



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em

Computação Aplicada

Mestrado Acadêmico

Lucas Closs

SAC – Situation-Aware Care: Um modelo de monitoramento
de pacientes utilizando ciência de situação

São Leopoldo, 2017

Lucas Closs

SAC – Situation-Aware Care:
“Um modelo de monitoramento de pacientes utilizando ciência de situação”

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre, pelo
Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação
em Computação Aplicada da Universidade do
Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Dr. Cristiano André da Costa

São Leopoldo
2017

C645s

Closs, Lucas.

SAC : Situation-Aware Care : “um modelo de monitoramento de pacientes utilizando ciência de situação” / Lucas Closs. – 2017.

107 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2017.

“Orientador: Dr. Cristiano André da Costa.”

1. Ciência de situação. 2. Cuidados ubíquos. 3. Computação ubíqua. 4. Ciência de contexto. 5. Computação aplicada à saúde.
I. Título.

CDU 004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

Lucas Closs

SAC – Situation-Aware Care: Um modelo de monitoramento de pacientes utilizando ciência de situação

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Aprovado em 20 de fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sandro José Rigo – UNISINOS

Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin – UFPEL

Prof. Dr. Cristiano André da Costa (Orientador)

Visto e permitida a impressão
São Leopoldo,

Prof. Dr. Sandro José Rigo
Coordenador PPG em Computação Aplicada

*Gostaria de agradecer à minha família e aos meus amigos. Pelo apoio,
pelo incentivo e principalmente por terem me aguentado durante estes
dois anos.*

Obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Cristiano André da Costa, pelos incontáveis auxílios, pela paciência e por ter acreditado neste projeto. Aos amigos Fábio de Oliveira Dias e Vitor Bertocello, por todas as ajudas e discussões durante esses dois anos. Gostaria de agradecer a todos os colaboradores do PIPCA, pela ajuda e pela paciência. Agradeço também a CAPES pelo apoio a esta pesquisa.

RESUMO

Os constantes avanços na computação móvel e ubíqua possibilitam novos desenvolvimentos e novos recursos em diversas áreas, dentre estas, destaca-se a área da saúde. A partir destas novas possibilidades, surge então o conceito de Cuidados Ubíquos, onde são aplicados estes novos recursos com o intuito de prover melhores condições para médicos e equipes médicas no tratamento de pacientes. Utilizando então como referência o conceito de cuidados ubíquos, o presente trabalho apresenta uma nova abordagem para o monitoramento de pacientes através do uso da ciência de situação, apoiada pelo uso da Lógica Difusa, das Redes Neurais Artificiais e das Séries Temporais de Dados, dispendo com também com os dados dos pacientes coletados através dos dispositivos móveis e dos vestíveis. O modelo SAC – *Situation-Aware Care* objetiva então a aplicação das três fases da ciência de situação – percepção, compreensão e projeção – utilizando os dados coletados como entradas para as inferências. Visando prover uma solução que auxilie médicos e equipes médicas em diagnósticos – e em prognósticos – mais assertivos, através do monitoramento e da disponibilização de registros e de informações mais apuradas quanto ao estado de saúde dos pacientes. Para a avaliação do modelo, foram então desenvolvidos protótipos referentes aos Serviços SAC e a aplicação SAC4Mobile. O modelo SAC teve a sua avaliação em relação ao seu desempenho dos serviços e também através de caso de uso estendido, aferindo sobre a usabilidade. Avaliações por desempenho apresentaram bons indicadores de tempos de respostas e de recursos computacionais, onde que tempo médio mais elevado para o retorno de todas as requisições, 100 requisições simultâneas, foi de 5,5 segundos e o consumo de recursos computacionais não ultrapassou 18%. Assim como a avaliação sobre usabilidade teve resultados positivos, enaltecendo a relevância da proposta do modelo SAC.

Palavras-Chave: Ciência de Situação. Cuidados Ubíquos. Computação Ubíqua. Ciência de Contexto. Computação Aplicada à Saúde.

ABSTRACT

The constant advances in mobile and ubiquitous computing enable new developments and new features in different areas, among these the health area stands out. From these new possibilities comes the concept of Ubiquitous Care, where these new resources are applied in order to provide better conditions for doctors and medical staff in the treatment of patients. Using the concept of ubiquitous care as a reference, the present work presents a new approach for monitoring patients through the use of Situation Awareness, supported by the use of Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks and Time Series, also with patient data collected through mobile devices and wearable devices. The SAC - Situation-Aware Care model aims to apply the three phases of situation awareness - perception, comprehension and projection - using the data collected as inputs to the inferences. Aiming to provide a solution that assists physicians and medical teams in diagnostics - and prognoses - more assertive, through the monitoring and availability of records and more accurate information regarding the patient's health status. For the evaluation of the model, prototypes were developed for the SAC Services and the SAC4Mobile application. The SAC model had its evaluation in relation to its service performance and also through an extended use case, assessing the usability. Performance evaluations presented good indicators of response times and computational resources, where the highest time for the return of all the requests, 100 simultaneous requests, was 5.5 seconds and the consumption of computational resources did not exceed 18%. As well as the assessment of usability had positive results highlighting the relevance of the SAC model proposal.

Keywords: Situation Awareness. Ubiquitous Healthcare. Ubiquitous Computing. Context Awareness. Applied Computing to Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Decisão da Ciência de Situação	31
Figura 2: Modelo adaptado da Ciência de Situação	31
Figura 3: Fluxo operações da Lógica Difusa.....	34
Figura 4. Regiões Pertinência Temperatura Água.....	35
Figura 5. Estrutura Neurônio Artificial	40
Figura 6: Arquitetura do modelo	46
Figura 7: Arquitetura do modelo SA-MHM.....	48
Figura 8: Arquitetura do Modelo (3 camadas)	49
Figura 9: Processo de Raciocínio	50
Figura 10: Visão geral do modelo UbHeart.....	51
Figura 11: Exemplo de uma regra de situação	52
Figura 12: Visão geral Modelo SAC	59
Figura 13: Arquitetura do Modelo SAC.....	60
Figura 14: Arquitetura do SAC4Mobile.....	62
Figura 15: Arquitetura do SAC4Monitors.....	62
Figura 16: Mortalidade por Idade no Brasil em 2013	65
Figura 17: Estrutura Serviço SAC I.....	67
Figura 18: Estrutura Serviço SAC II	68
Figura 19: Estrutura Serviço SAC III.....	70
Figura 20: Estrutura Serviços Públicos SAC.....	73
Figura 21: Arquétipos utilizados pelo modelo SAC.....	75
Figura 22: Conteúdo parcial do arquivo ".fcl"	76
Figura 23: Equação de normalização	77
Figura 24: Gráfico comparativo valores reais X valores projetados referente a frequência cardíaca.....	79
Figura 25: Gráfico comparativo valores reais X valores projetados referente a temperatura corporal.....	79
Figura 26: Tela principal SAC4Mobile.....	80
Figura 27: Ferramenta Inspeccionar Elemento do Google Chrome.....	85
Figura 28: Ferramenta Monitor de Recursos do Windows.....	85
Figura 29: Tempo médio de resposta em segundos Serviço SAC II.....	86
Figura 30: % Consumo médio de recursos computacionais Serviço SAC II.....	86
Figura 31: Tempo médio de resposta em segundos Serviço SAC III.....	87

Figura 32: % Consumo médio de recursos computacionais Serviço SAC III	87
Figura 33: Smartband Fitbit	89
Figura 34: Protótipo dispositivo vestível Arduino Lilypad	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número total de Internações Hospitalares pelo SUS.....	23
Tabela 2: Comparativo dos Trabalhos Relacionados	54
Tabela 3: Faixa normal de batimentos cardíacos por idade.....	63
Tabela 4: Definições de Tempo das Coletas e de Espera perfil de Paciente Normal.....	65
Tabela 5: Definições de Grau de Risco em relação as Faixas de Idades.....	65
Tabela 6: Definições de Grau de Risco em relação as Condições Particulares.....	66
Tabela 7: Definições de Tempo de Coleta e de Espera perfil de Paciente em Observação	66
Tabela 8: Difusificação temperatura corporal	68
Tabela 9: Difusificação frequência cardíaca para idade adulta	69
Tabela 10: Regras temperatura corporal.....	69
Tabela 11: Regras temperatura corporal.....	69
Tabela 12: Graus de pertinência temperatura corporal.....	69
Tabela 13: Graus de pertinência frequência cardíaca.....	69
Tabela 14: Atuações do Analisador de Situação em relação a temperatura corporal.....	70
Tabela 15: Atuações do Analisador de Situação em relação a temperatura corporal.....	72
Tabela 16: Comparação Valores Reais com Previstos	78
Tabela 17: Relação de Horário por Atividade	88
Tabela 18: Comparativo entre atividades	94
Tabela 19: Comparativo das Situações inferidas.....	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
1.1 Questão de Pesquisa	23
1.2 Objetivos	24
1.3 Metodologia	24
1.4 Estrutura do texto	25
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS	26
2.1 Sinais vitais para monitoramento de pacientes	26
2.2 Computação Ubíqua, Computação Móvel e Internet das Coisas	27
2.3 Cuidados Ubíquos	28
2.3.1 Dispositivos móveis em apoio aos Cuidados Ubíquos	28
2.3.2 Dispositivos vestíveis em apoio aos Cuidados Ubíquos	29
2.4 Ciência de Situação na Saúde	30
2.4.1 Regras de determinação de ação e situação	32
2.5 openEHR	32
2.6 Lógica Difusa	33
2.7 Bases de Conhecimento	36
2.7.1 Uso de Bases de conhecimento combinado com a Lógica Difusa	37
2.7.2 Bases de Conhecimento Médicos	37
2.8 Métodos de Predição de Dados	39
2.8.1 Redes Neurais Artificiais	39
2.8.2 Séries Temporais de Dados	41
2.9 Considerações Finais	41
3 TRABALHOS RELACIONADOS	44
3.1 Revisão Sistemática da Literatura	44
3.1.1 Definição da Busca	44
3.1.2 Execução da Busca	45
3.2 Análise dos Trabalhos Relacionados	45
3.2.1 An Awareness Approach to Analyze ECG Streaming Data	45
3.2.2 Situation-aware mobile health monitoring	47
3.2.3 Situation-Aware Patient Monitoring in and around Bed Using Multimodal Sensing Intelligence	48
3.2.4 Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração baseado em ciência de situação e computação ubíqua	50
3.2.5 A Rule-Based Platform for Situation Management	52
3.3 Análise Comparativa	53
3.4 Lacunas de Pesquisa e Contribuição Científica	55
4 MODELO SAC	58
4.1 Visão Geral	58
4.2 Arquitetura SAC	60
4.3 Clientes SAC	61
4.3.1 Especificação de dados utilizados	63
4.3.2 Perfil dos Pacientes e Coleta de Dados	64
4.4 Serviço SAC I	66
4.5 Serviço SAC II	67
4.5.1 Lógica Difusa no serviço SAC II	68
4.6 Serviço SAC III	70
4.6.1 Redes Neurais Artificiais no serviço SAC III	71
4.6.2 Séries Temporais de Dados	72
4.7 Serviços Públicos SAC	72
5 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO	74
5.1 Características da implementação	74
5.1.1 Infraestrutura SAC	74
5.1.2 Serviços SAC	75
5.1.3 Clientes SAC	79
5.2 Funcionamento do Protótipo através de Cenários	81
6 AVALIAÇÃO DO MODELO SAC	84
6.1 Avaliação do desempenho	84

6.1.1 Metodologia	84
6.1.2 Resultados e Discussão	84
6.2 Avaliação por uso estendido.....	88
6.2.1 Metodologia	88
6.2.2 Resultados e Discussão dos aspetos qualitativos	89
6.2.3 Resultados e Discussão dos Aspectos quantitativos	94
6.3 Considerações finais.....	95
7 CONCLUSÃO.....	98
REFERÊNCIAS	102

1 INTRODUÇÃO

A comercialização de dispositivos móveis, segundo a Gartner em 2015 teve um total de 1.917 bilhões de telefones móveis, onde os *smartphones* representaram 70% do total (MEULEN; WOODS, 2016). Para o ano de 2016, a Gartner projeta um aumento de 1,4% no comércio de telefones móveis – total de 1.943 bilhões unidades – e também um aumento de 7% na representação de *smartphones* – atingindo 77% (MEULEN; WOODS, 2016). Tal circunstância acaba por incentivar e influenciar no desenvolvimento e nas pesquisas de novas tecnologias e de novos recursos para a área de Computação Móvel (*Mobile Computing*). Outro setor de dispositivos que vem se destacando tanto para os consumidores quanto para a comunidade acadêmica são os dispositivos vestíveis (*Wearable devices*) (PATEL; ASCH; VOLPP, 2015). Estes são capazes de coletar diversos dados de seu utilizador – atividade realizada, frequência cardíaca, pressão arterial, temperatura, dentre outros – ou do ambiente em que se encontra – altura em relação ao nível do mar, localização, temperatura do ambiente, dentre outros. Indo além desta avaliação individual dos conceitos acima destacados, a aplicação combinada dos mesmos disponibiliza novos recursos para a então chamada Computação Ubíqua (*Ubiquitous Computing*), onde temos a tecnologia fortemente integrada ao cotidiano das pessoas (DA COSTA; YAMIN; GEYER, 2008). Tal aspecto, ubiquidade da tecnologia, pode ser relacionado com os conceitos da Internet das Coisas (*Internet of Things* ou IoT), onde dispositivos eletrônicos, objetos, pessoas e até mesmo animais, formam uma grande rede de “coisas” que se inter-relacionam permitindo assim o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Conforme mencionado, os novos desenvolvimentos e os novos recursos disponíveis para a computação móvel e principalmente para a computação ubíqua, estão permitindo a manifestação de oportunidades em diferentes áreas de aplicação, como: saúde, educação, jogos, comércio, entretenimento, transportes, dentre outros (SATYANARAYANAN, 2010) (FELTES; BARBOSA, 2014). Na área da saúde, destaca-se o segmento de Cuidados Ubíquos (*Ubiquitous Healthcare*), que surgem com a intenção prover melhores condições, informações e recursos aos hospitais e aos médicos, tendo como consequência a melhora no atendimento e tratamento dos pacientes (GELOGO; KIM, 2013). Um destes recursos disponibilizados seria o monitoramento de pacientes, que tem como objetivo o acompanhamento diário do paciente – com dispositivos móveis, médicos, vestíveis e sensores – registrando os sinais vitais do mesmo e transmitindo para algum repositório, para que então seja analisado e avaliado (DELIR HAGHIGHI et al., 2014).

Entretanto, o monitoramento de pacientes, pode ser ampliado com a aplicação de uma camada de inteligência sobre os dados coletados. Essa camada atua detectando possíveis desvios – são variações, nos sinais vitais coletados, que atingem limiares de risco ou ainda variações em relação ao histórico do próprio paciente – e ou degradações – são constantes observações de desvios ou ainda tendências de riscos nos sinais vitais coletados – em relação à saúde do paciente monitorado. Tendo em vista esta lacuna, este trabalho propõe o emprego da Ciência de Situação (*Situation Awareness*) (ENDSLEY, 1995) sobre estes dados, transformando-os em informações que representam a situação atual do paciente e a projeção de futuros estados. Autores como Hemingway et al., abordam sobre a importância do prognóstico médico, que se refere análise do risco de futuras consequências na saúde de pessoas dada determinada doença ou condição da saúde, logo, este deve ser parte integrante da decisão clínica, permitindo uma ampla avaliação sobre abordagens na gestão do paciente (HEMINGWAY, 2013). Dessa forma, a projeção de estados futuros, presente na ciência de situação, se apresenta como um forte aliado no auxílio da realização dos prognósticos. Desta forma, a aplicação da ciência de situação é percebida como um diferencial, pois, através de

inferências sobre os dados coletados, provê uma visão mais ampla e um melhor entendimento sobre a situação dos pacientes, auxiliando assim médicos e equipe médica em melhores e mais assertivos tratamentos (DELIR HAGHIGHI et al., 2014).

Outro aspecto que solidifica à importância da utilização dos cuidados ubíquos, principalmente através do monitoramento de pacientes, é o elevado número de internações hospitalares pelo Sistema Único de Saúde (SUS), conforme apresentado pela Tabela 1. Estas Internações, devido as mais diversas patologias, tem como consequência um custo elevado (MARCOLINO, 2013; OLIVEIRA et al., 2013; VERAS et al., 2014). Na Tabela 1 são apresentadas a soma de todas as internações no período de setembro de 2015 até fevereiro de 2016. Analisando a tabela é possível perceber que o menor índice obtido é de 827.549 internações no mês de fevereiro, ou seja, um número elevadíssimo levando em consideração o nível precário da saúde pública brasileira (MENDES, 2015) (INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS, 2016). Desta forma, o monitoramento de pacientes aliado à ciência de situação, surgem como ferramentas para auxiliar na redução dos altos índices e dos custos envolvidos nas internações hospitalares. E devido a sua natureza, de acompanhar a rotina e projetar situações na saúde dos pacientes, permite a notificação de hospitais e de médicos quanto riscos à saúde ou mesmo melhoras na saúde.

Tabela 1: Número total de Internações Hospitalares pelo SUS

Setembro/2015	Outubro/2015	Novembro/2015	Dezembro/2015	Janeiro/2016	Fevereiro/2016
952.213	948.072	924.047	866.153	884.132	827.549

Fonte: (DATASUS, 2016).

Outra análise realizada por este trabalho está relacionada às possíveis funções corporais básicas a serem monitoradas. Os autores Elliott e Coventry (2012), apresentaram um estudo sobre os cinco sinais vitais comumente monitorados em pacientes internados, sendo eles: temperatura, frequência cardíaca, pressão arterial, frequência respiratória e saturação de oxigênio. Entretanto, os autores indicam para a necessidade de aplicar melhorias no monitoramento, no caso, incluir a avaliação de outros três sinais vitais, sendo eles (ELLIOT; COVENTRY, 2012): tipo e nível de dor, nível de consciência e características urina. A inclusão destes se motiva pelos maiores e melhores conhecimentos sobre a medicina e pelo fato de que os pacientes internados estão mais doentes que no passado, o que exige das equipes médicas um melhor monitoramento sobre os seus pacientes (ELLIOT; COVENTRY, 2012).

Tendo em vista o cenário apresentado acima, este trabalho propõe o modelo SAC – *Situation-Aware Care*. O modelo explora o conceito de cuidados ubíquos – monitoramento de pacientes – e a ciência de situação, sobre dados e sinais vitais coletados de pacientes. São realizadas inferências sobre estes dados e sinais vitais coletados, que irão perceber, compreender e projetar desvios, degradações ou problemas na saúde do paciente monitorado. Estas inferências refletem sobre a situação atual do paciente e também a possíveis futuros estados, permitindo aos hospitais, aos médicos e as equipes médicas um melhor monitoramento sobre a saúde dos pacientes – melhoras ou piores nas condições –, registros clínicos mais apurados e também diagnósticos mais assertivos.

1.1 Questão de Pesquisa

Tendo como base o cenário anteriormente descrito, este trabalho busca responder a seguinte questão:

Como seria um modelo híbrido no domínio dos Cuidados Ubíquos – utilizando Lógica Difusa, Redes Neurais Artificiais e Séries Temporais de Dados – que permita a projeção de desvios e de degradações na saúde de pacientes, com base nas três fases da Ciência de Situação e em dados obtidos através do Monitoramento de Pacientes por meio de Dispositivos Móveis e Dispositivos Vestíveis?

Os cuidados ubíquos surgem como ferramentas para auxiliar hospitais, médicos e equipes médicas no acompanhamento e tratamento de pacientes. O recurso de monitoramento de pacientes, permite a construção de registros clínicos mais completos, tendo em vista que estes dados serão coletados continuamente a partir da utilização de dispositivos móveis e vestíveis.

Dentro deste contexto, a utilização da ciência de situação permite um melhor conhecimento sobre a situação atual do paciente – percebendo, compreendendo e projetando possíveis desvios ou degradações na saúde.

Sendo assim, o modelo proposto, deve, a partir do monitoramento dos pacientes – coleta dos dados realizada pelos dispositivos móveis e vestíveis – analisar e inferir situações sobre o estado de saúde dos pacientes, tendo como base a ciência de situação. Tais inferências permitem aos médicos realizarem melhores diagnósticos e manter controles de registros médicos mais apurados sobre as condições do paciente. Além disso, o modelo também permite a geração de alertas e notificações sobre a situação atual do paciente.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento do modelo SAC – *Situation Care Aware*, que utiliza Ciência de Situação em conjunto com o Monitoramento de Pacientes, para então projetar possíveis desvios, degradações ou problemas na saúde deste paciente. Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Definir arquitetura do modelo SAC, para que a mesma supra as demandas necessárias para a inferências e para o monitoramento;
- Desenvolver métodos e processos que representem as três fases da ciência de situação – percepção, compreensão e projeção;
- Demonstrar como a aplicação de ciência de situação pode auxiliar hospitais e médicos, no monitoramento e no diagnóstico de pacientes.

A seção a seguir apresenta sobre a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

1.3 Metodologia

A pesquisa realizada por este trabalho é de natureza aplicada, pois objetiva apresentar uma proposta de modelo para o monitoramento de pacientes utilizando os conceitos da ciência de situação, a fim de gerar conhecimento para aplicação prática até a solução de problemas distintos (PRODANOV; FREITAS, 2013). O modelo proposto, pretende identificar desvios ou degradações na saúde dos pacientes e através de inferências, baseadas na ciência de situação, compreender a situação atual e projetar futuros estados do paciente.

A abordagem da pesquisa é composta, ou seja, quati-qualitativa. Qualitativa buscando compreender quais serão reflexos da utilização do modelo, e também sobre a expectativas e percepções dos pacientes utilizadores do modelo (PRODANOV; FREITAS, 2013). E quantitativa, comparando os resultados obtidos com as avaliações realizadas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Do ponto de vista dos objetivos se trata de uma pesquisa exploratória, em razão de que o presente trabalho pretende apresentar e esclarecer sobre a temática apresentada acima e também os fatores que expõem sobre a relevância da construção de um modelo para o monitoramento de pacientes em conjunto com a ciência de situação (GIL, 2006). O procedimento técnico utilizado para a construção do trabalho é a pesquisa bibliográfica (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Com relação a metodologia de avaliação a ser aplicada no modelo SAC, ocorrerá em duas formas distintas analisando desempenho e usabilidade do modelo. Com relação ao desempenho serão avaliados os tempos de respostas com relação aos Serviços SAC. Tal escolha se dá, pelos mesmos conterem as principais funcionalidades do modelo SAC. A usabilidade será avaliada seguindo os aspectos da metodologia TAM (Modelo de Aceitação Tecnológica ou *Technology Acceptance Model*) (DAVIS, 1989) e também pela metodologia apresentada por Zhang e Adipat (2005).

1.4 Estrutura do texto

Este trabalho está organizado em capítulos, onde cada um trata de um assunto específico. A organização dos capítulos será descrita a seguir.

O capítulo 2 apresenta os conceitos fundamentais para o desenvolvimento do trabalho, tem como objetivo contextualizar o leitor sobre os conceitos abordados e utilizados no trabalho. No capítulo 3, são analisados e comparados trabalhos relacionados com o tema de pesquisa proposto. O capítulo 4 descreve o modelo SAC – *Situation Aware Care*. No capítulo 5, é apresentada a implementação do modelo SAC. O capítulo 6 descreve sobre a avaliação realizada do modelo SAC. E por fim, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões e contribuições desta pesquisa.

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Este capítulo apresenta os principais conceitos utilizados para o desenvolvimento do modelo SAC – *Situation-Aware Care*. Iniciando pela análise sobre os oito sinais vitais a serem monitorados em pacientes, estudo realizado por (ELLIOTT; COVENTRY, 2012) onde indica os sinais vitais comumente avaliados e a necessidade de serem incluídos novos monitoramentos. Os conceitos sobre Computação Ubíqua, Computação Móvel e Internet das Coisas também são apresentados. Descreve também sobre o que são os Cuidados Ubíquos e também o que seria a Ciência de Situação. São apresentados também as definições sobre o padrão openEHR, Bases de Conhecimentos de Saúde, Lógica Difusa, Redes Neurais Artificiais e Séries Temporais de Dados. Por fim são discutidos sobre os aspectos descritos e o seu vínculo com o modelo SAC.

2.1 Sinais vitais para monitoramento de pacientes

Sinais vitais, segundo a renomada Universidade Johns Hopkins¹, são as medições das funções mais básicas do corpo humano. Os quatro principais sinais vitais, segundo esta mesma instituição, que devem ser rotineiramente monitorados por médicos e equipes médicas, seriam: temperatura corporal, frequência cardíaca, frequência respiratória e pressão sanguínea. A coleta destes dados pode ser realizada em ambiente médico, em casa ou até mesmo em locais externos, auxiliando assim na detecção de problemas na saúde.

Os autores Elliott e Coventry (2012), apresentaram um estudo sobre os sinais vitais comumente monitorados em pacientes internados, nesse estudo foram indicados como sendo cinco sinais a serem monitorados, sendo eles:

- Temperatura corporal – representa o balanço entre o calor produzido e o calor perdido, conhecido também como termorregulação;
- Frequência cardíaca – definido como o ritmo observado de volume de sangue movimentado em uma artéria, movimento produzido pela contração e relaxamento do coração;
- Pressão arterial – reflete à pressão exercida pelo sangue contra a parede as paredes das artérias;
- Frequência respiratória – definido como o número de respirações ou número de movimentos que inspirações e expirações por minuto;
- Saturação de oxigênio – mensuram quanto a quantidade de oxigênio que está sendo transportada pela corrente sanguínea.

Entretanto, os autores indicam para a necessidade de aplicar melhorias neste monitoramento, no caso, incluir o acompanhamento de outros três sinais vitais, sendo eles (ELLIOT; COVENTRY, 2012):

- Tipo, localização e nível de dor – avaliação junto ao paciente quanto ao tipo, a localização e o nível de dor que o mesmo está passando;

¹http://www.hopkinsmedicine.org/healthlibrary/conditions/cardiovascular_diseases/vital_signs_body_temperature_pulse_rate_respiration_rate_blood_pressure_85,P00866/

- Nível de consciência – mensuração quanto ao nível consciência e cognição do paciente. A falta de algum destes pode indicar a piora no estado de saúde ou mesmo um novo sintoma quanto a sua saúde;
- Urina – reflete diretamente sobre o estado e o funcionamento dos rins dos pacientes. Não é um indicador absoluto quanto a insuficiência renal, porém, é um indicador de que existe um desequilíbrio.

A inclusão destes se motiva pelos maiores e melhores conhecimentos sobre a medicina e pelo fato de que os pacientes internados estão mais doentes que no passado, o que exige das equipes médicas um melhor monitoramento sobre os seus pacientes (ELLIOT; COVENTRY, 2012). A interpretação destes dados é de vital importância na determinação no estado de saúde e no nível de cuidados que um paciente necessita, proporcionando tratamento e prevenção na deterioração da saúde do mesmo. Médicos e equipe médica, não só devem saber como medir esses sinais vitais com precisão, como eles também devem saber como interpretar e agir sobre eles (ELLIOT; COVENTRY, 2012).

Além de considerar novos sinais vitais para a avaliação e monitoramento da saúde de pacientes, também é preciso avaliar novas formas de monitoramento dos mesmos. Diversos são as possíveis novas abordagens tecnológicas de monitoramento dos pacientes, porém antes se faz necessária a compreensão sobre os conceitos que formam a base dessas novas abordagens.

2.2 Computação Ubíqua, Computação Móvel e Internet das Coisas

Computação Ubíqua pode ser definida pelas palavras de seu criador, “as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se integram ao cotidiano das pessoas, até se tornarem indistinguíveis do mesmo” (WEISER, 1991), ou seja, a computação ubíqua busca transformar a interação entre o ambiente, o usuário e a tecnologia de forma invisível ou ainda o mais natural possível. Mark Weiser (1991) ainda vislumbrou que no futuro, os computadores ou ainda a tecnologia estaria presente em objetos comuns – através de microprocessadores e sensores –, como etiquetas de roupas, xícaras e canetas. Ou seja, disponibilizar recursos para que os objetos passam a ter “ciência”, como por exemplo: o que ele é, onde ele está, o que ou quem está perto (FRIEDEWALD; RAABE, 2011). A expectativa é de que a computação ubíqua se integre em todas as camadas da sociedade, desde: pessoal e profissional; infraestrutura pública e particular; e também no campo da saúde (FRIEDEWALD; RAABE, 2011).

Computação Móvel pode ser definida como “informação nas pontas dos dedos a qualquer momento e de qualquer lugar” (SATYANARAYANAN, 2010). Esse paradigma busca o desenvolvimento de dispositivos móveis com maior capacidade de processamento, de maior mobilidade e com comunicação sem fio, permitindo assim o acesso a mais recursos, a mais funcionalidades e ainda o acesso à informação em qualquer horário e local (SATYANARAYANAN, 2010). A computação móvel também vem sendo aplicada na área da saúde, trabalho como o de Brandenburg et al. (2013), onde utiliza os dispositivos móveis para o tratamento de Afasia.

A Internet das Coisas é um recente paradigma que vem conquistando espaço no cenário da comunicação sem fio (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). O conceito básico está aplicação de recursos computacionais em objetos físicos comuns (eletrodomésticos, elevadores, pontos de ônibus, ...) e na construção de uma rede que engloba a comunicação entre estes objetos, com outros dispositivos e seus utilizadores. Tal paradigma oferece novas

possibilidades de aplicações e serviços, nas mais diversas áreas, como (MIORANDI et al., 2012): transportes, comércio, indústria e até mesmo saúde. Logo, gerando elevado impacto sobre vários aspectos do comportamento de seus utilizadores. Ainda existem muitas questões desafiadoras que precisam ser abordadas, principalmente nos aspectos das tecnologias para suporte - recursos computacionais, fonte de energia e segurança - e dos aspectos sociais – privacidade (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Os conceitos de computação móvel, computação ubíqua e IoT, podem ser replicados para as mais diversas áreas, como por exemplo: a Saúde e a Medicina. Esta replicação em particular, na Saúde e na Medicina, é um dos pilares para o desenvolvimento dos Cuidados Ubíquos.

2.3 Cuidados Ubíquos

Países desenvolvidos enfrentam grandes problemas quanto a sustentar, economicamente, programas de cuidados da saúde devido aos gastos aplicados em hospitalizações e instituições médicas (VISWANATHAN; CHEN; POMPILI, 2012). Países em desenvolvimento, sofrem com o problema de quantidade de médico por pacientes, onde locais mais distantes dos grandes centros urbanos, acabam por não receberem ou receberem atendimentos fora do esperado (VISWANATHAN; CHEN; POMPILI, 2012). Outro aspecto a ser enfrentado seria referente aos cuidados ou monitoramento de pacientes idosos e pacientes com doenças crônicas, tal necessidade se dá para que estes pacientes tenham uma qualidade de vida melhor, aumentando assim a expectativa de vida da população (HE; FAN; LI, 2013). Computação ubíqua e móvel, surgem como provedoras de conceitos e de recursos tecnológicos, cunhando assim o termo Cuidados Ubíquos.

Cuidados ubíquos surgem com a intenção aumentar a eficiência, a acuracidade e a disponibilidade de tratamentos médicos (GELOGO; KIM, 2013). Uma das abordagens de cuidados ubíquos seria o monitoramento de pacientes, que possibilita que hospitais e médicos tenham conhecimento sobre sinais vitais de seus pacientes no decorrer do dia (GELOGO; KIM, 2013). Tal conhecimento permite: acompanhamento de pacientes crônicos, idosos, pacientes de risco ou mesmo pacientes sem risco eminente; um melhor entendimento sobre o andamento de tratamentos médicos; e aplicação de diagnósticos mais acurados e eficientes (VISWANATHAN; CHEN; POMPILI, 2012) (GELOGO; KIM, 2013). Os cuidados ubíquos, além de disponibilizarem mais dados e informações aos hospitais e médicos, possibilitam que o próprio paciente tenha melhor conhecimento sobre a sua saúde, verificando variações e degradações em seus sinais vitais, servindo assim como um indicador, para que o mesmo tenha maiores e melhores cuidados com a sua saúde.

Entretanto, para de fato aplicar o conceito de cuidados ubíquos são necessários alguns recursos, sendo eles: dispositivos móveis e dispositivos vestíveis. Tais recursos permitem a coleta de dados (sinais vitais, localização, atividade, dentre outras informações referentes ao paciente), assim como o processamento e envio destes dados. Ambos os recursos serão apresentados nas subseções seguintes.

2.3.1 Dispositivos móveis em apoio aos Cuidados Ubíquos

Os cuidados ubíquos surgem como um novo paradigma para apoio a Medicina e aos cuidados médicos. No entanto, este novo paradigma requer processamento em tempo real dos sinais vitais dos pacientes e análise das informações processadas (localização, condições

ambientais, atividade física atual) para extrair o conhecimento sobre o estado de saúde dos pacientes. Dessa forma, o uso de dispositivos móveis se torna o mais indicado para suprir tal demanda (VISWANATHAN; CHEN; POMPILI, 2012).

O uso de dispositivos móveis por profissionais de saúde tem modificado a prática clínica em muitos aspectos, tornando-se mais comuns nestes ambientes, levando a um crescimento rápido no desenvolvimento de aplicações de software médicas para as plataformas de dispositivos móveis. Inúmeros aplicativos já estão disponíveis para consumo, com o intuito de auxiliar os profissionais de saúde com diversas tarefas, tais como: manutenção de registros de saúde; comunicações e consultoria médica; monitoramento do paciente; tomada de decisão clínica; educação e treinamento médico; maior precisão e eficiência nos diagnósticos (VENTOLA, 2014). Apesar dos benefícios que eles oferecem, alguns aspectos devem ser analisados como, definição de padrões e a validação sobre os dados coletados, para então garantir o uso adequado dessas ferramentas e integrando cada vez mais aplicações a prática médica. Estas medidas irão dificultar a entrada de aplicações descaracterizadas ou fora dos padrões, aumentando a qualidade e segurança dos aplicativos atualmente disponíveis para uso dos profissionais de saúde (VENTOLA, 2014).

2.3.2 Dispositivos vestíveis em apoio aos Cuidados Ubíquos

Os dispositivos vestíveis estão cada vez mais presentes em nosso dia-a-dia, braceletes inteligentes que acompanham nossas atividades, indicando quantidade de passos e até mesmo quantidade de calorias consumidas, ou mesmos relógios capazes de capturar a temperatura e a frequência cardíaca de seu usuário (REBOLLEDO-NANDI et al., 2015). Além de atuação no registro dos sinais vitais e de outros dados do utilizador, percebe-se a aplicação destes recursos como facilitadores na mudança de comportamento das pessoas, com relação a cuidados com a saúde (PATEL; ASCH; VOLPP, 2015). Por meio dos dispositivos vestíveis, podem ser desenvolvidos alertas, controles e monitoramentos que incentivem a pessoa na realização de atividades, numa melhor alimentação ou mesmo melhores hábitos referentes a saúde (PATEL; ASCH; VOLPP, 2015).

Porém, para que os dispositivos vestíveis sejam amplamente utilizados, existem algumas barreiras a serem transpassadas. A primeira barreira, seria referente aos altos valores para a aquisição de um dispositivo vestível (REBOLLEDO-NANDI et al., 2015). Atualmente o mercado dispõe de poucas soluções, e em sua maioria voltadas para a prática de esportes. É preciso então, desenvolver novas soluções voltadas para o consumidor comum, com preços mais atrativos (PATEL; ASCH; VOLPP, 2015). A segunda barreira, seria referente a percepção do consumidor quanto a necessidade em se adquirir um dispositivo vestível. Esportistas e entusiastas do esporte percebem a validade em se investir em um dispositivo vestível, entendem do ganho em se ter monitorada as suas atividades. Da mesma forma é preciso criar essa percepção desta necessidade, em se utilizar dispositivos vestíveis, no consumidor comum, de que com a utilização deste recurso se tem um monitoramento diário sobre as suas atividades e sobre o seu estado de saúde (PATEL; ASCH; VOLPP, 2015). A terceira barreira, se refere ao engajamento na utilização do dispositivo vestível, ou seja, é preciso manter o consumidor engajado e motivado na utilização do recurso (PATEL; ASCH; VOLPP, 2015). Desta forma, é preciso: desenvolver novas soluções de dispositivos vestíveis com valor de aquisição mais atrativo, desenvolver a percepção de necessidade ou ainda de relevância em se utilizar dispositivos vestíveis e por fim, manter o consumidor engajado e motivado para não deixar de utilizar o recurso. Ou seja, tem-se três barreiras desafiadoras para que os dispositivos vestíveis sejam amplamente utilizados.

Outro aspecto a ser avaliado em relação aos cuidados ubíquos seria a análise dos dados coletados. Apenas a coleta e apresentação dos dados coletados, não agrega o suficiente ao conceito. Desta forma, a aplicação de uma camada de inteligência sobre estes dados se faz necessária.

2.4 Ciência de Situação na Saúde

A ciência da situação (*Situation Awareness*) foi definida por Endsley (1995) como a percepção dos elementos de um ambiente dentro de um período de tempo, como a compreensão sobre o significado dos mesmos e assim como a projeção de seus estados em um futuro próximo. Anagnostopoulos et al. (2007) definiu a ciência de situação como um tipo particular de ciência de contexto, onde as situações são percebidas como contextos logicamente agregados. Originalmente utilizada por profissionais da aviação, logo em seguida se espalhou para outros seguimentos como (ENDSLEY, 2015): militar, meteorologia e energia.

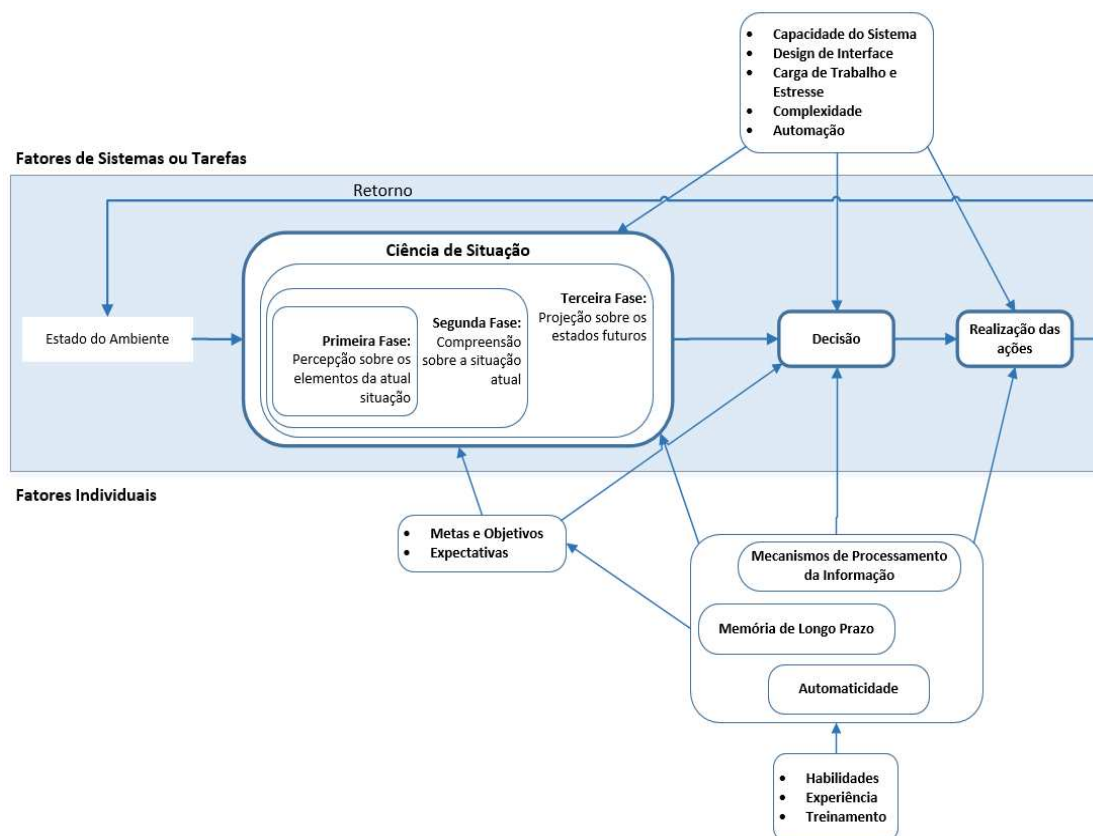
Elementos, segundo Endsley (1995), são: atributos, aspectos, dados e informações que são relevantes para a percepção e o entendimento sobre o meio observado. A definição dos elementos varia conforme o meio observado ou a temática ou mesmo o objetivo a ser alcançado. Considerar apenas um conjunto de elementos não representa o necessário para então determinar a situação em que o usuário se encontra, são necessários diversos conjuntos de elementos distintos. Endsley (2015), apresentou alguns exemplos de elementos, conforme a fase da ciência de situação:

- Primeira fase: localização, altitude e destino próprio e de outras aeronaves; falhas e degradações da aeronave e do sistema;
- Segunda fase: tempo e distância a ser percorrida com o combustível disponível; impacto do mal funcionamento da aeronave na performance da mesma;
- Terceira fase: projeção de desvios no cronograma; projeção da trajetória própria e de outras aeronaves.

Endsley (1995) descreve o processo de análise da situação, conforme Figura 1, possuindo três fases: Percepção sobre os elementos da atual situação – primeira fase –, Compreensão sobre a situação atual – segunda fase – e Projeção sobre estados futuros – terceira fase. 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, esta fase vai além da simples aquisição da ciência sobre os elementos, busca-se atingir o entendimento sobre o significado dos elementos em relação a 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. Estas projeções e predições são recursos valiosos nas tomadas de decisões.

A ciência de situação vem sendo empregada em diversas aplicações de áreas da saúde, tais como: monitoramento de pacientes com problemas cardiológicos (DA ROCHA; DA ROSA; RIGHI, 2015), monitoramento de pacientes anestesiados (FIORATOU et al., 2010), apoio a decisão em diagnósticos de pacientes (SINGH et al., 2012), dentre outras. Aplicações como a de Singh et al. (2012), buscam através do uso da ciência de situação reduzir os erros em diagnósticos médicos, tornando-os mais assertivos, evitando readmissões hospitalares ou mesmo atraso em tratamentos médicos. O modelo de Singh et al. (2012) inclusive propõe uma adaptação ao proposto por Endsley (1995), conforme Figura 2, com a inclusão de uma quarta

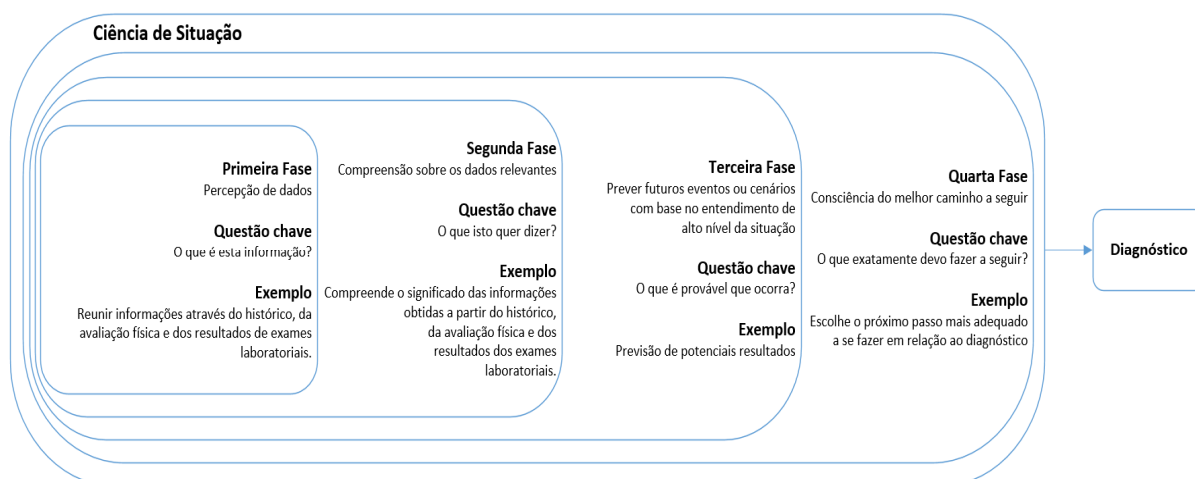
Figura 1: Modelo de Decisão da Ciência de Situação



Fonte: Traduzido livremente de (ENDSLEY, 1995)

nova fase, que então irá indicar o melhor tratamento a ser aplicado levando em consideração o que foi percebido, compreendido e projetado pelas fases anteriores. A replicação de um conceito originado para profissionais da aviação na saúde, ocorreu pelo fato de que ambos os setores lidam com informações e sistemas com características complexas e dinâmicas, que demandam um nível de assertividade elevado em suas decisões. Porém, para obter níveis elevados de assertividade, indiferente a área de aplicação, devem ser construídas Regras de Situação coesas com o objetivo a ser alcançado. Tal conceito será apresentado na próxima subseção.

Figura 2: Modelo adaptado da Ciência de Situação



Fonte: Traduzido livremente de (SINGH et al, 2012)

2.4.1 Regras de determinação de ação e situação

Anagnostopoulos et al. (2007) indica que para as aplicações que utilizam da ciência da situação proverem informações apropriadas ou realizar tarefas de forma ubíqua, são necessárias a utilização de dois tipos distintos de regras, sendo elas:

- Regra de determinação da situação – modelam o conhecimento, podendo utilizar diferentes bases de conhecimento. Necessário para que o sistema possa inferir sobre a situação atual do usuário. Como resultado, trazem a conclusão ou classificação da situação do usuário.
- Regra de determinação de ação – podem acionar ações ou tarefas específicas, conforme a situação atual do usuário. Para tal definição, o sistema deve levar em consideração o grau de certeza sobre a situação. São três, os tipos de possibilidades de ocorrência de ação: não tomar nenhuma ação, quando o sistema não está certo sobre a situação do usuário; agir, quando o sistema deve realizar determinada ação ou tarefa; e avisar, quando o sistema não tem absoluta certeza sobre a situação, desta forma apenas relata que determinada situação ocorreu.

Conforme apresentado anteriormente, a ciência de situação utiliza de diversos tipos dados, coletados de diferentes fontes, para então compreender atual situação e projetar possíveis futuros estados. Tais inferências movimentam uma grande quantidade de dados e informações, desta forma a padronização destas é aspecto importante a ser considerado, tendo em vista possíveis integrações com outras soluções. Sendo assim, se faz importante uma referência acerca da padronização das informações, uma solução voltada para a padronização do conhecimento referente a saúde é o openEHR.

2.5 openEHR

Plataforma aberta que tem como objetivo prover meios de organizar os dados físicos de pacientes – prontuários – para formato eletrônico e ainda garantir a interoperabilidade entre as formas de dados eletrônicos. Seu principal foco de esforço está na padronização dos registros eletrônicos de saúde² (*Electronic Health Record* ou EHR) (BEALE et al., 2005). Os EHR apresentam uma série de grandes desafios, porém destacam-se dois, a interoperabilidade entre diferentes soluções e escalabilidade da padronização.

A abordagem aplicada no openEHR é de multi-nível, em uma arquitetura de software orientada a serviços. Possui quatro níveis, sendo eles: modelo de referência, arquétipos, *templates* e artefatos (KALRA; BEALE; HEARD, 2005). O primeiro nível seria o modelo de referência, que define as estruturas lógicas de EHR. Todos os dados de EHR, em qualquer sistema openEHR, devem obedecer este modelo de referência. A Fundação openEHR fornece a especificação do modelo de referência, que é uma definição formal e lógica da informação (BEALE et al., 2006). O próximo nível, é descrito como uma estrutura completa sobre um determinando conceito clínico, chamada de arquétipo. Realizando assim, o detalhamento sobre cada conceito, indicando os dados e também a sua unidade de medição padrão referente ao mesmo, por exemplo: temperatura corporal, pressão arterial, entre outros (LESLIE et al., 2008). A biblioteca internacional de arquétipos openEHR contém, atualmente, cerca de 500

² Repositório de dados do paciente em formato digital, armazenados e trocados de forma segura e acessível por vários usuários autorizados (HÄYRINEN; SARANTO; NYKÄNEN, 2008).

arquétipos, eliminando assim a necessidade de modelar os mesmos conceitos mais de uma vez (OPENEHR, 2016a). A sua abordagem também permite fazer uso de terminologias de saúde externos, como SNOMED CT³ e LOINC⁴ no processo de modelagem (OPENEHR, 2016a). A Fundação openEHR fornece a especificação do modelo de arquétipo e também ferramentas para a sua criação e edição. A utilização de um ou a combinação de mais arquétipos com contexto específico é o próximo nível, chamado *template*. Todos os sistemas openEHR são construídos com *templates*, que podem conter todos ou alguns campos que são relevantes, sendo de um ou de vários arquétipos (LESLIE et al., 2008). Em sua modelagem, são mantidos os caminhos dos arquétipos que são por ele utilizados, mesmo dentro de estruturas de profundidade variável. Os *templates* são normalmente desenvolvidos por implementadores locais, para soluções específicas, porém, também é possível construir um *template* padrão para uma cidade ou até mesmo um país, por exemplo, um resumo de altas médicas (BEALE et al., 2006). As ferramentas para a construção edição destes *templates*, também são fornecidos pela Fundação openEHR. O último nível, os artefatos, são as soluções ou softwares desenvolvidos com a integração ao openEHR. A vantagem desta abordagem seria de que o artefato está desvinculado dos arquétipos e dos *templates*, isentando o desenvolvedor sob a responsabilidade pelo conhecimento especialista (BEALE et al., 2006). Devido à natureza de consumidor dos artefatos, caso aja atualização ou manutenção no arquétipo ou no *template*, não há necessidade de correção no artefato, ou seja, removendo novamente a responsabilidade do desenvolvedor da solução (BEALE et al., 2006).

O principal resultado obtido com a abordagem openEHR são sistemas e ferramentas que possam computar as informações de saúde em um nível semântico, permitindo funções de apoio à decisão e de pesquisa (LESLIE et al., 2008). E pela sua própria abordagem de arquitetura - multi-nível e orientada a serviços - permite uma adaptação e manutenção a novas exigências de maneira mais acessível (BEALE et al., 2006).

Componentes e sistemas em conformidade com openEHR são "abertos", em termos de dados, modelos e APIs. Eles compartilham a inovação em relação a adaptabilidade, devido ao fato de que os arquétipos são externos a solução (BEALE et al., 2006). Os arquétipos estão sob vigência do padrão ISO (ISO 13606-2) (OPENEHR, 2016b). Estes estão sendo utilizado por diversos governos nacionais para especificar normas nacionais de informação referentes a saúde, países como (SITE): Austrália, Brasil, Chile, Dinamarca, Holanda, Nova Zelândia, Eslováquia, Eslovênia, Suécia e Reino Unido, utilizam a plataforma openEHR. De forma estratégica, o openEHR se posiciona como uma plataforma para softwares da área da saúde, disponibilizando fornecedores e desenvolvedores de *back-end* e *front-end* modelos de informações, modelos de conteúdo, terminologias e interfaces de serviços, sendo todos estes padronizados.

Além da padronização das soluções e dos dados movimentados, também é preciso se preocupar quanto ao modo em que as soluções raciocinam ou avaliam quanto a saúde do paciente.

2.6 Lógica Difusa

A lógica Difusa (*Fuzzy Logic*), também conhecida como lógica nebulosa, onde diferente do raciocínio booleano, onde o valor verdade pode assumir apenas dois valores – verdadeiro (1) ou falso (0) –, a lógica difusa utiliza valores verdade expressos

³ Conjunto de padrões utilizados pelo Governo dos EUA para o compartilhamento de informações clínicas de pacientes (CORNET, 2009).

⁴ Conjunto de identificadores, nomes e códigos de observações clínicas e laboratoriais (BAKKEN et al., 2000).

linguisticamente, por exemplo: cheio, muito cheio, pouco cheio, vazio, muito vazio, dentre outros. Onde cada termo linguístico representa um subconjunto difusa de um intervalo unitário contido entre zero (não pertence ao conjunto) e um (pertence completamente ao conjunto) (ZADEH, 1988). Problemas que apresentam um grande grau de incerteza necessitam para a sua solução a utilização de um modelo matemático que contemple estas especificidades e não desconsidere aspectos que possam ser ignorados na aplicação de lógicas tradicionais. Para estes, a lógica difusa é amplamente recomendada, pois disponibiliza um modelo capaz de combinar a imprecisão de eventos naturais com o poder computacional das máquinas produzindo assim sistemas de respostas inteligentes (COX, 1994). Se tornou conhecida a partir da publicação do artigo do professor Lofti Zadeh (1965), “*Fuzzy Sets no journal Information and Control*”. Entretanto, este conceito já existia, o polonês Jan Luasiewicz utilizando dos princípios da incerteza, apresentou noções iniciais da lógica, onde se admitia conjunto de valores não precisos (COX, 1994).

O raciocínio da lógica difusa se assemelha ao do humano, baseia-se em aproximações, incertezas e suposições (COX, 1994). A utilização de expressões linguísticas facilita na especificação das regras, pois, se assemelha a linguagem natural. Em proveito disso, possibilita a simplificação na aquisição das informações dos especialistas para a construção da base de conhecimento e por consequência também permite a rápida prototipação de sistemas difusa (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995).

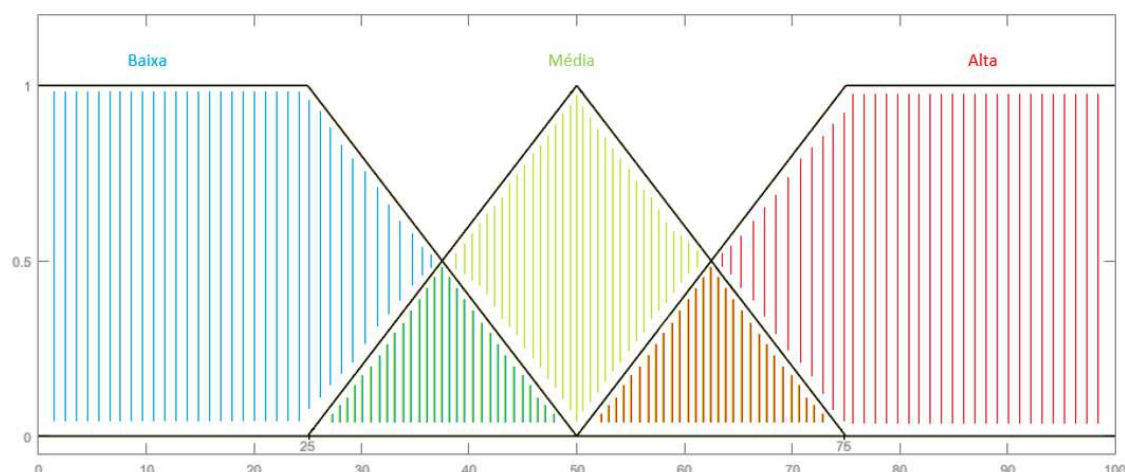
A lógica difusa possui três operações básicas – Difusificação, Inferência e Dedifusificação – seguindo o fluxo apresentado pela Figura 3. O primeiro processo, de Difusificação, engloba a análise do problema e dos dados de entrada, definição das variáveis e a definição dos graus de pertinência das variáveis, tendo como resultado a transformação dos dados de entrada em variáveis linguísticas (ZADEH, 1988). Nesta etapa, todos os dados de imprecisão e incerteza devem ser considerados e transformados em variáveis linguísticas. Após análise do problema e dos dados de entradas, tem-se ciência sobre os possíveis termos primários (alta, baixa, frio, quente, rápido, devagar, ...), seus conectivos lógicos (não, e, ou, mas, porém, ...) e seus modificadores (muito, pouco, levemente, extremamente, ...). Por fim, são definidos os graus de pertinência dos possíveis valores de cada variável. Estas definições variam de acordo com a temática de cada variável, e para a definição das regiões de pertinência são necessários conhecimentos do especialista e ou mesmo de referências certificadas (COX, 1994). A Figura 4 apresenta um gráfico onde são definidas as regiões de pertinência para a temperatura da água.

Figura 3: Fluxo operações da Lógica Difusa



Fonte: Elaborador pelo autor.

Figura 4. Regiões Pertinência Temperatura Água



Fonte: Elaborador pelo autor.

O segundo processo, de Inferência, considera as variáveis linguísticas criadas pelo processo anterior, estas serão utilizadas para a criação das Regras de Inferência. Assim, como na transformação das variáveis linguísticas, na criação das regras também requer o apoio de especialistas e ou mesmo referências certificadas, pois, estas representam o significado das variáveis em relação ao problema, assim como as associações entre as variáveis (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995). Existem dois modelos de regras: as condicionais, exemplo: SE temperatura água ESTÁ alta ENTÃO chimarrão ESTÁ pronto (SE x É ou ESTÁ y ENTÃO a É ou ESTÁ b); e as não condicionais, exemplo: alta É perigo (x É ou ESTÁ y). As regras são avaliadas sob dois passos: a agregação, que avalia a parte “SE” da regra, definindo a sua validade; e a composição, que define o resultado obtido, o “ENTÃO” após realização da inferência (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995).

E o último processo, Defusificação, realização a conversão dos resultados obtidos pela lógica difusa, ou seja, traduz os valores linguísticos em números reais. Realizando a ponderação entre os resultados obtidos pelas regras e atribui à saída um número (ZADEH, 1996). Este número irá retornar qual será a ação mais pertinente a ser realizada: “produzir” ou “não produzir” e seus respectivos percentuais. Três são as técnicas mais utilizadas, sendo elas: centroide, o valor de saída é o centro da gravidade do conjunto de saída; primeiro dos máximos, encontra o primeiro ponto que tem o maior grau de pertinência inferido pelas regras; e média dos máximos, retorna o ponto médio entre os valores que tem o maior grau de pertinência inferido pelas regras (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995).

Tendo em consideração a adaptabilidade e a proximidade com problemas do mundo real a lógica difusa foi crescendo com o passar dos anos. Durante a década de 80, teve-se um incremento em sua utilização, tendo o Japão como um dos principais utilizadores (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995). A lógica difusa pode ser percebida nas mais distintas áreas, tais como: controle de fluxo de caixa, análise de risco, controle de estoques, avaliações, controle de qualidade entre outros, ganhando maior espaço atualmente em otimizações e automação industrial devido sua facilidade de retratar a lógica da racionalidade humana ao resolver problemas (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995).

A lógica difusa disponibiliza aos seus utilizadores um excelente raciocinador, tendo grande assertividade em suas inferências. Entretanto, para permitir a realização e também possuir um nível alto de assertividade destas inferências, deve-se construir uma Bases de Conhecimento.

2.7 Bases de Conhecimento

Bases de Conhecimento são repositórios de informações disponíveis sobre um domínio particular – automóveis, esportes, filmes, saúde – sendo então utilizados por Sistemas Especialistas⁵. A base de conhecimento consiste de representações simbólicas sobre atributos, conceitos, definições, ideias, fatos, propriedades e relações de um determinado domínio (ADELI, 2003). Por se tratar de uma abordagem referente a Inteligência Artificial, tem-se o uso de representações e manipulações simbólicas e também de processos qualitativos (ADELI, 2003). A construção da base é fortemente suportada por especialistas na área do domínio da base – advogados, engenheiros, médicos. Sendo assim, a cooperação e dedicação destes está fortemente ligada ao sucesso de construção desta base. Além destes profissionais, fontes certificadas e também engenheiros do conhecimento são recursos para a construção de bases de conhecimento (ADELI, 2003). A base de conhecimento é futuramente utilizada pela Máquina de Inferência, que então analisa o conhecimento e realiza inferências a partir destes. O conhecimento contido nas bases, podem também ser gradualmente e de forma incremental desenvolvidos ao longo de sua utilização, devido ao fato de que as bases são construídas em módulos separados da máquina de inferência (ENGELMORE, 1987). Tal modularidade permite que o mesmo conhecimento, ou seja a mesma base de conhecimento, pode ser usado em diferentes problemas, utilizando então diferentes mecanismos de inferência.

Ainda, nas bases de conhecimento existem mais descrições que dados, ou seja, a informação está associada à função de interpretação existente no sistema, os fatos e regras estão organizados em unidades que facilitam a inferência de novos fatos. Seguem abaixo, algumas vantagens na utilização de bases de conhecimentos – e de sistemas especialistas – em relação ao conhecimento dos especialistas (ADELI, 2003):

- Uma vez construída a base, o conhecimento se torna permanente;
- O conhecimento se torna facilmente replicável;
- O conhecimento é representado de forma explícita, podendo até mesmo ser avaliado;
- Base de conhecimento é consistente, diferente dos especialistas humanos que podem variar facilmente.

Existem muitos métodos para descrever o conhecimento e para cada situação haverá uma forma mais ou menos adequada para representa-lo (VAN HARMELEN; LIFSCHITZ; PORTER, 2008). O responsável ou a equipe responsável deve estruturar cuidadosamente como o conhecimento do sistema será descrito e representado. Abaixo dois desses métodos que utilizam da semântica (VAN HARMELEN; LIFSCHITZ; PORTER, 2008):

- Redes Semânticas, que descrevem sobre relacionamentos entre objetos, conceitos ou situações de um determinado domínio;
- Frames são úteis para o tipo de problema que requer conjuntos de informações a serem coletadas;

Entretanto a aquisição de conhecimento é um gargalo bem conhecido no desenvolvimento de bases de conhecimento (ENGELMORE, 1987). Existindo dois grandes problemas (ENGELMORE, 1987): o primeiro deles está no processo demorado que é estudar

⁵ Sistemas que simulam o raciocínio de um especialista de um determinado domínio. Utilizando das regras contidas em suas bases de conhecimento, para então inferir sobre determinadas entradas (ADELI, 2003).

e processar diversos pedaços de conhecimento e inseri-los em uma base de conhecimento. Processo esse feito ainda de forma bem próxima o a manual, sendo “visitado” um pedaço de conhecimento a cada vez. Além disso, devem ser feitas visitas constantes, a fim de verificar se não está faltando algo no conhecimento adquirido; o segundo problema é que as bases de conhecimento possuem uma estrutura específica, ou seja, os objetos na base de conhecimento têm inter-relações particulares que podem refletir, conforme forem estruturadas, na resolução do problema, ou pelo menos para resolver o problema de forma eficiente. Desta forma a construção e definição da estrutura é uma atividade de projeto que exige criatividade e um alto grau de conhecimento sobre o domínio a ser estruturados, exigindo assim apoio de engenheiros de conhecimento experientes para construir sistemas de conhecimento.

Tendo em vista o apresentado anteriormente, existem novas abordagens quanto a utilização de bases conhecimento, uma delas está na utilização combinada com a Lógica Difusa. Desta forma, construindo bases de conhecimentos considerando a incerteza e a imprecisão. Outro aspecto a ser abordado, seria sobre as bases de conhecimentos médicos.

2.7.1 Uso de Bases de conhecimento combinado com a Lógica Difusa

As abordagens convencionais para a representação do conhecimento são baseadas na lógica bivalente, ou seja, com valor verdade variando entre verdadeiro e falso (YAGER; ZADEH, 2012). Sendo está, utilização da bivalência, uma deficiência destas abordagens, sendo incapazes de trabalhar com a incerteza e a imprecisão. Desta forma, as abordagens tradicionais não disponibilizam um modelo adequado para os modos de raciocínio que são aproximados, em vez do exato (YAGER; ZADEH, 2012). A lógica difusa fornece uma estrutura conceitual eficaz para lidar com o problema da representação do conhecimento em abordagens de incerteza e de imprecisão.

De modo geral, uma base de conhecimento pode ser vista como uma série de proposições. Para constituir o conhecimento, a proposição deve ser compreendida, desta forma, significado e conhecimento estão fortemente relacionados (YAGER; ZADEH, 2012). Na lógica difusa, o conhecimento é representado através das Regras de Inferências. Ao fornecer uma estrutura computacional capaz de lidar com a incerteza e com a imprecisão, alcança-se um nível elevado em relação ao poder de expressão do conhecimento. Permitindo assim a base de conhecimento representação através de uma variedade muito maior de proposições, utilizando a linguagem natural (YAGER; ZADEH, 2012). A importância desta possibilidade, está no fato de que existem muitas aplicações do mundo real que se encaixam nessas condições – incerteza e imprecisão –, especialmente em soluções para a tomada de decisão e controle.

Bases de conhecimento podem ser construídas sobre os mais distintos temas, um destes seria sobre os conhecimentos médicos.

2.7.2 Bases de Conhecimento Médicos

A base de conhecimento é a concentração de dados científicos e administrativos, dos quais podem ser utilizados na para a tomada de decisões (CARSON; DEUTSCH; LUDWIG, 2013). Em relação aos conhecimentos médicos, podem ser construídos com as mais diversas abordagens, como: o conhecimento da eficácia das estratégias de prevenção a um determinado tipo de doença. Bases de conhecimento médicos devem ser abrangentes, atualizadas, e fáceis de usar, a fim de abordar adequadamente as necessidades dos profissionais de saúde (HULSE,

2008). Aplicações avançadas de saúde exigem uma ampla variedade conhecimento, incluindo patologias e suas características; regras de interação entre medicamentos; orientações práticas e protocolos clínicos. Estes conhecimentos são utilizados para apoiar o de trabalho diário dos médicos e equipe médica, assim como promover a adoção das melhores práticas e estratégias (HULSE, 2008). Conseqüentemente apoiando na redução da incidência de erros médicos e melhorando a qualidade nos cuidados de saúde, refletindo até mesmo em redução de custos globais. O objetivo, em uma base de conhecimento médico, é recolher o conhecimento médico das fontes relevantes, sistematizá-lo e representá-la de uma forma que seja compreensível tanto para humanos quanto para computadores (ALEKSOVSKA-STOJKOVSKA; LOSKOVSKA, 2010). Há muitas metodologias diferentes para aquisição e representação do conhecimento médico. E para a construção de uma base de conhecimento, além dos responsáveis pelo conhecimento especialista – médicos, enfermeiros e técnicos em enfermagem – temos os engenheiros do conhecimento, que são os responsáveis por catalogar e organizar o conhecimento. Além destes recursos também são utilizados recursos bibliográficos para consulta de ambos os responsáveis (HULSE, 2008).

O domínio da saúde e das ciências biomédicas são únicos em comparação com outras áreas científicas, uma vez que grandes porções de seu conhecimento já estão estruturados em termos de terminologias controladas, sistemas de classificação e enciclopédias (SCHULZ; HAHN, 2001). Conforme a tarefa realizada – estatísticas, comunicação clínica, a contabilidade ou a indexação de documentos –, estes termos podem sofrer variações. Também a forma como o conhecimento é organizado difere entre os tipos heterogêneos de terminologias médicas, o *Unified Medical Language System* (UMLS), pode ser considerado como um dos maiores repositórios de termos, onde incorpora Metathesaurus, Semantic Network, SPECIALIST Lexicon e Lexical Tools (BODENREIDER, 2004). Seguem algumas indicações de sistemas especialistas que realizaram a construção de bases de conhecimentos médicos: INTERNIST-I/QMR, MYCIN, CASNET. Também alguns hospitais, universidades e sites especializados, disponibilizam informações e dados sobre patologias, seus sintomas e seus tratamentos, como o caso: Mayo Clinic⁶, John Hopkins⁷ e Medscape⁸.

Embora muitas das metodologias prometem fazer impacto significativo sobre a saúde no futuro, uma aceitação ampla na utilização de bases de conhecimento, sistemas especialistas médicos e sistemas de apoio a decisão médica ainda não foi alcançada, mesmo depois de meio século desde que foram introduzidas pela primeira vez (ALEKSOVSKA-STOJKOVSKA; LOSKOVSKA, 2010). As maiores dificuldades percebidas na construção das bases de conhecimentos médicos deve-se aos conjuntos de dados grandes, complexos e heterogêneos e ainda com constantes atualizações e em alguns casos qualidade variável (RODDICK; FULE; GRACO, 2003). A validação do conhecimento médico é outro aspecto que apresenta criticidade, pois, mesmo um erro mínimo na informação médica pode ocasionar em conseqüências fatais para o paciente. Por causa disso, técnicas de validação eficazes devem ser desenvolvidas para provar que a informação médica é precisa, completa e consistente (ALEKSOVSKA-STOJKOVSKA; LOSKOVSKA, 2010).

As bases de conhecimentos são recursos de extrema importância para o desenvolvimento de sistemas que utilizem inteligência artificial, para análise e compreensão sobre determinado evento. Entretanto, existem outras abordagens que também analisam e compreendem eventos e até mesmo podem identificar tendências e outros aspectos,

⁶ <http://www.mayoclinic.org/>

⁷ <http://www.hopkinsmedicine.org/>

⁸ <http://www.medscape.org/>

permitindo assim a predição sobre determinados dados, como as Redes Neurais Artificiais e as Séries Temporais de Dados.

2.8 Métodos de Predição de Dados

Nas subseções a seguir serão apresentados dois métodos de predição que serão utilizados no modelo SAC.

2.8.1 Redes Neurais Artificiais

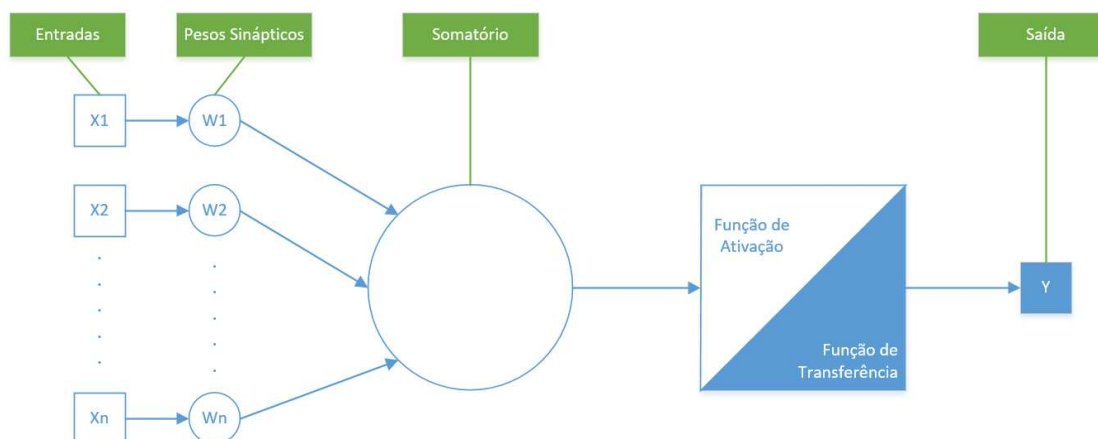
As Redes Neurais Artificiais (*Neural Artificial Network* ou RNA) são processos de informações tecnológicas inspiradas em estudos do cérebro e do sistema nervoso (TRIPPI; TURBAN, 1993) O primeiro trabalho sobre RNA foi apresentado por McCulloch e Pitts (1943), onde estudaram o comportamento do neurônio biológico, com o intuito de desenvolver um modelo matemático. As RNAs funcionam conceitualmente de forma similar ao cérebro humano, tentando reconhecer regularidades e padrões de dados, sendo capazes de aprender – através de algoritmos de aprendizado – com a experiência e fazer generalizações baseadas no seu conhecimento previamente acumulado.

Os neurônios artificiais, em RNAs, são estruturas lógico-matemáticas que buscam simular o comportamento de um neurônio biológico, a Figura 5 apresenta a estrutura desenvolvida, assim como o fluxo (AGATONOVIC-KUSTRIN; BERESFORD, 2000). Os dendritos⁹, nos neurônios artificiais, foram substituídos por entradas, onde cada neurônio pode receber até “n” entradas. Estas entradas podem ser ou novos dados recebidos por sensores ou mesmo saídas de outros neurônios encadeados. Pesos sinápticos simulam as sinapses¹⁰, onde são definidos graus de importância para determinada entrada referente a determinado neurônio (AGATONOVIC-KUSTRIN; BERESFORD, 2000). Após o recebimento das entradas, é realizada a ponderação destas com os seus respectivos pesos sinápticos e por fim é realizado um somatório destas ponderações, dando origem as entradas ponderadas. Em posse das entradas ponderadas tem-se a função de ativação, que decidirá o que será feito com o resultado da soma ponderada das entradas. Essa decisão tem efeito somente ao respectivo neurônio artificial (AGATONOVIC-KUSTRIN; BERESFORD, 2000). O próximo processo realizado pelo neurônio, é de verificar se as entradas ponderadas atingiram ou não um valor predeterminado, chamado de limiar. Se atingiu o limiar, o mesmo é repassado adiante através da saída. Caso contrário, se não atingiu, o sinal não será transferido (BARRETO, 2002). Esse processo de verificação é chamado de função de transferência, que também é conhecido como limiar lógico (AGATONOVIC-KUSTRIN; BERESFORD, 2000). A resposta final da rede ou das camadas subjacentes está diretamente ligada com o resultado obtido pela função de transferência (MITCHEL, 1997). Por isso, deve-se dar a devida atenção a este processo. O valor de saída do neurônio será produzido após a chamada da função de ativação, seguido pela função de transferência (AGATONOVIC-KUSTRIN; BERESFORD, 2000).

⁹ São prolongamentos geralmente muito ramificados e que atuam como receptores de estímulos (CONSENZA, 2000).

¹⁰ Região de passagem do impulso nervoso de um neurônio para a célula adjacente (CONSENZA, 2000).

Figura 5. Estrutura Neurônio Artificial



Fonte: Elaborador pelo autor.

O treinamento ou aprendizado aplicado na RNA reflete diretamente sobre as sinapses da rede. A capacidade da RNA de aprender é uma das qualidades mais importantes, pois, trata da habilidade de adaptação, de acordo com regras pré-definidas do seu ambiente, alterando assim o seu desempenho ao longo de sua utilização (MITCHEL, 1997). Este processo, aprendizagem, corresponde ao processo de ajuste dos parâmetros livres da rede, através da apresentação de estímulos ambientais, conhecidos como dados de entrada ou dados de treinamento (HASSOUN, 1995). De forma geral, o processo de aprendizagem segue o seguinte fluxo: primeiro o estímulo, segundo a adaptação e por fim o novo comportamento da rede. Os parâmetros livres correspondem apenas aos pesos sinápticos, ou seja, os valores atribuídos às conexões entre os neurônios da rede (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010). Os paradigmas de aprendizado que mais se destacam, são: aprendizado supervisionado utiliza uma referência precisa do que será ensinada a rede, sendo assim, a rede será capaz de medir a diferença entre seu comportamento atual e o comportamento de referência, e então corrigir os pesos de maneira a reduzir este erro; aprendizado não-supervisionado, pesos sinápticos da rede são modificados em função de critérios internos, tais como, por exemplo, a repetição de padrões de ativação em paralelo de vários neurônios, o comportamento resultante deste tipo de aprendizado é usualmente comparado com técnicas de análise de dados empregadas na estatística; e aprendizado por reforço, possui apenas indicações imprecisas sobre o comportamento final desejado (HASSOUN, 1995) (BARRETO, 2002).

Diversas são as formas de se construir uma RNA, devido ao fato de que ela deve ser arquitetada de acordo com o problema a ser solucionado (BARRETO, 2002). A arquitetura de uma RNA é composta basicamente por: quantidade de camadas, quantidade neurônios em cada camada e tipo de sinapses utilizadas. São três camadas em uma RNA: camada de entrada, camada intermediária (podendo ser nenhuma ou mais de uma camada) e uma camada de saída. Se destaca três tipos de arquitetura para RNA, sendo elas: redes *feedforward* de uma camada – modelo Adaline e Perceptrons –, redes *feedforward* de múltiplas camadas – Perceptron de Multicamadas –, redes recorrentes – Rede de Jordan e Rede de Elman – e estrutura reticulada – modelo de Hopfield (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010). A aplicação de redes neurais pode ser percebida em diversos segmentos como: reconhecimento e classificação de padrões, processamento de imagens, visão computacional, identificação e controle de sistemas, processamento de sinais, robótica, filtros contra ruídos eletrônicos, análise do mercado financeiro, controle de processos e entre outras (BARRETO, 2002).

2.8.2 Séries Temporais de Dados

Séries temporais de dados (STD) são conjuntos de observações sobre um determinado evento ou uma determinada variável, que então encontra-se ordenado em intervalos regulares de tempo (dia, mês, trimestre, ano, ...) (SHUNMWAY; STOFFER, 2010). A premissa principal de uma STD é de que há um sistema causal que possui uma constante, relacionado com o tempo, que exerceu influência sobre os dados no passado e pode continuar a fazê-lo no futuro. Este sistema causal costuma atuar criando padrões não aleatórios que podem ser detectados em um gráfico da série temporal, ou mediante algum outro processo estatístico (SHUNMWAY; STOFFER, 2010). O objetivo da análise de STD é identificar padrões não aleatórios de uma variável de interesse, e a observação deste comportamento passado pode permitir fazer previsões sobre o futuro, orientando a tomada de decisões (BROCKWELL; DAVIS, 2006). A aplicação de STD pode ser percebida nas mais diferentes áreas: economia, variações diárias de ações na bolsa de valores; social, número mensal de pessoas desempregadas; energia, consumo energia elétrica anual; e até mesmo na medicina, quantidade de pessoas que contrariam pneumonia no último semestre ou ainda o acompanhamento da pressão sanguínea, em casos de pacientes hipertensos (BROCKWELL; DAVIS, 2006).

Estudos apontam de que todas as séries temporais são compostas de quatro padrões (SHUNMWAY; STOFFER, 2010):

- Tendência – o comportamento de longo prazo da série, que pode ser causada pelo crescimento demográfico, ou mudança gradual de hábitos de consumo, ou qualquer outro aspecto que afete a variável no longo prazo;
- Variações cíclicas – flutuações nos valores da variável com duração superior a um ano, e que se repetem com certa periodicidade, que podem ser resultado de variações da economia como períodos de crescimento ou recessão, ou fenômenos climáticos;
- Variações de sazonais – flutuações nos valores da variável com duração inferior a um ano, e que se repetem todos os anos, geralmente em função das estações do ano;
- Variações irregulares – que são as flutuações inexplicáveis, resultado de fatos fortuitos e inesperados como catástrofes naturais, atentados, decisões intempestivas de governos, etc.

A seção a seguir comenta então sobre as considerações realizadas com relação ao que foi apresentado.

2.9 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos utilizados por este trabalho. Conceitos como computação móvel, computação ubíqua e internet das coisas, e os seus respectivos impactos na forma em como são desenvolvidas novas tecnologias e soluções; cuidados ubíquos e como podem auxiliar médicos nas tomadas de decisões e em melhores monitoramentos de pacientes; e principalmente, ciência de situação que através das suas três fases, que permitem perceber, compreender e até mesmo projetar futuros estados sobre determinada situação. Estes conceitos servem de referência para o desenvolvimento do modelo SAC. Também foi discutido o estudo realizado sobre os sinais vitais que são

monitorados dos pacientes e a necessidade de se utilizar os dados para um eficaz acompanhamento do estado de saúde dos pacientes. E por fim, foram descritas as abordagens técnicas que serão utilizadas para a representação da ciência de situação, através da lógica difusa, das RNAs e das STDs.

No capítulo seguinte serão apresentados os trabalhos relacionados, assim como a comparação entre eles, visando identificar lacunas para a contribuição científica.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta cinco modelos voltados aos cuidados ubíquos e ao uso de ciência de situação, a partir da captura de dados ou dos pacientes ou do ambiente. Um efetivo método foi utilizado para identificar estes modelos, a Revisão Sistemática, que requer uma maior quantidade de esforços do que as revisões tradicionais, porém provê uma ampla e maior quantidade de informações sobre um determinado fenômeno (KITCHENMAN, 2004). O capítulo se estrutura da seguinte forma: na primeira seção, são apresentadas as definições utilizadas na pesquisa, assim como a execução e resultado; na segunda seção, são analisados os Trabalhos Relacionados; na terceira, um comparativo sobre os Trabalhos Relacionados é exposto; e na última seção é então apresentada a contribuição científica que o modelo SAC vem propor.

3.1 Revisão Sistemática da Literatura

Para a realização da busca pelos Trabalhos Relacionados, foi então utilizada a técnica de Revisão Sistemática. A técnica foi aplicada com base nas recomendações apresentadas por Kitchenam (2004), a pesquisa foi realizada respeitando as seguintes etapas: definição da busca, execução da busca, extração das informações e análise dos resultados. A seguir são apresentadas a descrição das etapas de definição da busca e execução da busca. As etapas de extração das informações e de análise dos resultados são apresentadas, respectivamente, pelas seções referentes à análise e comparação dos trabalhos relacionados e na identificação das lacunas de pesquisa.

3.1.1 Definição da Busca

Tendo em vista o objetivo da pesquisa envolvendo diversos domínios (cuidados ubíquos, saúde ubíqua, ciência de contexto, ciência de situação, dispositivos vestíveis), foi escolhida como ferramenta de busca o Google Acadêmico¹¹. A justificativa da escolha pela ferramenta de busca Google Acadêmico, deve-se ao fato de que os artigos publicados em revistas reconhecidas cientificamente são encontrados por esta ferramenta, e também por possibilitar a busca por artigos publicados em outros repositórios digitais, tornando assim possível a busca em diversos meios e domínios de publicações online.

Para a busca foram definidos aspectos de Inclusão e de Exclusão, em relação aos resultados obtidos. Os artigos selecionados se enquadraram nos seguintes critérios: (a). Escritos na língua Inglesa e Portuguesa; (b). Publicados entre 2010 e 2016, artigos anteriores foram considerados obsoletos; (c). Descrevendo as etapas ou passos utilizados no processo de cuidados ubíquos com o apoio da ciência de situação. E os motivos da exclusão de artigos, foram os seguintes: (a). Mostra apenas pesquisas sobre cuidados ubíquos e ciência de situação e não como foram desenvolvidos; (b). Processos descritos superficialmente, sem apresentar detalhes ou profundidade em suas etapas.

A terminologia para a busca, utilizou a seguinte combinação de termos: ("situation awareness" OR "situation aware") AND wearable AND (healthcare OR "health care") AND

¹¹ <http://scholar.google.com.br>

(monitoring **OR** sensing) **AND** (method **OR** methodology **OR** approach **OR** framework **OR** process **OR** model) **AND** (design **OR** implementation **OR** development **OR** creation).

A busca foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, buscou-se a seleção dos artigos e trabalhos a partir dos títulos e *abstracts*. Na segunda etapa, foram identificados entre os artigos selecionados os que realmente apresentavam as definições de cuidados ubíquos e os processos de ciência de situação, para isso os artigos considerados relevantes na primeira etapa tiveram as suas introduções, seus resultados e suas conclusões lidas. E na terceira etapa, foram analisados entre os selecionados da segunda etapa, que apresentaram descrições claras de seus modelos e não apresentaram apenas características superficiais.

3.1.2 Execução da Busca

Durante a primeira etapa da busca foram encontrados 32 artigos, a partir da leitura dos títulos e abstracts apresentados como resultado da busca na ferramenta Google Acadêmico. Após a leitura das introduções, dos resultados e das conclusões, foram destacados 13 artigos dos 32 separados na primeira etapa. E entre os 13 selecionados, apenas cinco artigos ficaram dentro de todos os critérios de inclusão definidos, sendo eles:

- An Awareness Approach to Analyze ECG Streaming Data (DON et al., 2013);
- Situation-aware mobile health monitoring (DELIR HAGHIGHI et al., 2014);
- Situation-Aware Patient Monitoring in and around Bed Using Multimodal Sensing Intelligence (WAI et al., 2010);
- Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração baseado em ciência de situação e computação ubíqua (DA ROCHA; DA COSTA; RIGHI, 2015);
- A Rule-Based Platform for Situation Management (PEREIRA; COSTA; ALMEIDA, 2013).

3.2 Análise dos Trabalhos Relacionados

Nesta seção serão apresentados cada um dos trabalhos relacionados, descrevendo sobre seus conceitos, arquiteturas e modelos, permitindo assim uma melhor compreensão sobre a percepção de outros pesquisadores sobre os cuidados ubíquos e ciência de situação.

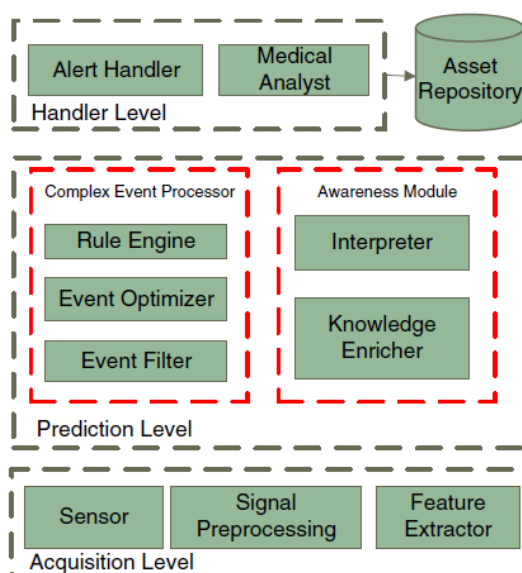
3.2.1 An Awareness Approach to Analyze ECG Streaming Data

O artigo de Don et al. (2013) apresenta uma proposta de modelo para realizar o monitoramento de pacientes remotamente, tendo como foco a utilização de Processamento de Eventos Complexos (*Complex Event Processing* ou CEP) e ciência da situação. A principal contribuição deste trabalho se apresenta no desenvolvimento de um mecanismo de análise inteligente de dados para a interpretação de eventos. Nesta abordagem, o modelo toma decisões de modo declarativa, ajudando a equipe médica a compreender a situação. Para verificar a viabilidade técnica, o sistema proposto foi implementado e testado usando dados de eletrocardiogramas.

A arquitetura definida pelos autores, consiste em três níveis: Aquisição, Predição e Manipulação, conforme Figura 6. O nível de aquisição (*Acquisition Level*), fica responsável

pela captura dos dados dos sensores, além de realizar a validação dos mesmos – remoção de dados incompletos. No nível de predição (*Prediction Level*), são realizadas compreensões sobre os diversos eventos e as informações coletadas, tendo como resultado a predição sobre o que poderá ocorrer. E no nível de manipulação (*Handler Level*), são definidos os alertas, conforme cada estado de saúde dos pacientes e também permite que os médicos correlacionar as suas percepções em conjunto com os resultados obtidos.

Figura 6: Arquitetura do modelo



Fonte: (DON et al., 2013)

Dentre os três níveis definidos pelos autores, o de Predição é o mais importante. Este nível se divide em dois módulos: Processador de Eventos Complexos (*Complex Event Processor*) e Módulo de Percepção (*Awareness Module*). No módulo de processamento de eventos complexos, são realizadas as filtrações de eventos, a harmonização das informações e desenvolve esses recursos com base em um mecanismo de regras. Segundo os autores (DON et al, 2013), a técnica CEP tem sido amplamente utilizada na detecção de eventos em sistemas em tempo real e para a construção do mecanismo de regras, foi utilizado o *software* Drools¹². Devido à grande quantidade de eventos monitorados, os autores, perceberam a necessidade de tratar possíveis falhas durante a execução, desta forma, foram incluídos: filtros de eventos, identificação de falhas, reconhecimento de padrões e correlação de eventos. Uma das vantagens percebidas com a utilização de CEP, foi a da possibilidade de realizar ajustes conforme a necessidade do paciente. Outro aspecto destacado pelos autores, seria na utilização combinada de CEP e mecanismos de regras, que se mostraram mais eficazes que algoritmos de aprendizagem automática. No módulo de percepção, ocorrem a decisão final, sendo composto pelos seguintes componentes: um agregador de conhecimento e de um interpretador. Usando o conhecimento obtido a partir do CEP, por exemplo, o número de alertas gerados os eventos, o módulo de percepção aumenta o conhecimento semanticamente com conhecimento gerado pela ontologia. O modelo utiliza ontologia para representar o conhecimento e relação entre os objetos. Para o desenvolvimento da ontologia, a partir da consulta a médicos especialistas, foi utilizada a ferramenta Protegé¹³ e o raciocinador Jena2semantic¹⁴. Um médico pode dar entrada em uma consulta, por exemplo, descrevendo a

¹² <http://www.drools.org/>

¹³ <http://protege.stanford.edu/>

¹⁴ <https://jena.apache.org/>

condição do paciente e com a ajuda do interpretador, o módulo de percepção descobre a relação entre o conhecimento obtido pelo CEP e a informação produzida usando ontologia. Sendo assim, segundo os autores, o sistema retorna compreensão sobre a situação atual (DON et al, 2013). A consulta é processada pelo raciocinador de ontologia e o resultado é apresentado através de alertas.

Para avaliação do modelo foi utilizado um ambiente simulado, com amostras de pacientes onde foram analisados os dados referentes ao eletrocardiograma. Os resultados obtidos indicaram que o uso de CEP, de ontologia e das consultas feitas pelos médicos, trouxe resultados relevantes, tendo retorno de milissegundos, se mostrando eficiente ao lidar com situações dinâmicas.

Ao integrar o CEP e ontologia aplicadas a ciência de situação, o trabalho permitiu que o modelo não só identificasse os eventos anormais, mas também enriquecesse o conhecimento sobre o paciente. Dessa forma, o modelo auxilia na tomada decisão durante a análise de fluxo de dados de eletrocardiograma, permitindo também aos pacientes exercerem as suas atividades diárias com menor riscos. Os resultados dos experimentos indicaram que a abordagem aplicada pelo modelo, apresentou reduções em relação a carga de trabalho dos analistas médicos na tomada de decisão. Como trabalho futuro, os autores pretendem expandir os domínios médicos do modelo e ainda incrementar os níveis segurança e privacidade, a fim de impedir o acesso não autorizado às informações armazenadas.

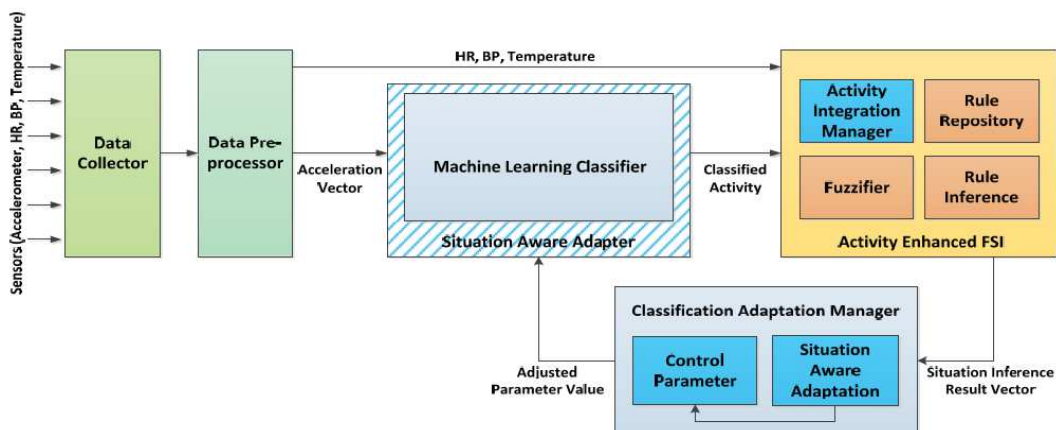
3.2.2 Situation-aware mobile health monitoring

O artigo de Delir Haghghi et al. (2014) propõe uma modelo de monitoramento móvel da saúde utilizando ciência de situação, chamado de *Situation-Aware Mobile Health Monitoring* (SA-MHM). O modelo visa a precisão na identificação das condições de saúde e também a relação custo-eficácia da execução de algoritmos. O modelo proposto integra o conhecimento de alto nível com os dados sensoriais de baixo nível, utilizando como mecanismo de raciocínio uma adaptação da Lógica Difusa, chamada pelos autores de Inferência Difusa de Situação (*Fuzzy Situation Inference* ou FSI). Tal inferência possibilita uma melhora na precisão do processo de decisão clínica e auto-gestão de doenças crônicas.

A arquitetura definida para o modelo, possui cinco componentes chaves, sendo eles: Coletor de Dados (*Data Collector*), Pré-processador de Dados (*Data Pre-processor*), Máquina Classificadora de Aprendizagem (*Machine Learning Classifier*), Reconhecimento de Atividade FSI (*Activity Enhanced FSI*), e Gerenciador de Adaptação e Classificação (*Classification Adaptation Manager*), conforme Figura 7. O componente Coletor de Dados, fica responsável por capturar os fluxos de dados dos sensores sem fio e dos sensores vestíveis, e também por classificá-los e organizá-los. O Pré-processamento dos dados lida com os dados brutos – dados coletados pelo acelerômetro – que precisam ser moldados antes de serem disponibilizados para o próximo componente. O componente Máquina Classificadora de Aprendizagem, implementa o conceito de árvores de decisão e o algoritmo dos K vizinhos próximos sob os dados pré-processados recebidos. Tais dados são classificados pela máquina de aprendizagem, gerando informações de alto nível referente as atividades do paciente. O próximo componente, considerado como o mais importante, é o Reconhecimento de Atividade FSI. Ele é responsável por prover um raciocínio híbrido da situação, utilizando os dados obtidos pelos sensores e as informações de alto nível da máquina de aprendizado em conjunto de Regras de Raciocínio baseadas no *Guide to Management of Hypertension* (DUGGAN, 2008). As inferências produzidas por este componente, apresentam como resultado a situação do paciente. Por fim, o componente de Gerenciamento e Adaptação e

Classificação, analisa as inferências realizadas e conforme as mesmas, classifica o seu nível de criticidade. A partir desta classificação, ações são tomadas pelo modelo, assim como ajustes nos parâmetros dentro do componente da Máquina Classificadora de Aprendizagem.

Figura 7: Arquitetura do modelo SA-MHM



Fonte: (DELIR HAGHIGHI et al., 2014)

Para realizar a avaliação do modelo foi implementado um protótipo que teve como foco o monitoramento de pacientes com hipertensão. Os sinais vitais foram coletados a partir de um sensor acoplado a um dispositivo móvel, sendo eles: pressão arterial e frequência cardíaca. O dispositivo móvel também permitiu a coleta dos dados referentes a atividade realizada pelo paciente. Os resultados obtidos com o protótipo permitiram um melhor entendimento sobre o estado de saúde dos pacientes. O modelo tem como objetivo futuro a avaliação de um grande grupo de pacientes, afim de identificações tendências e padrões.

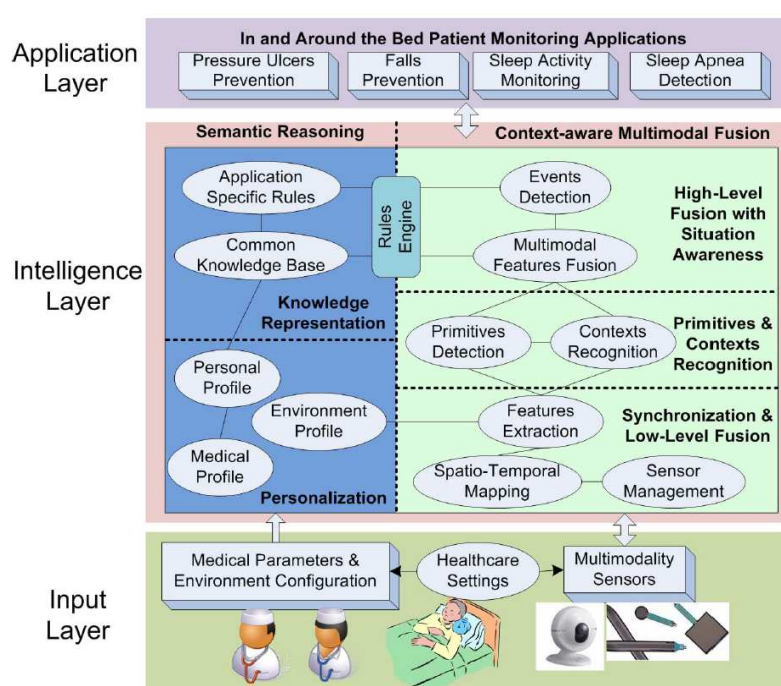
3.2.3 Situation-Aware Patient Monitoring in and around Bed Using Multimodal Sensing Intelligence

O artigo escrito por Wai et al. (2010) apresenta um modelo que utiliza o sensoriamento do ambiente aliado a ciência de situação para monitorar possíveis eventos perigosos, quando pacientes estão deitados ou ao redor da cama. Para isso, são utilizados sensores de pressão e vídeo. O modelo aplica o conceito de sistema especialista, para realizar as inferências sobre o paciente. A proposta principal do modelo é permitir aos cuidadores e enfermeiros um monitoramento sobre o bem-estar dos pacientes, enquanto deitados ou ao redor da cama, possibilitando o reconhecimento e também a prevenção de situações de risco.

O modelo apresentado pode ser dividido em três camadas, conforme pode ser visto na Figura 8, sendo elas: Entrada (*Input Layer*), Inteligência (*Intelligence Layer*) e Aplicação (*Application Layer*). A primeira camada, a de Entrada, recebe os parâmetros sobre a localização dos sensores no ambiente e também a avaliação das condições médicas e pessoais do paciente a ser monitorado. Na segunda camada, a de Inteligência, consiste em dois subsistemas: o primeiro responsável pelo raciocínio e o segundo pela inferência dos contextos e situações dos pacientes, através dos dados coletados pelos sensores. O primeiro subsistema da camada de Inteligência possui dois níveis, o primeiro nível incorpora aspectos de conhecimento e de personalização do usuário final, permitindo assim a aplicação de perfis específicos para cada paciente (localização de sensores e condições médicas), favorecendo uma melhor avaliação sobre os contextos e situações. O segundo nível, a representação de conhecimento base, suporta a representação contextual dos pacientes especificando regras

semânticas que permitem a inferência personalizada de acordo com as necessidades individuais. O segundo subsistema, lida com as detecções de evento de reconhecimento de situação através dos vários sensores alocados e das abordagens baseadas em regras, atuando em três níveis distintos. O primeiro nível, realiza a sincronização dos dados multimodais obtidos, chamados de primitivos, e extrai características relevantes referente a nível de Personalização. O segundo nível atua reconhecendo os contextos, baseados nos dados obtidos no nível anterior. E o terceiro nível realiza a fusão dos contextos e também utiliza o Mecanismo de Regras, para gerar as inferências sobre a situação do paciente. E por fim, a terceira camada, a de Aplicação, permite o suporte a diversas aplicações de saúde que utilizam ou possam vir a utilizar das representações contextuais e das inferências – eventos, atividades e situações – em relação aos pacientes.

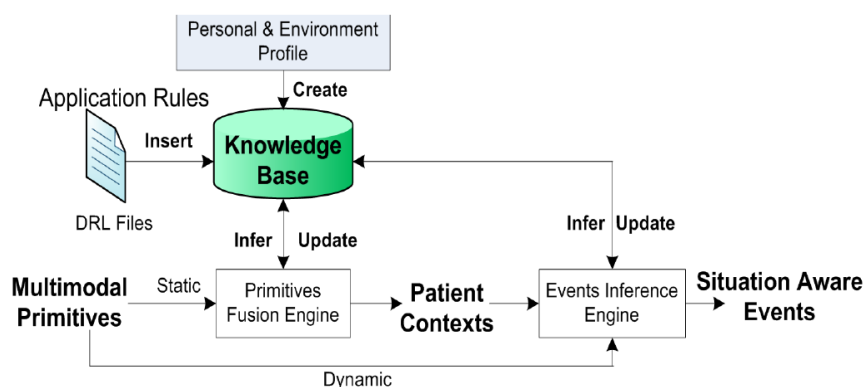
Figura 8: Arquitetura do Modelo (3 camadas)



Fonte: (WAI et al., 2010)

O fluxo do raciocínio do modelo é apresentado conforme a Figura 9. Nele é utilizada, a Lógica de Primeira Ordem em conjunto com os perfis dos pacientes (condições médicas e pessoais), os contextos reconhecidos e os dados primitivos obtido. O Mecanismo de Regras pode ser adaptado para atender às necessidades dos pacientes. Para realizar isso são alteradas as regras de negócios e carregadas em tempo de execução sem causar interrupção no sistema. O processo de raciocínio do modelo ocorre em duas fases. A primeira fase combina os dados primitivos para inferir os contextos e atividades estáticas do paciente, tais como sentado, deitado, etc. Baseando-se nessas informações, a segunda fase determina os potenciais eventos perigosos, utilizando também as informações que dizem respeito aos perfis pessoais e médicos dos pacientes. Esses parâmetros podem ser ajustados pelos médicos automaticamente através de aprendizagem progressiva. Para realizar as inferências foi utilizado a aplicação Drools. O artigo ainda apresenta sobre o protótipo construído, sendo ele aplicado em um quarto onde uma câmera monitorava todo o ambiente e também uma cama contendo 56 pontos de pressão.

Figura 9: Processo de Raciocínio



Fonte: (WAI et al., 2010)

A análise dos resultados obtidos na utilização do protótipo mostrou que a abordagem experimental baseada em regras com pressão e vídeo foi capaz de detectar de forma confiável e reconhecer eventos potenciais perigosas que levam a quedas. Isso permite um atendimento personalizado nos hospitais para evitar graves problemas de saúde e bem-estar e em torno da cama. Os autores reforçam que o modelo atualmente apenas detecta a situação de risco e não prevê possíveis situações. Outro aspecto para o trabalho futuro é, a definição da situação de risco, pois tal condição varia muito conforme o paciente.

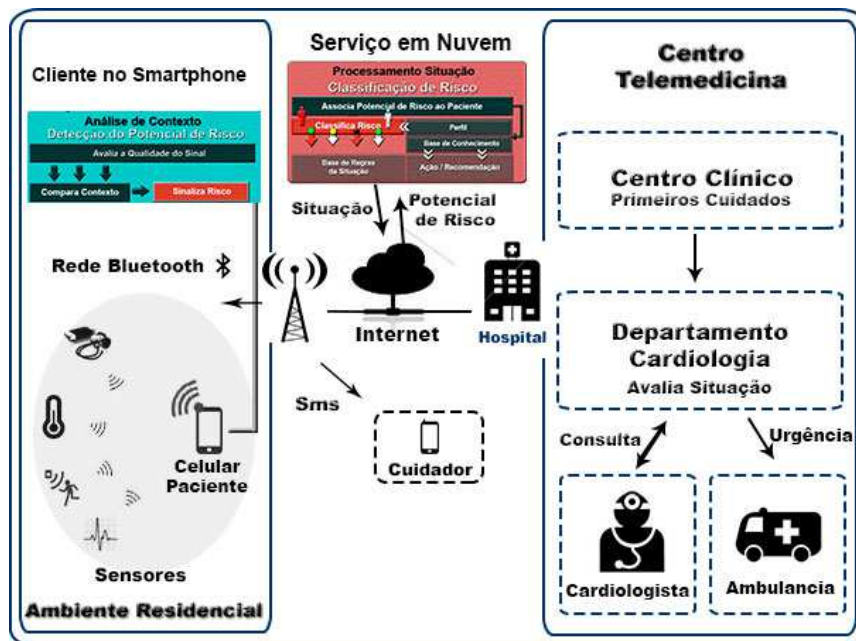
3.2.4 Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração baseado em ciência de situação e computação ubíqua

Os autores Da Rocha, Da Costa e Righi (2015) apresentam o modelo UbHeart, que tem como proposta o monitoramento de pacientes com insuficiência cardíaca utilizando a ciência de situação para identificar possíveis riscos à saúde do paciente. A recorrência desta patologia, acaba por diminuir a qualidade de vida do paciente assim como influência em maiores gastos para o sistema de saúde, sendo estes alguns dos motivos pela definição da temática do artigo. Sendo assim, a principal contribuição científica está na possibilidade do reconhecimento de informações que possam identificar possíveis degradações fisiológicas e combiná-las a fim de caracterizar uma situação de risco cardíaco ao paciente, representando um auxílio nos cuidados médicos e nos diagnósticos, prevenindo assim a readmissão hospitalar e garantindo um monitoramento mais eficaz do paciente.

A visão geral do modelo proposto pelos autores pode ser vista na Figura 10. O modelo realiza o monitoramento dos sinais vitais a partir da utilização de equipamentos médicos interligados a um *Smartphone*, por uma rede *Bluetooth*, permitindo assim a aquisição dos sinais vitais de modo mais cômodo ao paciente. O *Smartphone* também auxilia na definição e compartilhamento do perfil do paciente, que em conjunto com as informações coletadas pelos sensores monta o histórico de saúde do paciente. As informações contidas no histórico estão relacionadas aos sinais vitais e também a classificação de risco. O histórico é enviado a um hospital cadastrado, onde é avaliado por um centro clínico, que pode encaminhar recomendações aos pacientes assim como, dependendo da situação, agendar consultas ou até mesmo encaminhar uma ambulância. Este histórico permite que as equipes médicas saibam sobre o estado de saúde de seus pacientes, avaliando registros passados assim como atuais, garantindo assim uma assistência rápida e prevenindo novas internações. O modelo também realiza o envio de SMS de alerta para um cuidador cadastrado pelo paciente, informando sobre o estado de saúde, e ainda recomendações são enviadas para o paciente, visando

normalização de seu estado. O modelo definido pelos autores buscou disponibilizar recursos, afim de não permitir que os pacientes fiquem sem cuidados médicos e que os seus sinais vitais não cheguem em níveis agravantes.

Figura 10: Visão geral do modelo UbHeart



Fonte: (DA ROCHA; DA COSTA; RIGHI, 2015)

A partir da aquisição dos sinais vitais dos pacientes pelo *Smartphone*, as mesmas são processadas pelo Módulo de Análise de Contexto. Neste módulo, o modelo sinaliza potenciais riscos com base nas informações obtidas e com os valores estabelecidos nas normas da Sociedade Brasileira de Cardiologia¹⁵. Este módulo tem como principal função validar as informações obtidas, transformando-as em contextos que serão enviados para o serviço em nuvem do UbHeart. O serviço em nuvem fica responsável pela classificação do risco do paciente assim com a determinação da situação, estas inferências são realizadas a partir dos contextos enviados juntamente com a Base de Regras da Situação e com a Base de Conhecimento (baseado nas normas da Sociedade Brasileira de Cardiologia). O serviço tem como resultado final as Regras de ação, que são: (i) Nenhuma ação, situações sem risco; (ii) Recomendação, situações de baixo risco onde recomendações são enviadas ao paciente; (iii) Cuidador e o Centro Clínico são acionados.

Para avaliação do modelo foi empregado o uso de cenário, onde foi desenvolvido um protótipo Android e dois serviços que foram hospedados em uma nuvem computacional. O cenário utilizado, apresenta o monitoramento de dois pacientes hipertensos – mãe e filho – em uma visita ao shopping center com filha. Porém, no decorrer da atividade ambos os pacientes hipertensos apresentam degradações em seus sinais vitais, o modelo ao reconhecer tais degradações, avisa imediatamente a filha. Ao receber a notificação, a filha diminui a intensidade da atividade realizada. Com o decorrer do tempo, os sinais vitais dos dois pacientes retornam à normalidade. Os protótipos tiveram uma eficaz identificação das situações de riscos cardíacos, assim como nas recomendações encaminhadas para os pacientes. Como trabalho futuro o artigo propõe realizar as definições de situações do

¹⁵ <http://publicacoes.cardiol.br/2014/diretrizes.asp>

paciente, mesmo em casos onde há ausência de contextos utilizados para determinar a situação.

3.2.5 A Rule-Based Platform for Situation Management

O artigo dos autores Pereira, Costa e Almeida (2013) apresenta um modelo de plataforma para gerenciamento de situação. Plataforma chamada de SCENE, permite a especificação de regras baseadas em situação utilizando a ferramenta Drools como Máquina de Regras. O modelo proposto, de acordo com o conceito de ciência de situação de Endsley (1995), encontra-se no nível de Avaliação da Situação, no qual engloba a percepção e a compreensão sobre a situação.

A abordagem utilizada pela plataforma utiliza a ferramenta Drools, que aplica o algoritmo RETE de comparação de padrões como o mecanismo para avaliação de regras, no caso do modelo, um mecanismo para detecção de situação. Também é utilizada a plataforma Processamento de Eventos Complexos (CEP) que beneficia o desempenho da máquina de regras. O modelo proposto apresenta novos conceitos para a definição de comportamentos e estruturas, sendo eles: Classe de Situação e Regras de Situação. Classe de situação é o método utilizado para definir e estruturar o papel das entidades de domínio. As regras de situação, são padrões condicionais caracterizados pela especificação da situação observada (por exemplo febre ou tuberculose). Estas regras são definidas a partir do uso de parâmetros específicos, que os identifica como regras de situação. Segue na Figura 11, um exemplo de como uma regra de situação é desenvolvida. O modelo também utiliza um padrão de modelagem de situação – criado pelos próprios autores (COSTA, 2012), chamado de Linguagem de Modelagem da Situação (*Situation Modeling Language* ou SML). A SML propõe um padrão para modelagem das situações e a conversão dos modelos em regras de situação, o que possibilita futuras integrações com outras soluções.

Figura 11: Exemplo de uma regra de situação

```

1 rule "Fever"
2   @role(situation)
3   @snapshot(on)
4   when
5     $febrile: Person(temperature > 37)
6   then
7     SituationHelper.situationDetected(drools, Fever.class)
8   end

```

Fonte: (PEREIRA; COSTA; ALMEIDA, 2013)

O modelo apresentado pelos autores também comenta sobre a importância do gerenciamento do Ciclo de Vida da situação. Os ciclos de vida de situação variam entre: detecção, criação, ativação e possivelmente desativação. A vantagem em realizar o gerenciamento do ciclo de vida, está em garantir a integridade lógica dos fatos que são movimentados pela Memória de Trabalho, logo, permite um melhor funcionamento da máquina de regras.

Para a avaliação do modelo proposto, foi definido um cenário de aplicação que realiza o acompanhamento de pacientes que apresentam risco de contrair ou ainda propagar a tuberculose. Monitoramento de pacientes de risco é fundamental para apoiar a tomada de decisão, permitindo assim um melhor controle sobre a disseminação da tuberculose. Foram utilizados os seguintes dados contextuais para a monitorização dos pacientes: sinais vitais dos

pacientes coletados em tempo real – temperatura, pressão arterial e frequência cardíaca – e também os registros médicos (doenças anteriores e os resultados de exames passados).

A avaliação do desempenho do modelo ainda estava sendo realizada quando o artigo foi apresentado, porém os autores acreditam que o modelo suporta a aplicação de outros domínios além da tuberculose. Tal afirmação, segundo os autores, se dá pelo fato de que os algoritmos utilizados no reconhecimento de padrões são otimizados, evitando assim a repetição de comparações desnecessárias para condições que não tenham sido modificados e reduzindo o esforço para detecção de situação. Para o trabalho futuro, os autores pretendem continuar com a plataforma desenvolvida, buscando melhorar o aspecto facilidade de utilização, sem comprometer a expressividade da abordagem especificação situação.

3.3 Análise Comparativa

Após a análise dos trabalhos relacionados apresentados, foi possível identificar as principais características de cada um deles, e partir desta análise foi construída a Tabela 2. O foco de todos os trabalhos foi na aplicação do conceito de ciência de situação na área da saúde, combinado com o monitoramento de pacientes. A Tabela 2 apresenta um comparativo entre os trabalhos considerados. Para este comparativo, foram selecionados os seguintes aspectos:

- Foco: descreve o escopo dos trabalhos;
- Contextos utilizados: descreve os contextos considerados nos trabalhos;
- Percepção dos Elementos: identifica se a 1ª fase da ciência de situação, referente a percepção foi aplicado;
- Compreensão da situação atual: identifica se a 2ª fase da ciência de situação, que representa a compreensão da situação atual, foi aplicada;
- Projeção estados futuros: identifica se a 3ª fase da ciência de situação, projeção de estados futuros foi considerado;
- Raciocínio da ciência de situação: descreve quais foram os métodos utilizados para o raciocínio na ciência de situação;
- Fonte de dados: descreve sobre quais foram as bases utilizadas para a Base de Conhecimento;
- Integração: descreve se o modelo proposto realiza ou permite a integração com outras soluções;
- Padronização: descreve se o modelo proposto aplica ou mesmo utiliza algum padrão;
- Características Ubíquas: descreve sobre quais características ubíquas foram aplicadas;
- Visualização da ciência de situação: descreve sobre a forma de como os resultados obtidos foram apresentados;
- Dispositivos utilizados: descreve sobre quais foram os dispositivos utilizados.

Com relação a tabela apresentada, destacam-se quatro critérios avaliados, sendo eles:

Tabela 2: Comparativo dos Trabalhos Relacionados

Critérios	Trabalhos Relacionados				
	(DON et al., 2013)	(DELIR HAGHIGHI et al., 2014)	(WAI et al., 2010)	(DA ROCHA; DA COSTA; RIGHI, 2015)	(PEREIRA; COSTA; ALMEIDA, 2013)
Foco	Monitoramento remoto de Pacientes	Monitoramento de pacientes com Hipertensão	Monitoramento de pacientes enquanto deitados	Monitoramento de pacientes com problemas cardíacos	Monitoramento de pacientes com risco de Tuberculose
Contextos utilizados	ECG, Histórico do paciente	Atividade, ECG, Frequência Cardíaca, Pressão arterial	Movimentação na cama (Pressão e Vídeo)	Sinais Vitais, Histórico do Paciente, Localização	Sinais vitais e Histórico do Paciente
Percepção dos Elementos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Compreensão da situação atual	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Projeção de estados futuros	Não	Sim	Não	Sim	Não
Raciocínio da ciência de situação	Processamento de Eventos Complexos (CEP) e Raciocinador de Ontologia	Lógica Difusa - FSI - <i>Fuzzy Situation Inference</i>	Sistema especialista e Lógica de Primeira Ordem	Não informado	Processamento de Eventos Complexos (CEP) e Linguagem de Modelagem da Situação (SML)
Fonte de dados	Não informado	Guia de Gerenciamento da Hipertensão - Fundação Nacional do Coração	Não informado	Sociedade Brasileira de Cardiologia	Não informado
Integração	Não informado	Não informado	Não informado	Hospitais cadastrados	Não informado
Padronização	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	SML
Características Ubíquas	Uso de dispositivos móveis e Sensores sem Fio	Uso de dispositivos móveis e Sensores sem Fio	Sensores sem Fio	Uso de dispositivos móveis e Sensores sem Fio	Não informado
Visualização da ciência de situação	Alertas para os Pacientes e Recomendações para os Médicos	Aplicativo para dispositivos móveis	Não informado	Agendamento de Consulta, Encaminhamento de ambulância, Envio de reportes ao Médicos,	Envio de Alertas para as Entidades responsáveis
Dispositivos utilizados	Móveis e Médicos	Móveis e Médicos	Não informado	Móveis e Médicos	Não informado

Fonte: Elaborada pelo autor.

- Integração: apenas um trabalho descreve sobre a sua integração com outras instituições. Tal característica, tem grande relevância para a área saúde, onde o compartilhamento de dados e informações podem auxiliar nos diagnósticos de pacientes;

- Dispositivos utilizados: considerando os trabalhos que descreveram sobre os dispositivos utilizados, se percebe uma tendência entre dispositivos móveis e dispositivos médicos. Não são citadas ou previstas utilizações de dispositivos vestíveis nos modelos;
- Projeção de estados futuros: dentre os trabalhos avaliados, apenas dois deles alcançaram a 3ª fase da ciência de situação. Ou seja, os demais trabalhos não projetam estados futuros em relação a saúde do paciente monitorado;
- Raciocínio da ciência de situação: neste critério foram identificadas diferentes abordagens de raciocínio, ou seja, tem-se o entendimento de que não se tem definição quanto ao melhor método de raciocínio da ciência de situação.

A próxima seção aborda com relação às lacunas percebidas e também a contribuição científica do modelo.

3.4 Lacunas de Pesquisa e Contribuição Científica

A partir do estudo realizado sobre os trabalhos relacionados, que culminou na construção da Tabela 2, foi possível analisar diferentes abordagens, conceitos e metodologias utilizadas para o monitoramento de pacientes aliado ao uso da ciência de situação. Desta forma, buscou-se agregar as melhores características encontradas ao modelo proposto. Assim como preencher lacunas de pesquisa observadas nos trabalhos relacionados.

Os dados utilizados por cada modelo variavam conforme a temática definida, utilizando desde pressão arterial, frequência cardíaca, eletrocardiograma e temperatura, ou seja, dados referentes ao estado de saúde dos pacientes. Entretanto, apenas dois modelos consideraram a utilização de outros dados além dos sinais vitais, sendo eles: a localização (DA ROCHA; DA COSTA; RIGHI, 2015) e a atividade realizada (PEREIRA; COSTA; ALMEIDA, 2013) pelo paciente. Tais dados apresentam alta relevância na descoberta da situação, quando então considerados em conjunto com os dados clínicos, permitindo uma melhor avaliação sobre o paciente. Não considerar estes dados – localização e atividade realizada – afeta na assertividade das inferências, pois, o modelo não diferencia se um paciente está sentado, de um paciente que está praticando alguma atividade física. Outro aspecto a ser agregado no modelo, é a forma como os trabalhos utilizaram os resultados obtidos referentes a ciência de situação, onde variaram desde: alertas aos médicos e hospitais, recomendações aos pacientes e aos médicos, envio de reportes aos médicos, agendamento de consultas e até mesmo o encaminhamento de ambulância. Todas as ações acima citadas são válidas e visam garantir melhor qualidade de vida e o rápido atendimento aos pacientes em casos de emergência.

Durante a realização da revisão sistemática, pode se identificar grupos de autores que vem trabalhando com a ciência de situação, como o caso do grupo de pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo, em destaque a Prof. Dr. Patrícia Dockhorn Costa, que atua nas áreas de Ciência de Contexto, Ciência de Situação, Computação Ubíqua e Arquiteturas orientadas a serviço. Diversas são as contribuições deste grupo e desta instituição nas áreas de pesquisas indicadas anteriormente. Também destacam-se as contribuições feitas pelo Dr. Hardeep Singh, do Centro Médico de Houston, que vem então aplicando e explorando o uso da ciência de situação na saúde, principalmente em diagnósticos médicos.

A utilização de Bases de Conhecimentos certificadas é outro aspecto a ser agregado ao modelo SAC. Integrar tais referências, como o caso da Sociedade Brasileira de Cardiologia

(DA ROCHA; DA COSTA; RIGHI, 2015) e do *Guide to Management of Hypertension* (DELIR HAGHIGHI et al., 2014). Essas fontes agregam mais confiabilidade no modelo junto à comunidade médica. Com relação ao processo de inferência, nem todos os trabalhos relacionados apresentaram detalhes sobre esta abordagem. Para o raciocínio da ciência de situação, foram identificadas quatro abordagens distintas: uso de processamento de eventos complexos com ontologias (DON et al., 2013), aplicação de lógica difusa (DELIR HAGHIGHI et al., 2014), sistemas especialistas (WAI et al., 2010) e processamento de eventos complexos com linguagem de modelagem da situação (PEREIRA; COSTA; ALMEIDA, 2013). O modelo SAC também irá fazer uso da Lógica Difusa, devido a sua capacidade de trabalhar com a incerteza, além das RNAs e das STDs.

A ciência da situação, conforme apresentado anteriormente, possui três fases que podem ser resumidas em: percepção sobre os elementos, compreensão sobre os elementos e projeção de futuros estados. Nos trabalhos analisados, os autores indicam a aplicação deste conceito, porém, ao realizar a análise sobre resultados obtidos e também sobre as aplicações desenvolvidas, que consomem esses resultados, se identifica que a terceira fase da ciência de situação – projeção de futuros estados – não havia sido implementada em todos os trabalhos considerados. Exceto os artigos apresentados por Da Rocha, Da Costa e Righi (2015) e Delir Haghighi et al. (2014), apresentaram a terceira fase da ciência de situação, os outros três trabalhos tiveram a implementação somente das duas primeiras fases. Inclusive um dos trabalhos (PEREIRA; COSTA; ALMEIDA, 2013), indica que apenas as duas primeiras fases foram implementadas. Devido a isto, o modelo SAC tem como foco a implementação das três fases da ciência de situação, onde apresenta projeções de futuros estados como resultado e não somente compreensões sobre a situação atual.

A utilização completa da ciência de situação disponibiliza recursos e informações que permitem aos médicos melhores condições para as tomadas de decisões mais assertivas na aplicação de diagnósticos. Possibilitando ainda a construção de um registro mais acurado sobre a saúde dos pacientes monitorados, auxiliando médicos e até mesmo os próprios pacientes, que possuirão um maior e melhor conhecimento sobre a sua saúde. Sendo estas as principais contribuições do modelo SAC. Outro aspecto não abordado pelos trabalhos relacionados é quanto a padronização dos dados e das informações processadas pelos mesmos. A padronização destes garante uma melhor estruturação assim como a interoperabilidade com aplicações terceiras e até mesmo com instituições médicas. O modelo SAC utiliza as definições propostas pelo openEHR. Portanto, a contribuição científica deste trabalho está no desenvolvimento de um modelo que representa as três fases da ciência de situação, através da utilização da Lógica Difusa, das Redes Neurais Artificiais e das Séries Temporais de Dados, objetivando assim melhores diagnósticos e prognósticos, e ainda sendo capaz de disponibilizar dados e informações sobre a saúde dos pacientes monitorados, tanto para o modelo SAC quanto para aplicações terceiras.

No próximo capítulo será detalhado o modelo proposto a partir das lacunas aqui identificadas.

4 MODELO SAC

Este capítulo apresenta o modelo SAC – *Situation Aware Care*, descrevendo sobre os seus conceitos, suas definições e sua estrutura. Inicialmente, na seção Visão Geral, serão apresentados os conceitos e definições aplicadas ao modelo SAC. Na seção Arquitetura, serão apresentadas as estruturas que compõem o modelo SAC. A seção a seguir, Clientes SAC, descrevem sobre os dois clientes disponibilizados pelo modelo, assim como as particularidades de ambos os clientes. Nas seções seguintes, serão apresentados os três Serviços do modelo SAC – Serviço SAC I, SAC II e SAC III – que correspondem as três fases da ciência de situação, e também as características e os conceitos utilizados para a construção destes. E por fim, serão apresentados os Serviços Públicos SAC e as suas funcionalidades.

4.1 Visão Geral

Os conceitos e as definições aplicadas para o modelo SAC, se baseiam nos princípios apresentados pela Computação Móvel e Ubíqua, como o acesso a informação em qualquer lugar e momento (SATYANARAYANAN, 2010). Devido à natureza do modelo SAC, monitoramento de pacientes, o mesmo requer que recursos como: acesso e processamento de informações, seja possível a qualquer momento e a qualquer lugar, sem limitar ou restringir o paciente. Além disso, o SAC permite a integração da tecnologia com o usuário e o ambiente, tornando a imperceptível (WEISER, 1991). No contexto do modelo SAC, a busca desta integração se dá pelo monitoramento não-intrusivo do paciente. Ou seja, o monitoramento pode ser percebido, porém, o mesmo deve ser realizado de modo a não gerar desconforto ao paciente monitorado;

O modelo SAC apresenta as seguintes características principais:

- Ser capaz de identificar degradações, desvios e problemas na saúde do paciente, tendo como base o estudo apresentado Elliot e Coventry (2012);
- Utilizar dispositivos móveis e vestíveis no monitoramento dos pacientes, de modo não-intrusivo;
- Prover informações sobre o estado do paciente tanto para hospitais e médicos quanto para os próprios pacientes;
- Utilizar referências médicas certificadas pelo Conselho Federal de Medicina (CFM)¹⁶ e ou Organização Mundial da Saúde (OMS)¹⁷, para a construção da Base de Conhecimento;
- Aplicar o conceito de ciência de situação (ENDSLEY, 1995), nas suas três fases;
- Utilizar a Lógica Difusa para a representação da segunda fase da ciência de situação, compreensão;
- Avaliar a aplicação de RNAs e de STDs, como ferramentas para a representação computacional da terceira fase da ciência de situação, projeção de dados futuros;

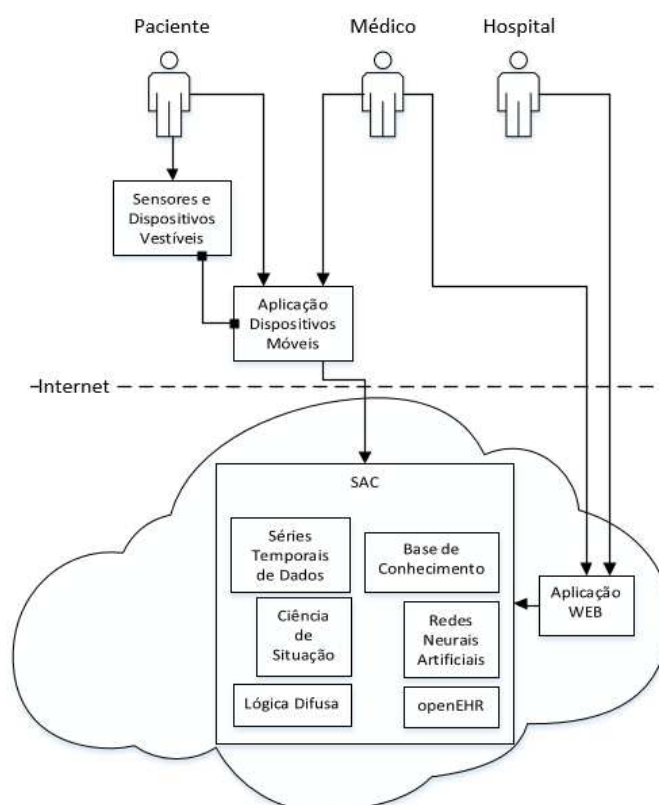
¹⁶ <http://portal.cfm.org.br/>

¹⁷ <http://www.who.int/>

- Monitorar quatro dos oitos sinais vitais destacados por Elliot e Coventry (2012), sendo eles: temperatura, frequência cardíaca (pulso);
- Realizar o monitoramento do paciente de modo otimizado, evitando a exaustão das baterias dos dispositivos envolvidos;
- Utilizar o padrão openEHR, no modelo. Permitindo assim a integração com outras soluções;
- Disponibilizar acesso aos dados e as informações inferidas, através de uma aplicação para dispositivos móveis e de uma aplicação *web*;
- Utilizar infraestrutura em Nuvem Computacional, com intuito de manter a alta disponibilidade da mesma.

O modelo SAC, conforme Figura 12, propõe o monitoramento de pacientes, utilizando os sensores e dispositivos vestíveis e ainda recursos disponíveis nos dispositivos móveis. A partir destes, são coletados sinais vitais e outros dados, que combinados permitirão ao modelo acompanhar a saúde do paciente. Através dos dados coletados e do histórico do paciente, o modelo SAC irá aplicar a Lógica Difusa, as Redes Neurais Artificiais e as Séries Temporais de Dados, como ferramentas para a representação computacional da ciência de situação. Permitindo ao modelo SAC então identificar e projetar desvios, degradações e problemas na saúde do paciente. Disponibilizando recursos para que hospitais e médicos tenham registros mais apurados sobre o estado de saúde de seus pacientes, assim como tomar decisões mais assertivas nos diagnósticos aplicados. A figura identifica os atores e suas interações, as suas formas de acesso ao modelo SAC e ainda representa a nuvem computacional onde está disposto o modelo SAC e aplicação *web*.

Figura 12: Visão geral Modelo SAC

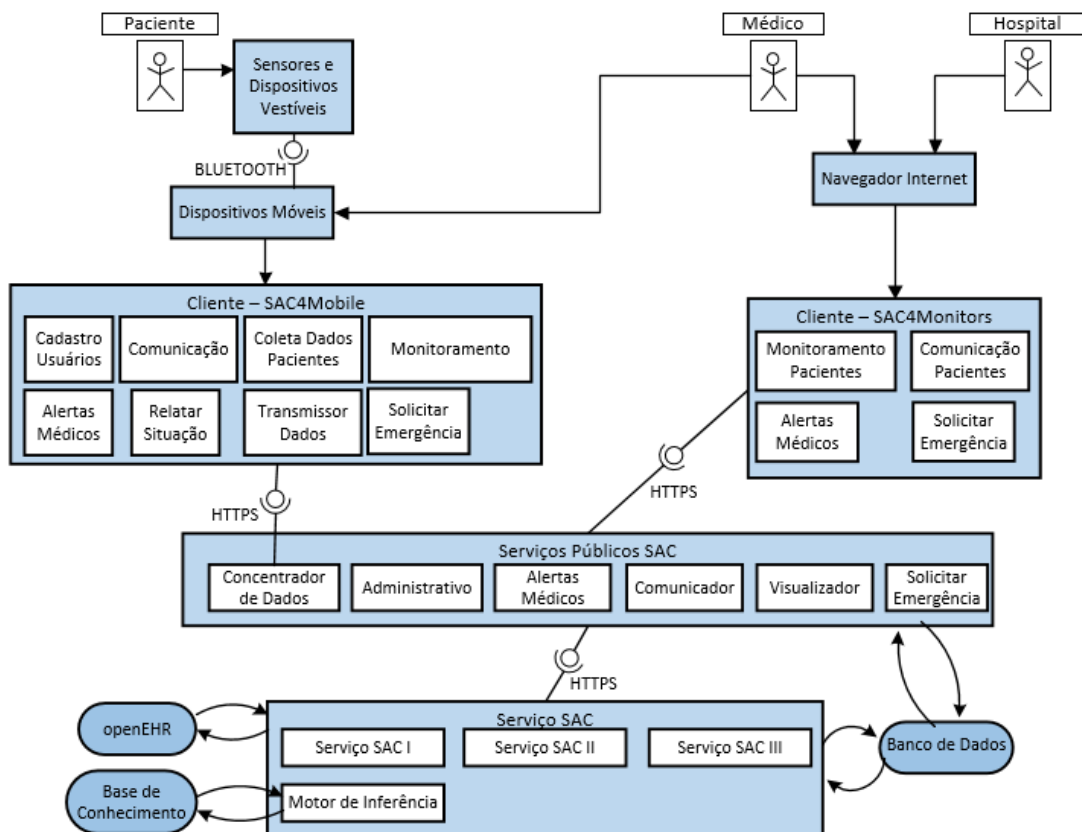


Na seção seguinte, será apresentada e descrita a arquitetura proposta para o modelo SAC.

4.2 Arquitetura SAC

A fim de suprir as necessidades apontadas na seção anterior, foi definida para o modelo SAC uma arquitetura baseada em serviços, conforme pode ser vista pela Figura 13. Sendo este modelo construído utilizando como base a representação do relacionamento entre os clientes e os serviços, conceito baseado nos trabalhos de Baresi et al. (2003) e de Stojanovic, Dahanayake e Sol (2004). A escolha por este tipo de arquitetura motivou-se pelo fato de que a mesma permite a criação de serviços interoperáveis que podem ser facilmente reutilizados e compartilhados entre outras aplicações (ARSANJANI, 2004).

Figura 13: Arquitetura do Modelo SAC



Fonte: Elaborador pelo autor.

Conforme apresentado anteriormente o modelo SAC possui dois clientes – aplicações disponibilizadas aos usuários para que então interajam com os demais recursos do modelo. Um a ser utilizado pelos pacientes e pelos médicos através de uma aplicação para as plataformas de dispositivos móveis – SAC4Mobile – e outro disponível para médicos e hospitais através de uma aplicação para *web* – SAC4Monitors. Ambos os clientes consomem recursos através de um serviço chamado Serviços Públicos SAC. Estes serviços, por sua vez, consomem e disponibilizam os recursos que o Serviço SAC possui. No serviço SAC estão aplicadas as três fases da ciência de situação, conforme segue: Serviço SAC I, a primeira fase da ciência de situação – percepção dos elementos –; Serviço SAC II, a segunda fase –

compreensão da situação atual –; e Serviço SAC III, a terceira fase – projeção da ciência de estados futuros.

As seções a seguir irão apresentar os clientes e assim como cada um dos serviços disponibilizados pelo modelo SAC, descrevendo sobre as suas funcionalidades e responsabilidades.

4.3 Clientes SAC

O modelo SAC prevê a disponibilização de dois clientes, sendo eles: uma aplicação para os dispositivos móveis, a SAC4Mobile, voltada para acesso de pacientes – realizando o monitoramento da saúde dos mesmos – e médicos – permitindo o acompanhamento da saúde de seus pacientes por este cliente; e uma aplicação Web, a SAC4Monitors voltada para acesso dos hospitais e médicos. A utilização de duas aplicações distintas é devida as diferentes responsabilidades aplicadas a cada uma.

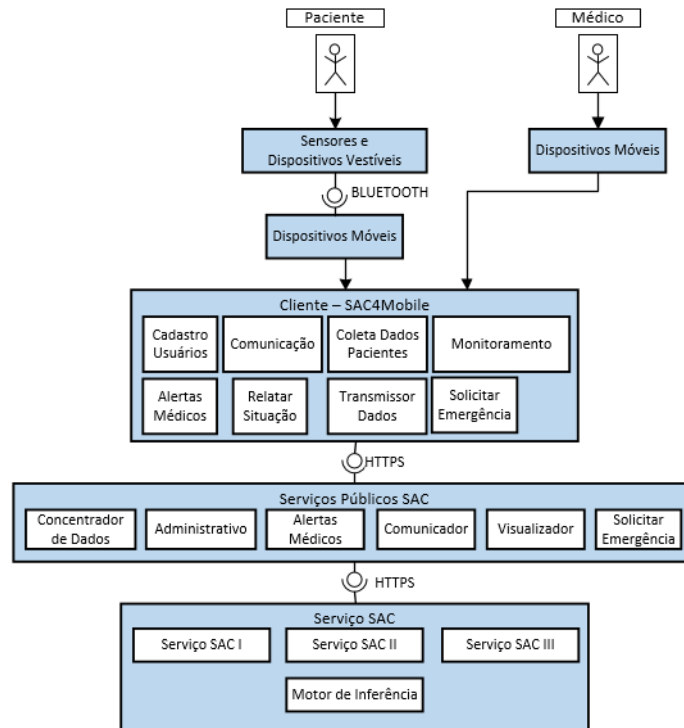
A aplicação SAC4Mobile, tem como responsabilidade prover as seguintes funcionalidades:

- Coleta Dados Pacientes: componente responsável pela coleta dos dados dos pacientes;
- Cadastro Usuários: permite o cadastro de usuários (médicos e pacientes);
- Comunicação: disponibiliza comunicação direta com a equipe médica, hospital e médico;
- Monitoramento: visualização dos dados coletados e das informações inferidas;
- Transmissor Dados: responsável pelo envio dos dados coletados ao Serviço Público SAC;
- Alertas Médicos: a partir deste componente são criados e enviados os alertas médicos. Estes alertas podem ser enviados para o responsável do paciente e também para o médico. Estes alertas refletem situações de risco ou aspectos a serem tratados com cautela em relação ao paciente;
- Relatar Situação: componente permite ao paciente relatar situações de degradações, de desvio ou de problemas percebidos pelo próprio paciente sobre a sua saúde;
- Solicitar emergência: recurso permite ao paciente ou ao médico solicitar atendimento médico em caráter de emergência. O SAC4Mobile possui a localização do paciente e envia o atendimento para estas coordenadas.

Este cliente tem como principal funcionalidade a captura e envio dos dados coletados e o monitoramento dos pacientes através dos dispositivos vestíveis e sensores. Os sensores e os dispositivos vestíveis realizam a coleta dos sinais vitais dos pacientes, que a partir do protocolo *Bluetooth* são enviados para a aplicação SAC4Mobile. Após a coleta os dados são enviados para o serviço público SAC, ao componente Concentrador de Dados, sendo esse serviço o responsável por reenviar ao serviço SAC I. A Figura 14, apresenta a estrutura da aplicação SAC4Mobile.

A aplicação SAC4Monitors, permite aos seus utilizadores o acompanhamento dos pacientes, tendo acesso a visualização dos dados coletados e das inferências obtidas (Monitoramento Pacientes). Estes clientes também permitem a comunicação direta com os

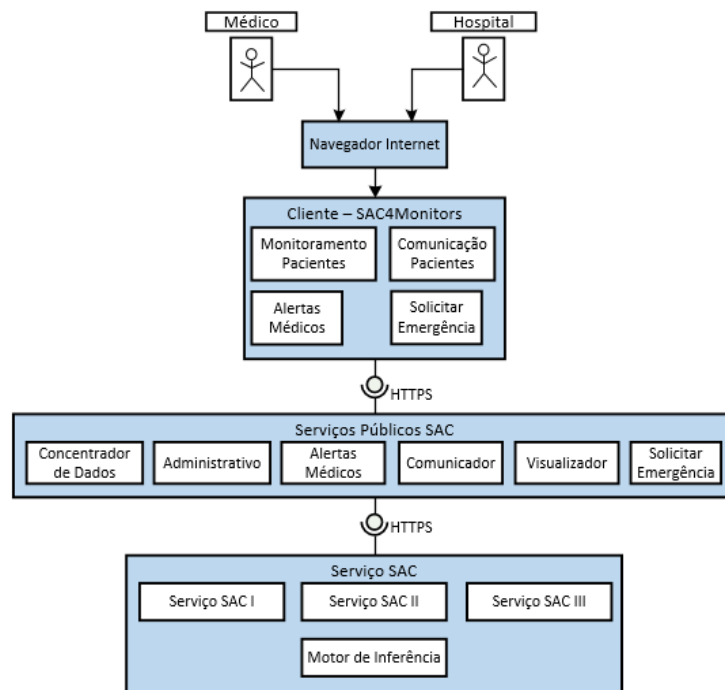
Figura 14: Arquitetura do SAC4Mobile



Fonte: Elaborador pelo autor.

pacientes (Comunicação Pacientes), criação de alertas sobre os pacientes (Alertas Médicos), que são refletidas em notificações, onde utilizam como referência as projeções inferidas pelo serviço SAC III e também disponibilizam o recurso de acionar o resgate médico para um determinado paciente (Solicitar Emergência). Na Figura 15, a estrutura de da aplicação SAC4Monitor pode ser observada.

Figura 15: Arquitetura do SAC4Monitors



Fonte: Elaborador pelo autor.

A seção a seguir apresenta as especificações sobre os dados que serão coletados.

4.3.1 Especificação de dados utilizados

Utilizando como base o que foi apresentado na primeira seção de capítulo, os aspectos de não-intrusividade na coleta dos dados e de mobilidade dos pacientes devem ser respeitados. Assim também como o estudo do artigo apresentado por Elliott e Coventry (2012), os seguintes sinais vitais foram definidos como possíveis dados a serem coletados, através do uso de dispositivos vestíveis, pelo modelo SAC: temperatura corporal e frequência cardíaca. Os demais sinais vitais, serão futuramente incorporados ao modelo SAC. Para a utilização dos dois sinais citados anteriormente, tem-se a seguinte abordagem:

- Temperatura corporal – termorregulação é o termo utilizado para representar a manutenção térmica do corpo, onde a mesma, quando em variações normais, está na faixa entre 36°C a 37,5°C, variações abaixo ou acima destes valores são considerados respectivamente como baixa e alta temperatura (HALL, 2015). Tanto a alta quanto a baixa temperatura representam riscos à saúde, como (HALL, 2015): hipertermia – acima dos 37,5°C – e hiperpirexia – temperaturas superiores a 40°C; hipotermia – temperaturas inferiores a 35°C. Para o modelo SAC, serão utilizadas as referências das mensurações térmicas coletadas pela axila, onde os valores podem variar de 0,5°C a 1°C (HALL, 2015). No modelo SAC serão consideradas variações de 0,5°C;
- Frequência cardíaca – reflete ao número de batimentos cardíacos em uma determinada unidade de tempo. A Tabela 3, apresenta a faixa normal de batimentos cardíacos, conforme idade. Assim como a temperatura, baixos e altos índices podem indicar riscos à saúde, em casos como: bradicardia, ritmo cardíaco baixo ou lento; taquicardia, ritmo cardíaco alto ou acelerado. Aspectos como o índice da frequência cardíaca alvo e da frequência cardíaca máxima, também serão consideradas pelo modelo SAC.

O modelo SAC também utiliza de dados coletados a partir dos dispositivos móveis, como:

- Localização do paciente – longitude e latitude em que o paciente estava durante a última coleta dos dados;

Tabela 3: Faixa normal de batimentos cardíacos por idade

Faixa de idade	Frequência cardíaca em bpm
Recém nascidos	100-160
0 a 5 meses	90-150
6 a 12 meses	80-140
1 a 3 anos	80-130
4 a 5 anos	80-120
6 a 10 anos	70-110
11 a 14 anos	60-105
15 a 20 anos	60-100
Adultos	50-80

Fonte: (HALL, 2015)

- Atividade física realizada pelo paciente – indica a atividade que o paciente estava realizando durante a última coleta dos dados.
- Idade do paciente – permite identificação e segregação de pacientes e perfis através deste dado.

Estas definições irão refletir diretamente sobre quais percepções, compreensões e projeções da ciência de situação serão inferidas. Como consequência, a base de conhecimento será construída levando em consideração os dados acima citados.

A frequência com que esses dados são coletados varia conforme o Perfil do Paciente em que o paciente monitorado se encontra. A próxima seção irá apresentar sobre os diferentes tipos de perfis de pacientes e de que forma ocorrem essas definições.

4.3.2 Perfil dos Pacientes e Coleta de Dados

Para o modelo SAC foi definida a aplicação de Perfis sobre os pacientes monitorados. O conceito de perfis, dentro do modelo SAC, utiliza as informações dos pacientes para então definir prioridades e até mesmo modos de operação. Tal definição tem como intuito:

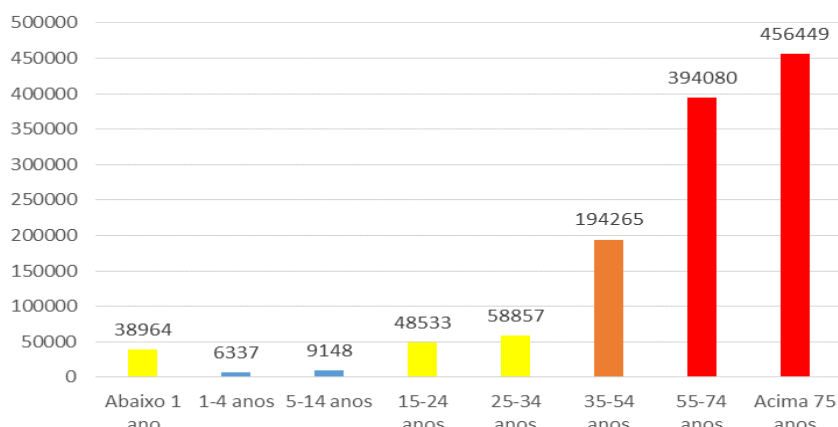
- Otimizar a coleta dos dados: restringir o consumo da bateria dos dispositivos envolvidos no monitoramento do paciente;
- Otimizar o envio dos dados: priorizar o envio e processamento dos dados de pacientes de risco.

Desta forma foram definidos três tipos de Perfis de Pacientes, sendo eles:

- Paciente Normal: paciente possui seus sinais vitais e suas condições particulares com valores normais ou aceitáveis;
- Paciente em Observação: paciente possui variações em suas condições particulares ou a partir de uma solicitação médica;
- Paciente em Condições Críticas: paciente possui seus sinais vitais em condições críticas, atingindo valores próximos ou iguais aos de limite (máximo ou mínimo) ou ainda valores fora do padrão percebido em relação ao paciente.

O modelo SAC utilizou destas três definições para então definir a forma de coleta dos dados dos pacientes monitorados. A definição dos valores de tempos de coleta e de espera entre coletas, motivou-se pela busca da otimização do consumo dos recursos e principalmente pelo índice, conforme apresentado pela Figura 16, de Mortalidade por Faixa de Idade no Brasil no ano de 2013, dado disponível pela Organização Mundial da Saúde (2016). A Tabela 4, apresenta as definições de tempo referente ao perfil de Paciente Normal. Para estas definições, apresentadas pela Tabela 4, avalia-se para que em estudos futuros o modelo possa utilizar valores adaptáveis conforme a coleta realizada e também permitir que o próprio paciente ou médico definam um determinado valor para as coletas.

O perfil de Paciente em Observação, diferente dos demais perfis, possui o Grau de Risco. O Grau de Risco atua como um classificador de pacientes, destacando os pacientes em observação que possuem mais risco dos que possuem menos. Tal classificação ocorre em duas etapas. A primeira com relação a faixa de idade do paciente, conforme apresentado pela Tabela 5.

Figura 16: Mortalidade por Idade no Brasil em 2013

Fonte: (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016)

Tabela 4: Definições de Tempo das Coletas e de Espera perfil de Paciente Normal

Faixa de idade	Tempo entre as Coletas (minutos)	Envio para a análise dos dados a cada (minutos)
Abaixo 1 ano	1	15
Entre 1 e 4 anos	1	20
Entre 5 e 14 anos	1	20
Entre 15 e 24 anos	1	15
Entre 25 e 34 anos	1	15
Entre 35 e 54 anos	1	10
Entre 55 e 74 anos	1	10
Acima 75 anos	1	5

Fonte: Elaborador pelo autor.

Tabela 5: Definições de Grau de Risco em relação as Faixas de Idades

Faixa de Idades	Grau de Risco
Abaixo 1 ano	1
Entre 1 e 4 anos	0
Entre 5 e 14 anos	0
Entre 15 e 24 anos	1
Entre 25 e 34 anos	1
Entre 35 e 54 anos	2
Entre 55 e 74 anos	2
Acima 75 anos	3

Fonte: Elaborador pelo autor.

E a segunda em relação as condições particulares do paciente, conforme descrito pela Tabela 6, podem ser somadas mais de uma condição particular. As definições de grau de risco foram definidas conforme as referências indicadas na Tabela 6. Ao término das duas etapas de avaliação soma-se os graus de riscos obtidos, dessa forma então é obtido o grau de risco do paciente. A Tabela 7, apresenta os tempos de coleta e de espera conforme o grau de risco. Para o perfil de paciente em observação, também são avaliados estudos para aplicação de valores customizáveis conforme necessidade do paciente ou definição do médico.

O terceiro perfil, Pacientes em Condições Críticas, devido a sua definição, não possuirá tempo de espera entre as coletas, ou seja, logo após o seu término serão enviadas para a análise. Serão realizadas coletas sequenciais, a cada 30 segundos.

Tabela 6: Definições de Grau de Risco em relação as Condições Particulares

Condições Particulares	Grau de Risco
Doença Crônica ¹⁸	3
Dores no Corpo ¹⁹	1
Dores de Cabeça ²⁰	1
Consumo de Medicação ²¹	2
Náuseas ²²	1

Fonte: Elaborador pelo autor.

Tabela 7: Definições de Tempo de Coleta e de Espera perfil de Paciente em Observação

Grau de Risco	Tempo entre as Coletas (minutos)	Envio para a análise dos dados a cada (minutos)
1	1	10
2	1	7
3	1	5
4	1	3
5	1	1

Fonte: Elaborador pelo autor.

Na próxima seção será descrito o serviço SAC I, identificando responsabilidades e apresentado à metodologia utilizada.

4.4 Serviço SAC I

O serviço SAC I, em conjunto com a aplicação SAC4Mobile e o componente Concentrador de Dados dos serviços públicos SAC, representam a primeira fase da ciência de situação (ENDSLEY, 1995), a percepção dos elementos. Neste caso, o serviço SAC I realiza as seguintes atividades, conforme apresentado na Figura 17:

- Receptor: aguarda o envio dos dados pelo Serviços Públicos SAC, que são coletados pelos sensores nos dispositivos móveis e nos dispositivos vestíveis;
- Validador: valida a integridade dos dados recebidos, onde desconsidera dados que possuem ruídos ou dados incompletos. Componente também avalia a precisão dos dados, conforme o sensor ou dispositivo vestível utilizado para a coleta;
- Organizador: organiza e padroniza os dados segundo openEHR. Aplica os arquétipos e *templates* – referentes aos sinais vitais monitorados – disponíveis sobre os dados coletados;
- Persistência: armazena os dados, tendo como referência a data e hora da coleta de cada dado.

Após realizadas as atividades indicadas anteriormente, os dados encontram-se disponíveis para o consumo dos demais serviços SAC, pois, estão padronizados e íntegros. A

¹⁸ http://www.who.int/gho/ncd/mortality_morbidity/en/

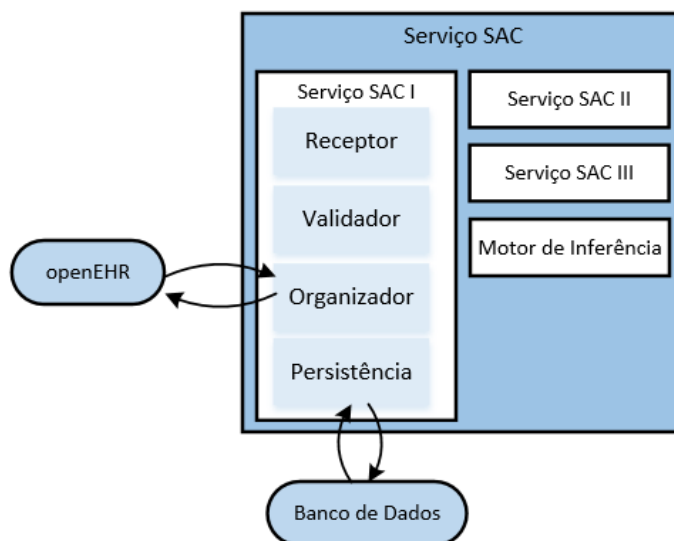
¹⁹ <http://www.mayoclinic.org/symptoms/muscle-pain/basics/definition/sym-20050866>

²⁰ <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/tension-headache/basics/definition/con-20014295>

²¹ <http://portal.crfsp.org.br/index.php/noticias/5088-consumo-de-medicamentos-supera-drogas-ilicitas-em-alguns-paises.html>

²² <http://www.mayoclinic.org/symptoms/nausea/basics/definition/sym-20050736>

Figura 17: Estrutura Serviço SAC I



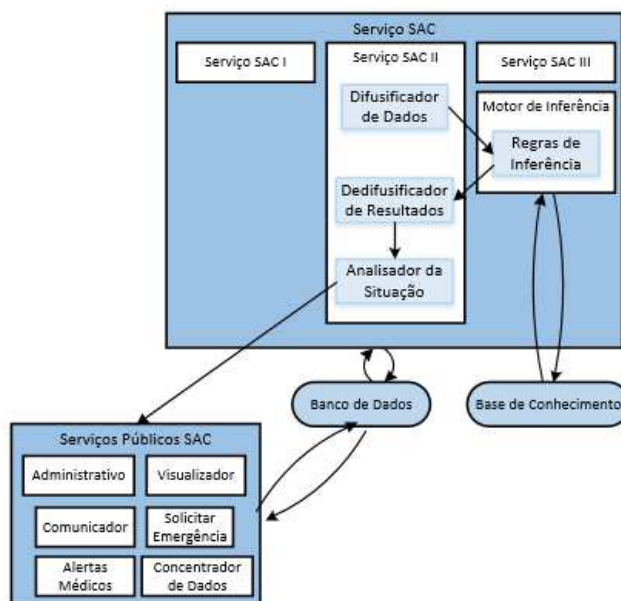
Fonte: Elaborador pelo autor.

padronização e organização dos dados dentro do modelo SAC, utiliza os arquétipos e *templates* disponibilizados pelo openEHR.

4.5 Serviço SAC II

O serviço SAC II, proposto pelo modelo SAC, representa a segunda fase da ciência de situação (ENDSLEY, 1995), compreensão sobre a situação atual. Para atingir esta fase, ou seja, compreender a situação atual do paciente, foi escolhido a Lógica Difusa. A escolha foi feita devida as vantagens apresentadas anteriormente na seção 2.7, tais como: tratamento de imprecisões; especificação das regras mais próximas à linguagem natural; e simplificação na construção da base de conhecimento. A Figura 18 apresenta a estrutura e fluxo de processos do serviço SAC II, os mesmos podem ser descritos conforme abaixo:

- **Difusificador de Dados:** a partir dos dados coletados e organizados pelo serviço SAC I, o SAC II aplica a difusificação destes. Ou seja, este componente fica responsável pela conversão dos dados em expressões linguísticas. Este componente terá a sua especificação realizada na próxima seção;
- **Regras de Inferência:** após a difusificação, os dados então são aplicados ao Motor de Inferência, mais especificamente nas Regras de Inferência. Estas regras constituem a Base de Conhecimento do modelo SAC. Como resultado, este componente retorna à compreensão sobre atual do paciente;
- **Dedifusificador de Resultados:** componente realiza a fase final da Lógica Difusa, onde converte os resultados difusificados em valores numéricos. Porém, devido à natureza do modelo SAC, ambos os resultados são armazenados – difusificados e convertidos;
- **Analisador da Situação:** componente analisa os resultados obtidos, e conforme o valor recebido – temperatura elevada, frequência cardíaca instável – e o perfil do paciente, pode: ou acionar o resgate médico; ou acionar os alertas médicos; ou mesmo não realizar nenhuma ação. Ainda este componente realiza a integração com os Serviços Públicos SAC;

Figura 18: Estrutura Serviço SAC II

Fonte: Elaborador pelo autor.

A Figura 18 também apresenta outros dois itens importantes para o funcionamento do serviço SAC, são eles: o Banco de Dados e a Base de Conhecimento. O banco de dados fica responsável por todas as persistências dos dados trafegados pelo modelo SAC, sendo elas: informações sobre médicos, hospitais e pacientes; e dados coletados dos pacientes. E a base de conhecimento possui a representação formal – Regras de Inferências – do conhecimento especialista utilizado modelo SAC.

A descrição de como foi à aplicação da Lógica Difusa no serviço SAC II será apresentada na próxima seção.

4.5.1 Lógica Difusa no serviço SAC II

Nesta seção serão descritos os processos realizados pelo modelo SAC II – Difusificador de dados, Regras de Inferência, Dedifusificador de resultados e Analisador da Situação.

O processo de difusão dos dados utiliza como referência livros e publicações médicas, conforme apresentado anteriormente na seção Serviço SAC I, onde a partir destas serão então especificados os valores padrões e a sua tradução linguística. Os dados a serem difusificados pelo modelo SAC, inicialmente são: a temperatura corporal e a frequência cardíaca dos pacientes monitorados. A Tabela 8, apresenta a difusão realizada sobre os dados referentes a temperatura corporal e a Tabela 9, apresenta a difusão referente a frequência cardíaca.

Tabela 8: Difusão temperatura corporal

Termo linguístico	Especificação
Baixa	Abaixo dos 35,9°C
Normal	Entre 36°C e 37,5°C
Alta	Entre 37,6°C e 39°C
Elevada	Acima dos 39°C

Fonte: Elaborador pelo autor.

Tabela 9: Difusificação frequência cardíaca para idade adulta

Termo linguístico	Especificação
Baixa	Abaixo de 49 bpm
Normal	50-99 bpm
Alta	Acima de 99 bpm

Fonte: Elaborador pelo autor.

Além das referências utilizadas no Serviço SAC I, também foram utilizadas outras referências da clássica da medicina (FAUCI et al., 2008) (GOLDMAN; SCHAFER, 2011), com a finalidade de auxiliar na construção e definição nas regras de inferências. A Tabela 10, apresenta algumas das regras “Se entrada Então saída” relacionadas com a temperatura corporal e Tabela 11 com relação a frequência cardíaca. No capítulo de Implementação, serão melhor apresentadas as especificações das regras criadas.

Tabela 10: Regras temperatura corporal

Se “entrada”	Então “saída”
Baixa	Hipotermia
Normal	Normal
Alta	Hipertermia
Elevada	Hiperpirexia

Fonte: Elaborador pelo autor.

Tabela 11: Regras temperatura corporal

Se “entrada”	Então “saída”
Baixa	Bradycardia
Normal	Normal
Alta	Taquicardia

Fonte: Elaborador pelo autor.

O processo de dedifusificação utilizado pelo modelo SAC, para todos os dados difusificados, foi o centroide. A Tabela 12, apresenta os graus de pertinência em relação a temperatura corporal e a Tabela 13 com relação a frequência cardíaca.

Tabela 12: Graus de pertinência temperatura corporal

	Grau de pertinência
Hipotermia	0,0 – 0,25
Normal	0,26 – 0,5
Hipertermia	0,51 – 0,75
Hiperpirexia	0,76 – 1

Fonte: Elaborador pelo autor.

Tabela 13: Graus de pertinência frequência cardíaca

	Grau de pertinência
Baixa	0,0 – 0,33
Normal	0,34 – 0,66
Alta	0,67 – 1

Fonte: Elaborador pelo autor.

Os processos acima citados – difusificação, regras de inferência e dedifusificação – foram apresentados de forma individual e somente referente aos dados relacionados a

temperatura corporal, porém, serão aplicadas difusificações sobre outros dados e também serão utilizadas combinações das regras de inferências.

E por fim, o analisador da situação atua sobre os resultados obtidos pelas as inferências realizadas e conforme o resultado inferido realiza ações. A definição de ação do analisador da situação varia conforme o sinal vital acionado. A Tabela 14, apresenta as possíveis ações a serem realizadas, com relação a temperatura corporal. O componente ainda é responsável por lidar com as integrações realizadas com os Serviços Públicos SAC.

Tabela 14: Atuações do Analisador de Situação em relação a temperatura corporal

	Ação a ser realizada
Normal	Nenhuma ação
Atenção	Alerta responsável
Risco	Alerta responsável e Alerta médico
Crítico	Alerta responsável, Alerta médico e solicita atendimento emergência

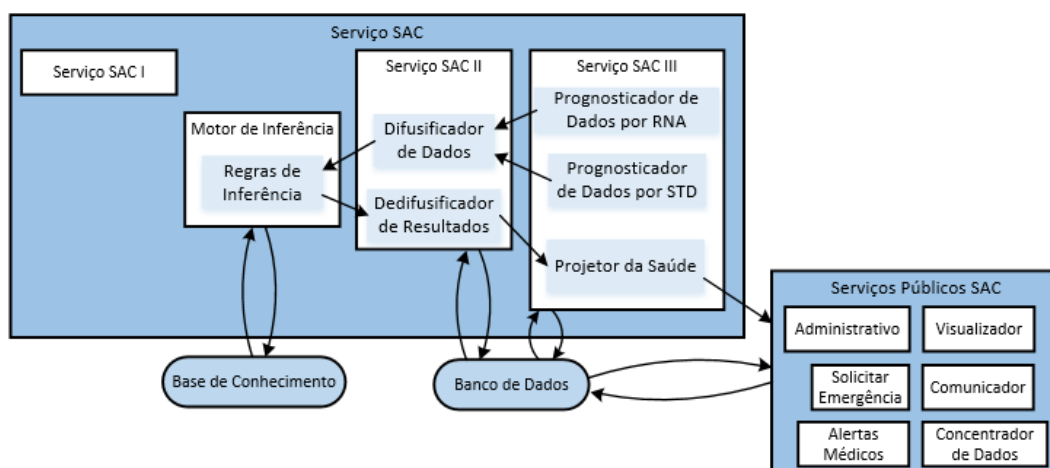
Fonte: Elaborador pelo autor.

Tendo então realizadas as devidas compreensões sobre os sinais vitais e os dados coletados a partir do serviço SAC II, tem-se o início da próxima fase da ciência de situação, projeção de estados futuros através do serviço SAC III.

4.6 Serviço SAC III

A terceira e última fase da ciência de situação (ENDSLEY, 1995), projeção sobre estados futuros, é aplicada pelo serviço SAC III. O modelo SAC avalia os conceitos de predição dos métodos de Séries Temporais de Dados e de Redes Neurais Artificiais, para atingir o objetivo proposto por esta fase da ciência de situação. Para ambos os métodos tanto os dados histórico quanto os dados do presente são utilizados como recursos para então projetarem novos dados. Os dados históricos para a STD são analisados e a partir deles, são percebidas tendências, dentre outras características que possibilitaram a projeção. O treinamento da Rede Neural se dá com a utilização do histórico do paciente observado, permitindo assim a rede aprender sobre como é o comportamento dos dados coletados. A Figura 19, apresenta o fluxo realizado pelos componentes e abaixo segue uma breve descrição sobre os mesmos:

Figura 19: Estrutura Serviço SAC III



Fonte: Elaborador pelo autor.

- Prognosticador de Dados por RNA e Prognosticador de Dados por STD: componentes responsáveis pela implementação da predição dos dados, ou seja, nestes componentes serão realizadas as projeções de futuros sinais vitais coletados dos pacientes. Sendo estes componentes, responsáveis também pelo envio destes novos dados obtidos para o Serviço SAC II;
- Projetor da Saúde: a partir das informações inferidas pelo serviço SAC II, este componente fica responsável então por realizar as integrações com os Serviços Públicos SAC e também por avaliar as inferências e conforme resultado obtido, ações podem ser realizadas, tais como: acionamento do resgate médico; acionamento dos alertas médicos; ou mesmo nenhuma ação.

Conforme pode ser observado pela Figura 19, o processo do serviço SAC III tem início pela projeção dos dados através do uso de RNA e das séries temporais de dados, que após predição são encaminhados para o serviço SAC II, onde então será realizada a compreensão sobre os dados projetados. Após a compreensão da situação em relação aos dados projetados, o serviço SAC III então realiza uma análise sobre estes, verificando possíveis degradações, desvios ou problemas na saúde do paciente observado, através do componente analisador da situação. E por fim realiza a harmonização dos dados dos pacientes.

A descrição detalhada de como então foi aplicado o conceito de Redes Neurais Artificiais no serviço SAC III será apresentada na próxima seção.

4.6.1 Redes Neurais Artificiais no serviço SAC III

Nesta seção serão apresentadas as definições aplicadas para a construção da RNA do modelo SAC. Onde foi então utilizado o modelo *Multi Layer Perceptron* e também definida a utilização do método *Feedforward*, ou seja, a comunicação entre as camadas é somente no caminho de ida, não há caminho de volta, ou seja, todas conexões possuem a mesma direção – partindo da entrada e sentido a camada de saída (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010). Para o treinamento da rede utiliza-se então o método *Backpropagation*, treinamento de forma supervisionada, onde calcula-se o erro e o algoritmo corrige os pesos em todas as camadas, partindo da saída e indo em direção a entrada (BARRETO, 2002). Utilizando para a função de ativação o método sigmoideal. O treinamento se dá através do uso de *datasets*, que possuem com uma coleção de registros sobre determinado aspecto, no caso do modelo SAC, serão utilizados *datasets* relacionados aos sinais vitais observados: temperatura corporal e frequência cardíaca. Após a realização do treinamento a RNA encontra-se disponível para receber novas entradas e gerar novas predições a partir destas.

Utilizando-se então dos dados projetados pela RNA, o componente encaminha estes para o serviço SAC II. O componente não realiza o envio para o serviço SAC I, pois, os dados projetados já estão padronizados e organizados conforme especificado por este mesmo serviço. O serviço SAC II irá realizar o mesmo processo de compreensão, porém, neste caso a compreensão será sobre dados projetados. Ao término das inferências realizadas pelo SAC II, então os resultados são retornados ao serviço SAC III, em específico para o componente Projetor de saúde.

O analisador da situação atua avaliando e comparando os resultados obtidos através do serviço SAC II. Sua atuação é idêntica ao componente Analisador da Situação, contido no serviço SAC II. Ou seja, ele avalia e compara os resultados obtidos com valores referência,

conforme apresentado pela Tabela 15. Dessa forma, o resultado obtido se. O componente também é responsável pela integração com os Serviços Públicos SAC.

Tabela 15: Atuações do Analisador de Situação em relação a temperatura corporal

	Ação a ser realizada
Normal	Nenhuma ação
Atenção	Alerta responsável
Risco	Alerta responsável e Alerta médico
Crítico	Alerta responsável, Alerta médico e solicita atendimento emergência

Fonte: Elaborador pelo autor.

A subseção a seguir apresenta então a implementação dos serviços SAC III, utilizando o conceito das STD aplicado no modelo SAC.

4.6.2 Séries Temporais de Dados

A aplicação das STD objetivou a análise e identificação do comportamento dos dados – frequência cardíaca e temperatura corporal – que são coletadas dos pacientes. Conforme apresentado anteriormente, foram definidos Perfis de Pacientes e Coleta de Dados. Desta forma, conforme o perfil do paciente as coletas são realizadas, sendo assim existe uma periodicidade em relação aos dados dos pacientes. Levando em consideração os dados obtidos e suas características temporais, será então utilizada o conceito de regressão e tendências para a previsão de dados.

A tendência descreve o comportamento da variável retratada na série temporal. Há três objetivos na sua identificação: avaliar o seu comportamento para utilizá-lo em previsões, removê-la da série para facilitar a visualização das outras componentes, ou ainda identificar o nível da série. A obtenção da tendência pode ser feita de três formas: através de um modelo de regressão, através de médias móveis, ou através de ajuste exponencial (BROCKWELL; DAVIS, 2006). Para o modelo SAC será utilizada a projeção através de Regressão Linear.

As três fases da ciência da situação culminam ao término do processo realizado pelo SAC III, ou seja, a projeção de estados futuros. O modelo SAC ainda possui mais um serviço, os Serviços Públicos SAC. A seção a seguir descreve sobre suas funcionalidades e suas responsabilidades para com o modelo SAC e demais aplicações.

4.7 Serviços Públicos SAC

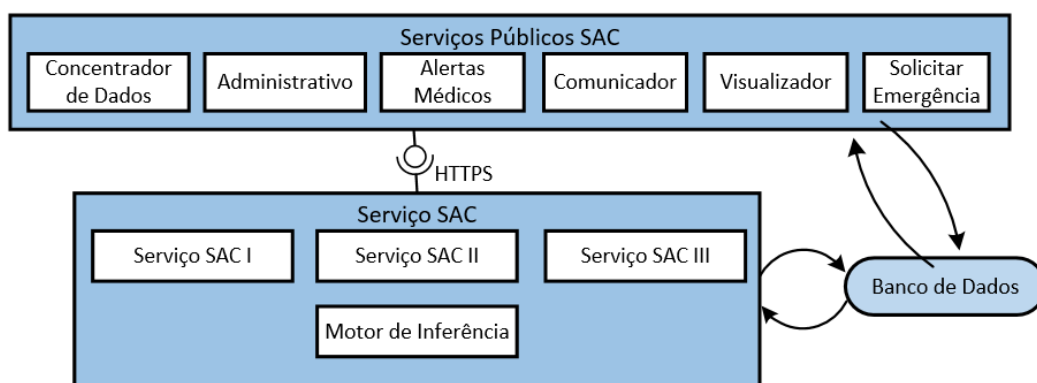
Para a acesso aos dados e as informações inferidas, o modelo SAC disponibiliza um pacote de serviços, chamado de Serviços Públicos SAC. Este pacote permite o consumo dos dados e das informações tanto para as aplicações SAC quanto para as aplicações terceiras. O motivo pela utilização de um pacote de serviços públicos está divisão por atividades. Ou seja, atividades que não são vinculadas diretamente com a ciência de situação, foram alocadas para os serviços públicos, deixando assim o serviço SAC responsável apenas por aplicar a ciência de situação. Os recursos disponibilizados pelos serviços públicos SAC seriam:

- Administrativo: realiza o gerenciamento administrativo do modelo, com atividades tais como: criação de usuário, ajustes nas definições do usuário, controles de acesso, dentre outras;

- Comunicador: permite a comunicação direta entre os envolvidos – equipe médica, hospitais, médicos e pacientes;
- Concentrador de dados: responsável por receber os dados coletados pela aplicação SAC4Mobile e enviar para o serviço SAC I;
- Alertas Médicos: componente possibilita a criação e o envio de alertas, para o responsável do paciente e para o médico do mesmo. Esta notificação é distribuída para todas as instâncias SAC que estão relacionadas com o paciente observado;
- Visualizador: permite a visualização dos dados coletados assim como as informações inferidas sobre os pacientes observados;
- Solicitar Emergência: permite a solicitação de resgate médico em caráter de emergência para o paciente observado.

Este pacote de serviços, tem o intuito de remover as responsabilidades acima citadas do Serviço SAC, deixando este apenas com foco na ciência de situação. A Figura 20, apresenta a estrutura referente aos Serviços Públicos.

Figura 20: Estrutura Serviços Públicos SAC



Fonte: Elaborador pelo autor.

O capítulo a seguir discute sobre como foi a implementação do modelo SAC e seus protótipos.

5 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

Esse capítulo apresenta sobre as características da implementação do modelo SAC – da infraestrutura, das aplicações clientes e dos serviços, abordando sobre as definições aplicadas e as metodologias utilizadas. E também apresenta uma seção descrevendo sobre a utilização da aplicação SAC4Mobile, suas funcionalidades e sua integração com os demais Serviços SAC.

5.1 Características da implementação

A seção descreve quanto à implementação que foi realizada do modelo SAC, apresentando sobre: as abordagens e conceitos de desenvolvimento aplicados; definições tecnológicas tomadas; e organizações estruturais realizadas. Inicialmente serão apresentados os aspectos referentes a infraestrutura construída para suportar as necessidades do modelo SAC.

5.1.1 Infraestrutura SAC

Considerando a importância que o modelo SAC possui em processar dados e informações de forma ágil, escalável e segura, foi utilizada a nuvem computacional da Amazon EC2²³, que permite o uso de servidores virtualizados na Nuvem. Tal escolha se deu pela alta disponibilidade, pela elasticidade, pela segurança e por outros recursos e serviços disponíveis na nuvem computacional da Amazon (JUVE et al., 2009). Foi utilizada a configuração “T2.Micro”, disponibilizada de forma gratuita pela Amazon. Possui um processador virtual e um Gb de memória, esta configuração possui recursos limitados, entretanto atenderá para a proposta de implementação e de avaliação do modelo SAC. A persistência dos dados trafegados pelo modelo SAC, tanto pelas aplicações clientes quanto pelos serviços foi realizada através da utilização do banco de dados PostgreSQL²⁴, uma solução *opensource* que apresenta resultados sólidos quanto a performance e a segurança, em sua utilização (DOUGLAS; DOUGLAS, 2003).

Para o protótipo do modelo SAC foi então utilizado um servidor virtualizado, chamado CoreSAC, utilizando plataforma Windows Server 2012 R2. O servidor possui duas funcionalidades específicas, chamadas DataSAC e ReasonSAC, sendo elas:

- DataSAC – representa tanto o Serviço SAC I quanto os Serviços Públicos SAC. Desta forma, mantém a instância do banco de dados e por consequência atua no armazenamento e organização dos dados (Serviço SAC I). Realiza também a disponibilização dos dados, das informações armazenadas e assim como o suporte as demais funcionalidades;
- ReasonSAC – responsável pela representação computacional dos serviços SAC II e SAC III, ou seja, realizando as análises sobre os dados coletados.

As especificações quanto ao desenvolvimento dos serviços, Serviços SAC e Serviços Públicos SAC, serão apresentados na seção seguinte.

²³ <https://aws.amazon.com/pt/ec2/>

²⁴ <https://www.postgresql.org>

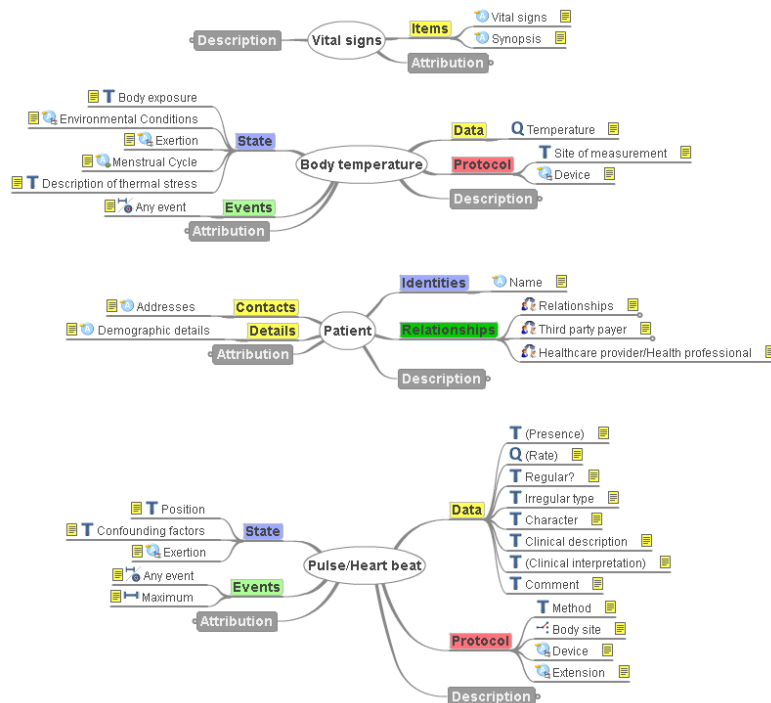
5.1.2 Serviços SAC

Para a representação dos serviços apresentados pelo modelo SAC foram utilizados serviços *web*, que irão interagir entre as aplicações clientes e o servidor SAC. Estes serviços foram desenvolvidos utilizando a linguagem de programação Java, sendo estes hospedados pelo Apache Tomcat 7.0²⁵.

Os Serviços Públicos SAC, possuem a responsabilidade de prover suporte aos Clientes SAC e as serviços SAC I, II e III. O serviços públicos estão representados através de um serviço web, que realiza a disponibilização dos dados persistidos através da aplicação do conceito REST e com a utilização do *framework* Jersey²⁶. A padronização utilizada para os dados movimentados foi o JSON – devido ao seu desempenho e simplicidade de organização. Sendo estes dados, trafegados através do protocolo HTTPS. A implementação do protótipo prevê o desenvolvimento dos seguintes componentes: concentrador de dados, administrativo e visualizador. Permitindo assim o funcionamento das aplicações clientes. Os demais componentes não foram explorados para este protótipo, sendo objetivado apenas os componentes críticos para o funcionamento dos demais serviços e clientes.

O serviço SAC I tem a principal responsabilidade dentro dos Serviços SAC de prover os dados necessários para os demais serviços – SAC II e III. Neste serviço, além dos serviços para disponibilização de dados para os demais serviços, teve-se a utilização do openEHR, onde está ocorreu através de duas fases. Na primeira fase, teve-se a análise e a avaliação sobre quais os arquétipos que melhor se integram a proposta do modelo SAC. A Figura 21 apresenta os arquétipos utilizados pelo modelo SAC.

Figura 21: Arquétipos utilizados pelo modelo SAC



Fonte: Elaborador pelo autor.

²⁵ <https://tomcat.apache.org>

²⁶ <https://jersey.java.net/>

Considerando então, os requisitos e as funcionalidades do modelo SAC foram selecionados os seguintes arquétipos: *Demographic Person Patient* – dados cadastrais de pacientes –, *Observation Body Temperature* – temperatura corporal – e *Observation Pulse* – frequência cardíaca. E na segunda fase, foi então construído o *template* a ser utilizado pelo modelo SAC. Para a construção do *template* foi utilizada a aplicação *Template Designer*, disponibilizada pelo próprio openEHR. Além dos arquétipos selecionados, também foi necessária a utilização do arquétipo *Section Vital Signs (Vital signs)*. Onde este atua como objeto pai, ou seja, os demais arquétipos estão abaixo deste. Porém, para este protótipo não houve a utilização do recurso do openEHR, inicialmente foi aplicada uma integração simplificada entre os serviços SAC e os clientes.

No serviço SAC II, utilizou-se o *framework* jFuzzyLogic²⁷, desenvolvido na linguagem de programação Java, que então implementa a lógica difusa. Escolha feita devido a sua flexibilidade e robustez, se mostrando um excelente recurso para a inferência de lógica difusa (CINGOLANI; ALCALA-DFEZ, 2012). Para o funcionamento deste *framework*, além da utilização da API, também se faz necessário a criação de um arquivo com a extensão “.fcl”, onde este contém todas as regras e especificações referente as aplicação da lógica difusa, conforme apresentado pela Figura 22, onde também podem ser percebidas algumas das regras criadas para o protótipo.

Figura 22: Conteúdo parcial do arquivo ".fcl"

```

// Definição do bloco
FUNCTION_BLOCK sacii

// Define variável de entrada
VAR_INPUT
    temperatura_paciente : REAL;
    frequencia_paciente : REAL;
    atividade_paciente : REAL;
END_VAR

// Define variável de saída
VAR_OUTPUT
    avaliacao_temperatura : REAL;
    avaliacao_frequencia : REAL;
    avaliacao_situacao : REAL;
END_VAR

// Difusificação
FUZZIFY temperatura_paciente
    TERM baixa := (33, 1) (34, 1) (35, 0) ;
    TERM normal := (35, 0) (36,1) (37, 1) (38, 0) ;
    TERM alta := (38, 0) (39, 1) (40, 0);
    TERM elevada := (39, 0) (40, 1) (41, 1);
END_FUZZIFY

// Difusificação
FUZZIFY frequencia_paciente
    TERM baixa:= (40, 1) (44, 1) (48, 0) ;
    TERM normal := (48, 0) (50, 1) (60, 1) (82, 0);
    TERM alta := (82, 0) (86, 1) (90, 1);
END_FUZZIFY

// Difusificação
FUZZIFY atividade_paciente
    TERM nenhuma:= (0, 0) (1, 1) (2, 0);
    TERM caminhada := (2, 0) (3, 1) (4, 0);
    TERM corrida := (4, 0) (5, 1) (6, 0);
END_FUZZIFY

// Dedifusificação
DEFUZZIFY avaliacao_temperatura
    TERM hipotermia := (0,0) (5,1) (10,0);
    TERM normal := (10,0) (15,1) (20,0);
    TERM hipertermia := (20,0) (25,1) (30,0);
    TERM hiperpirexia := (20,0) (25,1) (30,0);

// Método de Dedifusificação
METHOD : COG;
// Valor padrão caso nenhuma regra seja ativada
DEFAULT := 0;
END_DEFUZZIFY

RULEBLOCK No1
// Use 'min' for 'and' (also implicit use 'max'
// for 'or' to fulfill DeMorgan's Law)
AND : MIN;
// Use 'min' activation method
ACT : MIN;
// Use 'max' accumulation method
ACCU : MAX;

RULE 1 : IF temperatura_paciente IS baixa
    THEN avaliacao_temperatura IS hipotermia;

RULE 2 : IF temperatura_paciente IS normal
    THEN avaliacao_temperatura IS normal;

RULE 3 : IF temperatura_paciente IS alta
    THEN avaliacao_temperatura IS hipertermia;

RULE 4 : IF temperatura_paciente IS elevada
    THEN avaliacao_temperatura IS hiperpirexia;

RULE 8 : IF temperatura_paciente IS baixa AND
    frequencia_paciente IS baixa AND
    atividade_paciente IS nenhuma
    THEN avaliacao_situacao IS critico;

RULE 9 : IF temperatura_paciente IS normal AND
    frequencia_paciente IS baixa AND
    atividade_paciente IS nenhuma
    THEN avaliacao_situacao IS normal;

RULE 10 : IF temperatura_paciente IS alta AND
    frequencia_paciente IS baixa AND
    atividade_paciente IS nenhuma
    THEN avaliacao_situacao IS atencao;

RULE 11 : IF temperatura_paciente IS elevada AND
    frequencia_paciente IS baixa AND
    atividade_paciente IS nenhuma
    THEN avaliacao_situacao IS risco;

RULE 12 : IF temperatura_paciente IS baixa AND
    frequencia_paciente IS normal AND
    atividade_paciente IS nenhuma
    THEN avaliacao_situacao IS atencao;

RULE 13 : IF temperatura_paciente IS normal AND
    frequencia_paciente IS normal AND
    atividade_paciente IS nenhuma
    THEN avaliacao_situacao IS normal;

```

Fonte: Elaborador pelo autor.

²⁷ <http://jfuzzylogic.sourceforge.net/>

O serviço SAC II então carrega o arquivo “.fcl”, realiza a aplicação dos valores recebidos como parâmetros e então aciona os métodos presentes no *framework* para realizar as inferências da lógica difusa. Ao término da inferência são retornados a aplicação os resultados obtidos. A aplicação da lógica difusa no modelo SAC, para este protótipo, teve a especificação de 43 regras, avaliando acerca da temperatura corporal, da frequência cardíaca e da atividade física do paciente. Utilizou-se método Centro de Gravidade (COX, 1994) para a realização da defusificação.

O serviço SAC III, representado pelas RNA's, teve a utilização da *framework* Neuroph²⁸, também desenvolvido para a linguagem de programação Java, que permite a reprodução das redes neurais artificiais e também da ferramenta Neuroph Studio, que permitiu a construção das RNA e o treinamento das mesmas. Escolha se deu devido a sua praticidade e a sua ampla utilização no contexto acadêmico (BEZERRA; SALINA, 2015) (MACIEL; CARVALHO, 2010) (OVIDO et al., 2014). O processo iniciou pela construção e treinamento da rede. A rede construída é do tipo *Multi Layer Perceptron* com função de ativação Sigmoidal. Para o protótipo, foi então construída um RNA específica para o Perfil de Paciente Normal com idade entre 15 e 24 anos, que então realiza a coleta de dados minuto a minuto e envia para a análise cada 15 minutos. Desta forma, a RNA possui 15 entradas, 31 neurônios escondidos e resultando em uma saída. O treinamento através do método *Backpropagation*, ou seja, através do passado objetivasse prever o futuro. Os *datasets* utilizados são: MIMIC3²⁹, que vem sendo amplamente utilizado pela comunidade acadêmica (JOHNSON et al., 2016), e também o desenvolvido pelos autores Mackowiak, Wasserman e Levine (1992). Sobre estes *datasets*, foi aplicada a equação, apresentada pela Figura 23, para a normalização dos dados, desta forma os dados variam entre 0,2 e 0,8. Para o treinamento das redes, teve como objetivo a Taxa de Erros de 0,0095, ou seja, 0,95%. Também não houve restrição com relação ao número limite de iterações para o treinamento

Figura 23: Equação de normalização

x = Dados Normais

$\text{Min}(x)$ = menor valor do dataset

$\text{Max}(x)$ = maior valor do dataset

$$y = \frac{(x - \text{Min}(x))}{(\text{Max}(x) - \text{Min}(x))} * (0,8 - 0,2) + 0,2$$

Fonte: Elaborador pelo autor.

Entretanto, durante a realização do treinamento foi percebido um comportamento não desejado da RNA, as predições não estavam de acordo. Foi realizada uma análise e foi identificado que tal comportamento se deu devido à baixa quantidade de variáveis utilizadas como entradas. O que impossibilitou a utilização de RNA com a atual quantidade de dados que o modelo SAC movimenta. Sendo assim, a aplicação de RNA para o protótipo atual, considerando o aspecto da quantidade de dados utilizados, se encerrou nesta etapa. Entretanto não se descarta futuros estudos para a reutilização de RNA, desta forma, os esforços foram então concentrados na aplicação das Séries Temporais de Dados.

Então o serviço SAC III, representado pelas Séries Temporais de Dados utilizou a solução Weka 3³⁰, que disponibiliza ferramentas e recursos para algoritmos de aprendizado de máquina. Tal escolha se deu pela quantidade de recursos e por ser amplamente utilizada na

²⁸ <http://neuroph.sourceforge.net/>

²⁹ <https://mimic.physionet.org/>

³⁰ <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>

comunidade acadêmica (AHER; LOBO, 2011) (YASODHA; KANNAN, 2011) (BAKA et al., 2014) (SILVA; MACHADO; ARAÚJO, 2014) (YADAV; CHANDEL, 2015). Dentre os recursos oferecidos pela Weka, destacam-se dois: Weka Explorer, que permite analisar, avaliar e testar as STD, de forma simplificada e efetiva; e a API Weka, para a linguagem de programação Java, que disponibiliza estes mesmos recursos. A Tabela 16 apresenta a simulação da realização do processo de projeção. Onde a coluna “Valor real coletado” representa as 16 valores coletados e a coluna “Valor previsto pela STD” apresenta os 15 valores utilizados para realizar a projeção e o último valor desta coluna é a projeção da STD. Analisando a Tabela 16, pode se perceber que o valor previsto pela STD é muito próximo com o real valor coletado – na previsão da temperatura corporal foi obtido um resultado 0,27% abaixo do real coletado e na previsão da frequência cardíaca foi obtido 1,36% acima do real coletado – o que demonstra que a utilização de STD é válida para o modelo SAC.

Tabela 16: Comparação Valores Reais com Previstos

Momento da coleta	Temperatura corporal em °C		Frequência cardíaca em bpm	
	Valor real coletado	Valor previsto pela STD	Valor real coletado	Valor previsto pela STD
01/12/2016 07:45	36,4	36,4	88	88
01/12/2016 07:46	36,4	36,4	67	67
01/12/2016 07:47	36,4	36,4	63	63
01/12/2016 07:48	36,5	36,5	61	61
01/12/2016 07:49	36,5	36,5	60	60
01/12/2016 07:50	36,5	36,5	56	56
01/12/2016 07:51	36,5	36,5	59	59
01/12/2016 07:52	36,5	36,5	69	69
01/12/2016 07:53	36,6	36,6	64	64
01/12/2016 07:54	36,6	36,6	60	60
01/12/2016 07:55	36,6	36,6	64	64
01/12/2016 07:56	36,6	36,6	67	67
01/12/2016 07:57	36,6	36,6	66	66
01/12/2016 07:58	36,6	36,6	70	70
01/12/2016 07:59	36,6	36,6	68	68
01/12/2016 08:00	36,6	36,5	66	66,9

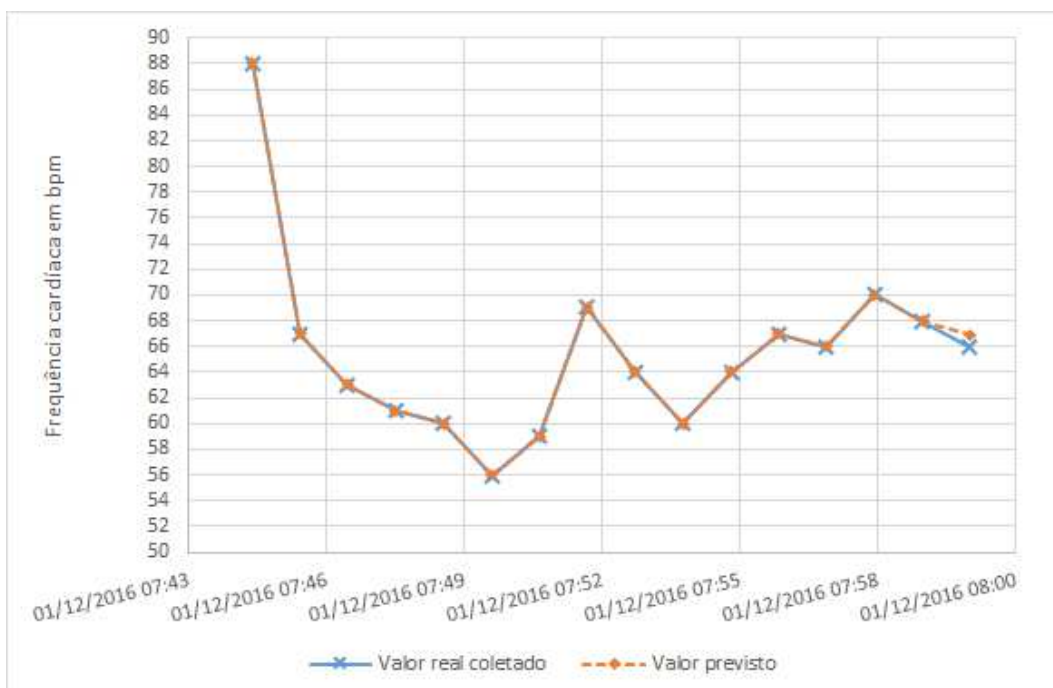
Fonte: Elaborador pelo autor.

A Figura 24 e a Figura 25, apresentam os gráficos contendo as diferenças entre os valores reais e o valores previstos pela STD. Podemos perceber que a diferença entre os mesmos são muito próximas, demonstrando que a utilização de STD é válida para a proposta do modelo SAC.

Para a implementação da STD, além da utilização da API também foram seguidas as indicações de desenvolvimento apresentadas nos exemplos disponíveis no site da Weka. Dentre as indicações apresentadas, utiliza-se a leitura de um arquivo “.arff” onde nele estão contidas as informações e os dados referentes a STD. No modelo SAC, este arquivo será criado de forma programática a cada execução do serviço SAC III. Após a sua criação, este arquivo então é consumido e aplicada a Regressão Linear sobre o mesmo, tendo como resultado final a projeção, que será encaminhada para o Serviço SAC II que então realizará a avaliação sobre este dado.

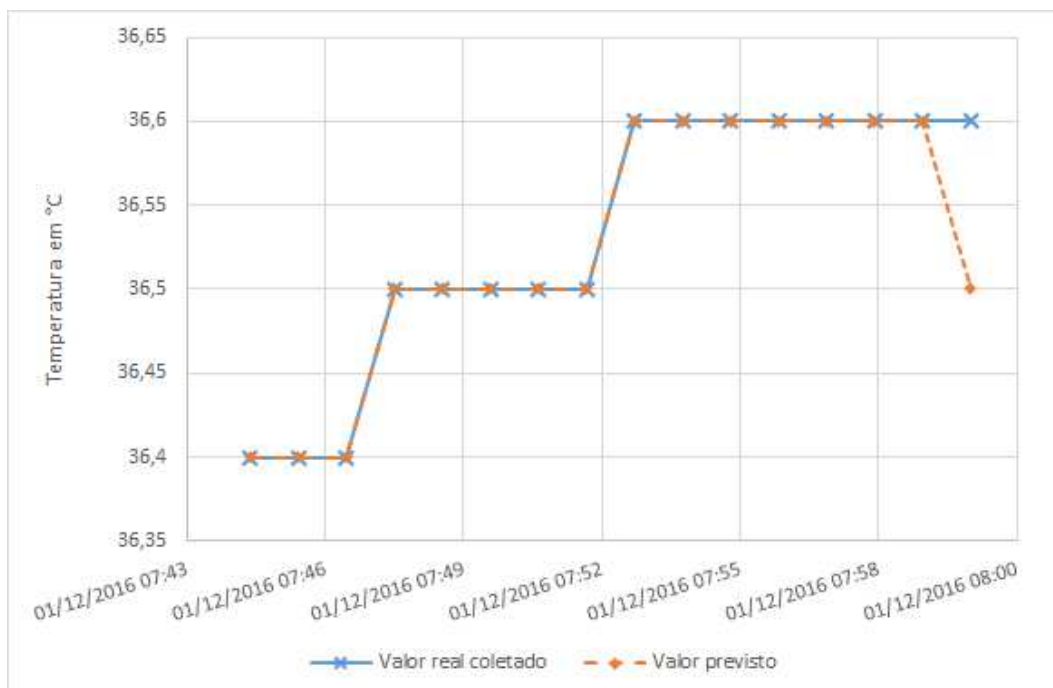
Outro aspecto com relação a implementação do modelo SAC é que devido ao método de avaliação aplicado, que será apresentado no próximo capítulo, não foi completamente implementado o conceito completo de Perfil dos Pacientes, houve apenas a implementação do Perfil do Paciente Normal com a faixa de idade “Entre 15 e 24 anos”. Desta forma estes aspectos ficarão previstos para futuros desenvolvimentos.

Figura 24: Gráfico comparativo valores reais X valores projetados referente a frequência cardíaca



Fonte: Elaborador pelo autor.

Figura 25: Gráfico comparativo valores reais X valores projetados referente a temperatura corporal



Fonte: Elaborador pelo autor.

As aplicações clientes SAC que consumirão os dados e as informações geradas pelos serviços, tiveram a sua implementação conforme apresentada na próxima seção.

5.1.3 Clientes SAC

A prototipação realizada das aplicações clientes SAC, teve direcionamento apenas para a aplicação SAC4Mobile. Esta escolha se motivou pela importância que a aplicação representa dentro do modelo SAC, onde a mesma realizará a coleta e o envio dos dados coletados dos pacientes monitorados. Dessa forma, a implementação da aplicação SAC4Monitors será abordada em estudos futuros.

O protótipo SAC4Mobile tem seu desenvolvimento para a plataforma Android, onde se procurou o desenvolvimento dos principais componentes do modelo SAC. Dessa forma, a aplicação SAC4Mobile possibilitará ao seu utilizador – paciente – realizar as seguintes funcionalidades: criar de novos usuários; coletar os sinais vitais e enviar os mesmos; visualizar os dados coletados e as informações inferidas; e alertas de saúde. Todas as interações acima citadas fazem uso dos Serviços SAC. A Figura 26, apresenta a tela inicial da aplicação.

Figura 26: Tela principal SAC4Mobile

The screenshot shows the main interface of the SAC4Mobile application. At the top, there is a status bar with icons for signal, Wi-Fi, battery (56%), and time (12:51). Below the status bar is a header with the app name 'SAC4Mobile' and a menu icon. The main content is organized into a grid of data points:

Paciente		Situação Saúde	
[Redacted]		Normal	
Idade	Sexo		
24 anos	Masculino		
Peso	Sangue		
95 kg	B+		
Temperatura	Batimentos		
36,5 °C	66 bpm		
Sensores conectados			
[Empty area for connected sensors]			

Fonte: Elaborador pelo autor.

A coleta dos sinais vitais para este protótipo foi realizada através do uso de dois dispositivos vestíveis: um dispositivo utilizando a tecnologia Arduino Lilypad, que coleta a temperatura do paciente; e uma *smartband* Fitbit Charge HR, que coleta a frequência cardíaca e a atividade realizada pelo paciente. Ambos os dispositivos vestíveis utilizam o protocolo *Bluetooth* de comunicação, entretanto as informações coletadas pela *smartband* são enviadas para a nuvem computacional do próprio fornecedor. Para a utilização destes dados, se faz necessário o registro da App junto ao site do fornecedor. Esse registro por sua vez gera uma autorização OAuth 2.0 que então permitiu o consumo dos dados armazenados. Também foi utilizada a API Google Fit, para então auxiliar na definição da atividade que o usuário estava realizando no momento da coleta.

Tendo apresentado sobre como ocorreram às implementações dos componentes principais do modelo SAC, a seguir será descrita a avaliação realizada sobre o mesmo.

5.2 Funcionamento do Protótipo através de Cenários

A aplicação de cenários vem sendo utilizada pela comunidade científica para a análise de modelos ubíquos e sistemas cientes de situação (SATYANARAYANAN, 2010; ZAUPA, 2012). Ferramenta para visualização de um possível caminho de ação para uma determinada situação, ou seja, ajudam na compreensão do fluxo das aplicações e dos serviços de novas tecnologias imaginadas. Flexível e prática na descoberta de possíveis atitudes e necessidades do usuário. Permite que a ambas as partes - criador e usuário - a lidarem com situações e comportamentos complexos e para melhor compreender as implicações de soluções específicas (SATYANARAYANAN, 2010; ZAUPA, 2012). Para o modelo SAC foi realizada a seguinte aplicação de cenário:

“Maria, jovem de 24 anos, mora sozinha e tem o hábito de praticar corridas após o expediente de trabalho. Maria trabalha como modelo fotográfica, logo a boa aparência e saúde são seus aliados para adquirir novos contratos. Pensando na sua saúde, Maria começou a utilizar a aplicação SAC4Mobile para monitorar o seu dia a dia, em conjunto com um dispositivo vestível para monitorar a temperatura e uma smartband capaz de coletar a frequência cardíaca. Maria durante o seu cadastro indicou o seu médico particular como referência médica em casos de alerta, dessa forma ele recebe toda e qualquer notificação referente ao monitoramento da mesma. Durante a prática das corridas, a aplicação SAC4Mobile reconhece que ela está se exercitando e por isso considera que a elevação nos batimentos cardíacos está de acordo, assim com o aumento da temperatura. Maria, há dois atrás realizou a sua corrida diária, porém, desta vez foi surpreendida por uma chuva durante a atividade. Hoje, após dois dias da atividade na chuva, a aplicação SAC4Mobile apresenta a notificação de um aumento na temperatura de Maria. Com essas novas informações enviadas ao serviço SAC, o mesmo indica situação de risco, como projeção para a saúde de Maria. Médico recebe alerta referente a alteração na saúde de Maria, e o mesmo lhe encaminha mais questionamentos sobre o estado atual e também sobre a rotina de Maria durante os dias anteriores, Maria comenta sobre a sua atividade onde foi surpreendida pela chuva. Em posse destas informações, o médico recomenda que Maria adquira antigripais e descanse. Maria atua conforme recomendado, pois, em quatro dias precisará estar em plena saúde devido à realização de um trabalho fotográfico”.

Tendo em vista o cenário acima apresentado, percebe-se o uso do protótipo da aplicação SAC4Mobile, assim como os Serviços Públicos SAC e os Serviços SAC, estes dois últimos sendo desenvolvidos em nuvem.

A utilização da aplicação SAC4Mobile, requer o cadastro tanto do paciente quanto do médico. Maria informou seu nome, sua idade, seu peso, seu médico e também foi questionado quanto a possuir alguma das condições particulares, no caso, a mesma não possui nenhuma. Durante as práticas das corridas de Maria, os dados coletados pelo SAC4Mobile e enviados para o serviço SAC – transmitidas através de Internet Móvel (3G) –, compreendiam e projetavam, que a situação em que Maria se encontrava tratava-se de uma atividade física e que o aumento na frequência cardíaca e na temperatura estavam de acordo. Entretanto conforme foi apresentado, a paciente realizou atividades em um período chuvoso, durante o monitoramento dos dias que decorram desta atividade, os dados analisados pelo serviço SAC compreenderam e projetaram, desvios na temperatura, ou seja, no caso específico o aumento da temperatura. Ao projetar o desvio na saúde da paciente, é disparada uma notificação para o

médico, para o responsável cadastrado e para a paciente monitorada. Com a notificação, permite hospitais e médicos estarem cientes dos desvios e também a realizar alguma forma de intervenção médica. Ambas as aplicações SAC disponibilizam um meio de comunicação direto com o paciente monitorado ou em casos de extrema urgência, possibilita a solicitação de atendimento médico. E com a intervenção realizada pelo médico Maria, permitiu que a mesma iniciasse o seu tratamento sem mesmo ter necessidade de realizar consulta médica.

Com a demonstração por cenário, foram então solidificadas as expectativas quanto as funcionalidades modelo SAC e a utilização de ciência de situação para a projeção de futuros estados da saúde. Onde o modelo SAC, através de suas aplicações, monitoramento e serviços, perceberam os desvios nos sinais vitais monitorados, e em conjunto com os reportes da paciente, pôde projetar a tendência dos desvios e tendo por conclusão inferida a situação da paciente.

6 AVALIAÇÃO DO MODELO SAC

Neste capítulo são detalhados os processos de avaliação aplicados sobre o modelo SAC, assim como apresentadas as discussões sobre os resultados. O modelo SAC foi avaliado sob a perspectiva do desempenho do modelo e da usabilidade do modelo SAC.

6.1 Avaliação do desempenho

A seguir serão apresentadas as subseções referentes à avaliação de desempenho do modelo SAC, descrevendo sobre a sua metodologia e a sua aplicação, assim como discutindo os resultados obtidos.

6.1.1 Metodologia

Para o contexto da computação, desempenho está relacionado com a quantidade de processos que são finalizados por um sistema ou componente, sendo medidos pelo tempo de resposta (alto ou baixo), pela utilização dos recursos computacionais (alto ou baixo), pela disponibilidade dos recursos (alta ou baixa), pelo tempo de transmissão dos dados (alta ou baixo), dentre outras características (WESCOTT, 2013). Para o modelo SAC, o tempo de resposta – tempo necessário para realizar a conclusão de todas as requisições enviadas – e a utilização dos recursos computacionais – consumo de CPU – serão as características abordadas para avaliação do desempenho.

Devido à proposta do modelo SAC, a de realizar o monitoramento contínuo da saúde e inferir sobre a situação da saúde de pacientes, se faz necessário que a solução tenha um alto desempenho em todo o seu processo, mas principalmente nos serviços SAC – SACI I, II e III. Nos serviços SAC, estão concentrados os principais recursos do modelo, logo, o deve possuir um alto desempenho. Para esta avaliação serão utilizadas cargas de dados sobre o modelo, afim de identificar e verificar sobre o desempenho do dos serviços SAC II e SAC III, através da simulação de solicitações simultâneas. Avaliando o tempo de resposta e consumo dos recursos computacionais para uma solicitação e incrementando a simulação com valores incrementais iniciando em uma solicitação e incrementando de 10 em 10, até 100 solicitações simultâneas. Este processo possui uma amostragem de cinco execuções. Sendo então avaliados todos os tempos envolvidos e os consumos dos recursos, desde a solicitação até o recebimento do conteúdo.

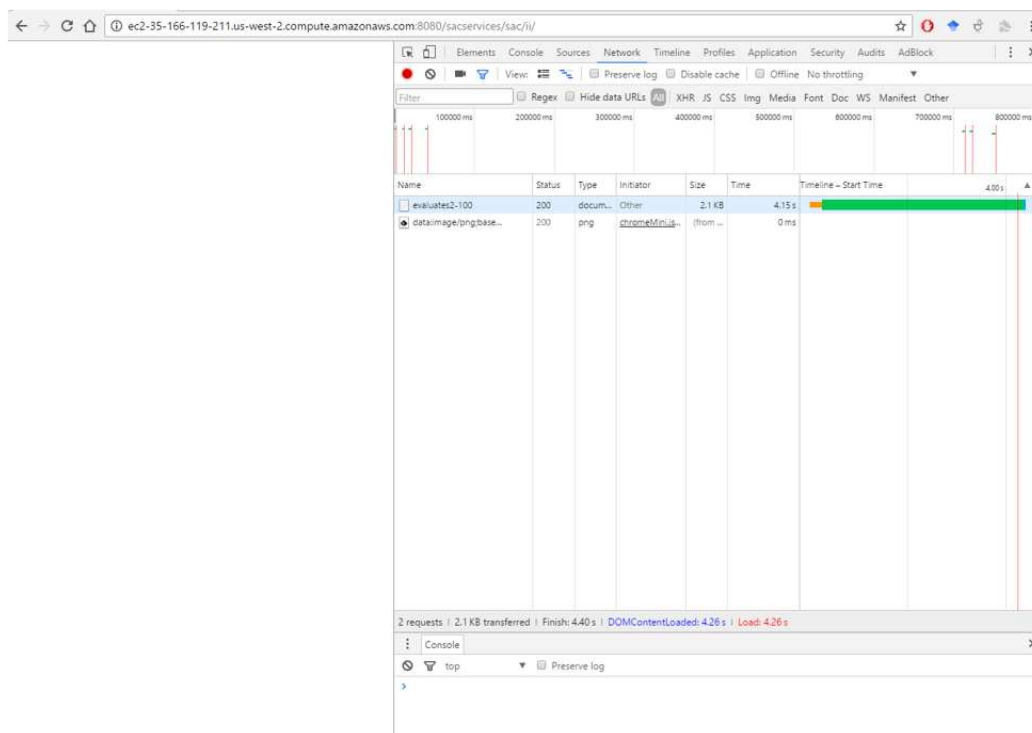
A subseção a seguir apresentará então os resultados obtidos e discussão sobre os mesmos.

6.1.2 Resultados e Discussão

Para a realização desta avaliação foram utilizados os dados disponibilizados pela base de dados MIMIC3 e também o desenvolvido pelos autores Mackowiak, Wasserman e Levine (1992). Conforme indicado anteriormente foram avaliados os Serviços SAC II e III, devido a sua importância e relevância dentro do modelo SAC. Desta forma, para a coleta dos tempos

de resposta envolvidos neste processo de avaliação, foi utilizada a ferramenta do navegador Google Chrome “Inspecionar elemento” na opção “Network”, conforme Figura 27.

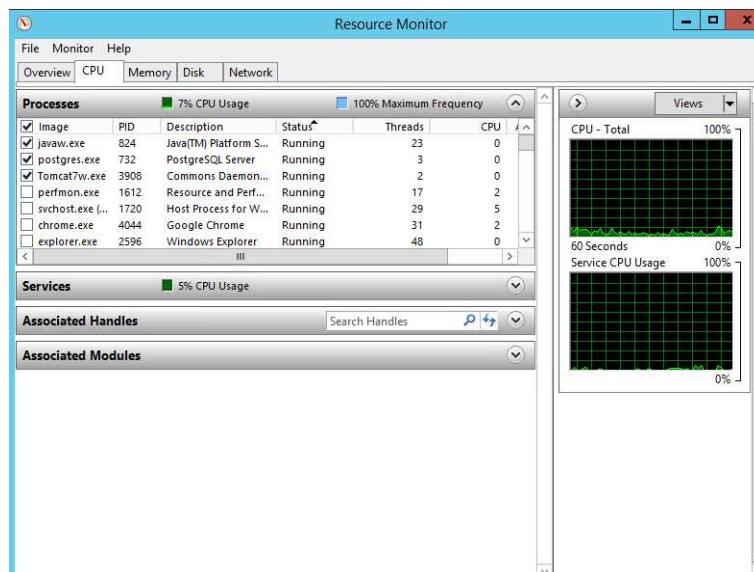
Figura 27: Ferramenta Inspecionar Elemento do Google Chrome



Fonte: Elaborador pelo autor.

E para o monitoramento do consumo dos recursos computacionais foi utilizada a ferramenta do próprio Windows Server, o “Monitor de Recursos”, conforme Figura 28. Sendo então monitoradas as ferramentas que suportam os serviços – banco de dados, servidor web e o Java – as demais ferramentas e componentes não foram monitorados, sendo excluídos da avaliação.

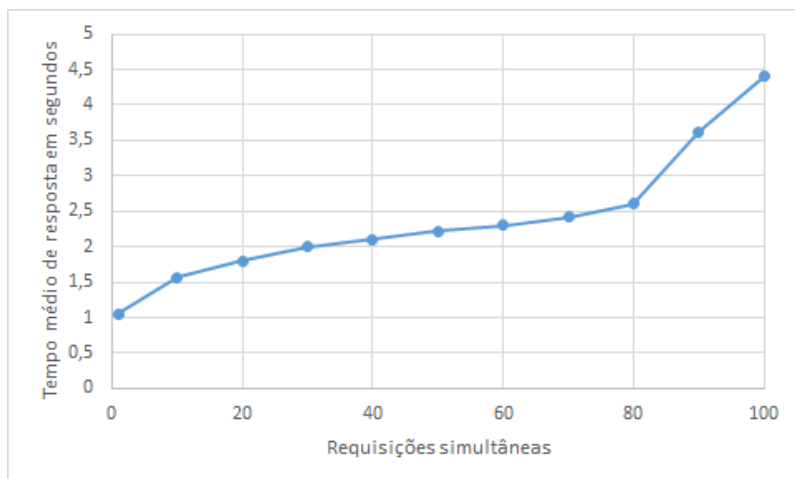
Figura 28: Ferramenta Monitor de Recursos do Windows



Fonte: Elaborador pelo autor.

Foram realizados os conjuntos de solicitações, indicadas pela metodologia de avaliação, referente aos dois serviços indicados, SAC II e SAC III. Com relação aos tempos de resposta obtidos pelo serviço SAC II, podem ser observados pela Figura 29. Conforme mencionado na metodologia de avaliação, foram obtidos o tempo médio de resposta através das cinco amostragens realizadas.

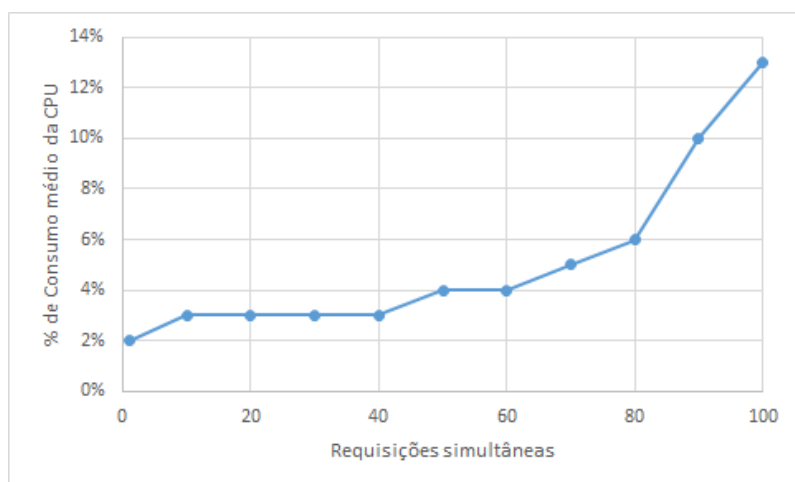
Figura 29: Tempo médio de resposta em segundos Serviço SAC II



Fonte: Elaborador pelo autor.

Analisando o gráfico, pode-se perceber que o mesmo até 80 solicitações cresce de forma linear, entretanto acima desta quantidade há um alto incremento no tempo de resposta. Com relação aos recursos consumidos, com relação a CPU, foram percebidas elevações no consumo entre 80 e 100 requisições, em conformidade com o apresentado em relação ao tempo de resposta, conforme apresentado pela Figura 30. Porém, podemos perceber que mesmo com um aumento no tempo de resposta e no consumo de recursos computacionais, o modelo SAC, em específico o serviço SAC, apresenta ótimos indicadores em relação ao tempo necessário para que todas as requisições sejam entregues.

Figura 30: % Consumo médio de recursos computacionais Serviço SAC II

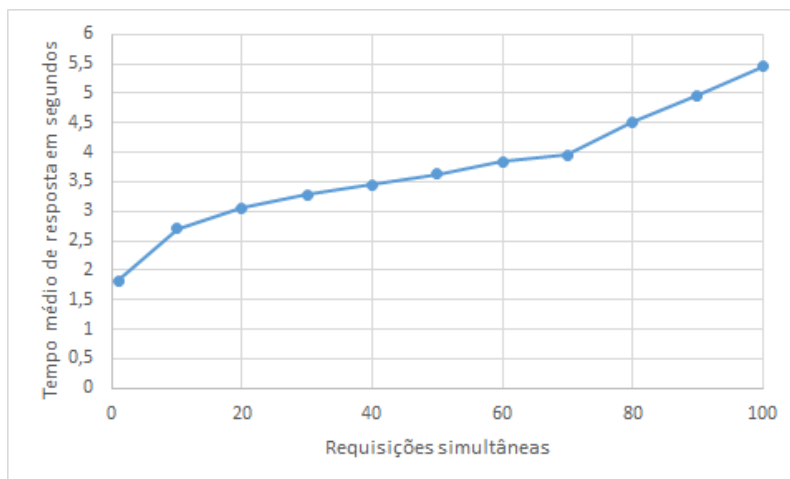


Fonte: Elaborador pelo autor.

A avaliação com relação ao desempenho do serviço SAC III seguiu a mesma proposta do realizado para o SAC II, assim como foram utilizadas as mesmas ferramentas para mensurar os tempos de respostas e consumo dos recursos. Entretanto, as funcionalidades dos

serviços avaliados são muito distintas, logo existem diferenças em suas lógicas de desenvolvimento. Destacam-se dois aspectos com relação ao serviço SAC III: o primeiro aspecto é de que a cada execução do mesmo, gera-se um arquivo “.arff” que contem então a STD do paciente em questão; e o segundo aspecto a ser apontado é de que o serviço SAC III utiliza o serviço SAC II. A Figura 31 apresenta os tempos de respostas coletados durante a realização desta avaliação. Podemos identificar pelo gráfico um aumento a partir de 80 requisições simultâneas, entretanto, o tempo percebido ainda é baixo, levando em consideração os processos realizados e a quantidade de requisições.

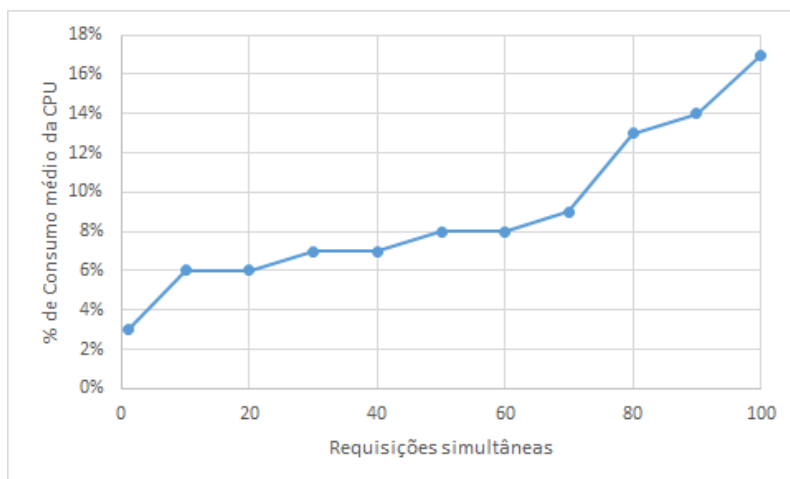
Figura 31: Tempo médio de resposta em segundos Serviço SAC III



Fonte: Elaborador pelo autor.

A Figura 32 apresenta então os indicadores obtidos com relação ao consumo de recursos computacionais durante a avaliação. Podemos perceber um incremento na utilização da CPU se comparado ao serviço SAC II, assim como também é possível perceber um incremento a partir das 80 requisições simultâneas. Analisando os resultados obtidos com relação à instância onde o serviço foi configurado, são bons indicadores, ou seja, como um todo ambos os serviços, SAC II e SAC III, obtiveram bons tempos de respostas e consumos baixos de recursos computacionais, o que solidifica a boa implementação do modelo SAC em todos os aspectos apresentados.

Figura 32: % Consumo médio de recursos computacionais Serviço SAC III



Fonte: Elaborador pelo autor.

A partir da avaliação realizada é possível perceber que os serviços SAC tem um bom desempenho, tanto em termos de tempo de resposta e quanto em consumo de recursos computacionais. Entretanto, ao se considerar uma situação onde há uma quantidade superior de requisições simultâneas e o uso concorrente de ambos os serviços, há riscos quanto a uma sobrecarga nos recursos computacionais ou mesmo perda desempenho. Tendo em vista estas percepções, avalia-se para futuros trabalhos a segregação dos serviços em dois servidores, com o intuito de evitar a concorrência por recursos computacionais.

A seção a seguir apresenta então a avaliação por uso estendido.

6.2 Avaliação por uso estendido

Nesta seção, será apresentado sobre como foi definida e aplicada à avaliação por uso estendido. Também serão analisados os resultados obtidos, os comentários do avaliador e cenários percebidos durante o processo de avaliação por uso estendido.

6.2.1 Metodologia

Avaliação consistiu na utilização do modelo SAC por um avaliador, pelo período de sete dias, compreendendo os dias 01/12/2016 até 08/12/2016. O avaliador selecionado possui 24 anos, não possui qualquer problema de saúde e pratica atividades físicas regulares. Esta avaliação visa apresentar informações quanto a utilização da solução, além da perspectiva do avaliador.

O SAC foi utilizado durante o monitoramento diário das atividades do avaliador, sendo este realizado a partir das sete horas da manhã até às oito horas da noite, a Tabela 18, apresenta uma relação de atividades diárias típicas do usuário e seus respectivos horários. A aplicação foi instalada no smartphone do próprio avaliador, um Samsung Galaxy S5, com sistema operacional Android versão 6.0.1. Para a realização da avaliação foi disponibilizado ao avaliador uma *smartband* Fitbit Charge HR, que coleta a frequência cardíaca, e um dispositivo vestível, que coleta a temperatura corporal construído utilizando Arduino Lilypad.

Tabela 17: Relação de Horário por Atividade

Horário	Atividade
7:30 – 12:00	Trabalho
12:00 – 13:10	Almoço e Intervalo
13:10 – 17:40	Trabalho
18:00 – 19:00	Atividade física (corrida, tênis, futebol)
19:00 – 20:00	Descanso

Fonte: Elaborador pelo autor.

Foi solicitado ao avaliador que durante a utilização da solução, observasse: pontos positivos e negativos, possíveis melhorias, problemas operacionais, desconfortos e todo e qualquer aspecto que lhe fosse importante ou relevante durante a utilização. Motivo desta solicitação deve-se ao fato de que ao término da utilização será solicitado ao avaliador que apresentou as suas opiniões e as suas perspectivas sobre o modelo SAC, respondendo ao questionário que lhe será entregue. O formulário possui questionamentos sobre usabilidade, conforme a metodologia TAM (*Technology Acceptance Model*), proposta por Davis (1989). De acordo com a TAM (DAVIS, 1989), existem dois fatores que são considerados os mais

importantes, pelas pessoas, para a aceitação de uma aplicação ou tecnologia. O primeiro fator seria o nível de percepção em relação à utilidade da aplicação e o segundo fator seria a percepção sobre a facilidade no uso da aplicação (DAVIS, 1989). Utilizou-se também como base a normativa ISO 9241-11, onde usabilidade é definida como “Medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso” (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO, 2011). E ainda são consideradas as características apresentadas por Zhang e Adipat (2005) que propuseram métodos para avaliação dos Atributos de Usabilidade, onde os atributos são: Aprendizado, Compreensão, Eficácia, Eficiência, Erro, Memória, Desempenho de Aprendizado, Satisfação e Simplicidade. Para a avaliação desde protótipo serão considerados apenas os atributos:

- a) Aprendizado: avaliar quanto às facilidades e dificuldades percebidas durante a utilização da aplicação;
- b) Satisfação: analisar a atitude e percepções do usuário após utilização.

Tendo então apresentada metodologia referente avaliação por uso estendido, a subseção a seguir irá apresentar os resultados obtidos e a discussão acerca destes.

6.2.2 Resultados e Discussão dos aspetos qualitativos

Conforme apresentado anteriormente a avaliação foi realizada com um avaliador, por um período de sete dias. Para isto, inicialmente foi apresentada a proposta do modelo SAC e também o objetivo da avaliação, assim como a metodologia de aplicação. Afim de permitir que o avaliador compreenda todo o processo e pudesse realizar de forma plena a avaliação e a utilização do modelo SAC. Além disto foram fornecidos os recursos necessários para a realização do processo, a *smartband* e o dispositivo vestível Arduino, conforme apresentado respectivamente pela Figura 33 e Figura 34. Também foi solicitado ao avaliador que realizasse as suas atividades diárias na sua normalidade, sem mudanças em sua rotina ou mesmo buscando evitar qualquer desconforto.

Figura 33: Smartband Fitbit



Fonte: Elaborador pelo autor.

Figura 34: Protótipo dispositivo vestível Arduino Lilypad



Fonte: Elaborador pelo autor.

Entretanto, no decorrer do processo de avaliação, no final do terceiro dia da avaliação, o avaliador alertou para o desconforto ao se utilizar o dispositivo vestível. O mesmo apontou desconforto com relação ao calor, devido à época do ano, mês de dezembro onde temos elevadas temperaturas na região da avaliação. Desta forma, a partir do quarto dia de avaliação, não serão avaliados dados quanto à temperatura do avaliador. Está foi a única exceção reportada pelo avaliador durante a utilização do modelo SAC. Ao término da avaliação foram apresentadas quatro questões ao avaliador, que onde além de descrever as suas percepções, também foi solicitado que o mesmo avaliasse através de notas, com exceção da última questão. Esta avaliação por notas, ocorreu através da utilização da Escala de Likert (LIKERT, 1932). Seguem os questionamentos e suas respectivas respostas e notas:

- a) Quais seriam as suas opiniões e as suas percepções referentes à usabilidade da solução avaliada? Considerando em relação a conforto ou desconforto; impactos na sua rotina diária; facilidade ou dificuldade no uso da solução; (conforto e desconforto, impactos na rotina).

Após utilização do modelo SAC, como avalia a sua usabilidade:

1. Baixíssima Usabilidade;
2. Baixa Usabilidade;
3. Neutra;
4. Alta Usabilidade;
5. Altíssima Usabilidade.

Resposta do avaliador:

“Com relação a minha rotina diária, não sofri impactos, continuei realizando minhas atividades normalmente, tanto no trabalho quanto fora dele. Mantive todas as atividades físicas que pratico depois do expediente. “

“Como conversamos no sábado, usar a camiseta que coleta a temperatura, nesses dias calor é complicado. Mesmo aquela com manga curta. Esse foi o único desconforto que percebi durante a avaliação. Não vi problema algum em ter que carregar a smartband, até

por que precisei carregar só duas vezes. E acredito também, que futuramente irão surgir outros dispositivos vestíveis, que nós vamos utilizar diariamente e sem sentir desconfortos. Que irão auxiliar neste tipo de monitoramento. “

“Achei o visual da aplicação bem simples, mas entendo que a proposta não seria fazer uma aplicação bonita e sim testar os recursos principais e se a forma de trabalho proposta tem usabilidade ou não. Não tive dificuldades em utilizar as funcionalidades e também não tive dificuldades com relação a sincronia dos dispositivos utilizados, funcionaram normalmente durante a avaliação. Foi muito simples incluir a utilização da solução no meu dia a dia. “

Avaliação acerca da usabilidade:

3 – Neutra.

Discussão sobre a avaliação:

Tendo em vista os comentários do avaliador, com relação a usabilidade do modelo SAC, podemos perceber a atribuição de bons níveis por parte do mesmo. Destacando que não houveram alterações em sua rotina, onde o mesmo não deixou de realizar as suas atividades devido ao uso da solução e que foi simples, a inclusão do modelo SAC em suas atividades diárias.

Avaliador também relatou sobre o leiaute da aplicação, onde o mesmo avaliou como sendo “bem simples”. Porém, foi indicado ao mesmo que nesta avaliação o objetivo principal consistia na percepção da usabilidade do modelo SAC, não estando restrito somente a utilização da aplicação SAC4Mobile, mas também com relação ao uso de novos recursos – dispositivos vestíveis – durante o seu dia a dia e na adaptação de se utilizar uma solução de monitoramento da saúde. Onde estes aspectos – dispositivos vestíveis, inclusão da solução no dia a dia, utilização das funcionalidades –, foram avaliados como sendo de fácil utilização, simples inclusão e adaptação. Ou seja, atingindo bons níveis com relação a usabilidade do modelo.

A única ressalva apresentada pelo avaliador foi com relação ao protótipo desenvolvido utilizando a plataforma Arduino. Conforme visto na Figura 33, se trata de uma camiseta, onde foram dispostos sensores de temperatura na axila, sendo estes responsáveis pela coleta da temperatura do paciente. Entretanto, o avaliador alertou para o desconforto em se utilizar a camiseta nos períodos de calor, e como a avaliação se deu em um período de elevadas temperaturas, solicitou a não utilização deste recurso durante a avaliação. Por se tratar de um protótipo desenvolvido exclusivamente para esta avaliação não foi possível utilizar recursos que evitassem este tipo de desconforto.

- b) Com relação à relevância do modelo SAC. Pode perceber relevância ou mesmo importância na proposta da solução?

Esta relevância ou importância percebida, ou não percebida, de que forma poderias qualificar:

1. Baixíssima Relevância;
2. Baixa Relevância;
3. Neutra;

4. Alta Relevância;
5. Altíssima Relevância.

Resposta do avaliador:

“Percebo muita relevância na proposta do modelo SAC. É possível perceber uma tendência muito elevada nesse tema de saúde e tecnologia, o que nos beneficia em muito. Hoje tem aplicativos para as mais diferentes situações, controlar alimentação, quantidade de água, monitorar exercícios, entre outras. “

“A proposta apresentada pelo SAC é muito interessante, termos a possibilidade de acompanharmos o estado de nossa saúde e até mesmo termos a possibilidade de recebermos previsões sobre, é muito válido. Acredito que válido não somente para nós pacientes e usuários, mas também para os médicos, enfermeiros e até mesmo pessoas de nosso convívio, como: namoradas, esposas, filhos. “

Avaliação acerca da relevância:

5 – Altíssima relevância.

Discussão sobre a avaliação:

Conforme as respostas do avaliador, o mesmo identificou alta relevância na proposta do modelo SAC. Comentando também acerca dos benefícios gerados pela combinação da tecnologia em apoio a saúde. O avaliador também credita relevância ao monitoramento contínuo da saúde e para a aplicação da ciência de situação ao modelo SAC, que permitem então o acompanhamento da saúde de pacientes e também, a compreensão e a projeção com relação a saúde. Destaca também a validade nos recursos de alerta conforme a atual situação do paciente monitorado, sendo este alerta enviado a médicos e a responsáveis pelo paciente, além do próprio paciente.

- c) Durante a utilização da solução, pode identificar aspectos positivos e negativos, quais seriam?

Considerando a quantidade dos aspectos e a importância dos mesmos, realizando a razão entre os aspectos positivos e negativos, percebe o modelo SAC possuindo:

1. Muito mais aspectos negativos;
2. Mais aspectos negativos;
3. Neutro;
4. Mais aspectos positivos;
5. Muito mais aspectos positivos.

Resposta do avaliador:

“Com relação aos aspectos negativos que percebi, destaco dois apenas: o dispositivo vestível que coletava a temperatura, gerava muito desconforto ainda mais nessa época do

ano; e o leiaute da aplicação, muito simples para representar toda a relevância do modelo SAC. “

“De pontos positivos, acredito que a proposta do modelo, de realizar o acompanhamento de pacientes é um grande aspecto positivo, pois, permite um melhor cuidado sobre a nossa saúde. Pra mim, a sua relevância já é grande ponto positivo. Mas destaco também, com relação as suas funcionalidades, principalmente a de alertar médicos e responsáveis; a realização da predição para avaliação da saúde; e também a praticidade em que a solução se adaptou a minha rotina, foi muito fácil. “

Avaliação acerca dos aspectos percebidos:

4 – Poucos aspectos positivos.

Discussão sobre a avaliação:

Conforme relato do avaliador, o mesmo destaca dois pontos negativos percebidos durante a realização da avaliação. Alertou para o desconforto enquanto utilizava o dispositivo vestível, porém, conforme indicado anteriormente este dispositivo era um protótipo e não produto comercial. De qualquer forma, a indicação de que houve desconforto é relevante para o modelo SAC. A relevância se dá, por possuir como método de funcionamento o monitoramento contínuo de pacientes através de dispositivos vestíveis, ou seja, havendo desconforto na utilização destes diminuem a aceitação do modelo. O segundo aspecto percebido foi com relação ao leiaute da aplicação SAC4Mobile, porém, também foi apontado que para a proposta de avaliação não estaria somente vinculada a aplicação, mas sim a avaliação como completa do modelo SAC. Entretanto, a observação do avaliador quanto ao leiaute é importante e relevante, por se tratar também de um fator crítico para a aceitação da solução.

E com relação aos pontos positivos, o avaliador destacou a proposta do modelo SAC, ou seja, o monitoramento contínuo de pacientes através de dispositivos móveis e vestíveis. E também as suas funcionalidades e seus recursos, que então possibilitam aos médicos, a equipe médica e aos pacientes um melhor acompanhamento e conhecimento sobre a saúde do paciente monitorado. E também em como o mesmo se adaptou em utilizar o modelo SAC diariamente.

d) Tendo então utilizado a solução diariamente, percebe aspectos e pontos de melhorias?

Resposta do avaliador:

“Acredito o modelo SAC tem muitas possibilidades, por trabalhar com uma temática muito importante e interessante. Porém, gostaria de destacar algumas melhorias que julgo serem válidas:

- Possibilitar a utilização de outros dispositivos vestíveis, não restringir o paciente a somente uma marca ou modelo;

- Permitir o uso da solução sem a obrigação de ter acesso a internet para fazer uso das principais funções do modelo SAC;

- Dispor de uma quantidade maior de sinais vitais coletados, acredito que iria permitir uma atuação bem completa sobre a avaliação da saúde do paciente. “

Discussão sobre a avaliação:

As percepções de melhorias apontadas pelo avaliador estão alinhadas com alguns dos objetivos futuros para o modelo SAC, conforme será apresentado no próximo capítulo. A possibilidade de integração e utilização com outros dispositivos vestíveis, sem restringir a utilização de somente determinados dispositivos, incentivando assim a uma melhor aceitação por parte dos futuros usuários do modelo SAC. Prover as principais funcionalidades do modelo SAC de forma *off-line* permitirá que usuários, quando em locais de com baixa disponibilidade de conexão à internet, ainda tenham acesso aos Serviços SAC dispondo assim das inferências quanto a situação de saúde. E ainda, a coleta de novos e mais sinais vitais, permitirá que uma maior abrangência e ainda melhor análise sobre o atual e futuro estado de saúde do paciente monitorado.

6.2.3 Resultados e Discussão dos Aspectos quantitativos

Durante a avaliação por uso estendido foram registradas as mais diversas atividades realizadas pelo avaliador, variando entre com baixo esforço físico e com alto esforço físico. Tendo em vista essa característica, esforço físico, destacam-se dois cenários, sendo eles: expediente de trabalho, esforço físico baixo e constante, poucas variações de atividades; e prática esportiva, futebol, alto esforço físico e dinâmico, com muitas variações de atividades. Estes cenários foram destacados, justamente pela diferença no aspecto referente a esforço físico e variações. A Tabela 18 apresenta um comparativo entre os dados coletados durante esses dois cenários.

Analisando a Tabela 18, percebe-se que a coluna “Atividade identificada” possui uma grande variação no cenário da prática esportiva e pouca variação no cenário de expediente de trabalho. Esta variação acaba influenciando na análise da situação, pois, trata-se de um fator importante para a compreensão da situação – segunda fase da ciência de situação.

Tabela 18: Comparativo entre atividades

Baixo esforço físico e poucas variações			Alto esforço físico e muitas variações		
Período	Frequência cardíaca	Atividade identificada	Período	Frequência cardíaca	Atividade identificada
07:30:00	70	Nenhuma, imóvel	18:45:00	138	Nenhuma, imóvel
07:31:00	80	Nenhuma, imóvel	18:46:00	147	Corrida
07:32:00	88	Nenhuma, imóvel	18:47:00	169	Corrida
07:33:00	88	Nenhuma, imóvel	18:48:00	174	Corrida
07:34:00	67	Nenhuma, imóvel	18:49:00	183	Nenhuma, imóvel
07:35:00	63	Nenhuma, imóvel	18:50:00	183	Corrida
07:36:00	61	Nenhuma, imóvel	18:51:00	187	Corrida
07:37:00	60	Nenhuma, imóvel	18:52:00	188	Caminhada
07:38:00	56	Nenhuma, imóvel	18:53:00	173	Caminhada
07:39:00	59	Nenhuma, imóvel	18:54:00	161	Corrida
07:40:00	59	Nenhuma, imóvel	18:55:00	138	Corrida
07:41:00	69	Nenhuma, imóvel	18:56:00	137	Corrida
07:42:00	64	Nenhuma, imóvel	18:57:00	151	Corrida
07:43:00	60	Nenhuma, imóvel	18:58:00	172	Corrida
07:44:00	64	Nenhuma, imóvel	18:59:00	182	Nenhuma, imóvel

Fonte: Elaborador pelo autor.

As regras do modelo SAC, com base na lógica difusa, consideram diferentes aspectos, inclusive em relação as atividades identificadas durante a coleta dos dados. A prática esportiva tende naturalmente a elevação de alguns sinais vitais, como o caso da frequência cardíaca, logo se tornam aceitáveis valores elevados (FAUCI et al., 2008) (GOLDMAN; SCHAFER, 2011). Entretanto, valores elevados enquanto o paciente monitorado não realiza nenhuma prática esportiva não é comum, logo, deve ser considerada como uma situação de atenção, risco ou mesmo crítica (FAUCI et al., 2008) (GOLDMAN; SCHAFER, 2011). Tais variações, podem influenciar, de modo negativo, na acuracidade das inferências realizadas sobre a situação do paciente, tendo em vista a atual forma de análise das atividades realizadas. A Tabela 19, apresenta de que forma esta particularidade afeta as inferências, ou seja, solidificando a importância da acuracidade quanto aos dados coletados.

Tabela 19: Comparativo das Situações inferidas

Atividade identificada	Frequência cardíaca	Situação inferida
Nenhuma, imóvel	150	Risco
Caminhada	150	Atenção
Corrida	150	Normal

Fonte: Elaborador pelo autor.

Sendo assim, através da avaliação por uso estendido foi possível identificar a necessidade de revisão quanto aos processos de análise e de interpretação das atividades realizadas durante o monitoramento do paciente. Com a finalidade de garantir uma maior assertividade sobre as informações inferidas, objetivando principalmente um melhor reconhecimento de atividades físicas onde ocorrem constantes variações de atividades. Tendo em vista que estes dados coletados e que estas informações inferidas, acerca da situação de saúde do paciente, possivelmente poderão ser utilizadas em prognósticos e diagnósticos, ou seja, a assertividade e confiabilidade destas deve alta. Além de evitar, falsos alertas e notificações de riscos.

6.3 Considerações finais

As metodologias de avaliação aplicadas sobre o modelo SAC objetivaram analisar distintos aspectos da proposta, com o intuito de validar a mesma. Analisado acerca do desempenho, da usabilidade e mesmo da relevância do modelo SAC. Percebendo e compreendendo aspectos positivos, aspectos negativos e também possíveis melhorias

O processo de avaliação quanto ao desempenho do modelo SAC, teve foco nos Serviços SAC II e SAC III, devido ao fato de serem os processos de maior relevância e criticidade do modelo. Foram então realizadas requisições, iniciando em uma requisição e chegando a um total de 100 requisições simultâneas, em uma amostragem de cinco execuções. Sobre estas requisições foram então avaliados o tempo de resposta para a conclusão do envio de todas as requisições e também com relação aos recursos computacionais consumidos durante o processo. Os resultados obtidos, demonstraram um bom desempenho solidificando quanto a construção da proposta do modelo SAC. Obtendo tempos de resposta médio que no pior resultado, não excederam seis segundos e não consumiram mais que 17% dos recursos computacionais.

A avaliação por uso estendido objetivo mensurar acerca da usabilidade, assim como perceber quanto a percepção do avaliador em relação a relevância do modelo SAC. Conforme registro do avaliador, não foram percebidas dificuldades na adaptação do uso do modelo na

sua rotina diária, onde o mesmo utilizou o modelo tanto para o monitoramento enquanto trabalhava quanto durante a realização de atividades físicas. Alguns desconfortos foram percebidos durante a avaliação, em específico quanto ao protótipo vestível. O desconforto foi devido as altas temperaturas da região onde a avaliação foi realizada. Através desta avaliação também foi possível perceber a necessidade de reavaliação quanto a identificação das atividades realizadas pelo paciente durante o monitoramento. Atividades com grandes variações, como as práticas esportivas, devem ser avaliadas de forma específica, afim de garantir a assertividade e confiabilidade das inferências. Todavia, o avaliador também relatou quanto a relevância percebida sobre o modelo SAC, principalmente pelo conceito de monitoramento contínuo aliado a ciência de situação, permitindo assim o conhecimento sobre a situação atual e também a projeção de estados futuros quanto a saúde do paciente monitorado.

Conforme indicado anteriormente, aspectos negativos puderam ser percebidos durante a realização do processo de avaliação e também com os resultados obtidos. Para tais aspectos negativos foram propostas como trabalhos futuros as seguintes melhorias:

- Segregação dos serviços SAC em dois servidores distintos, com o intuito de evitar a concorrência no uso dos recursos computacionais;
- Integração com outros dispositivos vestíveis, permitindo assim a utilização de diferentes sensores evitando possíveis desconfortos;
- Análise de implementação do uso dos Serviços SAC de modo *off-line*.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta um modelo para o monitoramento de paciente através do uso da ciência de situação, tendo como referência dados coletados através da utilização de dispositivos móveis e vestíveis. Também apresenta uma análise detalhada sobre outras abordagens de monitoramento de pacientes, realizadas por diferentes autores. Permitindo assim, identificar as principais características acerca de conceitos, de metodologias e de tecnologias empregadas por cada modelo.

O modelo SAC – *Situation-aware care*, consiste de uma solução apoiada pelo conceito de saúde ubíqua, onde utiliza as três fases da ciência de situação – percepção, compreensão e projeção. Sendo estas fases aplicadas através da utilização da Lógica Difusa e das Redes Neurais Artificiais. O modelo realiza a coleta de dados do paciente através do uso de dispositivos móveis e vestíveis. Os dados utilizados pelo modelo SAC, estão vinculados à saúde do paciente, sendo eles: temperatura corporal e frequência cardíaca. Outros dados também são utilizados para então melhor compreender sobre a situação do paciente, como: localização do paciente, atividade física realizada pelo paciente, idade do paciente e também se o mesmo possui alguma condição particular (doença crônica, dores no corpo, dores de cabeça, consumo de medicação ou náuseas). Toda e qualquer informação é relevante para a avaliação da saúde do paciente. Estes dados são então consumidos por serviços, chamados de Serviços SAC. Estes serviços são a representação computacional das três fases da ciência de situação. O serviço SAC I, realiza a percepção sobre os dados coletados, onde realiza a persistência, organização e padronização destes, sendo está padronização embasada pelas referências openEHR. No serviço SAC II, é aplicada a lógica Difusa para então compreender o que os dados coletados representam sobre a saúde do paciente monitorado. E o serviço SAC III, representa a última fase da ciência de situação, projeção de estados futuros, tal processo é realizado através da utilização de Redes Neurais Artificiais. Estes dados e informações coletadas são disponibilizadas através de outro conjunto de serviços, chamados Serviços Públicos SAC, sendo estes serviços consumidos pelas aplicações clientes SAC – SAC4Mobile e SAC4Monitor – e também podendo serem consumidos por aplicações terceiras. A aplicação cliente SAC4Mobile, permite que pacientes tenham um melhor acompanhamento sobre a sua saúde, pois, a mesma realiza a coleta e envio dos dados para os Serviços SAC e retorna aos seus usuários a análise sobre a situação da saúde dos mesmos. E a aplicação SAC4Monitors tem como objetivo disponibilizar uma ferramenta tanto para os hospitais quanto para os médicos acompanharem o estado de pacientes através da *web*.

Realizada implementação parcial do modelo SAC, onde buscou-se principalmente construir a proposta apresentada pelo modelo SAC para a representação computacional da ciência de situação, os Serviços SACI, SACII e SACIII. Desta forma, o protótipo coletou informações sobre o paciente, armazenando as mesmas para serem utilizadas pelos demais serviços. Foram construídas 43 regras de lógica difusa, SACII, que então representam as compreensões que o modelo SAC realiza sobre a saúde dos pacientes monitorados. E para a projeção de estados futuros, terceira fase, construiu-se duas RNA – uma para a temperatura corporal e outra a frequência cardíaca – sendo estas redes compostas de 15 entradas, 31 neurônios e uma saída. Entretanto, o conceito de RNA não foi completamente aplicado devido ao fato de que durante o treinamento das mesmas foi identificada a necessidade de inclusão de um número maior de dados e informações. Desta forma, a utilização de RNA não foi possível para o protótipo atual. Contudo, também foi explorada a utilização de STD, que então apresentaram bons resultados com relação a projeção de dados. Também foram desenvolvidos os Serviços Públicos SAC, que então possibilitam a integração entre Serviços SAC com as

aplicações SAC, dentre outras funcionalidades. E para então possibilitar a avaliação de pacientes sobre o modelo SAC, foi então implementada a aplicação SAC4Mobile, que então realizava coleta e envio dos dados dos pacientes, além de apresentar os dados coletados e as informações inferidas pelos Serviços SAC na própria aplicação.

Para a avaliação do modelo SAC foram aplicadas duas avaliações, tendo como objetivo principal aferir sobre o desempenho, a usabilidade e a relevância do modelo. A avaliação do desempenho, teve como objetivo principal perceber acerca do desempenho do modelo SAC, onde foram obtidos bons resultados em ambos os serviços SAC, SAC II e SACI II. Onde os serviços SAC II e SAC III, obtiveram respectivamente os tempos de resposta médio – tempo necessário para a conclusão de todas as requisições – mais elevados de 4,44 e de 5,45 segundos, quando ocorreram 100 requisições simultâneas, ou seja, bons valores. O consumo dos recursos computacionais também não ultrapassaram os 20%, os índices mais elevados foram respectivamente de 13% e de 17%, para o serviço SAC II e serviço SAC III, estes consumos podem ser considerados baixos, quando comparados com a instância em que estão implantados e a quantidade de requisições realizadas simultaneamente. Com estes indicadores, solidificou quanto a qualidade da implementação aqui apresentada para o modelo SAC. E a avaliação por uso estendido, realizado por um avaliador em um período de sete dias, compreendendo o dia 01/12/2016 até o dia 08/12/2016, apresentou uma interpretação acerca da usabilidade, relevância, aspectos positivos e negativos e até mesmo sugestões de melhorias. Onde o avaliador então sugeriu melhorias com relação ao dispositivo vestível e melhorias na interface da aplicação SAC4Mobile. Porém, o mesmo percebeu grande relevância na proposta do modelo SAC, onde o mesmo destaca os benefícios na realização do monitoramento contínuo de pacientes e também nos ganhos com a aplicação da ciência de situação, onde permite assim um melhor acompanhamento e conhecimento sobre a saúde dos pacientes. Entretanto, na análise dos resultados obtidos durante a realização da avaliação por uso estendido, foi percebida a necessidade em aprimorar e em aperfeiçoar a identificação da atividade realizada pelo paciente durante o monitoramento, principalmente atividades físicas com intensa variação. A acuracidade da informação quanto a atividade realizada durante o monitoramento é de grande valia, pois, qualquer variação nesta informação pode impactar nas inferências sobre a situação de saúde do paciente.

A principal contribuição deste trabalho está relacionada na construção de um modelo híbrido na área da saúde ubíqua, que combina a Lógica Difusa e as Redes Neurais Artificiais, sendo este modelo capaz de perceber, compreender e ainda projetar futuros estados sobre a saúde do paciente – degradações e desvios na saúde de pacientes. Permitindo assim a médicos e equipe médica realizarem acompanhamentos contínuos e diagnósticos mais assertivos quanto ao estado de saúde do paciente monitorado e até mesmo a possibilidade de prognósticos, utilizando como referência os dados coletados e as projeções do modelo SAC. Conforme apresentado anteriormente, o Brasil possui um alto número de internações hospitalares pelo SUS, logo, o modelo SAC poderá servir como uma ferramenta para evitar consultas e internações, devido ao seu acompanhamento proativo, tendo como consequência a redução destes índices e também redução nos custos envolvidos na saúde pública. Este trabalho também teve a sua publicação no VIII Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva na sessão de Pôsteres. Evento realizado em Julho de 2016 em Porto Alegre.

Tendo em vista os resultados das avaliações apresentadas, o modelo SAC se apresenta como uma solução de sólida relevância, que permite o acompanhamento contínuo da saúde de pacientes, o que auxilia médicos na tomada de decisões, assim como o próprio paciente no conhecimento de sua saúde. Modelo se mostrou como uma solução robusta e com grandes possibilidades de melhorias.

O modelo SAC possui algumas oportunidades para futuros trabalhos como:

- Adicionar diferentes sensores – diferentes sinais vitais – ao modelo SAC, o que conseqüentemente refletirá na inclusão de novas regras de inferência, permitindo ao modelo um melhor reconhecimento sobre a situação do paciente, assim como novas situações, aumentando assim abrangência do modelo SAC;
- Implementar as funcionalidades contidas nos Serviços SAC – SAC I, SAC II e SAC III – em modo off-line;
- Segregação dos Serviços SAC II e SAC III em dois servidores, com o intuito de evitar a concorrência por recursos computacionais;
- Permitir a sincronização com mais e diferentes dispositivos vestíveis;
- Aprimorar a identificação e o monitoramento das atividades realizadas pelos pacientes, em casos de práticas esportivas onde há grande variação de atividade, como: futebol, basquete, tênis;
- Possibilitar as integrações com outras aplicações ou soluções médicas; disponibilizar SAC4Mobile para os plataformas de dispositivos móveis;
- Permitir ao modelo SAC calibrar os dados e as regras, conforme as características dos próprios pacientes. Tal recurso, se deve ao fato de que pacientes podem apresentar padrões de sinais vitais distintos, conforme idade, atividades físicas, doenças crônicas. Sendo assim, se faz necessário a avaliação de forma particular para cada paciente;
- Permitir o modelo SAC considerar também dados e informações referentes as condições externas e aos tratamentos aplicados nos pacientes, nas inferências do modelo SAC, tais como: dores no corpo (Mialgias), dores de cabeça (Cefaleias), náuseas, doenças crônicas (Doenças não comunicáveis) e consumo de algum tipo de medicação. Tais informações auxiliam o modelo na identificação da situação em que o paciente se encontra, pois, podem sinalizar sintomas.

REFERÊNCIAS

- ADELI, Hojjat. **Expert systems in construction and structural engineering**. Londres: CRC Press, 2003, 320p.
- AHER, Sunita B.; LOBO, L. M. R. J. Data mining in educational system using weka. Em: International Conference on Emerging Technology Trends (ICETT). 2011, Islamabad, **Proceedings...**, [S.l.:s.n.], 2011. p. 100-110.
- AGATONOVIC-KUSTRIN, S.; BERESFORD, R. Basic concepts of artificial neural network (ANN) modeling and its application in pharmaceutical research. **Journal of pharmaceutical and biomedical analysis**, Amsterdã, v. 22, n. 5, p. 717-727, 2000.
- ALEKSOVSKA-STOJKOVSKA, Liljana; LOSKOVSKA, Suzana. Clinical decision support systems: Medical knowledge acquisition and representation methods. Em: Electro/Information Technology (EIT), 2010 IEEE International Conference on. 2010, Illinois, **Proceedings...**, [S.l.:s.n.], 2010. p. 1-6.
- ANAGNOSTOPOULOS, Christos B.; NTARLADIMAS, Yiorgos; HADJIEFTHYMIADES, Stathes. Situational computing: An innovative architecture with imprecise reasoning. **Journal of Systems and Software**, Cambridge, v. 80, n. 12, p. 1993-2014, 2007.
- ARSANJANI, Ali. Service-oriented modeling and architecture. **IBM developer works**, [S.l.:s.n.], p. 1-15, 2004.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The internet of things: A survey. **Computer networks**, Amsterdã, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.
- BAKA, W. et al. Analysis of Correlation between Brown Sugar Attributes and the Consumer Preference. Em: 2nd International Conference on Mathematical, Computational and Statistical Sciences (MCSS'14). 2014, Gdansk, **Proceedings...**, [S.l.:s.n.], 2014, p. 367-374.
- BAKKEN, Suzanne et al. Evaluation of the clinical LOINC (Logical Observation Identifiers, Names, and Codes) semantic structure as a terminology model for standardized assessment measures. **Journal of the American Medical Informatics Association**, Filadélfia, v. 7, n. 6, p. 529-538, 2000.
- BARESI, Luciano et al. Modeling and validation of service-oriented architectures: application vs. style. Em: **ACM SIGSOFT Software Engineering Notes**. 2003, Nova Iorque, ACM:Nova Iorque, 2003. p. 68-77.
- BARRETO, Jorge M. Introdução as redes neurais artificiais. **V Escola Regional de Informática. Sociedade Brasileira de Computação, Regional Sul, Santa Maria, Florianópolis, Maringá**. 2002, Florianópolis, [S.l.:s.n.], 2002, p. 5-10.
- BEALE, T. et al. **Introducing openEHR**. openEHR, 2006. Disponível em: <http://www2.openehr.org/releases/1.0/openehr/introducing_openehr.pdf>. Acesso em: 05 maio 2016.

- BEZERRA, Matheus Sousa; SALINA, Fernando Vernal. Desenvolvimento de um Sistema Inteligente para Controle de uma Cadeira de Rodas para Usuários Tetraplégicos. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, São Paulo, v. 1, p. 249-254, 2015.
- BODENREIDER, Olivier. The unified medical language system (UMLS): integrating biomedical terminology. **Nucleic acids research**, Londres, v. 32, n. suppl 1, p. D267-D270, 2004.
- BRANDENBURG, Caitlin et al. Mobile computing technology and aphasia: An integrated review of accessibility and potential uses. **Aphasiology**, Londres, v. 27, n. 4, p. 444-461, 2013.
- BROCKWELL, Peter J.; DAVIS, Richard A. **Introduction to time series and forecasting**. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2006, 437p.
- CARSON, E.; DEUTSCH, Tibor; LUDWIG, Endre. **Dealing with medical knowledge: Computers in clinical decision making**. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2013, 298p.
- CHEN, Liming; RASHIDI, Parisa. Situation, activity and goal awareness in ubiquitous computing. **International Journal of Pervasive Computing and Communications**, Bingley, v. 8, n. 3, p. 216-224, 2012.
- CINGOLANI, Pablo; ALCALA-FDEZ, Jesus. jFuzzyLogic: a robust and flexible Fuzzy-Logic inference system language implementation. Em: FUZZ-IEEE. 2012, Tasmânia, **Proceedings...**, [S.l.:s.n.], 2012, p. 1-8.
- COSTA, Patricia Dockhorn et al. A model-driven approach to situations: Situation modeling and rule-based situation detection. Em: Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC), 2012 IEEE 16th International. 2012, Viena, **Proceedings...**, [S.l.:s.n.], 2012, p. 154-163.
- CORNET, R. et al. Definitions and qualifiers in SNOMED CT. **Methods of information in medicine**, [S.l.:s.n.], v. 48, n. 2, p. 178-183, 2009.
- COX, Earl. **The fuzzy systems handbook: a practitioner's guide to building, using, maintaining fuzzy systems**. Boston: AP Professional, Estados Unidos da América, 1994, 716p.
- DATASUS. **Internações Hospitalares do SUS**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/sxuf.def>>. Acesso em: 17 abril 2016.
- DA ROCHA, C. L.; DA COSTA, C. A.; RIGHI, R. R. Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração baseado em ciência da situação e computação ubíqua. Em: VII Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva. **Anais...**, Pernambuco, Porto Alegre: SBC, 2015, p. 41-50.
- DA COSTA, Cristiano Andre; YAMIN, Adenauer Correa; GEYER, Claudio Fernando Resin. Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing. **IEEE Pervasive Computing**, Los Alamitos, n. 1, p. 64-73, 2008.

DAVIS, Fred D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS quarterly**, [S.l.:s.n.], v. 13, n. 3, p. 319-340, 1989.

DELIR HAGHIGHI, Pari et al. Situation-aware mobile health monitoring. Em: 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services. 2014, Melbourne, **Proceedings...**, [S.l.:s.n.], 2014. p. 248-256.

DON, S. et al. An awareness approach to analyze ECG streaming data. **Journal of medical systems**, Nova Iorque, v. 37, n. 2, p. 1-12, 2013.

DOUGLAS, Korry; DOUGLAS, Susan. **PostgreSQL: a comprehensive guide to building, programming, and administering PostgreSQL databases**. Carmel: SAMS publishing, Estados Unidos da América, 2003, 1032p.

DUGGAN, K. et al. Guide to management of hypertension 2008-Assessing and managing raised blood pressure in adults. **Guide to the Management of Hypertension 2008**, [S.l.:s.n.], v. 2008, p. 1-34, 2008.

ELLIOTT, Malcolm; COVENTRY, Alysia. Critical care: the eight vital signs of patient monitoring. **Br J Nurs**, [S.l.:s.n.], v. 21, n. 10, p. 621-625, 2012.

ENDSLEY, Mica R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, Nova Iorque, v. 37, n. 1, p. 32-64, 1995.

ENDSLEY, Mica R. Situation awareness misconceptions and misunderstandings. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, Nova Iorque, v. 9, n. 1, p. 4-32, 2015.

ENGELMORE, Robert S. Artificial Intelligence and Knowledge Based Systems: Origins, Methods and Opportunities for NDE. Em: **Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation**. Nova Iorque, 1987. p. 1-20.

FAUCI, Anthony S. et al. **Harrison's principles of internal medicine**. Nova Iorque: McGraw-Hill Medical Publishing Division, 2008, 3000p.

FELTES, Luiz Henrique; BARBOSA, Jorge Luis Victoria. A Model for Ubiquitous Transport Systems Support. **IEEE Latin America Transactions**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 1106-1112, 2014.

FIORATOU, E. et al. Beyond monitoring: distributed situation awareness in anaesthesia. **British journal of anaesthesia**, Oxford, v. 105, n. 1, p. 83-90, 2010.

FRIEDEWALD, Michael; RAABE, Oliver. Ubiquitous computing: An overview of technology impacts. **Telematics and Informatics**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 55-65, 2011

GELOGO, Yvette E.; KIM, Haeng-Kon. Unified Ubiquitous Healthcare System Architecture with Collaborative Model. **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 239-244, 2013.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de Pesquisa**. 4^a ed. São Paulo: Atlas, 2006, 176p.

GOLDMAN, Lee; SCHAFER, Andrew I. **Goldman's Cecil medicine**. Amsterdã: Elsevier Health Sciences, 2011, 3264p.

GOMIDE, Fernando; GUDWIN, Ricardo R.; TANSCHKEIT, Ricardo. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. Em: 6 th IFSA Congress-Tutorials. 1995, São Paulo, **Proceedings ...**, [S.l.:s.n], 1995. p. 1-38.

HALL, John E. **Guyton and Hall textbook of medical physiology**. Amsterdã: Elsevier Health Sciences, 2015, 1120p.

HÄYRINEN, Kristiina; SARANTO, Kaija; NYKÄNEN, Pirkko. Definition, structure, content, use and impacts of electronic health records: A review of the research literature. **International Journal of Medical Informatics**, Shannon, v. 77, n. 5, p. 291-304, 2008.

HASSOUN, Mohamad H. **Fundamentals of artificial neural networks**. Portland: MIT press, 1995, 511p.

HE, Chenguang; FAN, Xiaomao; LI, Ye. Toward ubiquitous healthcare services with a novel efficient cloud platform. **Biomedical Engineering, IEEE Transactions on**, [S.l.], v. 60, n. 1, p. 230-234, 2013.

HEMINGWAY, Harry et al. Prognosis research strategy (PROGRESS) 1: a framework for researching clinical outcomes. **Bmj**, [S.l.:s.n], v. 346, p. e5595, 2013.

HULSE, Nathan C. et al. Towards an on-demand peer feedback system for a clinical knowledge base: A case study with order sets. **Journal of biomedical informatics**, Nova Iorque, v. 41, n. 1, p. 152-164, 2008.

INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. **Crise do SUS: desafios são estruturais e conjunturais**. São Leopoldo, 2016. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/551119- crise-do-sus-desafios-sao-estruturais-e-conjunturais-entrevista-especial-com-eugenio-vilaca-mendes>. Acesso em: 20 de Abril 2016.

JOHNSON, Alistair EW et al. MIMIC-III, a freely accessible critical care database. **Scientific data**, [S.l.:s.n.], v. 3, 2016.

JUVE, Gideon et al. Scientific workflow applications on Amazon EC2. Em: E-Science Workshops, 2009 5th IEEE International Conference on. **Anais...**, Londres, 2009. p. 59-66.

KALRA, Dipak; BEALE, Thomas; HEARD, Sam. The openEHR foundation. **Studies in health technology and informatics**, [S.l.:s.n.], v. 115, p. 153-173, 2005.

LIKERT, Rensis. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**, [S:l], v. 22, n. 140, 1932.

LESLIE, Heather et al. International developments in openEHR archetypes and templates. **Health Information Management Journal**, Tasmânia, v. 37, n. 1, p. 38, 2008.

MACIEL, Alexandre; CARVALHO, Edson. FIVE–Framework for an Integrated Voice Environment. Em: International Conference on Systems, Signal and Image Processing. 2010, Rio de Janeiro, **Proceedings...**, [S.l.:s.n], 2010, p. 239-242.

MARCOLINO, Milena Soriano et al. Implantação da linha de cuidado do infarto agudo do miocárdio no município de belo horizonte. **Arq bras cardiol**, [S.l.], v. 100, n. 4, p. 307-14, 2013.

MCCULLOCH, Warren S.; PITTS, Walter. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **The bulletin of mathematical biophysics**, Nova Iorque, v. 5, n. 4, p. 115-133, 1943.

MENDES, Áquilas. A saúde pública brasileira no contexto da crise do Estado ou do capitalismo?. **Saúde e Sociedade**, [S.l.:s.n.], v. 24, n. suppl. 1, p. 66-81, 2015.

MEULEN, Rob van der; WOODS, Viveca. **Gartner Says Global Smartphone Sales to Only Grow 7 Per Cent in 2016**. Stamford, 2016. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3270418>>. Estados Unidos da América. Acesso em: 11 abril 2016.

MIORANDI, Daniele et al. Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad Hoc Networks**, Amsterdã, v. 10, n. 7, p. 1497-1516, 2012.

OLIVEIRA, Michele Lessa de. **Estimativa dos custos da obesidade para o Sistema único de Saúde do Brasil**. 2013. 109 f. Tese (Doutorado em Nutrição)-Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2013.

OPENEHR. **What is openEHR**. Londres, 2016. Disponível em: <http://www.openehr.org/pt/what_is_openehr>. Acesso em: 05 maio. 2016a.

OPENEHR. **Participating Governments**. Londres, 2016. Disponível em: <http://www.openehr.org/pt/who_is_using_openehr/governments>. Acesso em: 05 maio. 2016b.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Estimativas globais de saúde e mortalidade**. Genebra, 2016. Disponível em: http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/en/. Acesso em: 01 de Maio 2016.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO. **ISO 9231-11: requisitos ergonômicos para trabalho de escritórios com computadores – Parte 11 - Orientações sobre Usabilidade**. Genebra, 2011.

OVIDEIO, D. et al. Simulation and implementation of a neural network in a multiagent system. Em: Practical Applications of Intelligent Systems. **Anais...**, Berlin, 2014, p. 381-390.

PATEL, Mitesh S.; ASCH, David A.; VOLPP, Kevin G. Wearable devices as facilitators, not drivers, of health behavior change. **Jama**, Chicago, v. 313, n. 5, p. 459-460, 2015.

PEREIRA, Isaac SA; COSTA, Patrícia Dockhorn; ALMEIDA, João Paulo A. A rule-based platform for situation management. Em: Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA), 2013 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on. **Anais...**, [S.n.], 2013, p. 83-90.

PRODANOV, Cleber C; FREITAS, Ernani C. de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. Ed. Novo Hamburgo, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad->

1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf> Acesso em: 10 Outubro 2016.

REBOLLEDO-NANDI, Z. et al. Design of a versatile low cost mobile health care monitoring system using an android application. Em: Health Care Exchanges (PAHCE), 2015 Pan American. **Anais...**, Santiago, 2015, p. 1-4.

RODDICK, John F.; FULE, Peter; GRACO, Warwick J. Exploratory medical knowledge discovery: Experiences and issues. **ACM SIGKDD Explorations Newsletter**, Nova Iorque, v. 5, n. 1, p. 94-99, 2003.

SATYANARAYANAN, Mahadev. Mobile computing: the next decade. Em: 1st ACM workshop on mobile cloud computing & services: social networks and beyond. 2010, São Francisco, **Proceedings...**, [S.l.:s.n.], 2010, p. 5.

SCHULZ, Stefan; HAHN, Udo. Medical knowledge reengineering—converting major portions of the UMLS into a terminological knowledge base. **International Journal of Medical Informatics**, Shannon, v. 64, n. 2, p. 207-221, 2001.

SILVA, IN da; SPATTI, Danilo Hernane; FLAUZINO, Rogério Andrade. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas**. São Paulo: Artliber, 2010, 210p.

SILVA, Samuel BJ; MACHADO, Vinicius Ponte; ARAÚJO, Francisco NC. Sistema Tutor Inteligente baseado em Agentes na plataforma MOODLE para Apoio as Atividades Pedagógicas da Universidade Aberta do Piauí. Em: Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. **Anais...**, Dourados, 2014, p. 592-601.

SINGH, Hardeep et al. Exploring situational awareness in diagnostic errors in primary care. **BMJ quality & safety**, Londres, v. 21, n. 1, p. 30-38, 2012.

STOJANOVIC, Zoran; DAHANAYAKE, Ajantha; SOL, Henk. Modeling and design of service-oriented architecture. Em: Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on. **Anais...**, Nova Iorque, 2004, p. 4147-4152.

TRIPPI, Robert R.; TURBAN, Efraim. **Neural networks in finance and investing: Using artificial intelligence to improve real world performance**. Nova Iorque: McGraw-Hill Inc., 1992, 400p.

VAN HARMELEN, Frank; LIFSCHITZ, Vladimir; PORTER, Bruce (Ed.). **Handbook of knowledge representation**. Amsterdã: Elsevier, 2008, 1034p.

VENTOLA, C. Lee. Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. **Pharmacy and Therapeutics**, Oxford, v. 39, n. 5, p. 356, 2014.

VERAS, Renato Peixoto et al. Integração e continuidade do cuidado em modelos de rede de atenção à saúde para idosos frágeis. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 357-365, 2014.

VISWANATHAN, Hariharasudhan; CHEN, Baozhi; POMPILI, Dario. Research challenges in computation, communication, and context awareness for ubiquitous healthcare. **Communications Magazine, IEEE**, [S.l.], v. 50, n. 5, p. 92-99, 2012.

WAI, Aung Aung Phyto et al. Situation-aware patient monitoring in and around the bed using multimodal sensing intelligence. Em: Intelligent Environments (IE), 2010 Sixth International Conference on. **Anais...**, Nova Iorque, 2010, p. 128-133.

WEISER, Mark. The computer for the 21st century. **Scientific american**, Nova Iorque, v. 265, n. 3, p. 94-104, 1991.

WESCOTT, Bob. **Every Computer Performance Book: How to Avoid and Solve Performance Problems on The Computers You Work With**. North Charleston: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013, 222p.

YADAV, Amit Kumar; CHANDEL, S. S. Solar energy potential assessment of western Himalayan Indian state of Himachal Pradesh using J48 algorithm of WEKA in ANN based prediction model. **Renewable Energy**, Birmingham, v. 75, p. 675-693, 2015.

YAGER, Ronald R.; ZADEH, Lotfi A.. **An introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems**. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2012, 356p.

YASODHA, P.; KANNAN, M. Analysis of a Population of Diabetic Patients Databases in Weka Tool. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, [S.l.], v. 2, n. 5, 2011.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy sets. **Information and control**, [S.l.:s.n.], v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy logic. **Computer**, IEEE, Nova Iorque, v. 21. n. 4, p. 83-93, 1988.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy logic = computing with words. **Fuzzy Systems**, [S.l.:s.n.], v. 4, n. 2, p. 103-111, 1996.

ZAUPA, Dante et al. Implementing a spontaneous social network for managing ubiquitous interactions. Em: Computer Systems (WSCAD-SSC), 2012 13th Symposium on. 2012. **Anais...**, Petrópolis, 2012, p. 163-170.

ZHANG, Dongsong; ADIPAT, Boonlit. Challenges, methodologies, and issues in the usability testing of mobile applications. **International Journal of Human-Computer Interaction**, Mahwah, v. 18, n. 3, p. 293-308, 2005.

