvolvimento populares, como o Arduino IDE¹², Espressif IDF¹³ e o MicroPython facilita a prototipagem e o desenvolvimento de soluções robustas.

Figura 14 – *System on a chip* ESP32-CAM



Fonte: (DIETZ et al., 2022)

O ESP32-CAM, vide Figura14, é uma placa de desenvolvimento que integra o módulo ESP32 com uma câmera OV2640 2MP, oferecendo um sistema embarcado de baixo custo e versátil para aplicações que envolvem captura de imagem e transmissão de dados via redes sem fio. A plataforma suporta tarefas de processamento em tempo real e execução de algoritmos de visão computacional diretamente no dispositivo. Sua popularidade em projetos de Internet das Coisas (IoT) decorre da capacidade de ser integrada facilmente em arquiteturas distribuídas, onde a captura e o envio de dados visuais são necessários para monitoramento, controle e automação (KAUR et al., 2021).

5.6 Monitor de Sinais Vitais Lifetouch.10

Considerando a parceria que o grupo LUPS (*Laboratory of Ubiquitous and Parallel Systems*) tem com a empresa Lifemed¹⁴, será empregado como prova de conceito o monitor de sinais vitais modelo Lifetouch.10 desenvolvido pela mesma.

O Lifetouch.10 é pré-configurável em bloco único integrado com até 7 parâmetros simultâneos e visualização de 8 curvas, tela LCD colorida HD de 10.4”, sistema operacional por comandos *touchscreen* e simultaneamente por *encoder* ótico (chave rotativa) para tornar a operação simples, intuitiva, rápida e mais segura durante a

¹²<https://www.arduino.cc/en/software>

¹³<https://idf.espressif.com/>

¹⁴<https://lifemed.com.br/>

utilização. É compacto, leve, formato *slim line*, portátil, alça incorporada para transporte, bateria interna recarregável do tipo lítio-ion, armazena dados de tendência com programação gráfica e tabular até 96 horas, impressora térmica integrada opcional, permite atualizações (*upgrade*) e sistema de alimentação AC *full range* (90-260Vac; 47-67Hz).

Figura 15 – Monitor de Sinais Vitais Lifetouch.10



Fonte: <https://www.lifemed.com.br/produto/lifetouch-10>

O equipamento é produzido pela Lifemed Industrial de Equipamentos e Artigos Médicos e Hospitalares S.A., seguindo as recomendações das normas técnicas da série IEC 60601.

Características:

- até 7 parâmetros simultâneos e visualização de 8 curvas;
- 8 curvas em uma tela de 10,4";
- compacto e leve apenas 4,5kg (incluindo bateria);
- bateria com autonomia de 180 minutos;
- impressora opcional (possibilita a impressão de um mini eletrocardiograma e de qualquer outra curva ou valor numérico);
- 96 horas de tendências gráficas e tabulares;
- conectividades com central de monitorização: com ou sem fio (*wireless*);
- comandos por meio de toque na tela ou botão rotativo.

Equipamento certificado INMETRO em conformidade com as normas técnicas:

- ABNT NBR-IEC 60601-1:1994 + (emenda de 1997);
- ABNT NBR-IEC 60601-1-2/2006;
- ABNT NBR-IEC 60601-2-30/1997;

- ABNT NBR-IEC 60601-2-49/2003;
- ABNT NBR-IEC 60601-2-34 (1997);
- ABNT NBR-IEC 60601-2-25 - 1997/2001;
- ABNT NBR-IEC 60601-2-27 (1997).

5.7 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as principais tecnologias de software e hardware selecionadas, bem como foi introduzido seu significado no âmbito da IoT PD-RPM. Tendo por base as tecnologias adotadas em função da seleção realizadas, o próximo capítulo sistematiza as avaliações realizadas na abordagem IoT PD-RPM, que envolveram testes de Unidade, Integração e de Sistema, seguido da análise do comportamento da IoT PD-RPM ante sinais vitais reais, ante à LGPD, culminando com a aplicação do Método TAM junto à comunidade de saúde envolvida com o trabalho de Tese.

6 IOT PD-RPM: AVALIAÇÃO REALIZADA

Neste capítulo está registrada a avaliação da abordagem IoT PD-RPM no que diz respeito à utilização da arquitetura para o processamento de sinais vitais de pacientes em diálise peritoneal domiciliar. Para assegurar a qualidade e a eficácia da solução proposta, foram realizados Testes de Unidade, Integração e de Sistema. Os Testes de Unidade verificaram individualmente cada componente, os Testes de Integração avaliaram a interação entre os módulos, e os Testes de Sistema testaram a IoT PD-RPM na totalidade, garantindo seu funcionamento correto e a conformidade com os requisitos especificados.

No que diz respeito às questões de segurança, com o objetivo de adequação à LGPD, foram utilizados dados extraídos pelo Audit Agent. A partir da aplicação de técnicas de mineração de dados, especialmente a aprendizagem de regras de associação utilizando o algoritmo Apriori, foram avaliados comportamentos anômalos ou suspeitos dos usuários. Quando identificadas atividades que possam comprometer a segurança, são gerados alertas para o administrador da IoT PD-RPM, permitindo uma resposta proativa a possíveis ameaças.

Para tratar questões referentes à aceitação de uso da tecnologia, foram encontrados na literatura alguns modelos aplicáveis à abordagem IoT PD-RPM, como o *Theory of Reasoned Action* (TRA) e o *Technology Acceptance Model* (TAM). Esses modelos foram utilizados para avaliar a receptividade dos usuários e prever o comportamento de uso da tecnologia, assegurando que a solução não apenas atenda aos requisitos técnicos, mas que também seja bem recebida pelos usuários finais.

6.1 Testes de Unidade, Integração e de Sistema da Arquitetura da IoT PD-RPM

Tendo como premissa os princípios de boas práticas para o desenvolvimento de software discutidos no trabalho de (GHEDIN, 2022), o processo de validação da estrutura de software proposta para a IoT PD-RPM foi conduzido de forma rigorosa e sistemática. Em uma primeira etapa, foram aplicados testes funcionais em três níveis distintos, visando assegurar a conformidade com os requisitos estabelecidos e a eficácia das funcionalidades implementadas. Esses testes funcionais foram cuidadosamente planejados para cobrir uma ampla gama de cenários de uso, garantindo que o software se comporte corretamente em diferentes situações e contextos operacionais.

O primeiro nível de testes envolveu a verificação de cada componente isoladamente, assegurando que cada um deles atendesse aos seus objetivos específicos sem erros ou comportamentos inesperados. No segundo nível, os testes focaram na integração entre os diferentes componentes, verificando se a comunicação e a interação entre eles estavam ocorrendo de forma adequada e eficiente. Por fim, no terceiro nível, foram realizados testes abrangentes do sistema na totalidade, avaliando não apenas a funcionalidade e a interação entre os componentes, mas também a resposta do sistema a condições de carga e a sua capacidade de manter o desempenho em situações de alto uso (BINDU BHARGAVI; SUMA, 2022).

Essa abordagem estruturada de testes funcionais permitiu uma validação consistente da arquitetura de software, destacando pontos de melhoria e garantindo que a solução final estivesse alinhada com os princípios de boas práticas de desenvolvimento e com as expectativas dos usuários finais.

6.1.1 Teste de Unidade

O Teste de Unidade de um software é uma prática fundamental no desenvolvimento, onde unidades individuais de código são testadas isoladamente para garantir que funcionem conforme o esperado. Essas unidades podem ser classes, métodos ou funções, e o teste de unidade verifica se cada uma delas produz os resultados corretos quando submetidas a diferentes condições (BUCHGEHER; KREINER; MOSER, 2020). O principal objetivo desse tipo de teste é identificar e corrigir falhas no código de maneira precoce, ajudando a garantir a qualidade e a robustez da IoT PD-RPM na totalidade (LIMA; SILVA; SANTOS, 2022).

Durante o Teste de Unidade da IoT PD-RPM, foram criados casos de teste específicos para cada unidade de código, cobrindo diferentes cenários e fluxos de execução. Esses casos de teste foram projetados para verificar não apenas o comportamento esperado da unidade, mas também para testar possíveis situações de erro ou exceção (RODRIGUEZ; GONZALEZ, 2023). A automação desse processo é comum, permitindo que os testes sejam executados repetidamente de forma rápida e eficiente sempre que houver alterações no código, garantindo assim a consistência e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Os benefícios do Teste de Unidade incluíram a detecção precoce de erros, a facilitação da manutenção do código, e a melhoria da confiança na qualidade da IoT PD-RPM. Ao testar unidades individuais de código isoladamente, foram identificados e corrigidos problemas antes mesmo de integrar essas unidades ao restante da IoT PD-RPM. Isso contribuiu para um desenvolvimento mais ágil e eficiente, resultando em um software mais confiável (SINGH; SHARMA; KUMAR, 2023).

Além disso, a prática de testes de unidade é expandida para abranger técnicas mais avançadas, como o uso de testes baseados em propriedades, que verificam não apenas resultados específicos, mas também características gerais das unidades de código (KUMAR; BHARDWAJ, 2024). Essa abordagem permite uma verificação mais robusta e abrangente, identificando falhas que poderiam não ser detectadas por testes tradicionais.

Outra tendência emergente é o uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina para aprimorar os testes de unidade. Algoritmos de IA podem analisar padrões de falhas comuns e

gerar casos de teste automaticamente, aumentando significativamente a cobertura e a eficácia dos testes (NGUYEN; PARK; LEE, 2024). Essas inovações estão tornando o processo de teste de unidade mais eficiente e menos dependente de intervenção manual, promovendo um ciclo de desenvolvimento mais rápido e confiável.

6.1.2 Teste de Integração

O Teste de Integração é uma etapa essencial no ciclo de desenvolvimento, onde os diferentes módulos ou componentes são combinados e testados em conjunto. O principal objetivo deste teste é verificar se esses elementos interagem de maneira adequada e se a integração entre eles está funcionando conforme o esperado (SISINNI; SAIFULLAH; HAN, 2021).

Durante o Teste de Integração da IoT PD-RPM, foram identificados e corrigidos problemas de compatibilidade, comunicação e interação entre os diversos módulos. No Teste de Integração da abordagem foram utilizadas técnicas incrementais, onde os módulos foram integrados e testados gradualmente, começando pelos mais básicos e avançando para os mais complexos. Isso permitiu uma detecção precoce de problemas e um tratamento mais sistemático para resolver possíveis conflitos entre os diferentes módulos da abordagem (HERNANDEZ; GONZALES, 2022).

Além disso, o Teste de Integração envolveu a simulação de ambientes reais de operação para garantir que a IoT PD-RPM funcione corretamente em condições diversas e adversas. Os resultados obtidos durante o Teste de Integração foram fundamentais para garantir a estabilidade e a confiabilidade da IoT PD-RPM. Ao identificar e resolver problemas de integração precocemente, essa etapa contribuiu significativamente para reduzir os riscos e os problemas associados a falhas na abordagem, além de assegurar que a IoT PD-RPM atenda aos requisitos e expectativas estabelecidos durante o processo de desenvolvimento (MULLER; FISCHER, 2023).

Uma característica fundamental do Teste de Integração é a sua capacidade de identificar problemas que surgem apenas quando os componentes são combinados. Mesmo que os módulos individuais funcionem corretamente, a interação entre eles pode revelar inconsistências, comportamentos inesperados ou problemas de desempenho que não seriam detectados de outra forma. Isso é particularmente importante em sistemas complexos, onde a interdependência entre módulos é alta e erros de integração podem ter um impacto significativo no funcionamento geral do sistema (LIU; CHEN, 2024).

Além disso, o Teste de Integração contribui para a verificação de requisitos não funcionais, como desempenho, segurança e escalabilidade. Durante este processo, é possível avaliar como os módulos trabalham juntos para atender a esses requisitos e identificar áreas de melhoria. Testes de integração eficazes garantem que o sistema final não só funcione como esperado em termos de funcionalidade, mas também atenda a padrões de qualidade críticos para a satisfação do usuário e a conformidade com normas e regulamentos aplicáveis (WONG; TAN, 2024).

6.1.3 Teste de Sistema

O Teste de Sistema é uma etapa crucial no processo de desenvolvimento, onde a abordagem é avaliada em sua totalidade, verificando-se sua conformidade com os requisitos estabelecidos (ANICHE; DEURSEN, 2022). Durante o Teste de Sistema da IoT PD-RPM, foram realizadas diversas atividades, incluindo a verificação das funcionalidades da abordagem e a validação do comportamento em cenários de uso real. Além disso, o Teste de Sistema teve em vista garantir que a IoT PD-RPM atenda às expectativas dos usuários finais, replicando suas experiências e identificando possíveis falhas ou inconsistências (JOHNSON; PATEL, 2023).

Uma característica importante do Teste de Sistema é a sua condução por pessoas que não estiveram envolvidas diretamente no desenvolvimento do software, garantindo uma perspectiva imparcial e focada no usuário final. Esses testes foram baseados nos requisitos funcionais e não funcionais da IoT PD-RPM, realizados em um ambiente controlado que simula as condições reais de uso (LEE; KIM, 2024). Essa prática é essencial para assegurar que o software não apenas funcione corretamente, mas também proporcione uma experiência de uso satisfatória para o usuário final.

Além de testar as funcionalidades da IoT PD-RPM, o Teste de Sistema também avalia o desempenho e a estabilidade sob diferentes condições de carga. Esta fase é importante para identificar gargalos de desempenho e possíveis problemas de escalabilidade, que podem não ser detectados em testes unitários ou de integração (SMITH; WILLIAMS, 2022). Ao avaliar o comportamento do sistema em situações de alto tráfego ou uso intensivo de recursos, é possível garantir que a IoT PD-RPM se mantenha estável e responsiva, mesmo sob condições adversas.

Outro aspecto crucial do Teste de Sistema é a verificação da segurança e da conformidade da IoT PD-RPM com normas e regulamentações aplicáveis. Durante essa fase, são realizados testes para assegurar que o sistema proteja adequadamente os dados dos usuários e que atende aos requisitos de segurança estabelecidos. Além disso, verifica-se se o software está em conformidade com leis e regulamentações específicas, como as relacionadas à proteção de dados e privacidade (FERNANDEZ; BROWN, 2023).

Por fim, o Teste de Sistema também inclui a validação da documentação associada ao software, como manuais de usuário, guias de instalação e documentação técnica. A precisão e a clareza da documentação são essenciais para garantir que os usuários finais utilizem o sistema eficazmente e que os desenvolvedores futuros possam entender e manter o código. A validação da documentação durante o Teste de Sistema ajuda a identificar inconsistências e a melhorar a qualidade geral da documentação fornecida (TAYLOR; DAVIS, 2024).

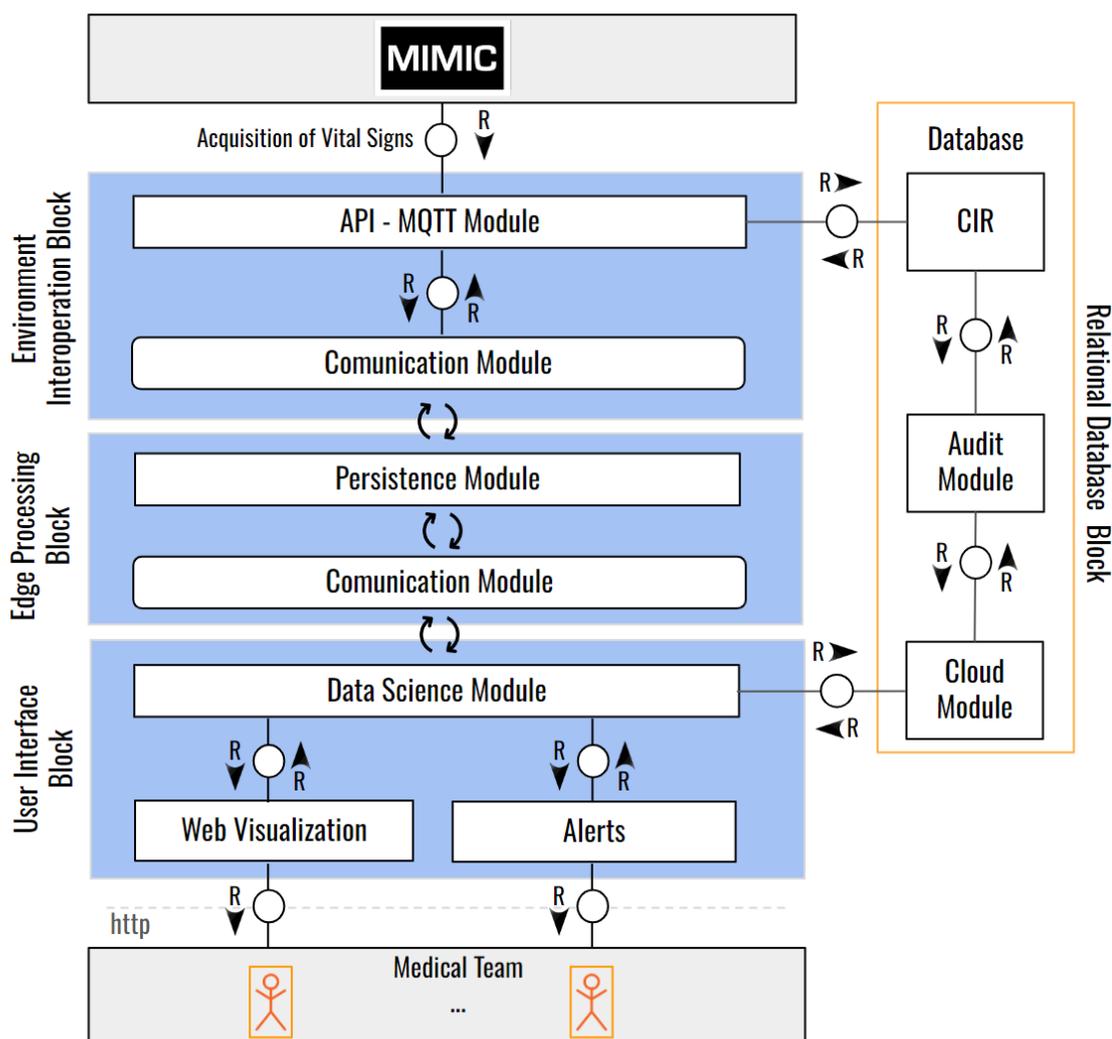
6.2 Arquitetura da IoT PD-RPM ante Sinais Vitais Reais

Esta seção tem por objetivo registrar o comportamento da IoT PD-RPM ante estímulos advindos de sinais vitais coletados de pacientes reais. Esta avaliação envolveu os diferentes Componentes que integram os blocos da arquitetura de software prevista.

Como fonte de sinais vitais para avaliação da IoT PD-RPM está sendo empregada a base

de dados MIMIC-III. A seleção da MIMIC para uso com a IoT PD-RPM tem como critério sua ampla aceitação por parte da comunidade internacional, enquanto fonte de dados para o desenvolvimento de pesquisas científicas envolvendo a área da saúde (vide Figura 17). A versão da MIMIC III, para uso nesta Tese, cuja customização é descrita a seguir, é denominada de MIMIC-IOT-PDRPM.

Figura 16 – Arquitetura da IoT PD-RPM utilizando o MIMIC-IOT-PDRPM



Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2.1 Exploração do MIMIC-III na IoT PD-RPM

O MIMIC-III possui cerca de 43 GB no formato CSV, com isto a manipulação dos arquivos se torna complexa e demorada. A tabela CHARTEVENTS, por exemplo, que contém dados como sinais vitais, medidas laboratoriais, administração de medicamentos, e outras variáveis monitoradas em tempo real, está armazenada em um único arquivo com mais de 34 GB, vide tabela 3. A biblioteca Panda do Python não possui suporte para acessar arquivos deste tamanho. Para enfrentar esse desafio, os dados das tabelas CHARTEVENTS foram extraídos

e organizados em arquivos individuais, um para cada paciente, facilitando assim a análise e interpretação dos dados clínicos. Isto foi realizado através de *scripts* desenvolvidos em Shell Script com o objetivo de extrair os dados dos pacientes através dos comandos AWK e GREP do Linux.

O comando AWK é uma ferramenta de processamento de texto no ambiente Unix/Linux que permite a análise, transformação e manipulação de dados em formato de texto. Com base em padrões definidos pelo usuário e ações associadas, o AWK divide as linhas de entrada em campos, facilitando o acesso e a modificação desses dados. Ele é amplamente utilizado para filtrar, formatar e realizar cálculos em dados tabulares, o que o tornou amplamente empregado para tarefas como análise de *logs*, extração de informações de arquivos de texto e geração de relatórios personalizados. Com seu suporte a expressões regulares, variáveis internas e funções embutidas, o AWK oferece flexibilidade e eficiência no processamento de texto em sistemas *Unix-like*.

O comando GREP no Linux é uma ferramenta de busca de padrões que permite aos usuários encontrar linhas de texto em arquivos ou saída de comandos que correspondam a um padrão específico. Ele é amplamente utilizado para filtrar informações em grandes conjuntos de dados, ajudando os usuários a localizar rapidamente dados relevantes. O GREP pode ser usado com opções para tornar as buscas sensíveis a maiúsculas e minúsculas, excluir linhas que correspondam a um padrão, contar o número de linhas que correspondem a um padrão, entre outras funcionalidades. Além disso, o GREP suporta expressões regulares, permitindo aos usuários criar padrões complexos para buscar texto, tornando-o uma ferramenta versátil para manipular e analisar dados de texto de forma eficaz.

Após os dados dos pacientes serem divididos em vários arquivos pelas ferramentas AWK e GREP, outro software em *PHP* foi desenvolvido para criar um novo banco de dados somente com os paciente selecionados e com as informações de saúde necessárias para a realização da avaliação preliminar da IoT PD-RPM.

É previsto na IoT PD-RPM a coleta dos sinais vitais durante o período da realização da DP, que dura entre 8h e 12h, normalmente no período da noite. A previsão é realizar esta coleta de 15 em 15min. Objetivando trabalhar com parâmetros típicos dos praticados no cenário de um paciente em DP, foram considerados apenas os dados compreendidos entre 22h e 07h. Foram considerados aqueles sinais vitais utilizados nos algoritmos da IoT PD-RPM .

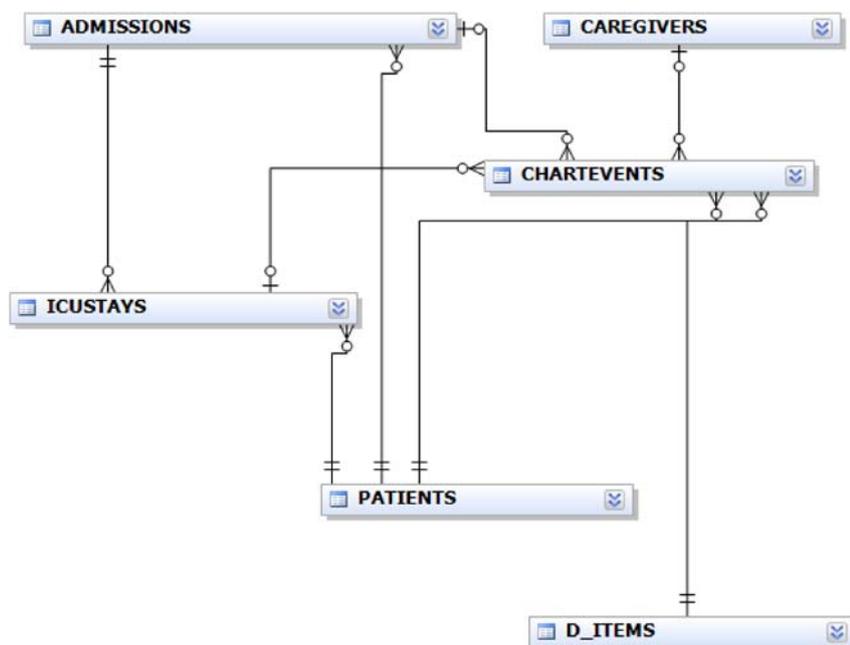
Com o intuito de otimizar o tempo necessário para retirada dos sinais vitais para uso com a IoT PD-RPM, se fez necessária a criação de uma base de dados, intitulada MIMIC-PD-RPM. Nesta base de dados, o nome das tabelas, colunas, chave-estrangeiras e índices foram mantidos, entretanto com um volume de dados bem menor.

Na tabela que contém os sinais vitais (*CHARTEVENTS*), estão disponíveis 5131 medições possíveis por paciente, considerando mantidos apenas os valores de *Temperature*, *SpO2*, *Manual BP [Systolic]*, *Heart Rate* e *Respiratory Rate* - necessárias para os indicadores utilizados, o número total de registros que era de 330.712.483 passou para 43.332.281.

Também foram suprimidas tabelas que não tem relevância para o trabalho desta Tese, ficando o banco MIMIC-PD-RPM com 6 tabelas: *Admissions*, *Caregivers*, *Chartervents*, *Icus*

tays, *Patients* e *D_Items*. Na Figura 17 é mostrado o modelo relacional utilizado, e a Tabela 8 apresenta a descrição das tabelas que compõem a base de dados MIMIC-PD-RPM utilizada na avaliação da arquitetura.

Figura 17 – Modelagem do Banco de Dados Utilizado pela IoT PD-RPM



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 8 – Descrição das Tabelas da Base de Dados MIMIC-III Adaptada à IOT PD-RPM

Tabela	Descrição
Admissions	Contém os dados da admissão
Caregivers	Define o papel do(a) cuidador(a)
Chartervents	Dados dos sinais medidos
Icustays	Dados das unidades de atendimento
Patients	Dados dos pacientes
D_Items	Contém a definição dos sinais medidos

6.3 Arquitetura da IoT PD-RPM ante a LGPD

Esta seção discute o comportamento da IoT PD-RPM, especialmente em seu módulo de Segurança e Auditoria de Banco de Dados, o qual foi concebido com a finalidade de garantir sua conformidade com a LGPD.

Como fonte de dados para a avaliação, estão sendo utilizados os dados extraídos pelo Audit Agent, os quais são minerados das tabelas de auditoria da IoT PD-RPM. Esses dados são fundamentais para a análise, por permitirem identificar padrões e comportamentos relevantes que suportam a segurança e a conformidade com a LGPD.

Através da técnica de mineração de dados de aprendizagem de regras de associação (*association rule learning data mining technique*) empregando o algoritmo Apriori, foram obtidas regras de associação que revelam padrões recorrentes nos conjuntos de itens extraídos das tabelas de auditoria da IoT PD-RPM. Essas regras ajudam a identificar relações significativas entre os dados, possibilitando a detecção de comportamentos anômalos ou suspeitos. Com base nessas regras, o sistema emite alertas de acordo com padrões previamente estabelecidos, facilitando a rápida resposta a eventos que comprometam a segurança e a conformidade do sistema.

6.3.1 Preparação dos dados

Para a avaliação da IoT PD-RPM, é necessário preparar os dados provenientes das tabelas de auditoria para a mineração. Esse preparo envolve organizar e transformar os dados para facilitar a identificação de padrões de comportamento e a detecção de desvios desses padrões. A partir dessa análise, é possível identificar atividades suspeitas ou incomuns, permitindo que o sistema emita alertas quando comportamentos anômalos forem detectados, garantindo assim a segurança e a conformidade.

Formatação dos dados.

Os *timestamps* de data/hora provenientes da tabela de auditoria, exemplificada na lista 5.2, foram convertidos em períodos mais granulares, como horas específicas do dia e dias específicos da semana. Essa conversão permite uma análise mais detalhada dos dados, facilitando a identificação de padrões de uso e comportamentos recorrentes, bem como a detecção de anomalias ou atividades fora do comum em diferentes intervalos de tempo.

Formação de transação.

Após foi realizado o tratamento de cada entrada da tabela de auditoria como uma transação, conforme o *layout* mostrado na lista 6.1, o que permitiu analisar o comportamento da IoT PD-RPM e dos usuários de maneira mais detalhada. Nessa abordagem, cada transação contém itens como IDs de usuário, tabelas acessadas, tipos de operações realizadas (como leitura, escrita, atualização ou exclusão), períodos em que ocorreram e tipo de dia, conforme exemplo na lista 6.2.

Lista 6.1 – *Layout* de uma Transação

```
{ "user", "table", "operation", "period", "day type" }
```

Lista 6.2 – Exemplo de uma Transação

```

{"roger.mendes", "tbPerson", "SELECT", "morning", "weekday"}
{"roger.mendes", "tbPerson", "SELECT", "afternoon", "weekday"}
{"roger.mendes", "tbVitalSign", "SELECT", "afternoon", "weekday"}
{"admin", "tbVitalSign", "INSERT", "afternoon", "weekday"}
{"roger.mendes", "tbTemplate", "SELECT", "afternoon", "weekday"}
{"roger.mendes", "tbVitalSign", "SELECT", "morning", "weekday"}
{"admin", "tbLog", "INSERT", "morning", "weekend"}
{"roger.mendes", "tbTemplate", "SELECT", "afternoon", "weekend"}
{"roger.mendes", "tbVitalSign", "SELECT", "morning", "weekday"}
{"roger.mendes", "tbTemplate", "SELECT", "afternoon", "weekday"}
{"admin", "tbLoginDetail", "UPDATE", "afternoon", "weekday"}

```

6.3.2 Mineração de Conjuntos de Itens Frequentes

Nesta fase, o algoritmo Apriori foi aplicado para identificar conjuntos de itens frequentes nas transações. Esses conjuntos revelam padrões comuns de acesso, como a frequência com que usuários acessam determinadas tabelas em horários específicos.

A seguir é definido o Suporte Mínimo, pois a escolha do suporte mínimo no cálculo do algoritmo Apriori é crucial para balancear a descoberta de padrões relevantes sem gerar um número excessivo de regras associativas, evitando tanto a perda de informações significativas quanto a sobrecarga computacional. Um suporte mínimo muito alto pode ignorar padrões úteis, enquanto um suporte muito baixo pode resultar em uma quantidade excessiva de regras, dificultando a análise e interpretação dos dados (SHEN; WANG; ZHANG, 2022).

Para aplicar o algoritmo Apriori às transações fornecidas, é necessário seguir um processo sistemático para identificar os conjuntos de itens frequentes e as regras de associação correspondentes. Foi utilizado um suporte mínimo de $\frac{3}{8}$ (ou 0,375), o que significa que um item ou conjunto de itens deve aparecer em pelo menos 3 das 8 transações para ser considerado frequente. A seguir, estão listados os procedimentos necessários para a aplicação do algoritmo Apriori.

Passo 1 - Preparação das Transações:

Durante o pleno funcionamento da IoT PD-RPM são analisadas todas as novas transações, porém, nesta avaliação definimos avaliar apenas as transações de um usuário específico, sendo escolhido o usuário roger.mendes. Foi eliminado o item roger.mendes da transação e serão trabalhadas as transações referentes a este usuário. Inicialmente, é analisado o conjunto de transações para identificar todos os itens presentes. As transações fornecidas são as mostradas na lista 6.3.

Lista 6.3 – Lista das Transações para o Usuário roger.mendes

```

{"tbPerson", "SELECT", "morning", "weekday"}
{"tbPerson", "SELECT", "afternoon", "weekday"}
{"tbVitalSign", "SELECT", "afternoon", "weekday"}
{"tbTemplate", "SELECT", "afternoon", "weekday"}
{"tbVitalSign", "SELECT", "morning", "weekday"}
{"tbTemplate", "SELECT", "afternoon", "weekend"}
{"tbVitalSign", "SELECT", "morning", "weekday"}
{"tbTemplate", "SELECT", "afternoon", "weekday"}

```

Passo 2: Identificação de Itens Únicos e Contagem de Frequência (*Itemsets Individuais*)

O primeiro passo do algoritmo Apriori consiste em identificar todos os itens únicos presentes nas transações e contabilizar a frequência de ocorrência de cada um. O suporte é então calculado dividindo o número de transações nas quais o conjunto de itens aparece pelo número total de transações no conjunto de dados. Na etapa de mineração é realizada a análise do suporte, utilizando como exemplo a lista 6.3. Na Tabela 9, são listados os itens únicos juntamente com seus respectivos suportes.

Tabela 9 – Conjunto de Itens Individuais Identificados pelo Algoritmo Apriori

Item	Transações	Suporte
tbPerson	2	2/8
tbVitalSign	3	3/8
tbTemplate	3	3/8
SELECT	8	8/8
morning	3	3/8
afternoon	5	5/8
weekday	7	7/8
weekend	1	1/8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Passo 3: Filtragem de Itens Frequentes com Base no Suporte Mínimo

Com um suporte mínimo estabelecido em 3 transações (37,5%), todos os itens que não atendem a esse critério são eliminados do processo de análise. Apenas os itens que satisfazem o suporte mínimo continuam sendo considerados para as próximas etapas da mineração de dados. No exemplo em questão, os itens que atendem a esse critério estão listados na Tabela 10, evidenciando quais elementos possuem a frequência necessária para serem incluídos nas combinações subsequentes

Tabela 10 – Itens Frequentes Identificados pelo Algoritmo Apriori

Item	Transação
tbVitalSign	3
tbTemplate	3
SELECT	8
morning	3
afternoon	5
weekday	7

Fonte: Elaborada pelo autor.

Passo 4: Geração de Conjuntos de Itens Frequentes (Nível 2 - Pares de Itens)

No segundo nível do processo, os itens frequentes individuais são combinados para formar pares de itens. Em seguida, é realizada a contagem da frequência de cada par, gerando uma lista que mostra quais combinações atendem ao suporte mínimo. Esse procedimento visa identificar relações iniciais entre os itens, que servirão de base para a formação de conjuntos mais complexos nas etapas seguintes. O resultado dessas combinações é apresentado na lista 6.4

Lista 6.4 – Lista das Transações para o Usuário roger.mendes

```

{"tbVitalSign", "SELECT"}: 3
{"tbVitalSign", "morning"}: 2
{"tbVitalSign", "weekday"}: 3
{"tbTemplate", "SELECT"}: 3
{"tbTemplate", "afternoon"}: 3
{"tbTemplate", "weekday"}: 2
{"SELECT", "morning"}: 3
{"SELECT", "afternoon"}: 5
{"SELECT", "weekday"}: 6
{"morning", "weekday"}: 3
{"afternoon", "weekday"}: 4

```

Após filtrar pelos pares que atendem ao suporte mínimo, são obtidos os conjuntos de itens frequentes, conforme a lista 6.5:

Lista 6.5 – Lista dos Pares que Atendem ao Suporte Mínimo

```

{"tbVitalSign", "SELECT"}: 3
{"tbVitalSign", "weekday"}: 3
{"tbTemplate", "SELECT"}: 3
{"tbTemplate", "afternoon"}: 3
{"SELECT", "morning"}: 3
{"SELECT", "afternoon"}: 5
{"SELECT", "weekday"}: 6
{"morning", "weekday"}: 3
{"afternoon", "weekday"}: 4

```

Passo 5: Geração de Conjuntos de Itens Frequentes (Nível 3 - Trincas de Itens):

No terceiro nível do processo, os pares de itens frequentes são combinados para formar trincas de itens (conjuntos de três itens). Em seguida, é realizado o cálculo da frequência de cada trinca para verificar se elas atendem aos critérios de suporte mínimo. Esse procedimento permite identificar padrões mais complexos e aprofundar a análise das relações entre os itens, contribuindo para a extração de regras de associação mais robustas e informativas.

Lista 6.6 – Lista dos Itens Frequentes (k=3) Identificados pelo Algoritmo Apriori

```
{ "tbTemplate", "SELECT", "afternoon" }: 3
{"tbVitalSign", "SELECT", "weekday" }: 3
{"SELECT", "morning", "weekday" }: 3
{"SELECT", "afternoon", "weekday" }: 4
```

Passo 6: Interrupção do Algoritmo

Como não foram identificados conjuntos de itens frequentes com mais de três itens (k=3) que atendam ao suporte mínimo definido, o algoritmo interrompeu sua execução. Esse comportamento ocorre devido à ausência de combinações de itens que satisfaçam os critérios estabelecidos para a frequência mínima, o que significa que, a partir desse ponto, não é possível extrair associações adicionais com relevância estatística. A interrupção do algoritmo nesse estágio é uma medida eficiente para otimizar o processo de mineração de dados, evitando o processamento desnecessário de combinações irrelevantes.

Passo 7: Geração de Regras de Associação

Com os conjuntos de itens frequentes identificados, são geradas as regras de associação. A confiança de uma regra é calculada dividindo-se a frequência do conjunto de itens completo pela frequência do antecedente da regra. A seguir, alguns exemplos de regras de associação geradas:

- Regra 1: Se {"SELECT", "afternoon"}, então {"weekday"}
Confiança: Frequência de {"SELECT", "afternoon", "weekday"} / Frequência de {"SELECT", "afternoon"} = $4/5 = 0,8$ ou 80%
- Regra 2: Se {"tbVitalSign", "SELECT"}, então {"weekday"}
Confiança: Frequência de {"tbVitalSign", "SELECT", "weekday"} / Frequência de {"tbVitalSign", "SELECT"} = $3/3 = 1$ ou 100%

O algoritmo Apriori, utilizado na IoT PD-RPM, através da eliminação iterativa de conjuntos de itens não frequentes e da combinação sucessiva de conjuntos de itens frequentes, permite a identificação de padrões significativos nas transações analisadas. Este procedimento cria as regras de associação que serão usadas para avaliar o comportamento dos usuários, visando emitir alertas quando perceberem desvios nas regras de associação encontradas.

6.3.3 Avaliação da IoT PD-RPM ante a LGPD

Para a avaliação da IoT PD-RPM em relação ao aspecto de segurança e à sua conformidade com a LGPD, foi utilizado o banco de dados do middleware EXEHDA. No Audit Agent da referida abordagem, todas as transações realizadas pelos usuários foram registradas, sendo os gatilhos do banco de dados responsáveis pela tarefa de armazenar esses dados, em formato JSON, na tabela de auditoria correspondente.

As *triggers* de auditoria são geradas a partir de uma interface acessível ao usuário, permitindo a seleção das tabelas que deverão ser auditadas. Por meio dessa interface, são criadas *triggers* que registram as operações de inserção, alteração e exclusão realizadas nas tabelas selecionadas do banco de dados (Lista 6.7). Dessa forma, todas as transações executadas, tanto por usuários quanto por sensores, são armazenadas em uma tabela especialmente modelada para atender aos requisitos de auditoria. Esses dados são utilizados pelo componente de análise de dados (*Data Analysis*) da IoT PD-RPM.

Lista 6.7 – Comando CREATE TRIGGER da tabela de login, criado pela IoT PD-RPM

```

DELIMITER $$
USE 'IOT_PD_RPM' $$
CREATE
  TRIGGER 'tblogindetail_insert_audit' AFTER INSERT ON 'tblogindetail'
  FOR EACH ROW
  BEGIN
    IF NOT EXISTS (SELECT 1 FROM adt_tblogindetail_disabled_triggers WHERE trigger_name = '
      tblogindetail_insert_audit' AND 'status' = 'A') THEN
      SET @table := 'tblogindetail';
      SELECT DATABASE() INTO @db;
      SELECT SUBSTRING_INDEX(USER(), '@', -1) INTO @ip_address;
      INSERT INTO tbaudit (audit)
        VALUES (
          JSON_OBJECT(
            'audit',
            JSON_OBJECT(
              'id', UUID(),
              'database', @db,
              'table', @table,
              'user_app', @user_app,
              'dml', JSON_OBJECT('action', 'INSERT', 'timestamp', NOW(), 'user',
                CURRENT_USER(), 'ip', @ip_address),
              'row', JSON_OBJECT('new_row', JSON_ARRAY(JSON_OBJECT('
                idlogin', NEW.idlogin, 'idperson', NEW.idperson,
                'idtypelogin', NEW.idtypelogin, 'datelogin', NEW.datelogin,
                status', NEW.status)))
            )
          )
        );
    END IF;
  END;
$$
DELIMITER ;

```

Foram analisados 90 dias de operação contínua e estável do middleware EXEHDA, durante os quais todas as transações e eventos foram rigorosamente monitorados. Esse período de

observação resultou no registro de 1.645.323 entradas na tabela de auditoria da IoT PD-RPM, representando a totalidade das atividades dos usuários e a captura precisa de cada interação realizada.

O comando cron é uma ferramenta amplamente utilizada em sistemas operacionais baseados em Unix, como o Linux, para a automação de tarefas agendadas. Ele permite a execução periódica de comandos ou *scripts* em horários predefinidos, sendo configurado através do arquivo "crontab". Cada linha de um arquivo crontab especifica uma tarefa a ser executada e o intervalo de tempo para sua execução, utilizando uma notação baseada em minutos, horas, dias, meses e dias da semana. Essa flexibilidade é essencial para administradores de sistemas, que podem automatizar processos rotineiros, como backups, manutenção de logs e monitoramento de recursos, garantindo uma operação eficiente e minimizando a intervenção manual (BROWN; SMITH, 2020).

Além de sua utilidade para automação, o cron se destaca pela simplicidade e eficiência. Ao contrário de soluções mais complexas para agendamento de tarefas, o cron consome poucos recursos e integra-se perfeitamente ao ambiente Linux. Ele oferece uma maneira robusta de garantir que tarefas críticas sejam executadas de forma confiável, o que é particularmente importante em ambientes de produção. Sua adoção massiva e a extensa documentação existente tornam-no uma ferramenta essencial em sistemas de missão crítica (GARCIA; ZHANG, 2021). O cron continua a evoluir, recebendo melhorias em segurança e desempenho, à medida que os sistemas operacionais também avançam.

No servidor onde a IoT PD-RPM foi implementada, o comando cron foi configurado para executar o *script* rule_learning.sh em dois intervalos distintos: de hora em hora durante o horário de expediente do hospital e a cada 15 minutos fora desse período. A escolha desses intervalos está diretamente relacionada ao consumo de recursos de memória e CPU gerado pelo *script*, considerando custos médios junto a AWS. Considerando a escala da clínica médica em questão e seus cuidados quanto ao nível de segurança, estes valores podem ser ajustados. Esse *script*, localizado no componente *Data Analysis*, realiza a leitura das tabelas de auditoria geradas pelo componente *Audit Agent*. A partir desses dados, técnicas de mineração de dados baseadas em regras de associação, utilizando o algoritmo Apriori, são aplicadas para identificar elementos que indicam a presença de outros elementos em uma mesma transação, permitindo, assim, a descoberta de relacionamentos ou padrões frequentes entre os conjuntos de dados analisados (LEE; MARTINEZ, 2020).

A aplicação da técnica de aprendizagem de regras de associação (JOHNSON; THOMPSON, 2020), baseada no conjunto de itens frequentes identificados, resulta na geração de um número expressivo de regras. No entanto, para os propósitos da avaliação da IoT PD-RPM, foram consideradas exclusivamente as regras que incluem usuários como parte das transações. O objetivo central dessa análise é identificar usuários que acessam o *middleware* EXEHDA em condições que não estão alinhadas com as regras de associação previamente estabelecidas, permitindo, assim, a detecção de possíveis desvios de comportamento no uso do EXEHDA.

A coleta dos dados foi realizada no período compreendido entre 1º de março de 2024 e 31 de maio de 2024, totalizando 92 dias de observação. Desses, 63 dias correspondem a dias

úteis, enquanto 26 dias ocorreram em finais de semana e 4 dias foram caracterizados como feriados. Essa distribuição temporal assegura uma representatividade adequada dos diferentes períodos do calendário, considerando tanto dias de atividades normais quanto momentos decorrentes de feriados e finais de semana.

Para a condução da análise da IoT PD-RPM, procedeu-se, em um primeiro momento, à exclusão das transações não vinculadas aos usuários do *middleware* EXEHDA, conforme registrado na tabela de auditoria. Essa etapa preliminar de filtragem teve como objetivo assegurar a relevância dos dados para o escopo da pesquisa, resultando no conjunto de informações apresentado na Tabela 11. Para preservar a privacidade, todos os nomes dos usuários mencionados no conjunto de dados são fictícios e foram atribuídos exclusivamente para fins de análise.

Tabela 11 – Transações de Acesso por Usuário à IoT PD-RPM

Usuário	Turno	Dias Úteis	Finais de Semana	Transações
admin	Manhã	276	0	276
	Tarde	156	0	156
	Noite	0	0	0
aquiles.pereira	Manhã	736	12	748
	Tarde	568	2	570
	Noite	18	0	18
claudia.vilela	Manhã	489	52	541
	Tarde	572	89	661
	Noite	725	78	803
daniel.nunes	Manhã	60	0	60
	Tarde	8	0	8
	Noite	0	0	0
marcio.patricio	Manhã	147	0	147
	Tarde	698	0	698
	Noite	8	0	8
roger.mendes	Manhã	48	26	74
	Tarde	98	101	199
	Noite	57	2	59

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para a aplicação da técnica de mineração de dados voltada à extração de regras de associação, optou-se por utilizar dados provenientes de um único usuário, empregando o algoritmo Apriori. Embora a escolha por um único usuário possa parecer uma limitação em termos de abrangência dos dados, essa abordagem se mostrou suficiente para demonstrar o potencial da IoT PD-RPM na emissão de alertas. Esses alertas têm como objetivo principal auxiliar na identificação precoce de eventos que possam indicar possíveis vulnerabilidades ou lacunas de

segurança. A utilização do Apriori, nesse contexto, permite identificar padrões ocultos e associações significativas nas transações do usuário, fornecendo uma base sólida para inferências acerca da eficácia da IoT PD-RPM na detecção proativa de ameaças à segurança.

Foi escolhido o usuário `roger.mendes` para esta avaliação da IoT PD-RPM, utilizando seu Audit Module. Os dados da Tabela 11 foram preparados pelo componente Data Analysis que também foi responsável por aplicar a técnica de mineração de dados de aprendizagem de regras de associação, utilizando o algoritmo Apriori, que resultou nas regras de associação geradas a partir de conjuntos de 3 itens, conforme mostra o B o Anexo II.

As regras de associação geradas possibilitaram a inferência de relações entre os eventos monitorados, fornecendo informações valiosas sobre padrões comportamentais que podem sinalizar falhas ou vulnerabilidades de segurança. Como parâmetro para a emissão de alertas ao administrador da IoT PD-RPM, definiu-se que transações com um nível de confiança inferior ou igual a 30% seriam consideradas indicativas de comportamento anômalo em relação ao perfil típico do usuário `roger.mendes`.

Foram emitidos três alertas pelo componente Alerts da IoT PD-RPM, baseados em comportamento do usuário em transações cuja confiança foi inferior a 30%. Esses alertas foram gerados com o intuito de identificar potenciais riscos de segurança e notificar o administrador sobre transações com alta probabilidade de comportamento anômalo ou suspeito. Esse procedimento evidenciou a capacidade da IoT PD-RPM de gerar alertas relevantes para a segurança, antecipando possíveis brechas e auxiliando na implementação de medidas preventivas. Dessa forma, demonstra-se sua potencial conformidade com os requisitos da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

6.4 Aplicação do Método TAM na Arquitetura IoT PD-RPM

Durante os esforços de concepção da arquitetura da IoT PD-RPM foram feitos testes das diferentes funcionalidades previstas, considerando os dados de entrada oriundos do MIMIC-PD-RPM, bem como a interação entre os diferentes módulos.

Vencida esta etapa de validação das diferentes funcionalidades propostas, foi realizado um trabalho de avaliação das funcionalidades da IoT PD-RPM junto ao Centro de Referência em Nefrologia do Hospital Universitário São Francisco de Paula em Pelotas-RS. Nesse trabalho, junto a equipe de profissionais de saúde ligada ao tratamento de pacientes renais crônicos submetidos a DP domiciliar em Pelotas-RS e região, foi realizada uma Avaliação Preliminar da IoT PD-RPM, utilizando o método TAM a partir de uma apresentação das funcionalidades previstas para a IoT PD-RPM. As principais funcionalidades associadas ao acompanhamento do paciente (veja Figura 11 e Figura 12), foram também disponibilizadas aos usuários para manipulação, sob orientação, durante a apresentação das funcionalidades.

Na discussão com profissionais envolvidos no trato com pacientes com insuficiência renal crônica, além de uma revisão das funcionalidades previstas para os diferentes módulos da arquitetura, também se tornou possível a análise e posteriormente a consolidação das tecnologias a serem empregadas na IoT PD-RPM.

Esse trabalho junto a equipe do Centro de Referência e Nefrologia auxiliou também no en-

tendimento dos requisitos funcionais e não funcionais empregados na concepção dos diversos módulos que integram a arquitetura da IoT PD-RPM objeto de estudo e pesquisa desta Tese.

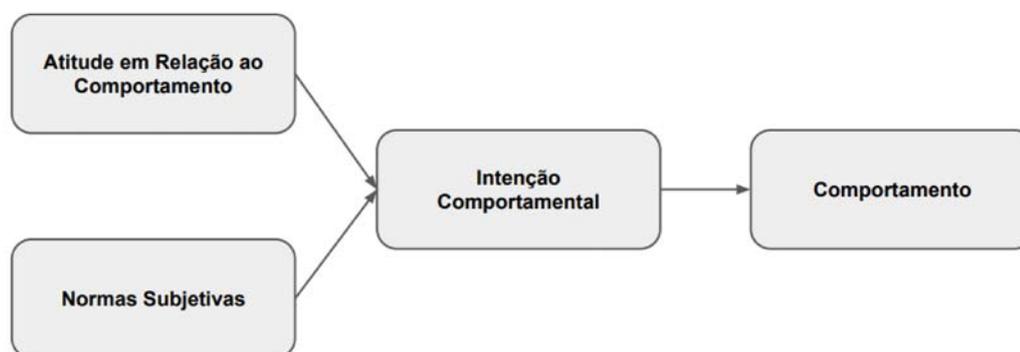
Esta seção apresenta a avaliação de usabilidade das funcionalidades concebidas para a IoT PD-RPM, considerando o emprego da mesma ainda em regime de prototipação, portanto com um auxílio mais presente da equipe de desenvolvimento da IoT PD-RPM.

Como previsto no TAM, a experiência do usuário com a aplicação pode ser avaliada de forma explícita, com o emprego de entrevistas e questionários. Essa estratégia pode inferir diretamente a usabilidade das soluções tecnológicas, indicando a capacidade da arquitetura em atender os requisitos dos usuários, pacientes e equipe médica, bem como pode possibilitar a verificação do correto funcionamento de seus módulos (KNAPPEYER et al., 2013).

6.4.1 Modelos TRA e TAM

Uma relação entre atitudes e comportamentos intencionais foi estabelecida na Teoria da Ação Racional (*Theory of Reasoned Action* - TRA), desenvolvida por Ajzen e Fishbein (AJZEN, 1991). O modelo visa explicar, a partir da psicologia social, que a ação consciente do comportamento — por exemplo, a compra de um produto ou o consumo de um serviço — é uma consequência da intenção de agir ou comportar-se. Já a intenção de comportamento é influenciada pela atitude em relação ao comportamento e por normas subjetivas (Figura 18).

Figura 18 – *Theory of Reasoned Action* (TRA)



Fonte: Adaptada de (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989).

O modelo sugere que o melhor preditor do comportamento é a intenção de agir. Por sua vez, a intenção de agir está relacionada a um tipo de atitude, crença, ou a uma probabilidade subjetiva do indivíduo de que o comportamento pode levar a certos resultados. A atitude de uma pessoa em relação a um objeto está vinculada às crenças de que o objeto possui certos atributos e à forma como esses atributos são avaliados. A intenção também está relacionada às normas subjetivas; no caso, à avaliação direta dos sentimentos de um indivíduo acerca da relevante opinião de outras pessoas ou grupos como a família, amigos, etc. Somente se obtém uma medida quantitativa de crença, quando se pode fazer uma avaliação por meio de uma probabilidade subjetiva. Para (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989), o modelo TRA permite uma abordagem geral de comportamento, não especificando crenças que sejam aplicáveis a

um comportamento em particular.

O Technology Acceptance Model (TAM), uma adaptação do modelo TRA, foi proposto por (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989), sendo , já mencionado anteriormente. Entretanto, de acordo com (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989), por ser tão universal, o TRA foi modificado, especificamente, para criar modelos de aceitação em tecnologia da informação, como no caso específico do TAM. Teve origem em um contrato da International Business Machines (IBM) Canadá com o Massachusetts Institute of Technology (MIT), nos anos 1980, visando avaliar o potencial de mercado para novos produtos da marca e possibilitar uma explicação dos determinantes da utilização de computadores. O modelo TAM tem a vantagem de ser específico para tecnologia da informação e tem uma forte base teórica, além do amplo apoio empírico, como afirma (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989).

O propósito essencial do modelo TAM, especificamente formatado para usuários de sistemas de informação, é prover uma base para mapear o impacto de fatores externos sobre aqueles internos ao indivíduo, como as crenças, atitudes e intenções de uso. Ele foi formulado para medir esses impactos por meio da avaliação de algumas variáveis fundamentais, sugeridas por pesquisas anteriores que tratam da aceitação de computadores de modo cognitivo e afetivo, usando o TRA como suporte teórico para modelar o relacionamento entre essas variáveis do comportamento.

O TAM é uma teoria de sistemas de informação que modela como os usuários aceitam e usam uma tecnologia. 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:

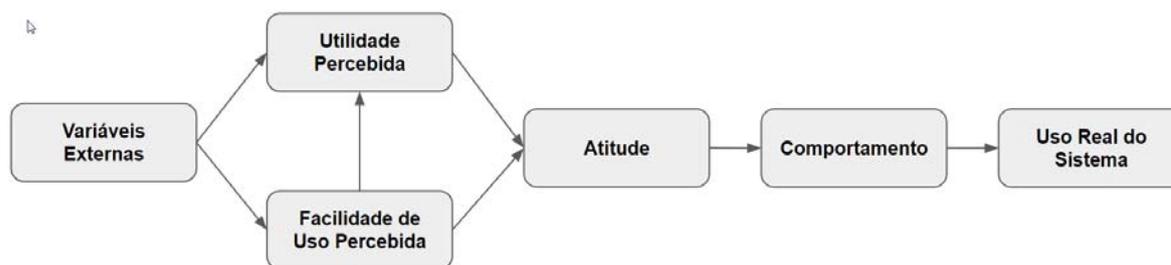
- Utilidade percebida (Perceived Usefulness - PU) - É o grau em que uma pessoa acredita, que usar um determinado sistema, aumentaria seu desempenho no trabalho.
- Facilidade de uso percebida (Perceived Ease of Use - PEOU) - É o grau em que uma pessoa acredita, que usar um determinado sistema, estaria livre de esforço (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989).

A Utilidade Percebida pode ser definida como uma probabilidade subjetiva percebida pelo usuário, de que determinada tecnologia melhora o desempenho em relação ao objeto de uso, geralmente, um sistema de informação (KARAHANNA; STRAUB; CHERVANY, 1999). Moore; Benbasat (1991) definem a utilidade percebida como uma vantagem relativa, ou seja, o grau em que uma inovação tecnológica é percebida como superior em comparação à tecnologia antiga que está sendo substituída.

Já a Facilidade de Uso Percebida se refere às expectativas do indivíduo em termos de esforço físico ou mental, para o uso de determinado sistema ou tecnologia.

A Figura 19 sugere que os indivíduos usarão uma determinada tecnologia se acreditarem que esse uso fornecerá resultados positivos, focalizando-se na facilidade de uso percebida (Perceived Ease of Use) e na utilidade percebida (Perceived Usefulness).

Conforme o modelo, o uso dos sistemas de informação seria determinado pela intenção de uso que o indivíduo apresenta. Essa, por sua vez, seria determinada em conjunto pela atitude

Figura 19 – Visão Geral da *Technology Acceptance Model* (TAM)

Fonte: Adaptada de: (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989)

de uso do indivíduo com relação ao uso real do sistema e pela utilidade percebida, cada uma exercendo um peso relativo. Essa relação entre atitude e intenção sugere que as pessoas formam intenções para desempenhar ações para as quais tenham um sentimento positivo. Já a relação entre utilidade percebida e intenção de uso é baseada no entendimento de que, num contexto organizacional, as pessoas formam intenções com relação a comportamentos que elas acreditam que aumentarão o seu desempenho no trabalho.

6.4.2 Resultados da Aplicação Método TAM na IoT PD-RPM

Dessa forma, foi elaborado um questionário cujas questões estão mostradas na Tabela 12, empregando a escala Likert (LIKERT, 1932): Discordo totalmente; Discordo parcialmente; Indiferente; Concordo parcialmente; e Concordo totalmente.

Por sua vez, para avaliação junto aos profissionais de saúde foi utilizado o Modelo TAM, que 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.

Tabela 12 – Questionário TAM Respondido pelos Médicos

Construto	Afirmativa
Facilidade de uso percebida	1 - Considero os alertas da IoT PD-RPM claros e objetivos.
	2 - A interação com a IoT PD-RPM se mostra facilitada pela estratégia de interfaceamento hierárquico empregada.
	3 - Considero os dados disponibilizados pela IoT PD-RPM oportunos para o acompanhamento de PD.
Utilidade Percebida	4 - A utilização da IoT PD-RPM contribuiu para a realização de diagnósticos dos pacientes no dia-a-dia.
	5- O emprego da IoT PD-RPM aumentou a aderência do paciente ao tratamento remoto da PD.
	6 - A utilização da IoT PD-RPM contribuiu para uma melhoria da qualidade de vida do paciente.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O questionário de avaliação desenvolvido foi aplicado à equipe multidisciplinar (médicos,

enfermeiros, nutricionistas e psicólogos) envolvida no tratamento de pacientes renais crônicos, submetidos à diálise peritoneal domiciliar na cidade de Pelotas-RS. Inicialmente, foi apresentada a eles uma demonstração da IoT PD-RPM. Os alertas foram gerados a partir do MIMIC-PD-RPM, utilizando os parâmetros configurados pela própria equipe. Isso os aproximou do real funcionamento da abordagem proposta. O questionário aplicado é apresentado na Tabela 12.

Segundo (HAIR et al., 2009), confiabilidade é o grau em que um conjunto de indicadores de uma variável latente (construto) é consistente em suas mensurações. Construto é um conceito que pode ser definido em termos teóricos, mas que não pode ser medido diretamente ou medido sem erro, apenas representado ou medido por indicadores. Por exemplo, a atitude de uma pessoa (construto) em relação a um software, jamais poderá ser medida precisamente. Porém, fazendo várias perguntas (indicadores) pode-se avaliar muitos aspectos da atitude dessa pessoa. As respostas a tais questões, de uma forma combinada, fornecem uma medida razoável do construto (no caso, a atitude) para um indivíduo.

É fundamental avaliar se o questionário utilizado na pesquisa consegue inferir ou medir aquilo a que realmente se propõe, justamente, para dar relevância à pesquisa. O Coeficiente Alfa de Cronbach é uma medida bastante utilizada de confiabilidade (avaliação da consistência interna dos questionários) para um conjunto de indicadores de construto (BLAND; ALTMAN, 1997).

O Coeficiente Alfa de Cronbach mede a correlação entre as respostas em um questionário, considerando a análise do perfil das respostas dadas (HORA; MONTEIRO; ARICA, 2010). É calculado a partir do somatório da variância dos itens individuais e da soma da variância de cada avaliador, pela equação:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right] \quad (8)$$

Sendo:

k = número de itens (perguntas) do questionário

V_i = Variância de cada item

V_t = Variação total (soma das variâncias dos respondentes)

Na literatura encontra-se que os valores aceitáveis de alfa, variam de 0,70 a 0,95 (BLAND; ALTMAN, 1997) (DEVELLIS, 2016). Um baixo valor de alfa pode ser devido a um baixo número de perguntas, baixa inter-relação entre itens ou construções heterogêneas. Se alfa for muito alto, pode sugerir que alguns itens sejam redundantes, pois estão testando a mesma pergunta, mas com uma aparência diferente. É recomendado um valor alfa máximo de 0,90 (STREINER, 2003)

6.4.3 Cálculo do Alfa de Cronbach

Nos questionários com Escala Likert, como o utilizado na IoT PD-RPM, os entrevistados especificam seu nível de concordância com uma afirmação proposta em um item do questionário (assertiva atitudinal), mediante um critério que pode ser objetivo ou subjetivo. Assim, se

mede o nível de concordância ou não concordância à afirmação proposta.

Para o cálculo do Alfa de Cronbach, normalmente, os itens do questionário são transformados de uma escala nominal para uma numérica (HORA; MONTEIRO; ARICA, 2010), segundo a tabela 13.

Tabela 13 – Valores Numéricos Adotados para a Tabela Likert

Item	Valor
Discordo totalmente	0
Discordo parcialmente	0,25
Indiferente	0,50
Concordo parcialmente	0,75
Concordo totalmente	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

Considerando as respostas obtidas no questionário e convertendo os itens da Escala Likert para os valores numéricos, sugeridos na tabela 13, foi gerada a tabela mostrada na Figura 20. Foram calculadas as variâncias individuais de cada item, bem como a soma da pontuação de cada item, que será utilizada para o cálculo da variância total.

Figura 20 – Dados Numéricos da Aplicação do Questionário de Avaliação

Respondente	Item						Total
	1	2	3	4	5	6	
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00
2	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	4,50
3	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	4,75
4	0,75	0,50	1,00	0,50	1,00	0,75	3,75
5	1,00	0,50	0,75	0,75	0,75	1,00	3,75
6	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	0,75	5,25
7	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	0,75	4,00
8	1,00	1,00	0,75	0,75	1,00	0,75	5,25
9	0,75	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	5,25
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	5,50
11	0,75	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	5,50
12	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	5,00
13	1,00	0,75	0,75	1,00	0,75	0,50	4,75
14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
15	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,75
16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
Variância	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01	0,04	

Fonte: Elaborada pelo autor

Considerando os dados da Figura 20 foram calculados o somatório das variâncias individuais dos itens ($\sum V_i = 0,166$) e a soma das variâncias dos respondentes ($V_t = 0,517$). Utilizando o número de itens ($k = 6$), os dados foram aplicados na fórmula 8, de onde se obteve o valor do Alfa de Cronbach igual a 0,814.

$$\alpha = \frac{6}{6-1} \left[1 - \frac{0,166}{0,517} \right] = 0,814 \quad (9)$$

Baseado no valor obtido para o Alfa de Cronbach, superior a 0,7, podemos considerar que a avaliação feita pelos profissionais de saúde, seguindo a metodologia da proposta TAM, possui uma considerável confiabilidade, com isso se mostrando um instrumento eficaz ao que se propõe.

Para possibilitar a coleta de sugestões acerca de potenciais melhorias, foi incluída uma pergunta aberta ao final do questionário aplicado aos médicos participantes do TAM para a avaliação da abordagem IoT PD-RPM. A formulação desta pergunta visou incentivar uma reflexão detalhada por parte do médico sobre como a IoT PD-RPM, destinada ao acompanhamento remoto de pacientes em diálise peritoneal domiciliar, poderia ser aprimorada, considerando seus diferentes aspectos operacionais e funcionalidades, para otimizar seu uso na prática clínica diária. Tal formulação teve o objetivo de encorajar os profissionais de saúde a considerar funcionalidades específicas na totalidade, bem como a interface e o comportamento da abordagem, e como esses elementos poderiam ser ajustados para aumentar a utilidade e eficácia da abordagem IoT PD-RPM no contexto de suas atividades de trabalho.

A questão apresentada foi: "Quais alterações você sugeriria para que a IoT PD-RPM atenda melhor às suas necessidades no contexto do trabalho médico com pacientes em diálise peritoneal domiciliar?" Essa estratégia permitiu aos profissionais compartilhar percepções detalhadas e individualizadas sobre a IoT PD-RPM, abordando não apenas funcionalidades específicas, mas também aspectos que afetam diretamente a experiência de uso e a eficiência da IoT PD-RPM no atendimento das demandas médicas. Dessa forma, a questão aberta ofereceu um espaço para os médicos relatarem suas necessidades e expectativas quanto ao uso de tecnologias de monitoramento remoto, com vistas a contribuir para o desenvolvimento contínuo e a melhoria adaptativa da abordagem, orientando-a para uma prática médica mais integrada e eficaz no acompanhamento de pacientes.

Cinco profissionais de saúde, participantes da pesquisa, responderam à pergunta formulada, apresentando sugestões que se mostraram potencialmente valiosas para o aprimoramento e desenvolvimento contínuo do estudo.

Profissional 1: A integração com sistemas hospitalares para atualização automática dos registros médicos ajudaria muito. Com isso, os dados registrados na IoT PD-RPM poderiam ser sincronizados com o prontuário eletrônico do hospital, permitindo que toda a equipe de saúde acompanhe o histórico completo do paciente em tempo real.

Profissional 2: Seria útil se o software incluísse um módulo de análise preditiva, que usasse os dados dos sinais vitais para identificar padrões e prever possíveis complicações. Isso permitiria uma intervenção antecipada antes que o paciente apresentasse sintomas de alguma condição adversa.

Profissional 3: Ter o histórico completo de saúde do paciente acessível diretamente na plataforma, incluindo comorbidades, medicamentos em uso e histórico de tratamentos, ajudaria a interpretar os dados mais rapidamente e a tomar decisões informadas em tempo real.

Profissional 4 Ter um resumo das principais métricas e alertas ao longo do mês, por exemplo, seria prático para revisar o histórico recente do paciente antes de uma consulta, agilizando o atendimento.

Profissional 5: Incluir uma seção para documentação de observações do próprio paciente sobre sintomas ou reações durante o tratamento seria importante. Muitas vezes, os pacientes podem registrar algo relevante que ocorre fora dos horários de monitoramento, e ter essa informação registrada no sistema facilitaria o diagnóstico e acompanhamento.

6.5 Considerações Finais do Capítulo

É oportuno registrar que neste capítulo foram discutidos os testes de software realizados na IoT PD-RPM. Também foi discutido o comportamento da IoT PD-RPM especialmente em seu Audit Model, que foi concebido com a finalidade de garantir a segurança de seus dados e a consequente conformidade com a LGPD. Também foram discutidos os modelos de avaliação TRA e TAM e a aplicação do método TAM para avaliação da abordagem IoT PD-RPM. Ainda, foi conceituado o Coeficiente Alfa de Cronbach - medida utilizada para mensurar a confiabilidade de um conjunto de indicadores de construto.

As regras de associação geradas pelo componente Data Analysis da IoT DB-RPM permitiram inferir relações entre os eventos monitorados, proporcionando informações valiosas sobre padrões de comportamento que indicaram possíveis falhas ou vulnerabilidades de segurança. Essas regras também resultaram na emissão de alertas ao administrador sobre transações com nível de confiança inferior a 30%. Esse procedimento evidenciou a capacidade da IoT PD-RPM de gerar alertas relevantes para a segurança, demonstrando, assim, seu potencial para atender aos requisitos de conformidade estabelecidos pela LGPD.

Os resultados obtidos, quando da discussão das funcionalidades da IoT PD-RPM com os médicos nefrologistas e equipe multi-disciplinar, se mostram bastante promissores quanto a utilidade e facilidade de uso percebidas. Neste sentido, é oportuno reiterar que além dos retornos positivos, a validação do instrumento empregado junto aos médicos, com o emprego do Alfa de Cronbach, atingiu uma pontuação excelente.

A partir deste primeiro retorno com a aplicação do Método TAM, os esforços finais de concepção da IoT PD-RPM serão feitos a partir dos diversos aspectos que puderam ser identificados como significativos quando das entrevistas com os profissionais de saúde. Oportuno destacar que, além do retorno objetivado pelo TAM, diversos aspectos tiveram sua coleta sistematizada, com um registro não estruturado feito durante as interações realizadas. Foram obtidos retornos referentes a diferentes aspectos da IoT PD-RPM, por exemplo, sua interface, a ordem de exibição das informações, registros a serem feitos a partir não somente de dados brutos, mas como também de informações inferidas e/ou introduzidas pela equipe de saúde.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Capítulo é dedicado a registrar as principais conclusões decorrentes da concepção da abordagem IoT PD-RPM, sendo também apresentadas as publicações realizadas ao longo do desenvolvimento desta Tese. Também são caracterizadas alternativas para a continuidade dos trabalhos, tendo por base os esforços de estudo e pesquisa realizados.

7.1 Principais Conclusões

Entende-se que motivação central desta Tese, que é promover a aderência tanto de pacientes como da comunidade médica a DP realizada em regime domiciliar, foi contemplada. Para tanto, uma abordagem com o propósito de oferecer suporte para o monitoramento de pacientes renais crônicos que realizam DP de forma remota, utilizando a Internet das Coisas sob protocolos seguros, à luz da LGPD, tanto para aquisição de informações sobre os pacientes em DP, como para promover a necessária interoperação com a comunidade médica, promovendo a necessária sinergia operacional entre estes dois aspectos.

Neste sentido, a abordagem IoT PD-RPM opera na IoT, se valendo de equipamentos cujas plataformas de hardware e software possa ser customizadas para diferentes demandas, bem como personalizadas para as necessidades de diferentes clínicas e/ou equipes de profissionais de saúde. Os aplicativos utilizados pelos pacientes e/ou profissionais de saúde, neste caso podem ficar responsáveis sobretudo pelos cuidados de interfaceamento com o usuário. Esta customização dos equipamentos utilizados, segue a tendência internacional de uso de middlewares. Os trabalhos de estudo e pesquisa desta Tese exploraram as abstrações do *middleware* EXEHDA.

Neste particular, considerando o que preceitua o *middleware* EXEHDA, a IoT PD-RPM utilizou protocolos padrões da Internet para as comunicações e plataformas *open source* para concepção de sua arquitetura de software. A seleção destes protocolos e das respectivas plataformas de software que os viabilizam, consideraram aspectos como sua adoção tanto a nível nacional como internacional, seu potencial desempenho para promover a interoperabilidade, dentre outros aspectos.

Para sistematizar as contribuições técnico-científicas alcançadas pela abordagem pela proposta, se fez necessário um levantamento do estado da arte com foco em identificar trabalhos cujas as premissas operacionais tivessem relação com aquelas previstas para a IoT PD-RPM.

A RSL trouxe subsídios oportunos para o entendimento do estado da arte no tema da Tese, seja pela revisão detalhada dos artigos selecionados, seja, ainda, por todo o trabalho associado ao tratamento dos diferentes artigos localizados nos indexadores, que contribuiu para uma visão da área de pesquisa. Com essa motivação, cada trabalho foi caracterizado, sendo avaliado do ponto de vista de sua efetiva potencialidade de aplicação e das diferentes técnicas usadas na sua concepção. Após a identificação de um significativo volume de publicações na área, foi feito um processo de filtragem onde foram selecionados cinco trabalhos, em diferentes níveis de maturidade tecnológica, os quais propõem estratégias para monitorar os parâmetros referentes ao monitoramento remoto de pacientes, mesma premissa da IoT PD-RPM.

A IoT PD-RPM contempla todos os aspectos gerais dos trabalhos usados como referência, tendo como principais diferenciais, prover Ciência de Situação para o monitoramento remoto de pacientes renais crônicos em diálise peritoneal domiciliar, com um nível de personalização de tratamento dos sinais vitais individualizados por pacientes. Também não foram encontrados na literatura trabalhos relacionados que tratam a coleta necessária de sinais vitais as quais possam atender as demandas de monitoramento de pacientes em tratamento de diálise peritoneal domiciliar.

Por sua vez, também não foram encontrados trabalhos relacionados ao tema da Tese que tratem da proteção de dados pessoais, que é uma preocupação global, com relação a qual o Brasil possui sua legislação específica (LGPD). Com a devida auditoria na base de dados, é possível adequar a IoT PD-RPM à LGPD e, com isso, atender a uma exigência que vem se consolidando na maioria os países do mundo.

A necessidade de um procedimento de monitoramento remoto de pacientes em um tratamento de amplo espectro, como a DP, foi uma constatação desta tese entendida indispensável, tanto por parte dos pacientes como dos médicos, na perspectiva de viabilizar a realização da DP em regime domiciliar. Este monitoramento produz, de modo inerente, dados sensíveis, cuja manipulação e registro por parte dos profissionais de saúde exige a proteção legal decorrente da adequação a LGPD. Da sinergia do atendimento destes dois aspectos decorre a contribuição central desta tese, em relação ao estado atual das pesquisas na área. A partir destas constatações, acredita-se que a Questão de Pesquisa desta Tese, que é "investigar como potencializar a aderência à diálise peritoneal realizada em ambiente domiciliar, tanto pelos pacientes, como pelos profissionais de saúde", foi contemplada no desenvolvimento dos esforços de estudo e pesquisa realizados.

As potenciais contribuições decorrentes da utilização da IoT PD-RPM no ambiente para o qual foi idealizada, puderam ser confirmadas por meio da experiência dos médico com a avaliação das suas funcionalidades. Esta avaliação foi feita com emprego de entrevistas e questionários utilizando o Modelo TAM, que tem seu uso reconhecido na identificação da facilidade de uso e da utilidade percebida da abordagem IoT PD-RPM. Os resultados se mostraram promissores, tendo atingido um Alfa de Cronbach de 0,814 o que valida a aplicação do TAM, indicando positivamente para a continuidade das pesquisas no tema da abordagem IoT PD-RPM.

7.2 Oportunidades para Continuidade da Pesquisa

À medida que os esforços de estudo e pesquisa relacionados à concepção da IoT PD-RPM avançaram, foi possível identificar um conjunto de oportunidades para expandir e aprofundar o desenvolvimento dessa abordagem. Nesse sentido, foram estabelecidas três frentes prioritárias para a continuidade e ampliação deste trabalho, as quais são detalhadas a seguir:

- Realizar testes e análises sobre a utilização de bancos de dados NoSQL no contexto da abordagem IoT DB-RPM, investigando o desempenho, a escalabilidade e a eficiência de soluções como MongoDB, Amazon DynamoDB, Apache Cassandra, entre outros;
- Analisar a possibilidade de utilizar outros métodos de técnicas de mineração de dados para a aprendizagem de regras de associação, empregando algoritmos como Frequent Pattern Growth, Equivalence Class Transformation e Recursive Association Rule Mining, entre outros;
- Adaptar a IoT PD-RPM para garantir sua compatibilidade com outras legislações de proteção de dados pessoais, como o General Data Protection Regulation (GDPR) e o California Privacy Rights Act (CPRA), de modo a assegurar a conformidade global e facilitar a interoperabilidade entre diferentes regimes regulatórios.

Essas possibilidades de trabalhos futuros refletem a evolução natural da Tese, que, além de atender às necessidades iniciais de monitoramento de pacientes em diálise peritoneal, revelam potencial para serem aplicadas em novos contextos, bem como para a adoção de tecnologias emergentes na perspectiva de otimizar o já concebido. Tais oportunidades também destacam a importância de aprimorar os mecanismos de conformidade com legislações de proteção de dados e explorar novas metodologias analíticas.

A expectativa é que esta abordagem seja explorada no ambiente domiciliar de pacientes reais que realizam diálise peritoneal, sob a supervisão do Prof. Dr. Franklin Corrêa Barcellos. Para tanto este trabalho será integrado aos esforços do *Laboratory of Ubiquitous and Parallel Systems* (LUPS/UFPEL)¹, grupo de pesquisa que emprega a *middleware* EXEHDA e os monitores de sinais vitais da Lifemed² em estudos de caso.

7.3 Publicações Realizadas

A partir dos resultados da pesquisa desenvolvida no doutorado, atingidos em diferentes momentos, foram realizadas publicações com a intenção de obter retornos da comunidade científica atuante na área desta Tese. A seguir estão relacionadas as principais publicações, organizadas na condição de autor ou coautor:

¹<http://lups.inf.ufpel.edu.br/>

²<https://lifemed.com.br/>

Publicações como Primeiro Autor

- **ALBANDES, ROGÉRIO**; SOUZA, A. ; LAMBRECHT, R. ; BARCELLOS, F. ; YAMIN, Adenauer. IoT Peritoneal Dialysis: an approach exploring remote patient monitoring. In: JOURNAL OF THE BRAZILIAN COMPUTER SOCIETY (ONLINE), v. 30, p. 228-237, 2024.
- **ALBANDES, ROGÉRIO**; LAMBRECHT, RODRIGO ; PIEPER, LEANDRO ; BARCELLOS, FRANKLIN ; PERNAS, Ana Marilza ; YAMIN, Adenauer . Abordagem IoT DB-Audit: uma contribuição a adequação do middleware EXEHDA à Lei Geral de Proteção de Dados. In: Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva, 2024, Brasil. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP 2024), 2024. v. 1. p. 51-60.
- **ALBANDES, ROGÉRIO**; SOUZA, A. ; LAMBRECHT, R. ; BARCELLOS, F. ; YAMIN, Adenauer. IoT Diálise Peritoneal: Uma Abordagem Explorando o Monitoramento Remoto de Pacientes. In: SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE (SEMISH), 2022, Niterói. ANAIS DO SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE (SEMISH), 2022.
- **ALBANDES, ROGÉRIO**; SOUZA, A. ; LAMBRECHT, R. ; BARCELLOS, F. ; YAMIN, Adenauer. IoT EWS: Uma Abordagem Explorando Monitoramento Remoto de Pacientes na Internet das Coisas. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE COMPUTACAO UBÍQUA E PERVASIVA (SBCUP), 2022, Niterói. ANAIS DO SIMPOSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERVASIVA (SBCUP), 2022
- **ALBANDES, ROGÉRIO**; ROGER MACHADO ; MATHEUS STIGGER ; FERNANDA MOTA ; ADENAUER YAMIN. Uma Solução de Smart Farm Explorando Ciência de Situação na IoT para Países em Desenvolvimento. In: XV Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, 2021, Online, 2022. v. 1.

Publicações como Coautor

- LAMBRECHT, RODRIGO ; **ALBANDES, ROGÉRIO** ; DILLI, RENATO ; OLIVEIRA, LIZANDRO DE SOUZA ; REISER, RENATA ; YAMIN, Adenauer. Abordagem iCAD: Explorando Inferência Neuro-Fuzzy na Predição da Doença da Artéria Coronária no Cenário da IoT. In: Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva, 2024, Brasil. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP 2024), 2024. v. 1. p. 81-90.
- SOUZA, A. ; FERREIRA, F. N. ; LAMBRECHT, R. ; REICHOW, L. C. ; **ALBANDES, R. C.** ; YAMIN, A. . Mortalidade em Unidades de Terapia Intensiva: Uma Abordagem para Predição Explorando Aprendizado de Máquina. In: Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde, 2022, Teresina - PI. Anais do Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada À Saúde, 2022.

A observação dos canais para publicação disponíveis no tema, aponta que o escopo desta Tese faz parte da atual agenda de pesquisa de importantes grupos internacionais e nacionais da área, com produções técnico-científicas presentes tanto em eventos, como em periódicos, que fazem parte do estrato qualificado da CAPES (A1-A4) e/ou com elevados escores em outros indexadores internacionais (*h-index*, por exemplo).

REFERÊNCIAS

ABDUL, H.; KIM, J.; KANG, H. Recursive Association Rule Mining for Big Data Analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIG DATA (BIGDATA), 2021., 2021, Piscataway, NJ, USA. **Anais...** IEEE, 2021. p.123–130.

ADAMS, M. J.; TENNEY, Y. J.; PEW, R. W. Situation awareness and the cognitive management of complex systems. In: **Situational Awareness**. Oxfordshire, England, UK: Routledge, 2017. p.43–62.

AGRAWAL, R.; SRIKANT, R. et al. Fast algorithms for mining association rules. In: VLDB, 20., 1994, San Francisco, CA, USA. **Proceedings...** Very Large Data Bases: VLDB, 1994. v.1215, p.487–499.

AJZEN, I. **The Theory of Planned Behavior. Organizational Behavior and Decision Processes. University of Massachusetts at Amherst**. Cambridge, Massachusetts, EUA: Academic Press. Inc, 1991.

ALEGRE, U.; AUGUSTO, J. C.; CLARK, T. Engineering Context-aware Systems and Applications. **J. Syst. Softw.**, New York, NY, USA, v.117, n.C, p.55–83, July 2016.

ALEGRE, U.; AUGUSTO, J. C.; CLARK, T. Engineering context-aware systems and applications: A survey. **The Journal of Systems and Software**, Amsterdam, Netherlands, v.117, p.55–83, 2016.

ALMEIDA, R. B. et al. A distributed event-driven architectural model based on situational awareness applied on internet of things. **Information and software technology**, Amsterdam. Netherlands, v.111, p.144–158, 2019.

ALRUWAILI, A. H. Security in database systems. **Global Journal of Computer Science and Technology**, Framingham, MA, USA, v.12, n.17, p.9–13, 2012.

ALSHAMMARI, H. H. The internet of things healthcare monitoring system based on MQTT protocol. **Alexandria Engineering Journal**, Amsterdam, Netherlands, v.69, p.275–287, 2023.

ANICHE, M.; DEURSEN, A. van. Effective System Testing Strategies for Modern Software. **IEEE Software**, Piscataway, NJ, USA, v.39, n.3, p.58–66, 2022.

ANWAR, M. R.; PANJAITAN, R.; SUPRIATI, R. Implementation Of Database Auditing By Synchronization DBMS. **International Journal of Cyber and IT Service Management**, Banten, Indonesia, v.1, n.2, p.197–205, 2021.

AUGUSTIN, I.; YAMIN, A.; GEYER, C. F. R. Managing the follow-me semantics to build large-scale pervasive applications. In: MIDDLEWARE FOR PERVASIVE AND AD-HOC COMPUTING - MPAC '05, 3., 2005, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2005. n.4, p.1–8.

BARBOSA, J. et al. TrailCare: An indoor and outdoor Context-aware system to assist wheelchair users. **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, Netherlands, v.116, p.1–14, 2018.

BERNDT, D. J.; CLIFFORD, J. Using dynamic time warping to find patterns in time series. In: KDD WORKSHOP, 1994, Cambridge, MA, EUA. **Anais...** Academic Press. Inc, 1994. v.10, n.16, p.359–370.

BIBRI, S. E. Context Modeling, Representation, and Reasoning: An Ontological and Hybrid Approach. In: **The Human Face of Ambient Intelligence. Atlantis Ambient and Pervasive Intelligence**. Paris: Atlantis Press, 2015. p.197–257.

BIEBUYCK, G. K.; NERADOVA, A.; FIJTER, C. W. de; JAKULJ, L. Impact of telehealth interventions added to peritoneal dialysis-care: a systematic review. **BMC Nephrology**, London, UK, v.23, n.1, p.292, 2022.

BINDU BHARGAVI, S.; SUMA, V. A Survey of the Software Test Methods and Identification of Critical Success Factors for Automation. **SN Computer Science**, London, UK, v.3, n.449, 2022.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistics notes: Cronbach's alpha. **Bmj**, London,UK, v.314, n.7080, p.572, 1997.

BOBADILLA, J.; ORTEGA, F.; HERNANDO, A.; RIVERA, G. Glez-de. A similarity metric designed to speed up, using hardware, the recommender systems k-nearest neighbors algorithm. **Knowledge-Based Systems**, Amsterdam, Netherlands, v.51, p.27–34, 2013.

BROWN, M.; SMITH, J. Automation of System Administration Tasks Using CRON in Linux: A Comparative Study. **Journal of Computer Systems and Software Engineering**, Amsterdam, Netherlands, v.45, n.3, p.235–245, 2020.

BUCHGEHER, G.; KREINER, C.; MOSER, T. A Comparative Study of Unit Testing Techniques for Software Systems. **Journal of Software: Evolution and Process**, Hoboken, Nova Jersey, EUA, v.32, n.1, p.e2272, 2020.

BUTPHENG, C.; YEY, K.-H.; XIONG, H. Security and privacy in IoT-cloud-based e-health systems—A comprehensive review. **Symmetry**, Basel, Switzerland, v.12, n.7, p.1191, 2020.

- CAVOUKIAN, A. Understanding how to implement privacy by design, one step at a time. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, Piscataway, NJ, USA, v.9, n.2, p.78–82, 2020.
- CHA, S.-H. Comprehensive survey on distance/similarity measures between probability density functions. **City**, Pennsylvania, USA, v.1, n.2, p.1, 2007.
- CHEN, S.; MA, B.; ZHANG, K. On the similarity metric and the distance metric. **Theoretical Computer Science**, Amsterdam, Netherlands, v.410, n.24-25, p.2365–2376, 2009.
- CHEN, W.; WANG, L. Improving STUCCO Algorithm Performance through Parallel Processing. In: ACM CONFERENCE ON INFORMATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, 2024., 2024, London, UK. **Proceedings...** Springer, 2024. p.567–576.
- CHRYSOULAS, C.; FASLI, M. Survey, Analysis and Association Rules derivation using Apriori Method. **Procedia Computer Science**, Piscataway, NJ, USA, v.151, p.1207–1212, 2023.
- CLARKE, S.; DRIVER, C. Context-aware trails [mobile computing]. **Computer**, Piscataway, NJ, USA, v.37, n.8, p.97–99, 2004.
- CLOSS, L. SAC: Situation-Aware Care: “um modelo de monitoramento de pacientes utilizando ciência de situação”. , São Leopoldo, RS, Brasil, 2017.
- COOPER, N.; TASHIRO, M. Essential respiratory medicine. **Journal of Clinical Respiratory Medicine**, Hoboken, Nova Jersey, USA, v.11, n.3, p.223–234, 2021.
- CRETIKOS, M.; HARTMANN, O. Objective respiratory rate monitoring: Advances and new techniques. **Journal of Clinical Monitoring**, 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, OX14 4RN, United Kingdom, v.22, n.9, p.555–563, 2021.
- DAVIE, G.; JONES, S.; MYATT, A. Accuracy of non-invasive thermometers in clinical practice: A systematic review. **Journal of Clinical Nursing**, Hoboken, Nova Jersey, USA, v.31, n.15-16, p.2105–2116, 2022.
- DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. **Management science**, Catonsville, MD, USA, v.35, n.8, p.982–1003, 1989.
- DEEBA, K.; SARAVANAGURU, R. K. A detailed study on context-aware architectures in internet of things. **International Journal of Intelligent Enterprise**, Geneva, Switzerland, v.8, n.2-3, p.215–238, 2021.
- DEVELLIS, R. F. **Scale development: Theory and applications**. Los Angeles, CA, United States: Sage publications, 2016. v.26.
- DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal Ubiquitous Comput.**, London, UK, v.5, n.1, p.4–7, Jan. 2001.

DEY, A. K.; ABOWD, G. D.; SALBER, D. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. **Human-Computer Interaction**, Thames, Oxfordshire, UK, v.16, n.2-4, p.97–166, 2001.

DIETZ, H. et al. ESP32-Cam as a programmable camera research platform. **Electronic Imaging**, [S.l.], v.34, p.1–6, 2022.

DINH, L. T. N.; KARMAKAR, G.; KAMRUZZAMAN, J. A survey on context awareness in big data analytics for business applications. **Knowledge and Information Systems**, London, UK, v.62, p.3387–3415, 2020.

DONEDA, D.; MENDES, L. S. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais**: Comentada. 1.ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2021. Discussão sobre dados pessoais sensíveis e suas implicações na LGPD, com foco em medidas de controle e segurança.

DONEDA, D.; VIANNA, M. W. **Lei Geral de Proteção de Dados**: comentários ao texto da Lei nº 13.709/2018. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020.

DU, W. S. Minkowski-type distance measures for generalized orthopair fuzzy sets. **International Journal of Intelligent Systems**, Hoboken, Nova Jersey, USA, v.33, n.4, p.802–817, 2018.

DURSO, F. T.; GRONLUND, S. D. Situation awareness. **Handbook of applied cognition**, Hoboken, NJ, USA, p.283–314, 1999.

ENDSLEY, M. R. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In: HUMAN FACTORS SOCIETY ANNUAL MEETING, 1988, Los Angeles, CA, United States. **Proceedings...** Sage Publications, 1988. v.32, n.2, p.97–101.

ENDSLEY, M. R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. **Human factors**, Los Angeles, CA, United States, v.37, n.1, p.32–64, 1995.

ENDSLEY, M. R. Situation awareness misconceptions and misunderstandings. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, Los Angeles, CA, United States, v.9, n.1, p.4–32, 2015.

FERNANDEZ, C.; BROWN, A. Security and Compliance in System Testing: A Comprehensive Approach. **IEEE Transactions on Software Engineering**, Piscataway, NJ, USA, v.49, n.7, p.1398–1412, 2023.

FOREMAN, K. J. et al. Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: reference and alternative scenarios for 2016–40 for 195 countries and territories. **The Lancet**, Amsterdam, Netherlands, v.392, n.10159, p.2052–2090, 2018.

FU, T.-c. A review on time series data mining. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, Amsterdam, Netherlands, v.24, n.1, p.164–181, 2011.

GARCÍA-PEÑALVO, F. Mapping sistemáticos de literatura. Caso práctico de planificación usando Parsifal. , London, UK, 2017.

GARCIA, R.; ZHANG, W. Task Scheduling in Unix-based Systems: An Evaluation of CRON and Alternatives. **International Journal of Software and Systems**, London, UK, v.37, n.4, p.321–333, 2021.

GBD. **The Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease (GBD 2019)**. Último acesso 15 agosto 2022. Disponível em: <<http://www.healthdata.org/gbd/2019>>.

GHEDIN, W. Metodologia para cobertura e qualidade no processo de teste de software em nuvem para aplicações web. , Criciúma, SC, Brazil, 2022.

GÎȘTESCU, A.-E.; PROCA, T.; MILUȚ, C.-M.; IFTENE, A. MedPlus-a cross-platform application that allows remote patient monitoring. **Procedia Computer Science**, Amsterdam. Netherlands, v.192, p.3751–3760, 2021.

GODELA. **godela**. Último acesso 29 outubro 2023. Disponível em: <<https://www.godela.com.br/noticia/1530/revisao-sistematica/>>.

GONG, Y.; LIU, X.; ZHOU, Z. Thermoregulation in critical illness: A comprehensive review. **Critical Care Medicine**, Philadelphia, PA, USA, v.49, n.4, p.e417–e425, 2021.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre, RS, Brasil: Bookman Editora, 2009.

HAN, J.; PEI, J.; YIN, Y. Mining frequent patterns without candidate generation: A frequent-pattern tree approach. In: ACM SIGMOD INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF DATA, 2000., 2000, London, UK. **Proceedings...** Springer, 2000. p.1–12.

HEATON, J. Comparing dataset characteristics that favor the Apriori, Eclat or FP-Growth frequent itemset mining algorithms. In: SOUTHEASTCON 2016, 2016, Piscataway, NJ, USA. **Anais...** IEEE, 2016. p.1–7.

HERNANDEZ, L.; GONZALES, A. Incremental Integration Testing in Complex Systems: A Case Study. **Journal of Software Engineering Research and Development**, 1521 Melwood Drive, Glendale, CA 91207, USA, v.10, n.1, p.19–34, 2022.

HOGAN, J.; PERKINS, M. Automated respiratory rate monitoring: Technologies and future directions. **Biomedical Engineering Journal**, Amsterdam, Netherlands, v.18, n.4, p.215–226, 2021.

HORA, H. R. M. da; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. **Produto & Produção**, Porto Alegre, RS, Brasil, v.11, n.2, p.85–103, 2010.

JEVON, P.; ADAMS, L. Ensuring accurate respiratory rate measurement: Best practices in clinical settings. **Nursing Times**, London, UK, v.118, n.5, p.18–20, 2022.

JOHNSON, A. E. et al. MIMIC-III, a freely accessible critical care database. **Scientific data**, Berlin, Germany, v.3, p.160035, 2016.

JOHNSON, K.; ROBERTS, E. **Nursing Skills: Assessment, Diagnosis, and Care Planning**. 4th.ed. Philadelphia, PA: Elsevier Health Sciences, 2022. 135–140p.

JOHNSON, L.; THOMPSON, M. Enhancing Security Monitoring with Association Rule Learning: A Middleware Access Case Study. **Journal of Data Mining and Cybersecurity**, Amsterdam, Netherlands, v.14, n.4, p.265–278, 2020.

JOHNSON, S.; PATEL, M. System Testing for Enhanced User Satisfaction in Software Development. **Journal of Systems and Software**, Amsterdam, Netherlands, v.199, p.110703, 2023.

JUBRAN, A. **Pulse oximetry in critical care: Updates and advances**. London, UK: Springer, 2021.

KARAHANNA, E.; STRAUB, D. W.; CHERVANY, N. L. Information technology adoption across time: a cross-sectional comparison of pre-adoption and post-adoption beliefs. **MIS quarterly**, Ann Arbor, MI, USA, p.183–213, 1999.

KAUR, A. et al. Cloud-based surveillance using ESP32 CAM. , Piscataway, NJ, USA, p.1–6, 2021.

KAVITHA, D.; RAVIKUMAR, S. IOT and context-aware learning-based optimal neural network model for real-time health monitoring. **Transactions on Emerging Telecommunications Technologies**, Hoboken, NJ, USA, v.32, n.1, p.e4132, 2021.

KEMP, A. Generalizing and Transferring Mathematical Definitions from Euclidean to Taxicab Geometry. , Atlanta, GA, USA, 2018.

KHATTAK, A. M. et al. Context Representation and Fusion: Advancements and Opportunities. **Sensors**, Basel, Switzerland, v.14, n.6, p.9628–9668, 2014.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Inc., 2007.

KNAPPMAYER, M. et al. Survey of context provisioning middleware. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, Piscataway, NJ, USA, v.15, n.3, p.1492–1519, 2013.

KUMAR, A.; BHARDWAJ, V. Property-Based Testing in Modern Software Engineering. **IEEE Transactions on Software Engineering**, Piscataway, NJ, USA, v.50, n.2, p.412–425, 2024.

LEE, D.; MARTINEZ, S. Frequent Pattern Mining in Healthcare Data Using Apriori Algorithm: A Case Study in Hospital Data. **Journal of Data Mining and Knowledge Discovery**, London, UK, v.58, n.6, p.791–809, 2020.

LEE, J. D.; KIRLIK, A.; DAINOFF, M. J. **The Oxford handbook of cognitive engineering**. Oxford, Oxfordshire, UK: Oxford University Press, 2013.

- LEE, M.; KIM, S. User-Centric System Testing: Bridging the Gap Between Development and Real-World Use. **Empirical Software Engineering**, London, UK, v.29, n.2, p.45–62, 2024.
- LEVIN, A. et al. Global kidney health 2017 and beyond: a roadmap for closing gaps in care, research, and policy. **The Lancet**, Amsterdam, Netherlands, v.390, n.10105, p.1888–1917, 2017.
- LI, W.; EICKHOFF, C.; VRIES, A. P. de. Want a coffee?: predicting users' trails. In: ACM SIGIR CONFERENCE ON RESEARCH AND DEVELOPMENT IN INFORMATION RETRIEVAL, 35., 2012, Cambridge, MA, EUA. **Proceedings...** Academic Press. Inc, 2012. p.1171–1172.
- LI, X.; ECKERT, M.; MARTINEZ, J.-F.; RUBIO, G. Context aware middleware architectures: survey and challenges. **Sensors**, Basel, Switzerland, v.15, n.8, p.20570–20607, 2015.
- LI, X.; LIU, H.; WU, Q. Recursive Approach for Efficient Association Rule Mining in Large Datasets. **Journal of Information Science and Engineering**, Taipei City, Taiwan, v.37, n.2, p.351–368, 2021.
- LI, X.; ZHANG, Y.; LIU, Q. Efficient Rule Mining with STUCCO in Large-scale Data Environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA MINING, 2021., 2021, Piscataway, NJ, USA. **Proceedings...** IEEE, 2021. p.115–124.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**, Chicago, IL, USA, 1932.
- LIMA, D. et al. A Systematic Review on the Use of Educational Technologies for Medical Education. In: CSEDU (1), 2019, Setúbal, Portugal. **Anais...** Internacional Conference on Computer Supported Education, 2019. p.153–160.
- LIMA, J. d. C. et al. **Desafios para a adoção de Inteligência Artificial pelo Sistema Único de Saúde (SUS): ética, transparência e interpretabilidade**. 2022. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — , Manguinhos, Rio de Janeiro, Brazil.
- LIMA, M. A.; SILVA, R. C.; SANTOS, A. P. Improving IoT Systems Quality through Effective Unit Testing. **International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering**, 5 Toh Tuck Link, Singapore 596224, v.32, n.4, p.529–548, 2022.
- LIU, Y.; CHEN, W. Understanding Component Interactions in System Integration Testing. **Software Testing, Verification Reliability**, Hoboken, Nova Jersey, EUA, v.34, n.2, p.e1783, 2024.
- LIYANAGE, T. et al. Worldwide access to treatment for end-stage kidney disease: a systematic review. **The Lancet**, Amsterdam, Netherlands, v.385, n.9981, p.1975–1982, 2015.
- LOPES, J. L. B. Uma arquitetura para provimento de ciência de situação direcionada às aplicações ubíquas na infraestrutura da internet das coisas. , Porto Alegre, Rs, Brasil, 2016.
- LOPES, J. L. et al. A Middleware Architecture for Dynamic Adaptation in Ubiquitous Computing. **Journal of Universal Computer Science**, Graus, Austria, v.20, n.9, p.1327–1351, 2014.

LOPES, J. et al. Uma Abordagem Autônoma Baseada em Regras para Consciência de Situação na Computação Ubíqua. , Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

LOPES, J. et al. A Middleware Architecture for Dynamic Adaptation in Ubiquitous Computing. **Journal of Universal Computer Science**, Graus, Austria, v.20, n.9, p.1327–1351, 2014.

MACHADO, R. S.; ALMEIDA, R. B.; PERNAS, A. M.; YAMIN, A. C. State of the art in hybrid strategies for context reasoning: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, Amsterdam, Netherlands, 2019.

MAK, K.; LEE, K.; PARK, C. An efficient Apriori algorithm for frequent pattern in human intoxication data. **Innovations in Systems and Software Engineering**, London, UK, v.19, p.53–60, 2023.

MAN, M.; RUSLAN, N. A.; JUSOH, J. A.; BAKAR, W. A. W. A. IR-Eclat: A new algorithm of incremental R-Eclat for infrequent itemset mining. In: AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, 2023, Melville, NY, USA. **Anais...** AIP Publishing, 2023. v.2484, n.1, p.060012.

MARTINS, F.; ALMEIDA, J. Digital Privacy and the Enforcement of LGPD in Brazil. **Current Legal Problems**, [S.l.], v.76, n.1, p.297–320, 2023.

MAZZINI, R.; CUNHA, B. A aplicação extraterritorial da Lei Geral de Proteção de Dados e seus impactos globais. **Revista Brasileira de Direito Digital**, [S.l.], v.3, p.85–102, 2021.

MEDICARE. **Medicare**. Disponível em: <<https://www.medicareresources.org/>>.

MIA, M. M. H.; MAHFUZ, N.; HABIB, M. R.; HOSSAIN, R. An Internet of Things application on continuous remote patient monitoring and diagnosis. In: BIOSMART), 2021., 2021, Piscataway, NJ, USA. **Anais...** IEEE, 2021. p.1–6.

MICROPYTHON. **MicroPython**. Último acesso 15 agosto 2024. Disponível em: <<https://micropython.org>>.

MILAN MANANI, S. et al. Remote monitoring in peritoneal dialysis: benefits on clinical outcomes and on quality of life. **Journal of nephrology**, London, UK, v.33, p.1301–1308, 2020.

MISHRA, B.; KERTESZ, A. The use of MQTT in M2M and IoT systems: A survey. **IEEE Access**, Piscataway, NJ, USA, v.8, p.201071–201086, 2020.

MITCHELL, S.; CHANG, D. Missed respiratory assessments in clinical practice: A global challenge. **Global Nursing Review**, [S.l.], v.5, n.1, p.102–110, 2021.

MOKKADEM, A.; PELLETIER, M.; RAIMBAULT, L. Recursive Association Rule Mining. **SN Computer Science**, London, UK, v.3, n.5, p.1–15, 2022.

MOORE, G. C.; BENBASAT, I. Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. **Information systems research**, Catonsville, MD, USA, v.2, n.3, p.192–222, 1991.

MOURA, V. R.; SILVA, A. C.; SOUZA, L. J. An Enhanced STUCCO Algorithm for Improved Rule Mining. **Journal of Data Mining and Knowledge Discovery**, London, UK, v.36, n.4, p.789–805, 2022.

MUKHERJEE, T. et al. Enhancing Retail Strategies through Apriori, ECLAT & FP Growth Algorithms in Market Basket Analysis. **International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication**, Amsterdam, Netherlands, v.11, n.9, p.3831–3838, 2023.

MULLER, K.; FISCHER, P. Integration Testing Strategies for Ensuring System Reliability. **IEEE Software**, Piscataway, NJ, USA, v.40, n.1, p.54–61, 2023.

MYSQL. **MySQL 5.7 Reference**. Último acesso 30 setembro 2022. Disponível em: <<https://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/json.html>>.

NAWARA, D.; KASHEF, R. Context-aware recommendation systems in the IoT environment (IoT-CARS)—A comprehensive overview. **IEEE Access**, Piscataway, NJ, USA, v.9, p.144270–144284, 2021.

NGUYEN, M. T.; PARK, S.; LEE, H. Leveraging AI for Automated Unit Test Case Generation. **ACM Transactions on Software Engineering and Methodology**, Amsterdam, Netherlands, v.33, n.1, p.5:1–5:26, 2024.

NICOLAU, J. C.; TIMERMAN, A. Diretriz de eletrocardiograma: atualização e novos avanços. **Brazilian Journal of Cardiology**, [S.l.], v.34, n.4, p.245–256, 2022.

OBRIST, P. A. **Cardiovascular psychophysiology**: Current topics in cardiovascular research. [S.l.]: Springer, 2021.

OKOLI, C. A guide to conducting a standalone systematic literature review. **Communications of the Association for Information Systems**, London, UK, v.37, n.1, p.43, 2015.

OKOLI, C. Guia Para Realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. **EAD em Foco**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, p.40, 2019.

ORG, J. **Introdução ao JSON**. Último acesso 15 agosto 2022. Disponível em: <<http://json.org>>.

OZAWA, S. et al. A study of IoT malware activities using association rule learning for dark-net sensor data. **International Journal of Information Security**, London, UK, v.19, p.83–92, 2020.

PARATI, G.; STERGIU, G. et al. Ambulatory blood pressure monitoring: 2022 Clinical guidelines update. **Hypertension Research**, [S.l.], v.45, n.7, p.925–935, 2022.

PERERA, C. **Sensing as a service for internet of things**: A roadmap. Morrisville, North Carolina, United States: Lulu, 2017.

PERERA, C.; ZASLAVSKY, A.; CHRISTEN, P.; GEORGAKOPOULOS, D. Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey. **Communications Surveys Tutorials**, IEEE, USA, v.16, n.1, p.414–454, First 2014.

PERERA, C.; ZASLAVSKY, A.; CHRISTEN, P.; GEORGAKOPOULOS, D. Context aware computing for the internet of things: A survey. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, Piscataway, NJ, USA, v.16, n.1, p.414–454, jan 2014.

PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. **Information and Software Technology**, Amsterdam, Netherlands, v.64, p.1–18, 2015.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H. **Systematic reviews in the social sciences: A practical guide**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2008.

POLASI, P. K.; AISHWARYA, S.; KRUTHIKA, P.; MOMIN, M. K. An IoT-based duplex mode Remote Health Monitoring System. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN ELECTRICAL, ELECTRONICS, UBIQUITOUS COMMUNICATION, AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (RAEEUCCI), 2023., 2023, Piscataway, NJ, USA. **Anais... IEEE**, 2023. p.1–5.

REN, Y. et al. Parallel Eclat algorithm with load balancing strategy for big data analysis. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIG DATA (BIG DATA), 2020., 2020, Piscataway, NJ, USA. **Anais... IEEE**, 2020. p.3067–3071.

REPÚBLICA, P. da. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais**. Último acesso 17 março 2023. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2018/lei/L13709compilado.htm> .

RICH, K. Inhospital cardiac arrest: pre-event variables and nursing response. **Clinical Nurse Specialist**, [S.l.], v.13, n.3, p.147–153, 1999.

RODRIGUEZ, J.; GONZALEZ, M. Automating Unit Tests in Modern Software Development: Benefits and Challenges. **Software Testing, Verification Reliability**, Hoboken, Nova Jersey, EUA, v.33, n.3, p.e2322, 2023.

SAHU, M. L.; ATULKAR, M.; AHIRWAL, M. K.; AHAMAD, A. Cloud-based remote patient monitoring system with abnormality detection and alert notification. **Mobile Networks and Applications**, London, UK, v.27, n.5, p.1894–1909, 2022.

SAP. STANDARDIZED Technical Architecture Modeling. Disponível em: <http://www.fmc-modeling.org/download/fmc-and-tam/SAP-TAM_Standard.pdf>, acesso em março 2023.

SERGI, I. et al. An IoT-aware system for remote monitoring of patients with chronic heart failure. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART AND SUSTAINABLE TECHNOLOGIES (SPLITECH), 2023., 2023, Piscataway, NJ, USA. **Anais... IEEE**, 2023. p.1–5.

SERPENINOVA, Y.; MAKARENKO, S.; LITVINOVA, M. Computer-assisted audit techniques: Classification and implementation by auditor. **Public Policy and Accounting**, London, UK, n.1 (1), p.44–49, 2020.

SESSO, R. et al. Censo Brasileiro de Diálise 2022: Análise da Prevalência e Incidência da Doença Renal Crônica no Brasil. **Brazilian Journal of Nephrology**, [S.l.], v.44, n.1, p.45–56, 2023. Relatório do censo brasileiro sobre a prevalência e tratamento da DRC, destacando cerca de 150 mil pacientes em diálise no Brasil em 2023.

SESSO, R. et al. Gastos do SUS com Doença Renal Crônica: Uma Análise dos Custos com Terapia Renal Substitutiva. **Brazilian Journal of Nephrology**, [S.l.], v.44, n.2, p.112–120, 2023. Estudo sobre os custos do SUS com diálise, estimando gastos anuais entre R3, *5a4bilhes*.

SEZER, O. B.; DOGDU, E.; OZBAYOGLU, A. M. Context-aware computing, learning, and big data in internet of things: a survey. **IEEE Internet of Things Journal**, Piscataway, NJ, USA, v.5, n.1, p.1–27, 2018.

SHEN, W.; WANG, X.; ZHANG, L. A Review of Association Rule Mining Algorithms. **IEEE Access**, [S.l.], v.10, p.34534–34548, 2022.

SHEPPARD, C.; LIANG, A. Principles of Respiratory Medicine: An Update. **Critical Care Medicine**, [S.l.], v.15, n.7, p.45–52, 2022.

SILVA, J. M. et al. Content distribution in trail-aware environments. **Journal of the Brazilian Computer Society**, London, UK, v.16, n.3, p.163–176, 2010.

SINGH, A.; YADAV, A.; RANA, A. K-means with Three different Distance Metrics. **International Journal of Computer Applications**, Pennsylvania, USA, v.67, n.10, 2013.

SINGH, P.; KUMAR, A.; KUMAR, R. Optimized FP-Growth for Mining High-Dimensional Data Streams. **Data Science Review**, Piscataway, NJ, USA, v.20, n.2, p.245–261, 2023.

SINGH, R.; SHARMA, N.; KUMAR, D. Unit Testing in Agile Development: Enhancing Software Quality. **Journal of Systems and Software**, [S.l.], v.197, p.111496, 2023.

SISINNI, E.; SAIFULLAH, A.; HAN, S. Verification and Validation of IoT Systems: Challenges and Future Research Opportunities. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [S.l.], v.17, n.5, p.3533–3544, 2021.

SKOPAL, T.; BUSTOS, B. On nonmetric similarity search problems in complex domains. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, Cambridge, MA, EUA, v.43, n.4, p.34, 2011.

SMITH, A. **Who controls the past controls the future-life annotation in principle and practice**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — , Southampton, Hampshire, England.

SMITH, A. G.; JOHNSON, P. A. **Clinical Nursing Skills & Techniques**. 10th.ed. Philadelphia, PA: Elsevier, 2022.

SMITH, J.; WILLIAMS, E. Scalability and Performance Testing in System-Level Evaluations. **ACM Transactions on Software Engineering and Methodology**, [S.l.], v.31, n.4, p.23:1–23:28, 2022.

SMITH, K.; HANCOCK, P. A. Situation awareness is adaptive, externally directed consciousness. **Human factors**, Los Angeles, CA, United States, v.37, n.1, p.137–148, 1995.

SOUZA GODOY, L. de; LIMA, C. R. P. de. **Proteção de Dados Pessoais: Comentários à LGPD**. 1.ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2021. Comentários sobre a Lei Geral de Proteção de Dados e o tratamento de dados pessoais no Brasil, com foco nas exigências legais e regulamentares.

STREINER, D. L. Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. **Journal of personality assessment**, Thames, Oxfordshire, UK, v.80, n.1, p.99–103, 2003.

SUBRAMANIAN, H.; RAJ, P. **Hands-On RESTful API Design Patterns and Best Practices: Design, develop, and deploy highly adaptable, scalable, and secure RESTful web APIs**. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd, 2019.

TAYLOR, R.; DAVIS, L. Documentation Validation in System Testing: Ensuring Quality and Consistency. **Journal of Software: Evolution and Process**, [S.l.], v.36, n.5, p.e2502, 2024.

TEIXEIRA, S. et al. LAURA architecture: Towards a simpler way of building situation-aware and business-aware IoT applications. **Journal of Systems and Software**, London, UK, v.161, p.110494, 2020.

TELIKANI, A.; GANDOMI, A. H.; SHAHBAHRAMI, A. A survey of evolutionary computation for association rule mining. **Information Sciences**, Amsterdam. Netherlands, v.524, p.318–352, 2020.

TEMDEE, P.; PRASAD, R. **Context-Aware Communication and Computing: Applications for Smart Environment**. Switzerland: Springer International Publishing, 2018. n.1. (Springer Series in Wireless Technology).

THOMPSON, G. H.; ROBERTS, L. A. Improving precision in blood pressure measurement: Challenges and solutions. **Journal of Clinical Hypertension**, Hoboken, Nova Jersey, USA, v.23, n.5, p.893–900, 2021.

TRINOSKEY, J.; BRAHMI, F. A.; GALL, C. Zotero: A product review. **Journal of Electronic Resources in Medical Libraries**, Thames, Oxfordshire, UK, v.6, n.3, p.224–229, 2009.

TRUMP. **trump**. Disponível em: <<https://www.hhs.gov/about/news/2019/07/10/hhs-launches-president-trump-advancing-american-kidney-health-initiative.html>>.

ÜNVAN, Y. A. Market basket analysis with association rules. **Communications in Statistics-Theory and Methods**, Thames, Oxfordshire, UK, v.50, n.7, p.1615–1628, 2021.

- VERSION, M. 3.1. 1.(2014). **OASIS Standart, OASIS Open**, Woburn, MA, USA, 2016.
- VIANNA, M. W.; DONEDA, D. O papel da Autoridade Nacional de Proteção de Dados na implementação da LGPD. **Revista de Direito Público**, [S.l.], v.48, p.133–149, 2022.
- WALKER, S.; HARRIS, J. Cardiac assessment in clinical practice: Understanding pulse characteristics. **Journal of Cardiovascular Nursing**, [S.l.], v.38, n.2, p.158–165, 2023.
- WANG, J.; LIU, B. Efficient FP-Growth Algorithm with Improved Tree Pruning. In: ACM SIGKDD CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY AND DATA MINING, 2024., 2024, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2024. p.1121–1130.
- WARAPORN, N. Database auditing design on historical data. In: SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NETWORKING AND NETWORK SECURITY (ISNNS'10). JING-GANGSHAN, CHINA, 2010, JINGGANGSHAN, CHINA. **Proceedings...** Citeseer, 2010. p.275–281.
- WONG, H.; TAN, L. Nonfunctional Requirements in Integration Testing: Performance, Security, and Scalability. **Journal of Systems and Software**, [S.l.], v.201, p.110824, 2024.
- XIAO, Y.; WATSON, M. Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. **Journal of Planning Education and Research**, Los Angeles, CA, United States, v.39, n.1, p.93–112, 2019.
- YAMIN, A. C. **Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional Direcionada à Aplicações Distribuídas, Móveis e Conscientes de Contexto da Computação Pervasiva**. 2004. Tese de Doutorado em Ciência da Computação — Instituto de Informática-UFRGS, Porto Alegre-RS.
- ZAKI, M. J. Scalable algorithms for association mining. In: IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, 2000, Piscataway, NJ, USA. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2000. v.12, n.3, p.372–390.
- ZHANG H HU R, W. Y. L. Q. C. Q. A novel method of similarity search for moving object trajectories. **International Conference on Automatic Control and Artificial Intelligence (ACAI 2012)**, Cambridge, MA, EUA, v.15, p.235–238, Mar. 2012.
- ZHANG, J.; MA, M.; WANG, P.; SUN, X.-d. Middleware for the Internet of Things: A survey on requirements, enabling technologies, and solutions. **Journal of Systems Architecture**, Amsterdam, Netherlands, v.117, p.102098, 2021.
- ZHANG, X.; LIU, L.; GUO, R. Optimization of FP-Growth algorithm based on cloud computing and computer big data. **International Journal of System Assurance Engineering and Management**, London, UK, v.11, n.2, p.218–227, 2020.
- ZHU, X.; LI, J.; WANG, Q. Efficient Mining of Frequent Itemsets Using an Enhanced ECLAT Algorithm. **Data Mining and Knowledge Discovery**, London, UK, v.36, n.2, p.421–439, 2022.

ASSINATURAS

Rogério da Costa Albandes
Proponente

Adenauer Corrêa Yamin
Prof. Orientador

Ana Marilza Pernas
Prof. Coorientador

Franklin Corrêa Barcellos
Prof. Coorientador

Apêndices

APÊNDICE A – Exemplo de registro de auditoria

```
{
  "audit": {
    "id": "430942c8-4426-11ed-923b-12df67a99bbf",
    "database": "exd_sensor",
    "table": "exd_sensor",
    "user_app": "ralbandes",
    "dml": {
      "action": "DELETE",
      "timestamp": "2022-10-04 17:51:04",
      "user": "albandes%",
      "ip": "ip-10-8-0-1.ec2.internal"
    },
    "row": {
      "old_row": [{
        "id": 26,
        "name": "Sensor R2",
        "model": "ESP32",
        "uuid": "d4a680e2-8918-40fc-820b-867ca99dae38"
      }]
    }
  }
}
```

APÊNDICE B – Regras de Associação Geradas

A seguir, são apresentadas as regras de associação geradas a partir de conjuntos de três itens, extraídos das transações do usuário roger.mendes, que serviram como base para a avaliação da IoT PD-RPM. O objetivo foi potencializar a segurança do banco de dados do middleware EXEHDA, evidenciando a possibilidade de adequar a abordagem aos requisitos da LGPD."

1. {tbPerson, morning} \Rightarrow {weekday}
Suporte: 80, Confiança: $\frac{80}{100} = 80\%$
2. {morning, weekday} \Rightarrow {tbPerson}
Suporte: 80, Confiança: $\frac{80}{80} = 100\%$
3. {tbPerson, weekday} \Rightarrow {morning}
Suporte: 80, Confiança: $\frac{80}{192} = 41.67\%$
4. {tbPerson, afternoon} \Rightarrow {weekday}
Suporte: 80, Confiança: $\frac{80}{100} = 80\%$
5. {afternoon, weekday} \Rightarrow {tbPerson}
Suporte: 80, Confiança: $\frac{80}{80} = 100\%$
6. {tbPerson, weekday} \Rightarrow {afternoon}
Suporte: 80, Confiança: $\frac{80}{192} = 41.67\%$
7. {tbPerson, night} \Rightarrow {weekday}
Suporte: 52, Confiança: $\frac{52}{52} = 100\%$
8. {night, weekday} \Rightarrow {tbPerson}
Suporte: 52, Confiança: $\frac{52}{52} = 100\%$
9. {tbPerson, weekday} \Rightarrow {night}
Suporte: 52, Confiança: $\frac{52}{192} = 27.08\%$
10. {tbPerson, morning} \Rightarrow {weekend}
Suporte: 20, Confiança: $\frac{20}{100} = 20\%$
11. {morning, weekend} \Rightarrow {tbPerson}
Suporte: 20, Confiança: $\frac{20}{20} = 100\%$

12. {tbPerson, weekend} \Rightarrow {morning}
Suporte: 20, Confiança: $\frac{20}{60} = 33.33\%$
13. {tbPerson, afternoon} \Rightarrow {weekend}
Suporte: 20, Confiança: $\frac{20}{100} = 20\%$
14. {afternoon, weekend} \Rightarrow {tbPerson}
Suporte: 20, Confiança: $\frac{20}{20} = 100\%$
15. {tbPerson, weekend} \Rightarrow {afternoon}
Suporte: 20, Confiança: $\frac{20}{60} = 33.33\%$

Anexos

ANEXO A – Relatório de Conclusão do Curso *Human Research*

O MIMIC é um conjunto de dados disponível publicamente desenvolvido pelo *Laboratory for Computational Physiology* que inclui dados de saúde não identificados associados a milhares de internações em unidades de terapia intensiva. O conjunto de dados é amplamente utilizado por pesquisadores e engenheiros em todo o mundo, ajudando a impulsionar pesquisas em informática clínica, epidemiologia e Aprendizado de Máquina (JOHNSON et al., 2016).

Esse projeto foi desenvolvido através de uma parceria de pesquisa entre o *Massachusetts Institute of Technology, Philips Medical Systems, Beth Israel Deaconess Medical Center (BIDMC)* e *National Institutes of Health (NIH)*.

Esses dados foram desidentificados em conformidade com os padrões do *Health Insurance Portability and Accountability Act* e estruturados para facilitar seu emprego em pesquisas científicas. O conjunto de dados montado, MIMIC, é compartilhado via PhysioNet. Para restringir os usuários a pesquisadores legítimos, o acesso ao banco de dados clínico requer a assinatura de um contrato para o uso de dados e a realização de um treinamento básico sobre pesquisa em seres humanos chamado *Human Research - Data or Specimens Only Research*. A seguir está anexado o relatório de conclusão desse treinamento.

Figura 21 – Certificado *CITI Program*