

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ANDRÉ SANTALÓ DE OLIVEIRA

**SR-BayeS - Um framework para aplicação mobile de sistemas de apoio a
decisão clínicos baseados em redes bayesianas**

Monografia apresentada como requisito parcial para
a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da
Computação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Galante
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Cecília Dias Flores

Porto Alegre
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Prof^ª. Jane Fraga Tutikian

Pró-Reitor de Graduação: Prof. Vladimir Pinheiro do Nascimento

Diretora do Instituto de Informática: Prof^ª. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do Curso de Ciência da Computação: Prof. Sérgio Luis Cechin

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

RESUMO

Sistemas de apoio a decisão clínicos (SADCs) são uma importante ferramenta para a minimização de erros de diagnóstico por profissionais de saúde e na busca por maior segurança para os pacientes. Sistemas desse tipo podem possuir mecanismos de inferência fundamentados em redes probabilísticas, como redes bayesianas (RBs), uma vez que elas se mostram adequadas para a representação de elementos de incerteza presentes no domínio clínico. Esses mecanismos de inferência podem ser modelados teoricamente por especialistas na área da saúde, mas a aplicação efetiva desses mecanismos em um sistema exige habilidades técnicas de desenvolvimento de *software*, muitas vezes pouco acessíveis a esses especialistas. Em vista de simplificar esse processo, esse trabalho apresenta o *framework* SR-BayeS, que possibilita a aplicação prática de um SADC em ambiente *mobile* a partir de uma base de conhecimento modelada por um especialista. A base de conhecimento deve ser composta por uma RB e por metadados especificados pelo especialista que caracterizam os elementos de interação do SADC com o profissional alvo. O SR-BayeS define a estrutura dos metadados e oferece uma ferramenta para sua modelagem. As funcionalidades implementadas neste trabalho foram fortemente guiadas pelas necessidades presentes no trabalho de Bykowski (2019), que propõe a modelagem de uma RB com vistas a projetar um SADC que gera recomendações para a reabilitação fisioterapêutica de pacientes oncológicos. Esse SADC foi implementado através do SR-BayeS e seu uso avaliado por profissionais da área, com recepção positiva.

Palavras-chave: Sistema de apoio a decisão clínico. Rede bayesiana. Framework.

SR-BayeS – A framework for mobile application of clinical decision support systems based on bayesian networks

ABSTRACT

Clinical decision support systems (CDSS) are an important tool for minimization of diagnostic errors by healthcare professionals and in search for greater patient safety. These kinds of systems may have inference engines based on probabilistic networks, such as Bayesian networks (BN), since they are well suited for representing uncertainty elements present in the clinical domain. These inference engines may be theoretically modeled by healthcare experts, but the actual application of these engines in a system demands technical expertise for software development, often not easily accessible by these experts. Seeking the simplification of this process, this work introduces the SR-BayeS framework, which allows the practical application of a mobile CDSS from a knowledge base modeled by a healthcare expert. The knowledge base must be composed by a BN and by metadata specified by the expert which define the interaction elements of the CDSS with the target professional user. SR-BayeS defines the metadata structure and a tool for its modelling. The functionalities implemented in this work were heavily guided by the demands present in Bykowski (2019) work, which proposes the modelling of a BN with the objective of projecting a CDSS that generates recommendations for the physiotherapeutic rehabilitation of cancer patients. This CDSS was implemented using SR-BayeS and its use were evaluated by physiotherapy professionals to positive reception.

Keywords: Clinical decision support system. Bayesian network. Framework.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Rede bayesiana didática com identificação dos elementos de variável, estado de variável e TPC.....	13
Figura 2.2 – Propagação de distribuição de probabilidade para nodo filho.....	14
Figura 2.3 – Exemplo de representação de variável e de TPC no arquivo .net	15
Figura 2.4 – Exemplo de arquivo XML simples com componentes destacados de maneira colorida.	16
Figura 3.1 – Etapas de construção e uso de um SADC utilizando o <i>framework</i> SR-BayeS.....	19
Figura 4.1 – Perguntas paginadas.....	22
Figura 4.2 – Pergunta simples.....	23
Figura 4.3 – Pergunta numérica	24
Figura 4.4 – Pergunta de texto livre	24
Figura 4.5 – Pergunta de múltipla escolha.....	25
Figura 4.6 – Título de perguntas para duas perguntas numéricas.....	26
Figura 4.7 – Recomendação com descrição e imagem	27
Figura 4.8 – Evidências do cadastro do paciente.....	28
Figura 4.9 –Árvore do XML do arquivo de metadados.....	29
Figura 4.10 – Interface do construtor de metadados do SR-BayeS.....	31
Figura 4.11 – Arquivo XML simples de exemplo gerado pelo Construtor de metadados do SR-BayeS	33
Figura 5.1 – Diagrama de caso de uso do SR-BayeS.....	34
Figura 5.2 – Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados SQLite do SR-BayeS.....	38
Figura 5.3 – Tela principal do SR-BayeS.....	40
Figura 5.4 – Tela de configurações do SR-BayeS.....	41
Figura 5.5 – Telas de cadastro, busca e edição do paciente.....	42
Figura 5.6 – Telas de inserção de evidência, lista de recomendação e detalhamento de recomendação	42
Figura 6.1 – RB para apoio a decisão na reabilitação oncológica, parte principal.....	44
Figura 6.2 – RB para apoio a decisão na reabilitação oncológica, parte sobre localização de metástase	44
Figura 6.3 – RB para apoio a decisão na reabilitação oncológica, parte relacionada às recomendações de condutas fisioterapêuticas respiratórias	44
Figura 6.4 – Resultados das perguntas de múltipla escolha relativas a funcionalidade do aplicativo	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 - Resultados da avaliação da funcionalidade do aplicativo.....	45
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CP	Concordo Parcialmente
CT	Concordo Totalmente
DP	Discordo Parcialmente
DT	Discordo Totalmente
GUI	Graphical User Interface
ISCOMPA	Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre
PD	Pergunta Dissertativa
PME	Pergunta de Múltipla Escolha
RB	Rede Bayesiana
SADC	Sistema de Apoio a Decisão Clínico
SR-Bayes	Sistema de Recomendação Bayesiano em Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TPC	Tabela de Probabilidade Condicional
XML	eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1 Sistemas de apoio a decisão clínicos.....	11
2.2 Redes bayesianas.....	12
2.2.1 Formato de arquivo .net.....	15
2.3 UnBBayes.....	15
2.4 eXtensible Markup Language.....	16
3 SR-BAYES – FRAMEWORK PARA APLICAÇÃO MOBILE DE SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO CLÍNICOS BASEADOS EM REDES BAYESIANAS.....	18
3.1 Metodologia de construção e uso.....	18
3.2 Modelagem da base de conhecimento.....	18
3.3 Utilização do sistema pelo profissional.....	20
3.4 Considerações finais.....	20
4 METADADOS DO SR-BAYES.....	21
4.1 Funcionalidades.....	21
4.1.1 Paginação e ordenação de perguntas.....	21
4.1.2 Criação de perguntas.....	22
4.1.3 Criação de recomendações.....	26
4.1.4 Evidências do cadastro do paciente.....	27
4.2 Estrutura do XML.....	29
4.3 Construtor de metadados do SR-Bayes.....	31
5 APLICATIVO DO SR-BAYES.....	34
5.1 Funcionalidades.....	35
5.1.1 Carregamento da base de conhecimento.....	35
5.1.2 Gerenciamento de pacientes.....	35
5.1.3 Inserção de evidências pelo profissional.....	36
5.1.4 Inferência de probabilidades e disparo de recomendações.....	36
5.2 Gerenciamento de dados.....	37
5.3 Interface de utilização.....	37
6 AVALIAÇÃO POR USUÁRIOS.....	43
6.1 Base de conhecimento utilizada.....	43
6.2 Metodologia de avaliação.....	43
6.3 Análise geral dos resultados.....	45
6.3.1 Perguntas de múltipla escolha sobre funcionalidade do aplicativo.....	45
6.3.2 Perguntas dissertativas.....	48
7 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A — ARQUIVO XML DE METADADOS UTILIZADO NA AVALIAÇÃO.....	54

1 INTRODUÇÃO

Newman-Toker e Provonost (2009) definem erros de diagnóstico como a nova fronteira na busca por segurança de pacientes. A minimização desses erros é definida por Graber, Franklin e Gordon (2005) como uma importante fonte de prevenção de danos em sistemas de saúde. Uma das propostas de Newman-Toker e Provonost para a diminuição dos erros de diagnóstico é o desenvolvimento de soluções sistemáticas para problemas cognitivos, nas quais os autores incluem como alternativa sistemas de apoio a decisão orientados a sintomas para serem utilizados por profissionais. Hoje existem diversos sistemas de apoio a decisão clínicos em utilização, sendo a maioria deles orientado a conhecimento (BERNER; LA LANDE, 2016).

Para criar o mecanismo de inferência desses sistemas, é comum o uso de redes probabilísticas, como redes bayesianas. O campo da medicina é o campo de maior aplicação de redes bayesianas (NEE; HEIN, 2010). Elementos como incerteza, comuns no pensamento clínico, são modelados adequadamente por redes bayesianas (SEIXAS et al., 2014).

Um trabalho está sendo desenvolvido pela aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação/UFCSPA, Ana Paula Martins Bykowski (2019), no qual se propõe a modelagem de uma rede bayesiana com vistas a projetar um sistema de apoio a decisão clínico que gera recomendações para a reabilitação fisioterapêutica de pacientes oncológicos hospitalizados, simulando a opinião de um especialista em Fisioterapia em Oncologia. Os usuários alvo são profissionais não especialistas ou em formação acadêmica. Após uma extensa revisão bibliográfica, o trabalho especifica uma base de conhecimento em formato de rede bayesiana que funciona como mecanismo de inferência para o sistema de apoio a decisão referido. No entanto, esse projeto, assim como demais semelhantes, possui um grande risco de ficar preso na esfera teórica, pois a realização efetiva do sistema exigia conhecimento e habilidades técnicas de desenvolvimento de *software*, muitas vezes pouco acessíveis aos especialistas em saúde.

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é simplificar e sistematizar esse processo através da criação da tecnologia Sistema de Recomendação Bayesiano em Saúde (SR-BayeS). Este trabalho especifica e implementa o SR-BayeS que é um *framework* composto de uma ferramenta de fácil uso pelo especialista criador da base de conhecimento em que ele possa montar o sistema de apoio a decisão aplicável e da disponibilização de um aplicativo *mobile* que receba as informações necessárias e consiga atuar em um ambiente real. O desenvolvimento deste trabalho foi guiado através das necessidades presentes na

modelagem da rede bayesiana proposta por Bykowski (2019). O foco do trabalho foi desenvolver uma tecnologia que suprisse as necessidades de uso apresentadas por esse sistema, mas que, ao mesmo tempo, fosse flexível para abrigar e aplicar genericamente outros sistemas de apoio a decisão semelhantes.

Este trabalho de conclusão está dividido em 7 capítulos. O capítulo 2 contém a fundamentação teórica e apresenta conceitos e tecnologias presentes no trabalho fundamentais para sua compreensão. O capítulo 3 apresenta a arquitetura do sistema, explicando como as diferentes tecnologias desse trabalho se relacionam e quais são as etapas para a montagem e aplicação do sistema de apoio à decisão. O capítulo 4 descreve a ferramenta desenvolvida para o especialista detentor da base de conhecimento e a geração de metadados do sistema. O capítulo 5 descreve o aplicativo *mobile* desenvolvido para ser utilizado pelos profissionais e que aplica o sistema de apoio à decisão. O capítulo 6 contém o resultado da avaliação do sistema por profissionais. Por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho, discute limitações atuais e propõe sugestões para aperfeiçoamentos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo descreve os principais conceitos e tecnologias que são utilizados na construção das ferramentas propostas neste trabalho. Primeiro, é introduzido o conceito de sistemas de apoio à decisão clínicos (SADCs), o tipo de sistema proposto neste trabalho para o aplicativo do SR-BayeS. Em seguida, é introduzido o conceito de redes bayesianas o mecanismo de inferência de recomendações utilizado no SR-BayeS -, além das ferramentas para a sua construção e representação. Por fim, é apresentado o formato de arquivo XML, utilizado pelo SR-BayeS para representar dados relacionados à estrutura do SADC.

2.1 Sistemas de apoio a decisão clínicos

Sistemas de apoio a decisão clínicos (SADCs) possuem uma definição branda, sendo considerados como tais quaisquer sistemas computacionais “projetados para influenciar a tomada de decisão do clínico sobre pacientes individuais no ponto temporal no qual essas decisões são tomadas” (BERNER; LA LANDE, 2016). Metzger e MacDonald (2002) propõem a classificação de SADCs por parâmetros como o momento no qual eles provêm suporte e o quão ativo ou passivo o apoio se apresenta - ou seja, se o sistema ativamente providencia alertas para o profissional, ou se ele apenas responde à entrada de dados. Outra classificação comum é entre SADCs baseados em conhecimento ou não:

SADCs baseados em conhecimento (*Knowledge-based clinical decision support systems*): Esse tipo de sistema surgiu a partir de pesquisas antigas sobre sistemas especialistas que tinham como objetivo montar programas de computador que simulassem o pensamento humano, como os trabalhos de Miller, Pople e Myers (1982) e Shortliffe et al. (1973). A característica principal de sistemas baseados em conhecimento é a presença de uma base de conhecimento montada por especialistas como guia para inferências. Esses sistemas costumam ser compostos por três partes: a base de conhecimento, o mecanismo de inferência ou raciocínio, e o mecanismo de comunicação com o usuário (TAN; SHEPS, 1998). A maioria dos SADCs disponíveis hoje se encaixam nesse tipo (BERNER; LA LANDE, 2016).

SADCs não baseados em conhecimento (*Nonknowledge-based clinical decision support systems*): Esse tipo de sistema costuma usar para inferência, ao invés de conhecimento acumulado, técnicas de inteligência artificial como aprendizagem de máquina, que permitem ao computador aprender a partir de experiências passadas e/ou reconhecer

padrões em dados clínicos (MARAKAS, 2003). Redes neurais artificiais e algoritmos genéticos são dois tipos de sistemas não baseados em conhecimento (BERNER; LA LANDE, 2016). De acordo com Simpao et al. (2014), esse tipo de sistema se tornará mais importante no futuro a medida em que a análise de dados e outras aplicações big data se tornarem mais comuns no ambiente de saúde.

A tecnologia SR-Bayes, apresentada nesse trabalho, em razão de sua funcionalidade integrada a bases de conhecimento, é classificada como um SADC baseado em conhecimento. Sistemas de apoio a decisão orientados a conhecimento são às vezes chamados simplesmente de sistemas especialistas ou sistemas de recomendação (POWER; SHARDA; BURSTEIN, 2015), o que justifica a denominação da tecnologia.

2.2 Redes bayesianas

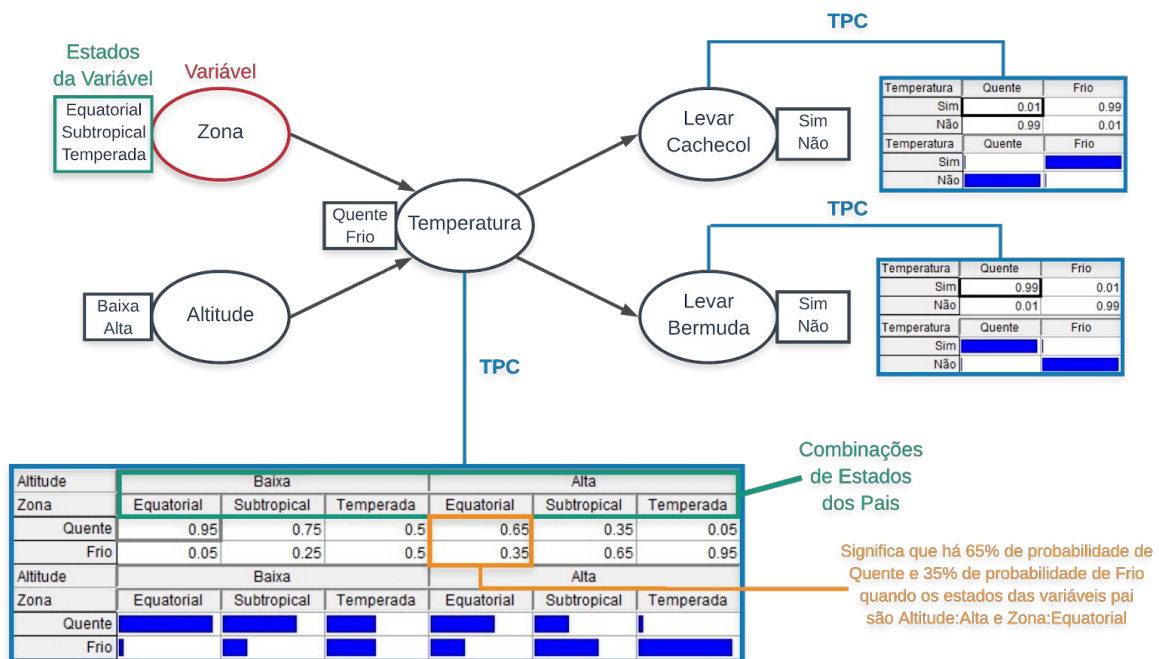
Redes bayesianas (RBs) são uma forma de representação de conhecimento adequada ao raciocínio probabilístico - ou seja, aquele no qual o escopo total do problema é desconhecido ou incerto (DUTRA; LIGEIRO 2003). A principal vantagem do raciocínio probabilístico sobre o lógico é o fato de que agentes podem tomar decisões racionais mesmo quando não existe informação suficiente para provar que uma ação funcionará (RUSSEL; NORVIG, 1995). Esses elementos de incerteza, bem como elementos causais, são comuns no domínio clínico, e redes bayesianas se mostram adequadas para representá-los (SEIXAS et al., 2014). Uma RB é constituída de uma estrutura gráfica e de parâmetros numéricos (YET et al., 2013).

A estrutura gráfica da RB é um grafo acíclico que consiste de nodos que representam variáveis e arcos direcionados entre esses nodos. Se existe um arco de um nodo A para um nodo B, então A é considerado nodo pai e B nodo filho. As probabilidades de cada nodo são condicionadas a apenas a seus nodo pai, e isso gera uma importante propriedade chamada de independência condicional. Todos os nodos são condicionalmente independentes de seus não-descendentes, dado os seus pais.

Os parâmetros de uma RB determinam a força das relações probabilísticas entre os seus nodos. Cada nodo da RB tem um conjunto de estados exclusivo com uma distribuição de probabilidade condicional à combinação dos estados dos seus nodos pais, ou no caso de o nodo não ter pai, uma distribuição incondicional. Para variáveis discretas, que são as utilizadas nesse trabalho, a distribuição de probabilidade é observável através de uma tabela

de probabilidade condicional (TPC) (YET et al., 2013). Nós que não possuem pais não possuem TPC. As TPCs são fixas e determinadas no momento da construção da rede. A Figura 2.1 mostra uma RB simples e suas TPCs.

Figura 2.1 – Rede bayesiana didática com identificação dos elementos de variável, estado de variável e TPC



Fonte: Autor.

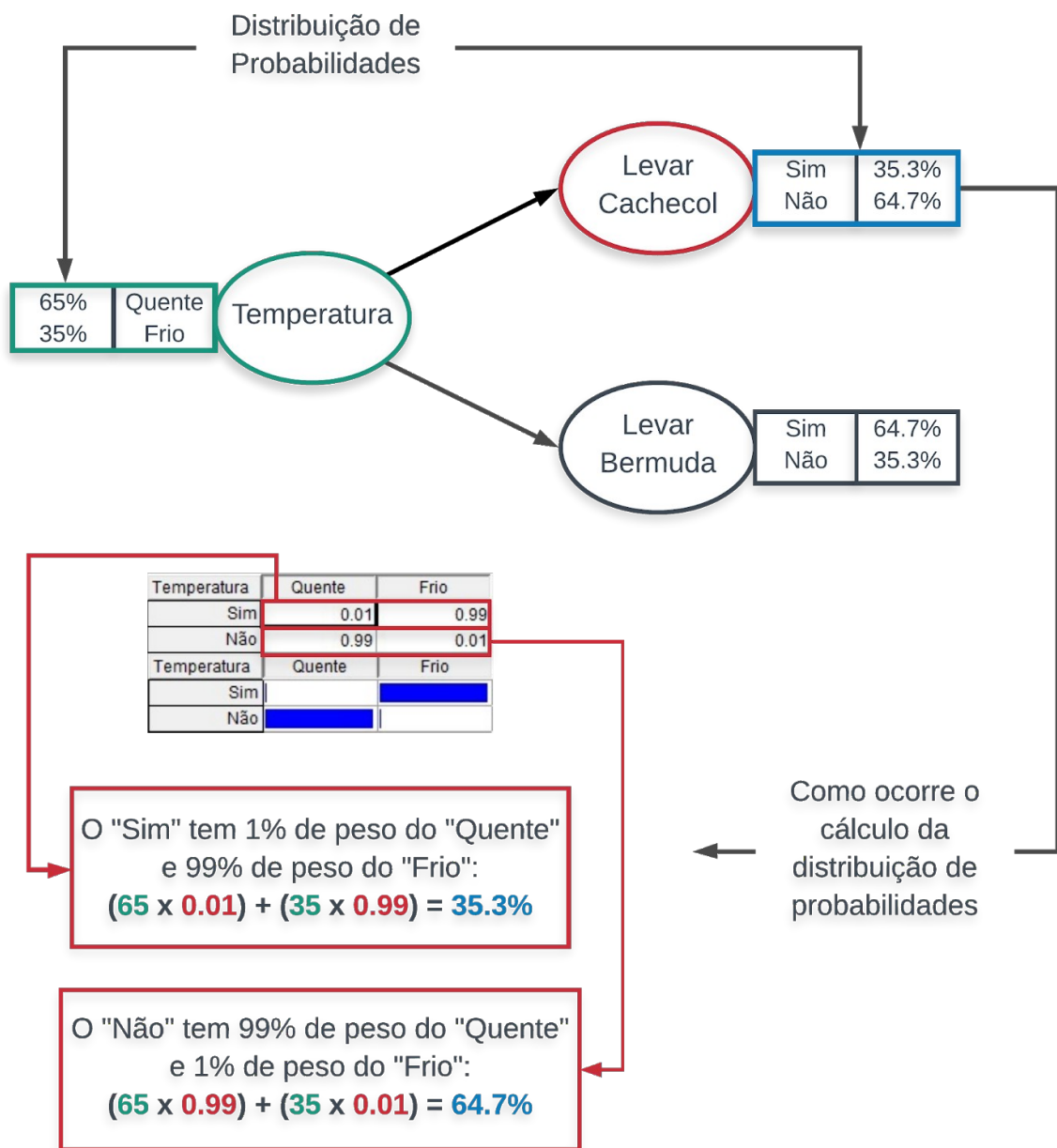
Uma RB permite a instanciação - processo também chamado de inserção de evidência - de qualquer número de variáveis em qualquer parte do modelo (exceto em casos específicos de inconsistência matemática) e assim propagar as alterações nas distribuições de probabilidade tanto para nós pais quanto para nós filhos.

Na prática, a inserção de uma evidência acontece através da atribuição da probabilidade 1 para um estado da variável e 0 para os demais. No exemplo da Figura 2.1, a inserção da evidência “Equatorial” para a variável “Zona” e “Alta” para a variável “Altitude” provocam na variável “Temperatura” a distribuição de probabilidades de 65% no estado “Quente” e 35% no estado “Frio”. Nesse caso, essas probabilidades também irão se propagar para as variáveis filhas “Levar Cachecol” e “Levar Bermuda” que, seguindo a lógica da rede, terão seus estados “Sim” com probabilidade menor e maior, respectivamente. As probabilidades se propagam por todas as variáveis da rede que não possuem evidências inseridas (YET et al., 2013).

A propagação das distribuições para nós filho acontece através de uma soma ponderada dos valores da TPC dos estados do pai de acordo com sua distribuição de

probabilidade atual, enquanto que a propagação das distribuições de nodos filhos para nodos pai ocorre através do processo inverso. A Figura 2.2 mostra um exemplo simples da propagação das distribuições de probabilidade de um estado pai para um estado filho de maneira didática.

Figura 2.2 – Propagação de distribuição de probabilidade para nodo filho



Fonte: Autor.

A característica de propagação tanto de pais para filhos quanto de filhos para pais permitem que as RBs possam ser utilizadas para fazer tanto inferências preditivas quanto diagnósticas, dependendo das observações disponíveis. A inferência diagnóstica é feita de variáveis de sintomas até causas, e as preditivas vice-versa (YET et al., 2013).

Neste capítulo foi feita uma apresentação pragmática da utilização de redes bayesianas para sistemas de apoio à decisão. Uma leitura teórica aprofundada e completa sobre a fundamentação do modelo pode ser encontrada no trabalho de Pearl (1988).

2.2.1 Formato de arquivo .net

Um padrão de representação de RBs em formato de texto simples é o formato de arquivo .net. Esse tipo de formato é suportado por diferentes ferramentas de edição de RBs, como o Hugin (MADSEN et al., 2005) e o UnBBayes (CARVALHO et al., 2010). O conteúdo do arquivo .net é constituído da lista de identificadores de variáveis da rede seguido da lista de TPCs das variáveis.

As variáveis, referidas como nodes, possuem um identificador interno único e uma label para sua identificação facilitada. Os estados de uma variável, por outro lado, são identificados por apenas um identificador que acumula as duas funções. Os identificadores de estado são únicos dentro de uma variável, mas não são únicos globalmente. O atributo position de node tem apenas efeito estético no editor. As tabelas de TPCs são referidas como potential. A Figura 2.3 mostra como os elementos são formatados de maneira textual no conteúdo do arquivo.

Figura 2.3 – Exemplo de representação de variável e de TPC no arquivo .net

Variável	TPC
<pre>node C3 { label = "Temperatura"; position = (870 -50); states = ("Quente" "Frio"); }</pre>	<pre>potential (C3 C2 C1) { data = (((0.95 0.05) % Baixa Equatorial (0.75 0.25) % Baixa Subtropical (0.5 0.5)) % Baixa Temperada ((0.65 0.35) % Alta Equatorial (0.35 0.65) % Alta Subtropical (0.05 0.95))); % Alta Temperada }</pre>

Fonte: Autor.

2.3 UnBBayes

O UnBBayes é um *software open source* para modelagem, aprendizado e raciocínio sobre redes probabilísticas, desenvolvido pela Universidade de Brasília. UnBBayes oferece suporte para diferentes categorias de redes probabilísticas, incluindo diagramas de influência e diversos tipos de redes bayesianas. O UnBBayes possui GUI, mas é possível também fazer

uso apenas de suas bibliotecas de código fundamentais que implementam a matemática das redes. O UnBBayes foi escrito em Java e utiliza bibliotecas de código dessa plataforma exclusivas para ambiente *desktop*. Em vista disso, para sua utilização em ambiente *mobile* Android foi necessário fazer adaptações no código arquivo.

2.4 eXtensible Markup Language

eXtensible Markup Language, comumente referido como XML, é uma linguagem de marcação com estruturação similar à do HTML. O XML é definido pela XML 1.0 Specification (W3C, 2008). O XML foi projetado apenas para armazenar dados, independente de sua semântica, e, portanto, pode ser utilizado para atender aos mais diversos fins. A Figura 2.4 mostra um exemplo de um arquivo XML que representa dados sobre uma livraria, tendo armazenado dois livros.

Figura 2.4 – Exemplo de arquivo XML simples com componentes destacados de maneira colorida

```

Elemento raiz
<bookstore>

Elemento <book category="cooking">
  Atributo
  Texto
  <title lang="en">Everyday Italian</title>
  <author>Giada De Laurentiis</author>
  <year>2005</year>
  <price>30.00</price>
</book>

<book category="children">
  <title lang="en">Harry Potter</title>
  <author>J K. Rowling</author>
  <year>2005</year>
  <price>29.99</price>
</book>

</bookstore>

```

Fonte: Autor, <https://www.w3schools.com/xml/xml_tree.asp>, Acessado em julho de 2019.

Na Figura 2.4, é possível identificar os 4 componentes de um XML: elemento raiz, elemento, atributo e texto. Todo arquivo XML possui apenas um elemento raiz. O conteúdo de um elemento pode ser texto ou uma lista de elementos filho. Um elemento pode possuir um número ilimitado de atributos e de elementos filho. Os elementos de um XML se encadeiam em uma estrutura em formato de árvore chamada de Árvore do XML (REFSNES DATA, 2019).

Por armazenar dados em formato de texto simples, o XML é uma maneira eficiente de padronizar pequenos volumes de dados entre diferentes sistemas, uma vez que existem bibliotecas de código para facilitar sua manipulação em diferentes plataformas, ao mesmo tempo em que mantém os dados legíveis e facilmente manipuláveis por humanos.

3 SR-BAYES – FRAMEWORK PARA APLICAÇÃO MOBILE DE SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO CLÍNICOS BASEADOS EM REDES BAYESIANAS

Esse capítulo tem a finalidade de apresentar uma visão geral do funcionamento do SR-Bayes - *framework* para aplicação *mobile* de sistemas de apoio a decisão clínicos baseados em redes bayesianas. Este capítulo apresenta como se relacionam entre si os diferentes agentes envolvidos na construção e uso de um SADC através do *framework* SR-Bayes.

3.1 Metodologia de construção e uso

A metodologia da construção e uso de um SADC através do *framework* SR-Bayes está representada na Figura 3.1. A metodologia pode ser dividida em três etapas, sendo as duas primeiras relativas à construção, representadas pela modelagem da base de conhecimento pelo especialista, e a última relativa ao uso, representada pela utilização do SADC no aplicativo pelo profissional. Este capítulo irá introduzir uma visão geral dessas três etapas nas seções 3.2 e 3.3. Em seguida, os capítulos 4 e 5, respectivamente, aprofundam o conteúdo destas seções e descrevem detalhadamente as implementações desenvolvidas neste trabalho.

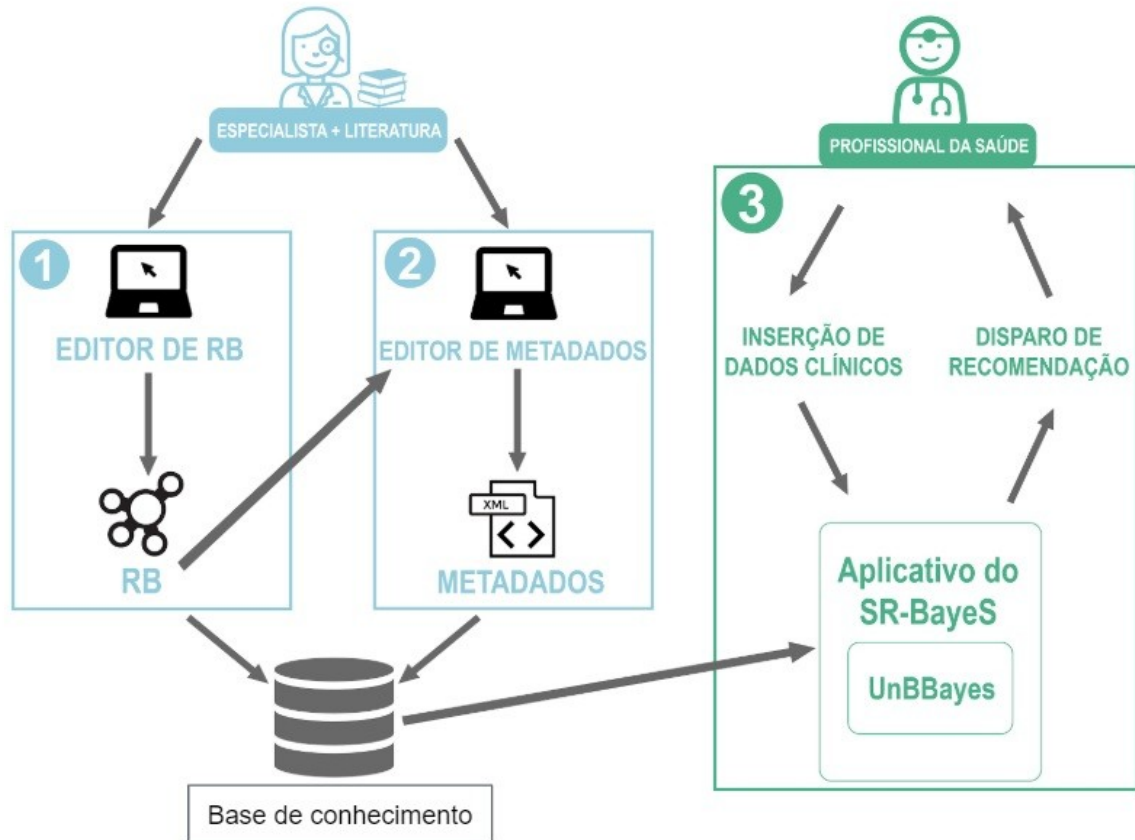
3.2 Modelagem da base de conhecimento

A base de conhecimento necessária para o funcionamento do SADC no aplicativo SR-Bayes é composta de duas partes: a RB e os metadados do sistema. De maneira geral, a RB é o mecanismo de inferência, constituindo a parte lógica do sistema, e os metadados são informações que definem a montagem da estrutura de apresentação, constituindo a parte de interface de interação do usuário com o sistema.

A etapa 1 da Figura 3.1 se refere a criação da RB pelo especialista. O especialista deve criar uma RB com variáveis que representam evidências observáveis (por exemplo: resultado de exames laboratoriais) e variáveis que representam recomendações (por exemplo: determinado tipo de cuidado especial). Também é possível incluir variáveis internas apenas para fins de auxílio no procedimento de inferência. Bases de dados, literatura disponível e conhecimento de especialistas da área (domínio) são as fontes usualmente aceitas para a atribuição dos valores numéricos para as TCP de cada variável (DRUZDZEL; VAN DER GAAG, 2000). Existem *softwares* especializados na construção e edição de RBs, como por

exemplo o Hugin (MADSEN et al., 2005), que foi utilizado para a construção da RB de Bykowski (2019).

Figura 3.1 – Etapas de construção e uso de um SADC utilizando o *framework* SR-Bayes



Fonte: Autor.

A etapa 2 da Figura 3.1 se refere a criação dos metadados pelo especialista. Munido da RB em formato de arquivo .net, o especialista pode carregá-la em uma aplicação *desktop* para Windows desenvolvida denominada Construtor de Metadados do SR-Bayes. Essa aplicação permite a classificação das variáveis da RB entre inserção de evidência e recomendação, informação fundamental para o funcionamento do sistema, e a associação de variáveis de evidência a informações pré-definidas do cadastro do paciente, como idade ou sexo. Esse processo é melhor explicado no capítulo 4.3. Feita a classificação e associação, o Construtor irá exportar um arquivo XML com os metadados necessários para a imediata aplicação do sistema. É possível ainda uma gama de customizações adicionais através da manipulação do arquivo XML, discutidas de maneira aprofundada no capítulo 4.1 e 4.2. Elas incluem a criação de diferentes tipos de perguntas e o detalhamento das recomendações exibidas com textos e/ou imagens.

3.3 Utilização do sistema pelo profissional

Para aplicação do SADC modelado, o profissional precisará do aplicativo *mobile* do SR-BayeS e dos metadados fornecidos pelo especialista. O profissional deverá instalar o aplicativo em um smartphone Android com acesso aos arquivos dos metadados. Os metadados são compostos por um arquivo XML e complementados opcionalmente por um arquivo .zip contendo imagens. Através da interface do aplicativo SR-BayeS será possível carregar esses arquivos para o sistema. Esse procedimento é necessário apenas na primeira utilização.

Com os metadados carregados, é possível aplicar o SADC. O profissional deverá cadastrar um paciente ou escolher um paciente previamente cadastrado para começar o processo de inserção de evidências. Recomendações serão exibidas após ou opcionalmente durante a inserção de evidências, e o profissional poderá acessar os detalhes delas a qualquer momento. O cálculo dessas recomendações acontece utilizando as bibliotecas de código do UnBBayes. As evidências inseridas para um paciente ficam salvas no banco de dados interno do aplicativo.

3.4 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentada uma visão geral do funcionamento do *framework* SR-BayeS. Os capítulos 4 e 5 descrevem em detalhes a implementação dos conceitos e ferramentas apresentados neste capítulo, como os metadados, incluindo o Construtor de Metadados do SR-BayeS, e o aplicativo SR-BayeS.

4 METADADOS DO SR-BAYES

Os metadados do SR-Bayes são informações que definem a estrutura dos elementos de interação do SADC com o usuário no aplicativo, como perguntas, respostas e recomendações. Este capítulo apresenta as funcionalidades necessárias para a geração e manutenção dos metadados - ou seja, as opções de customização de interface de uso oferecidas -, a estruturação XML do arquivo de metadados, e a ferramenta *desktop* para criação desse arquivo.

4.1 Funcionalidades

A escolha das opções de customização de apresentação do SADC disponibilizadas através dos metadados foi guiada pelas necessidades enfrentadas para a implementação prática do sistema idealizado no trabalho de Bykowski (2019).

É importante definir o conceito de pergunta utilizado nos metadados e diferenciá-lo do conceito de evidência. Uma evidência é um conceito da RB e se refere à instanciação de uma variável. Uma pergunta é um conceito dos metadados e é a maneira de interação do sistema com o usuário para obter a inserção de evidências. Uma pergunta pode representar diretamente a inserção de uma evidência ou não. Existem perguntas com fins exclusivos de armazenamento, que não envolvem a inserção de evidências, e perguntas de múltipla escolha, que envolvem a inserção de várias evidências. Todas as perguntas são exibidas sequencialmente de maneira vertical do aplicativo e o profissional tem liberdade total para responder ou ignorá-las.

As subseções seguintes especificam todas as funcionalidades de customização do sistema oferecidas através dos metadados.

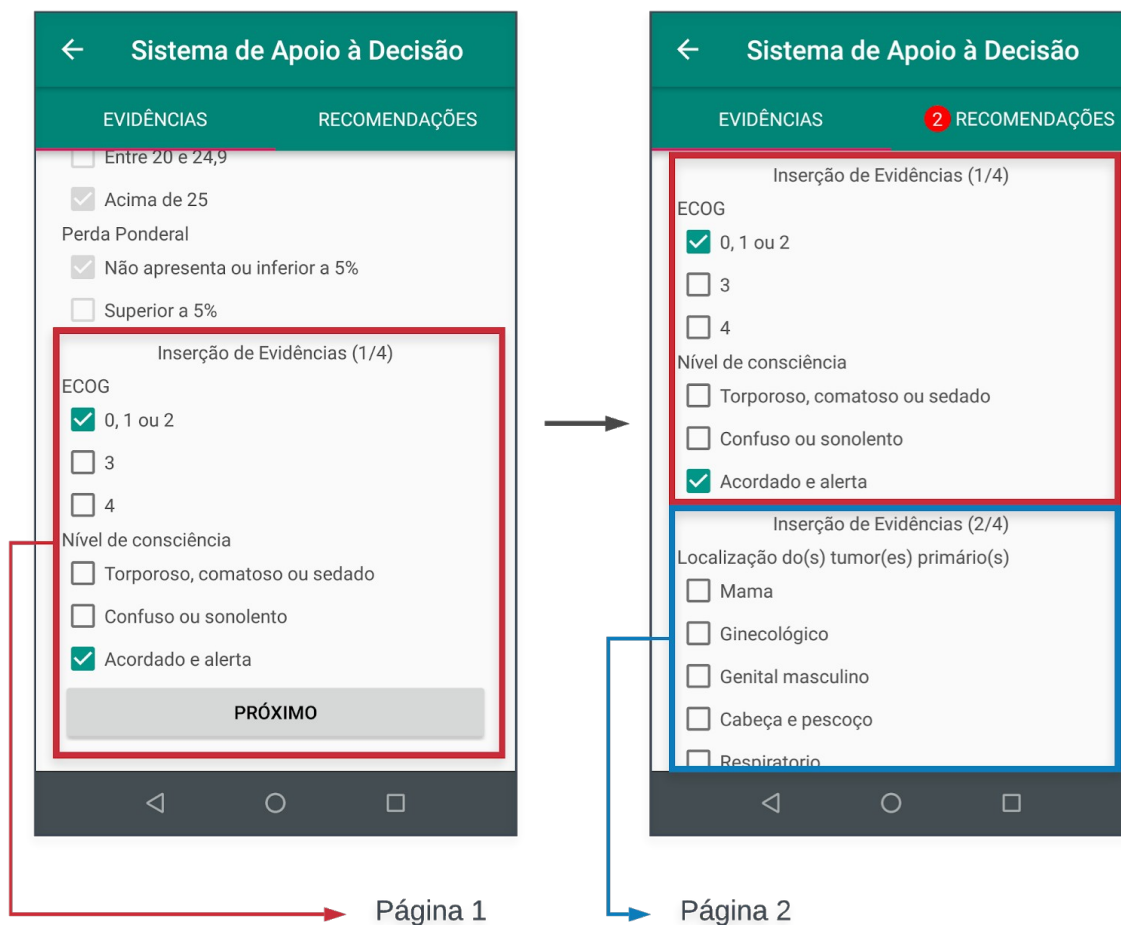
4.1.1 Paginação e ordenação de perguntas

É possível agrupar perguntas em “páginas” que serão exibidas sequencialmente no aplicativo. Isso significa, por exemplo, que o sistema primeiro exibirá as perguntas da página “1” e só exibirá as da página “2” após o profissional assinalar que finalizou o processo de inserção de evidências para a “1”. Essa propriedade é chamada de paginação. Além disso, quando o profissional avançar de uma página para a outra, ocorrerá a propagação das evidências na rede, podendo já gerar recomendações preliminares. Em casos de SADCs com

muitas perguntas, a paginação pode ajudar a agrupar perguntas em uma sequência lógica que faça sentido para a rotina de trabalho do profissional e facilite o processo de inserção de dados.

A Figura 4.1 mostra um exemplo de perguntas paginadas no aplicativo. O profissional pode ordenar as páginas e as perguntas dentro de uma página da maneira desejada.

Figura 4.1 – Perguntas paginadas



Fonte: Autor.

4.1.2 Criação de perguntas

As perguntas são a forma de interação do sistema com o profissional - a maneira com a qual as evidências são inseridas na RB. Todas as perguntas podem ter seus textos de pergunta e de respostas customizados pelo especialista. Existem 4 tipos de pergunta suportadas pelo SR-BayeS:

Pergunta simples

A pergunta simples é uma representação direta de uma variável da RB. Portanto, uma variável da RB deve ser associada a essa pergunta. As opções de resposta desse tipo de pergunta equivalem aos estados da variável. Será inserida na RB evidência do estado selecionado. A figura 4.2 exibe a estruturação de uma pergunta simples no arquivo XML e sua aparência no aplicativo.

Figura 4.2 – Pergunta simples

Nos metadados:

```
<question netId="C60" text="Nível de consciência">
  <option netId="Torporoso comatoso sedado" text="Torporoso, comatoso ou sedado"/>
  <option netId="Confuso sonolento" text="Confuso ou sonolento"/>
  <option netId="Acordado alerta" text="Acordado e alerta"/>
</question>
```

No aplicativo:

Nível de consciência

Torporoso, comatoso ou sedado

Confuso ou sonolento

Acordado e alerta

Fonte: Autor.

Pergunta numérica

A pergunta numérica é semelhante à simples no sentido de que também é a representação direta de uma variável da RB. Os estados da variável, no entanto, possuem semântica numérica. Isso significa que eles devem representar faixas de valores. Por exemplo: a variável pode representar o número de plaquetas de um paciente, e os estados, diferentes faixas de valores como “abaixo de 10 mil”, “entre 10 e 19 mil”, “entre 20 a 29 mil”, e assim por diante. Esse tipo de pergunta poderá ser respondida pelo profissional com qualquer valor numérico. É preciso especificar nos metadados as faixas de valores corretas para o sistema realizar a tradução do valor para a inserção de evidência do estado correto. O exato valor inserido pelo profissional ficará salvo no banco de dados do aplicativo para fim único de armazenamento. A Figura 4.3 exibe a estruturação de uma pergunta numérica no arquivo XML e sua aparência no aplicativo.

Pergunta de texto livre

A pergunta de texto livre exibe uma caixa de entrada de texto como opção de resposta. O profissional poderá inserir nela livremente qualquer texto. Esse tipo de pergunta tem fim

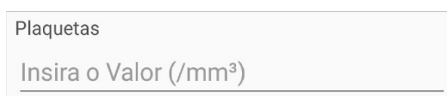
exclusivo de armazenamento de dados, sem relação com a inserção de evidências. A Figura 4.4 exibe a estruturação de uma pergunta de texto livre no arquivo XML e sua aparência no aplicativo.

Figura 4.3 – Pergunta numérica

Nos metadados:

```
<question netId="C48" type="number" text="Plaquetas" unit="/mm³">
  <option netId="Abaixo 10 mil" minVal="0" maxVal="10000"/>
  <option netId="10 19 mil" minVal="10000" maxVal="20000"/>
  <option netId="20 29 mil" minVal="20000" maxVal="30000"/>
  <option netId="30 49 mil" minVal="30000" maxVal="50000"/>
  <option netId="Acima 50 mil" minVal="50000"/>
</question>
```

No aplicativo:



Plaquetas
Insira o Valor (/mm³)

Fonte: Autor.

Figura 4.4 – Pergunta de texto livre

Nos metadados:

```
<question type="freeText" text="Estadiamento TNM"/>
```

No aplicativo:



Estadiamento TNM
 T3N2M0

Fonte: Autor.

Pergunta de múltipla escolha

A pergunta de múltipla escolha permite a inserção de várias evidências através de apenas uma pergunta. A pergunta de múltipla escolha é o agrupamento de várias perguntas simples que possuam apenas duas opções de resposta equivalentes a “sim” e “não” em uma só.

Um exemplo dessa situação pode ser uma RB que considere o motivo de internação do paciente. Um paciente pode ter um ou mais motivos de internação, entre “exames”, “sintomas não controlados”, “pré-operatório”, “radiologia” e etc. Para modelar essa situação, o especialista irá criar na RB uma variável com estados “sim” e “não” para cada um dos motivos existentes.

Nos metadados, então, o especialista pode criar uma pergunta de múltipla escolha nomeada “Motivo(s) da internação atual” e associar a ela todas as variáveis pertinentes. No processo de inserção de evidências, cada uma das variáveis será uma opção de resposta à pergunta, podendo o profissional assinalar o número de opções desejado. Dessa maneira, o sistema irá inserir a evidência “sim” para a variável, caso sua opção seja assinalada, e a evidência “não”, caso não seja.

É importante notar que isso significa que evidências serão obrigatoriamente inseridas para todas as variáveis associadas a pergunta, de acordo com o respectivo assinalamento. Se for importante permitir que o profissional possa ignorar essas variáveis, o especialista deve, ao invés disso, criar uma sequência de perguntas simples. Além disso, também é possível inserir perguntas de texto livre como opção de resposta para esse tipo de pergunta. A Figura 4.5 exibe a estruturação de uma pergunta de múltipla escolha no arquivo XML e sua aparência no aplicativo.

Figura 4.5 – Pergunta de múltipla escolha

Nos metadados:

```
<question type="multi" text="Motivo(s) da internação atual">
  <option netId="C116" text="Exames e (re)estadiamento" netState="Sim"/>
  <option netId="C84" text="Sintoma(s) não controlado(s)" netState="Sim"/>
  <option netId="C108" text="Pré-operatório" netState="Sim"/>
  <option netId="C65" text="Pós-operatório" netState="Sim"/>
  <option netId="C6" text="Quimioterapia" netState="Sim"/>
  <option netId="C7" text="Radioterapia" netState="Sim"/>
  <option netId="C106" text="Cuidados paliativos exclusivos" netState="Sim"/>
  <option type="freeText" text="Outro motivo"/>
</question>
```

No aplicativo:

Motivo(s) da internação atual

Exames e (re)estadiamento

Sintoma(s) não controlado(s)

Pré-operatório

Pós-operatório

Quimioterapia

Radioterapia

Cuidados paliativos exclusivos

Outro motivo

Fonte: Autor.

Título de perguntas

É possível também inserir um título de perguntas no sistema. O título de perguntas não age como uma pergunta em si, mas sim como um título comum para perguntas subsequentes

que estejam relacionadas por algum fator. Um exemplo de utilidade desse recurso seria uma RB que possua as variáveis “Hemoglobina” e “Leucócitos”. A relação entre essas variáveis se faz no fato de ambas serem dados provenientes de um hemograma. É possível, então, criar um título de pergunta para essas perguntas com texto “Hemograma com valores de:”. A Figura 4.6 exibe a estruturação de um título de perguntas no arquivo XML e sua aparência no aplicativo.

Figura 4.6 – Título de perguntas para duas perguntas numéricas

Nos metadados:

```
<question type="title" text="Hemograma com valores de:"/>
<question netId="C82" type="number" text="Hemoglobina" unit="g/dl">
  <option netId="Abaixo 8" minVal="0" maxVal="8"/>
  <option netId="Igual ou acima 8" minVal="8"/>
</question>
<question netId="C83" type="number" text="Leucócitos" unit="/mm³">
  <option netId="Abaixo 4 mil" minVal="0" maxVal="4000"/>
  <option netId="Igual ou acima 4 mil" minVal="4000"/>
</question>
```

No aplicativo:

The screenshot shows a light gray rectangular area containing two text input fields. The first field is labeled "Hemograma com valores de:" followed by "Hemoglobina" and has a placeholder text "Insira o Valor (g/dl)". The second field is labeled "Leucócitos" and has a placeholder text "Insira o Valor (/mm³)".

Fonte: Autor.

4.1.3 Criação de recomendações

Toda recomendação deve ser associada a uma variável da RB. O especialista deve criar um nome de exibição para a recomendação e pode adicionar dois elementos de detalhamento opcionais: uma descrição e uma imagem. A descrição consiste de um texto de tamanho livre, sem formatação, e a imagem consiste de uma imagem comprimida em formato .jpg ou .png. A imagem pode ser ampliada no aplicativo. A Figura 4.7 exibe a estruturação de uma recomendação com ambos elementos no arquivo XML e sua aparência no aplicativo.

É importante notar que, por serem compostas de dados binários ilegíveis por humanos, as imagens não fazem parte do arquivo XML dos metadados. Ao invés disso, as imagens devem ser compiladas na raiz da árvore de arquivos de um arquivo .zip carregado separadamente no aplicativo. A associação de uma imagem a uma recomendação acontece através do nome do arquivo da imagem, que deve ser o identificador no arquivo .net da

variável de recomendação na qual ela deve se associar. Se for utilizado o Hugin para a criação da rede, possíveis exemplos de nomes de arquivos de imagem serão: C5.jpg, C10.jpg, C22.png.

Figura 4.7 – Recomendação com descrição e imagem



Fonte: Autor.

4.1.4 Evidências do cadastro do paciente

As evidências inseridas no sistema sempre são relativas a um paciente cadastrado. Pode ser que seja relevante para o sistema de inferência dados do cadastro do paciente em questão, como idade e sexo. Essas informações já estão presentes no sistema antes do início do processo de inserção de evidências, provindas do cadastro, e portanto não é necessário fazer a inserção dessas mesmas informações novamente. É possível configurar a partir dos metadados a inserção automática de evidências que estejam relacionadas a dados cadastrais do paciente.

São disponibilizadas quatro opções de dados que podem ser extraídos do cadastro e utilizados como evidência. Todas essas opções irão retornar um valor numérico do cadastro que deverá ser traduzido para um estado de uma variável, de maneira semelhante a uma pergunta numérica. A seguir, são listadas as opções e o valor retornado para cada, bem como, em parêntesis, o termo utilizado para identificação de cada uma dessas opções no XML:

Idade (age): Idade, em anos, a partir da data de nascimento informada no cadastro.

Sexo (sex): Retorna o valor 10 para sexo feminino e 20 para sexo masculino.

Perda Ponderal (weightLoss): Perda de peso percentual do paciente a partir dos campos “peso atual” e “peso usual” do cadastro. Para isso é utilizada a fórmula: $(1 - \text{Peso Atual (kg)} / \text{Peso Usual (kg)}) * 100 (\%)$.

IMC (bmi): Índice de Massa Corporal, calculada a partir dos campos “peso atual” e “altura” do paciente informados no cadastro. Para isso é utilizada a fórmula: $\text{Peso Atual (kg)} / \text{Altura}^2 (\text{m})$.

A Figura 4.8 exibe a estruturação da inclusão de evidências do cadastro do paciente no arquivo XML e como o aplicativo informa sobre as evidências inseridas automaticamente. Caso alguma informação necessária esteja omissa do cadastro, não há inserção automática para a variável relacionada. Informações detalhadas sobre os dados do cadastro do paciente são apresentadas no Capítulo 5, na Seção 5.1.2.

Figura 4.8 – Evidências do cadastro do paciente

Nos metadados:

```
<patientData netId="C1" text="Idade" source="age">
  <option netId="Abaixo 60 anos" maxVal="60" text="Menos de 60 anos"/>
  <option netId="Igual ou acima 60 anos" minVal="60"
    text="Igual ou mais de 60 anos"/>
</patientData>
<patientData netId="C17" text="Sexo" source="sex">
  <option netId="Fem" minVal="5" maxVal="15" text="Feminino"/>
  <option netId="Masc" minVal="16" maxVal="25" text="Masculino"/>
</patientData>
<patientData netId="C3" text="IMC" source="bmi">
  <option netId="Abaixo 20" maxVal="20" text="Abaixo de 20"/>
  <option netId="Normal 20 a 24,9" minVal="20" maxVal="25" text="Entre 20 e 24,9"/>
  <option netId="Acima 25" minVal="25" text="Acima de 25"/>
</patientData>
<patientData netId="C2" text="Perda Ponderal" source="weightLoss">
  <option netId="Nao houve ou inferior 5 por cento" maxVal="5"
    text="Não apresenta ou inferior a 5%"/>
  <option netId="Acima 5 por cento" minVal="5" text="Superior a 5%"/>
</patientData>
```

No aplicativo:

Evidências Provindas de Dados do Cadastro

Idade

- Menos de 60 anos
- Igual ou mais de 60 anos

Sexo

- Feminino
- Masculino

IMC

- Abaixo de 20
- Entre 20 e 24,9
- Acima de 25

Perda Ponderal

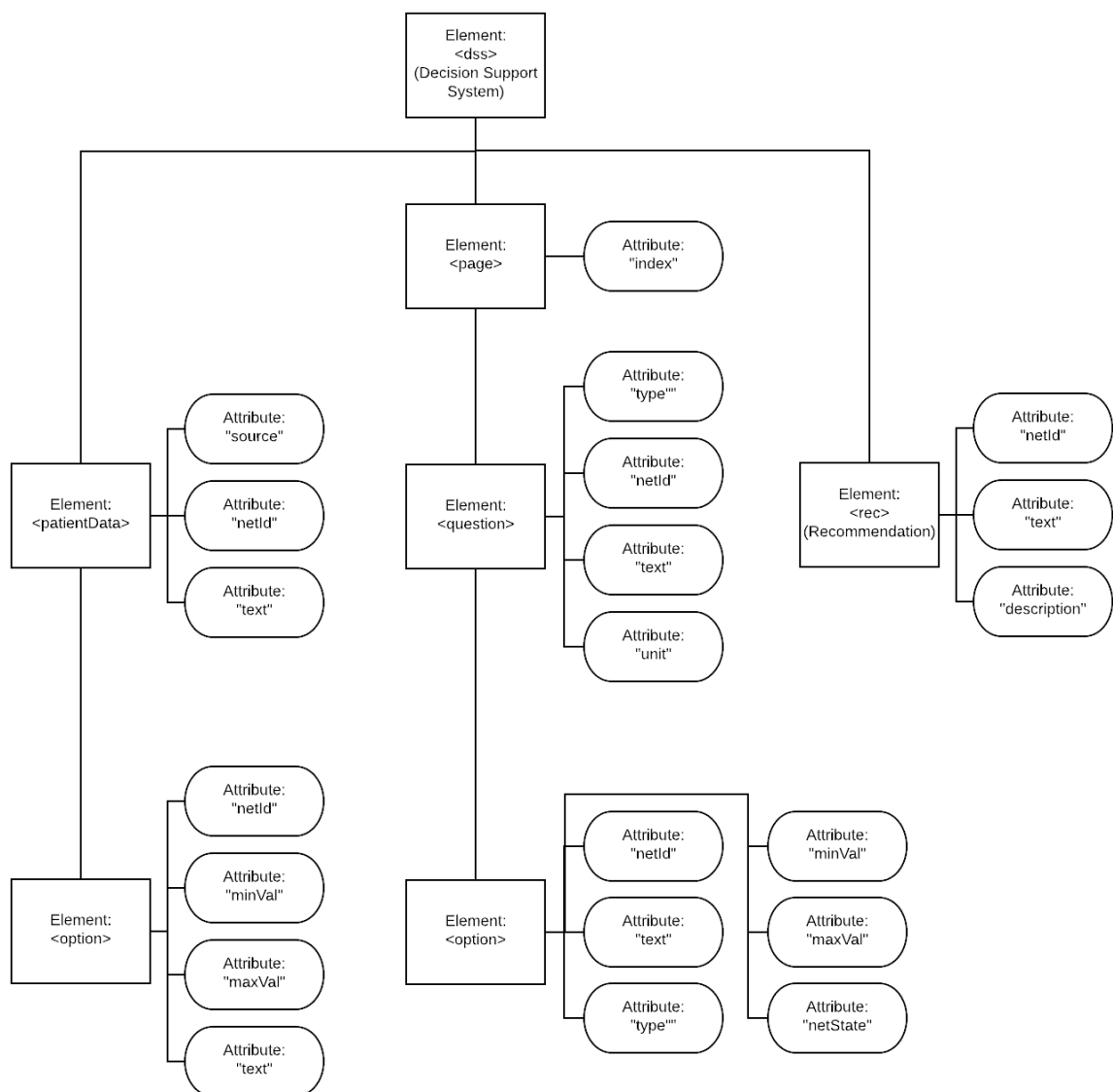
- Não apresenta ou inferior a 5%
- Superior a 5%

Fonte: Autor.

4.2 Estrutura do XML

Esta seção se dedica a apresentar a estruturação do arquivo XML que abriga os metadados do sistema, com exceção das imagens. A escolha da nomenclatura de elementos e atributos, bem como sua estruturação, foi feita com foco na representação da estruturação visual do sistema, com o fim de simplificar sua manipulação e compreensão. Para fins de universalização, os elementos e atributos foram nomeados em língua inglesa. A Figura 4.9 mostra a Árvore do XML do arquivo de metadados.

Figura 4.9 – Árvore do XML do arquivo de metadados



Fonte: Autor.

É importante notar que diferentes combinações de atributos são utilizados para diferentes fins e, portanto, nem todos precisam obrigatoriamente ser incluídos. Todos os

atributos `text` representam o texto de exibição daquele elemento no sistema, seja ele uma pergunta, opção de resposta ou recomendação, e os atributos `netId` se referem à identificação de uma variável ou de um estado de uma variável na RB através do termo de identificação único no arquivo `.net`, conforme apresentado no capítulo 2.2.1. No aplicativo, a comparação com o valor especificado em `minVal` ocorre com o operador menor ou igual (\leq), e a de `maxVal` com o operador maior ($>$). A seguir, é apresentado o que representa cada elemento do XML e sua função:

<dss>: Elemento raiz. Não possui função adicional.

<page>: Representa uma página, na qual `index` define sua ordenação em relação às demais. Possui elementos filho `question` que representam as perguntas daquela página.

<question>: Representa uma pergunta no sistema. `type` define o tipo de pergunta, caso não seja simples, incluindo a opção de ser um título de pergunta. Caso a pergunta seja numérica, `unit` define a unidade que será pedida no campo de texto, como por exemplo, “/mm³”. `netId` só é necessário no caso de perguntas simples ou numéricas. Seus elementos filho são as opções de resposta da pergunta. A ordenação dos elementos `<question>` será replicada no SADC.

<option> (filho de question): Representa uma opção de resposta para uma pergunta. Em casos de perguntas simples ou numéricas, `netId` se refere ao estado da variável da RB que essa opção representa. Caso seja uma pergunta de múltipla escolha, o campo `netId` faz referência à variável da RB, e `netState` faz referência a qual estado da variável deve ser inserido como evidência, caso essa opção seja assinalada (geralmente, um estado que represente “sim”). Caso seja uma opção de uma pergunta numérica, os campos `minVal` e `maxVal` definem o escopo de valor desse estado no processo de tradução do valor para uma evidência. O atributo `type` é usado exclusivamente para identificar uma opção de resposta de texto livre em uma pergunta de múltipla escolha. A ordenação dos elementos `<option>` no arquivo será replicada no SADC.

<patientData>: Representa uma evidência de cadastro de paciente. `source` define qual das quatro opções de dado do cadastro a evidência se refere.

<option> (filho de patientData): Representa um estado da variável referida no `patientData`. Os campos `minVal` e `maxVal` definem o escopo de valor do estado no processo de tradução do valor do dado para uma evidência.

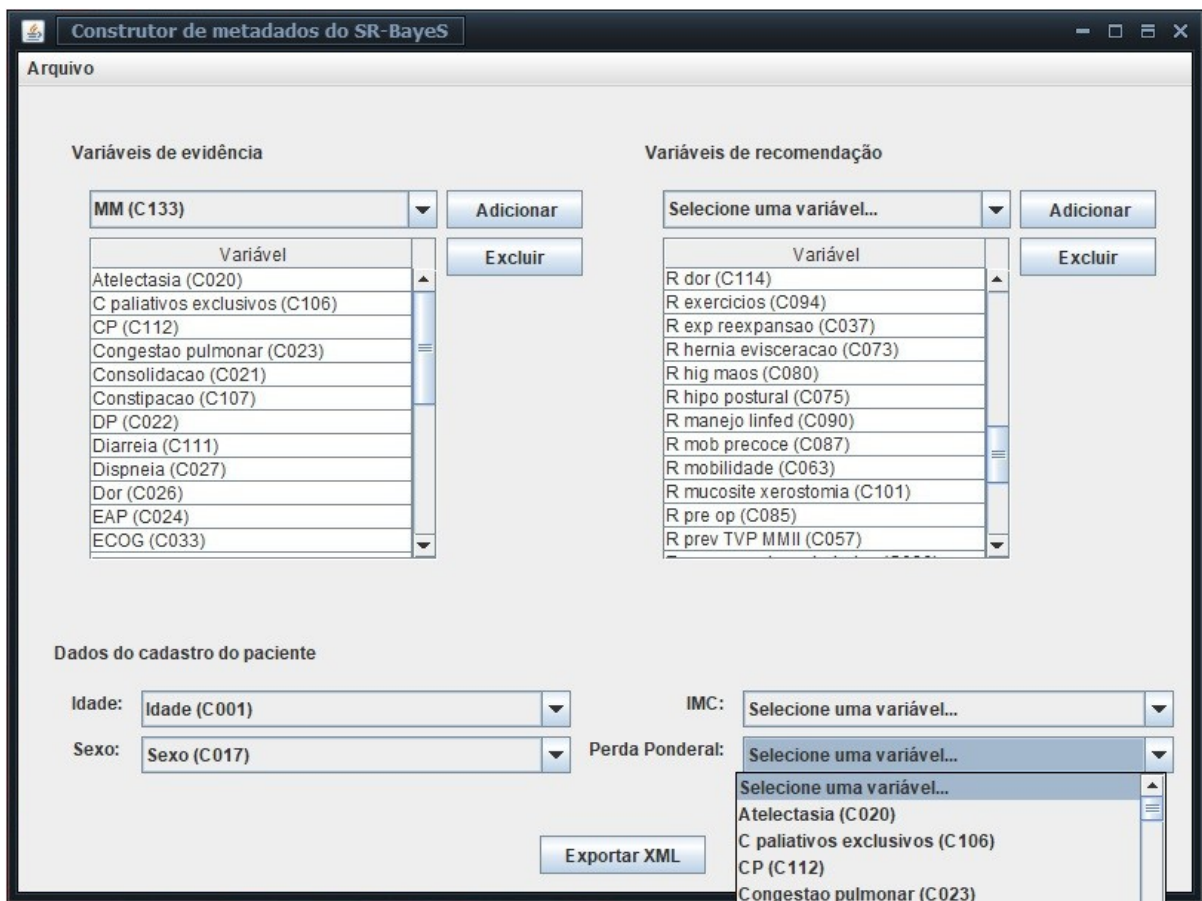
<rec>: Representa uma recomendação. O campo `description` abriga o texto da descrição. Conforme mencionado no capítulo 4.1.3, a associação de imagens às recomendações acontece através do nome do arquivo da imagem.

Para referência de um arquivo XML de metadados completamente estruturado e funcional, é possível checar o Apêndice A, que contém o arquivo de metadados do SADC desenvolvido por Bykowski (2019) que foi utilizado na avaliação da rede por profissionais.

4.3 Construtor de metadados do SR-BayeS

Esta seção apresenta a aplicação *desktop* desenvolvida para gerar o arquivo XML dos metadados, denominada de Construtor de metadados do SR-BayeS. O Construtor é uma aplicação *desktop* simples para ser utilizada pelo especialista onde ele preenche informações básicas relativas a semântica das variáveis da RB desenvolvida e, com isso, a aplicação gera um arquivo de metadados funcional em formato XML para ser utilizado no aplicativo Android do SR-BayeS. A Figura 4.10 mostra a imagem da tela de interface da aplicação.

Figura 4.10 – Interface do construtor de metadados do SR-BayeS



Fonte: Autor.

Para funcionar, a aplicação exige inicialmente o carregamento de um arquivo de RB em formato .net, realizada através da escolha da respectiva opção no menu “Arquivo”. Feito o carregamento, as caixas de combinação são inicializadas com a lista completa de variáveis da

RB. Com isso, é possível para o especialista preencher três tipos de informação na aplicação: a lista de variáveis de evidência, a lista de variáveis de recomendação e opcionalmente uma variável para cada uma das evidências do cadastro do paciente, caso existam na rede.

Após o preenchimento, a aplicação pode exportar um arquivo XML de metadados funcional para utilização imediata no aplicativo Android. No entanto, é esperado que alterações adicionais sejam feitas no arquivo pelo profissional para aproveitamento total das customizações oferecidas pelo SR-BayeS, descritas ao longo deste capítulo.

Cabe notar que a aplicação prevê a quantificação dos estados relativos a dados do cadastro do paciente de acordo com os nomes dos estados na RB. Ele irá buscar por dois números na string que compõe o nome do estado para preencher os campos `minVal` e `maxVal` dos metadados. Caso exista apenas um número, será preenchido apenas o `minVal`, exceto no caso de ser o primeiro estado da lista, neste caso sendo preenchido o `maxVal`. Essa lógica foi implementada pois acontece naturalmente na nomeação de estados de variáveis numéricas, como pode ser visto na seção de dados de paciente do XML de exemplo apresentado na Figura 4.11. No caso especial do tipo de dado de cadastro “sexo”, a aplicação busca os radicais “fem” e “masc”, sem distinção de minúsculas e maiúsculas, para determinar cada um.

O XML gerado contém comentários para auxiliar a manipulação manual adicional pelo especialista. A distribuição oficial do Construtor de Metadados do SR-BayeS inclui material anexo com exemplos dos diferentes tipos de pergunta implementados semelhantes aos apresentados na Seção 4.1.4, bem como um exemplo de um arquivo `.zip` para associação de imagens às recomendações. A Figura 4.11 mostra um exemplo completo de XML gerado automaticamente pela aplicação com apenas duas variáveis de evidência e de recomendação e a associação de uma variável aos dados de paciente “idade” e “imc”.

Figura 4.11 – Arquivo XML simples de exemplo gerado pelo Construtor de metadados do SR-Bayes

```

<dss>

  <!-- Variáveis que têm seus valores buscados do cadastro do paciente.

  Opções de valores para 'source':
  "age" = Idade, calculada pela Data de Nascimento
  "sex" = Sexo, '10' para feminino e '20' para masculino
  "weightLoss" = Perda percentual de peso, calculado através de Peso Usual e Peso Atual
  "bmi" = IMC, calculado pelo Peso Atual e Altura

  A verificação de 'minVal' é de "menor ou igual"
  A verificação de 'maxVal' é de "maior"

  Você pode modificar 'text' para alterar o texto que será exibido ao se referir aos campos no aplicativo
-->
<patientData netId="C1" text="Idade" source="age">
  <option netId="Abaixo 60 anos" maxVal="60" text="Abaixo 60 anos"/>
  <option netId="Igual ou acima 60 anos" minVal="60" text="Igual ou mais de 60 anos"/>
</patientData>
<patientData netId="C3" text="IMC" source="bmi">
  <option netId="Abaixo 20" maxVal="20" text="Abaixo de 20"/>
  <option netId="Normal 20 a 25" minVal="20" maxVal="25" text="Normal 20 a 25"/>
  <option netId="Acima 25" minVal="25" text="Acima de 25"/>
</patientData>

  <!-- Variáveis que serão exibidos na tela como evidências a serem fornecidas pelo profissional

  Consulte o material anexo para exemplos de tipos diferentes de perguntas

  Você pode modificar 'text' para alterar o texto que será exibido para perguntas e opções de resposta
  Você pode ordenar as perguntas da maneira que for mais adequada
-->
<page index="1">
  <question netId="C33" text="ECOG">
    <option netId="0 1 2" text="0 1 2"/>
    <option netId="3" text="3"/>
    <option netId="4" text="4"/>
  </question>
  <question netId="C60" text="Nível de consciência">
    <option netId="Torporoso comatoso sedado" text="Torporoso comatoso sedado"/>
    <option netId="Confuso sonolento" text="Confuso sonolento"/>
    <option netId="Acordado alerta" text="Acordado alerta"/>
  </question>
</page>

  <!-- Inclua aqui, opcionalmente, perguntas para páginas seguintes -->
<page index="2">
</page>

  <!-- Variáveis que serão exibidos na tela como recomendações para o profissional

  Consulte o material anexo para exemplo de como incluir imagens nas recomendações

  Você pode modificar 'text' para alterar o texto que será exibido como título da recomendação
  Você pode modificar 'description' para alterar o texto que será exibido como descrição da recomendação
-->
<rec netId="C85" text="Cuidados pré-operatórios" description=""></rec>
<rec netId="C64" text="Cuidados com a traqueostomia" description=""></rec>

</dss>

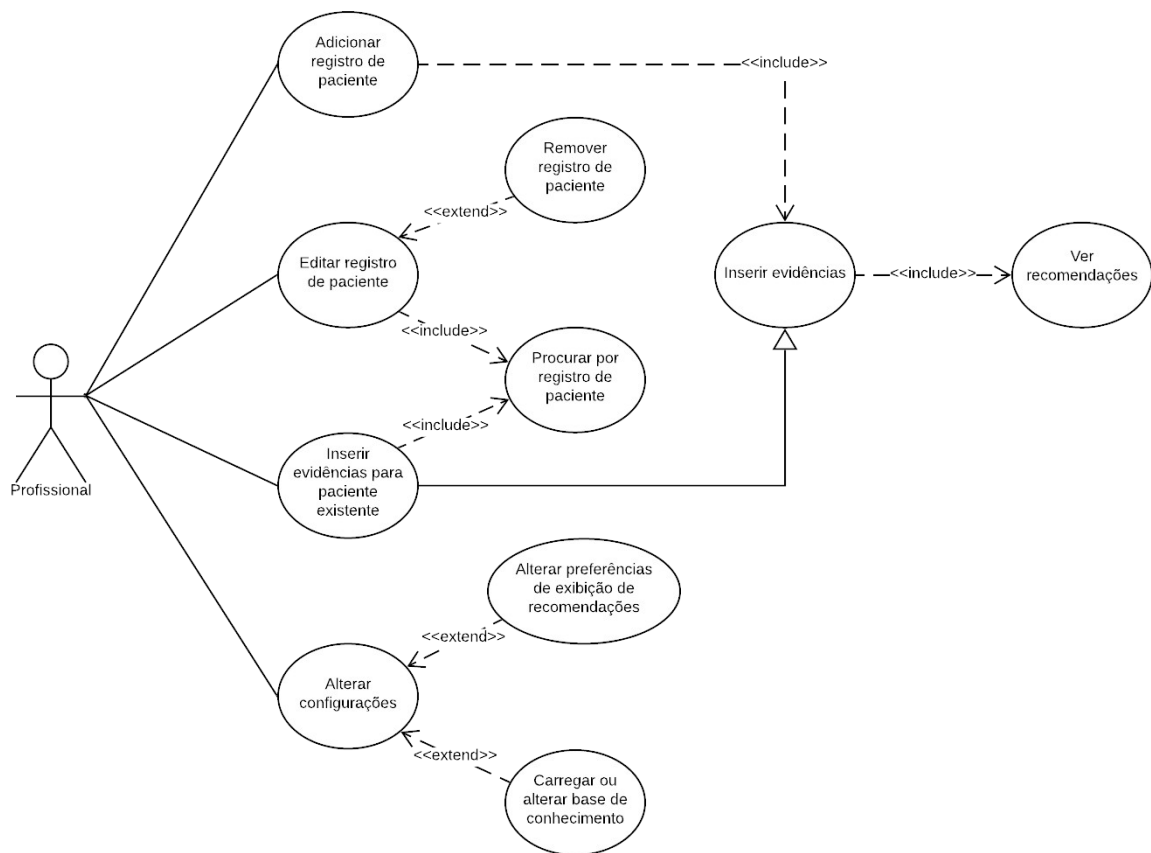
```

Fonte: Autor.

5 APLICATIVO DO SR-BAYES

Esse capítulo descreve o aplicativo SR-BayesS, desenvolvido para Android e que aplica um SADC de acordo com as etapas de criação de uma base de conhecimento apresentadas no Capítulo 3, na Figura 3.1. Um panorama geral do uso do aplicativo é mostrado na Figura 5.1 através da apresentação do seu diagrama de casos de uso. A Seção 5.1 apresenta as funcionalidades desenvolvidas, a Seção 5.2 apresenta as estratégias de gerenciamento de dados do aplicativo e a Seção 5.3 apresenta a interface de utilização.

Figura 5.1 – Diagrama de caso de uso do SR-BayesS



Fonte: Autor.

5.1 Funcionalidades

5.1.1 Carregamento da base de conhecimento

Para aplicar o SADC, é fundamental o aplicativo SR-BayeS ter acesso a base de conhecimento desenvolvida pelo especialista. O carregamento da base de conhecimento acontece por meio de três arquivos, já discutidos ao longo dos capítulos anteriores:

1 - Arquivo da rede bayesiana em formato .net

2- Arquivo de metadados em formato .xml

3 - Arquivo complementar de metadados com imagens em formato .zip

Uma vez carregados, seus dados ficam armazenados no aplicativo, sendo necessário o carregamento dos arquivos apenas no primeiro uso. As técnicas de armazenamento desses dados são discutidas na Seção 5.2.

5.1.2 Gerenciamento de pacientes

O paciente é peça fundamental do SADC, pois evidências e recomendações do devem ser relativas a um paciente em específico. Em vista disso, não é possível iniciar o processo de inferência sem antes cadastrar um paciente ou selecionar um paciente cadastrado previamente. O cadastro de um paciente é composto do preenchimento de uma série de campos, sendo apenas o campo “nome” obrigatório. Os campos do cadastro são listados a seguir:

- Nome
- Identidade hospitalar
- Data de nascimento
- Sexo (masculino ou feminino)
- Peso atual
- Peso usual
- Altura

Cabe lembrar que, conforme citado na Seção 4.1.4, dados cadastrais do paciente podem influenciar nas recomendações. O aplicativo oferece também as opções de editar um cadastro existente ou apagá-lo. A Figura 5.5 mostra as telas relativas a cadastro e edição de pacientes no aplicativo.

5.1.3 Inserção de evidências pelo profissional

Após o cadastro de um paciente ou a seleção de um paciente existente pelo profissional, o aplicativo começa o procedimento de inserção de evidências. São exibidas para o profissional as perguntas especificadas pelo especialista nos metadados. Os diferentes tipos de pergunta e seus respectivos procedimentos de resposta foram abordados em detalhes na Seção 4.1.

5.1.4 Inferência de probabilidades e disparo de recomendações

Quando o profissional finaliza a inserção de evidências no aplicativo ou avança de uma página para a outra, o sistema pode propagar as evidências dentro da RB e analisar se ocorreu o disparo de alguma recomendação e exibi-la para o usuário.

Esse procedimento é realizado com ajuda das bibliotecas de código do UnBBayes. É importante notar que o UnBBayes é nativo de ambientes *desktop*, e para seu funcionamento em ambiente *mobile*, foi necessário realizar alterações significativas no código. O obstáculo estava em bibliotecas que o UnBBayes referenciava que não eram acessíveis no Android, em especial aquelas para montagem de GUI e algumas para processamento matemático de dados. Foi necessário comentar trechos de código que usavam essas bibliotecas, no caso de código não necessário para o SR-Bayes, e fazer substituições por bibliotecas com conteúdo equivalente disponíveis para Android, no caso de código necessário. Obviamente, isso só foi feito em arquivos de código do UnBBayes necessários para realizar os procedimentos de inferência utilizados pelo aplicativo SR-Bayes.

O código do UnBBayes permite o carregamento de uma RB a partir de um arquivo .net para dentro de uma estrutura de dados própria. Essa estrutura permite a inserção de evidências. O aplicativo SR-Bayes traduz a entrada de dados do profissional através das perguntas para a inserção das evidências corretas na RB. É possível então chamar uma função que realiza a propagação das probabilidades e por fim analisar o objeto em busca dos resultados.

O aplicativo segue uma série de critérios para determinar se uma recomendação foi disparada. Primeiro, o aplicativo monitora apenas aquelas variáveis que representam recomendações, de acordo com os metadados. É preciso então diferenciar as recomendações de acordo com os seus estados. É comum que variáveis de recomendação representem alguma ação ou cuidado em específico a ser tomado e tenha dois estados que representem

respectivamente “sim” e “não”. O aplicativo detecta automaticamente esse tipo de recomendação através da checagem dos identificadores dos estados, buscando as palavras “sim” e “não” em português e inglês, sem distinção entre maiúsculas e minúsculas. Esse tipo de recomendação será denominada binária. Para recomendações binárias, é monitorado o estado equivalente a “sim”. Para demais recomendações, serão monitorados todos os estados.

Tendo definido os estados que serão monitorados, a probabilidade daqueles estados é verificada após a propagação das evidências na rede. Existem três níveis de recomendações que podem ser disparadas, identificadas por diferentes cores no aplicativo de acordo com sua prioridade, de menor para maior: verde, amarela e vermelha. Uma recomendação irá aparecer na lista de recomendações se a sua probabilidade ultrapassar o limiar verde. Por padrão, os limiares são definidos como 50% para verde, 60% para amarelo e 80% para vermelho. É possível alterar manualmente esses limiares nas opções de configuração do aplicativo. Recomendações vermelhas serão notificadas através do emblema de notificação da aba de recomendações, como visto na Figura 5.6. As demais notificações disparadas apenas serão listadas dentro da aba de recomendações.

O texto que é exibido na lista de recomendações depende se a recomendação é binária ou não. Quando a recomendação é binária, é exibido apenas o nome da recomendação; caso contrário, é exibido o nome da recomendação seguido de dois-pontos e o nome do estado que disparou a recomendação.

Quando o profissional tocar em uma recomendação da lista, ele pode acessar o detalhamento incluído pelo especialista nos metadados, composto de texto e imagem. Além disso, é exibida uma pequena lista de perguntas denominada “Perguntas que influenciam diretamente nessa recomendação”. Essa lista é exibida para o profissional para melhor compreender o processo de inferência que ocorreu na RB. Na lista são exibidas todas as perguntas que são representadas por variáveis que possuem um arco para a variável que representa aquela recomendação. É importante notar que, como o nome frisa, nessa lista estão presente apenas perguntas que influenciam diretamente na recomendação, e não uma lista exaustiva de perguntas que influenciam na recomendação. Nas configurações do aplicativo, é possível configurar quais dos três elementos (descrição, imagem, lista de perguntas) devem ser exibidos na tela de detalhamento de recomendação.

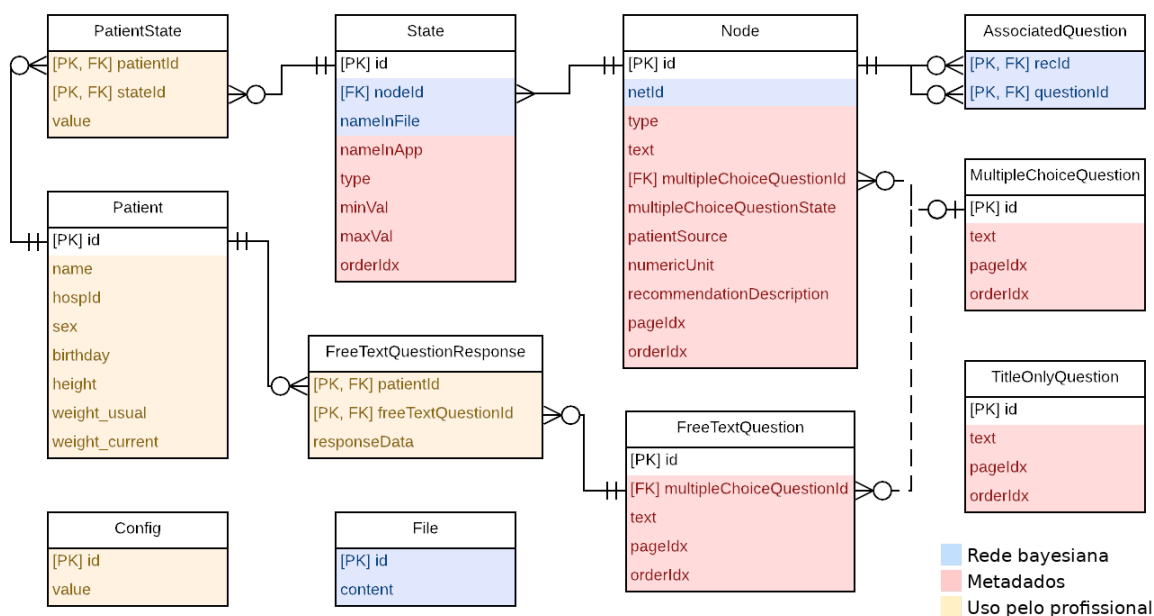
5.2 Gerenciamento de dados

O ambiente de desenvolvimento Android oferece cinco tipos diferentes de armazenamento de dados: preferências compartilhadas, armazenamento interno, armazenamento externo, banco de dados SQLite e conexão de rede. Para o desenvolvimento desse aplicativo, foram utilizados dois: armazenamento interno e banco de dados SQLite. O armazenamento interno é utilizado exclusivamente para arquivar as imagens das recomendações, enquanto que o banco de dados SQL gerencia o resto das informações pertinentes ao sistema.

O armazenamento interno é uma opção de armazenamento que funciona como um diretório de arquivos privado do aplicativo. Nem o usuário do smartphone nem outros aplicativos podem acessar esses dados. Esse tipo de armazenamento lida eficientemente com imagens.

Os demais dados do aplicativo são gerenciados através de um banco de dados SQLite. Bancos de dados SQL gerenciam de maneira privada e eficiente volumes consideráveis de dados numéricos e textuais. A figura 5.2 apresenta o diagrama entidade-relacionamento do banco modelado para o aplicativo. Para facilitar a compreensão, as colunas das tabelas foram coloridas de acordo com a origem do dado que ela armazena. Colunas em branco possuem dados gerados automaticamente pelo aplicativo. Como citado previamente, o idioma escolhido para o código, incluindo o nome de tabelas e colunas, foi o inglês para fins de universalização. [PK] se referem a chaves primárias e [FK] a chaves estrangeiras.

Figura 4.7 – Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados SQLite do SR-BayesS



Fonte: Autor.

A seguir é feita uma breve apresentação do que representa um elemento de cada tabela do sistema:

Node: Representa um nodo - ou variável - da RB.

State: Representa um estado de uma variável na RB.

Patient: Representa um paciente cadastrado no sistema.

PatientState: Representa quais as evidências - representadas por estados de variáveis - que foram inseridas para aquele paciente. O campo value se faz necessário para armazenar dados numéricos, que não participam do processo de inferência, conforme especificado na Seção 4.1.2 sobre perguntas numéricas. **MultipleChoiceQuestion:** Representa perguntas de múltipla escolha. **TitleOnlyQuestion:** Representa títulos de pergunta. **FreeTextQuestion:** Representa perguntas de texto livre.

FreeTextQuestionResponse: Armazena respostas inseridas para perguntas de texto livre para um determinado paciente.

Config: Representa o valor atribuído a uma configuração do sistema dentre as apresentadas na tela de configuração, conforme visto na Figura 5.4.

AssociatedQuestion: Armazena as perguntas exibidas na lista de “Perguntas que influenciam diretamente nessa recomendação”, conforme apresentado na Seção 5.1.5. O conteúdo dessa tabela é determinado no momento do carregamento de uma RB no sistema.

File: Utilizado apenas para armazenar o conteúdo do arquivo .net. Como mencionado na Seção 5.1.5, esse arquivo é necessário para inicializar as funções de inferência do UnBBayes.

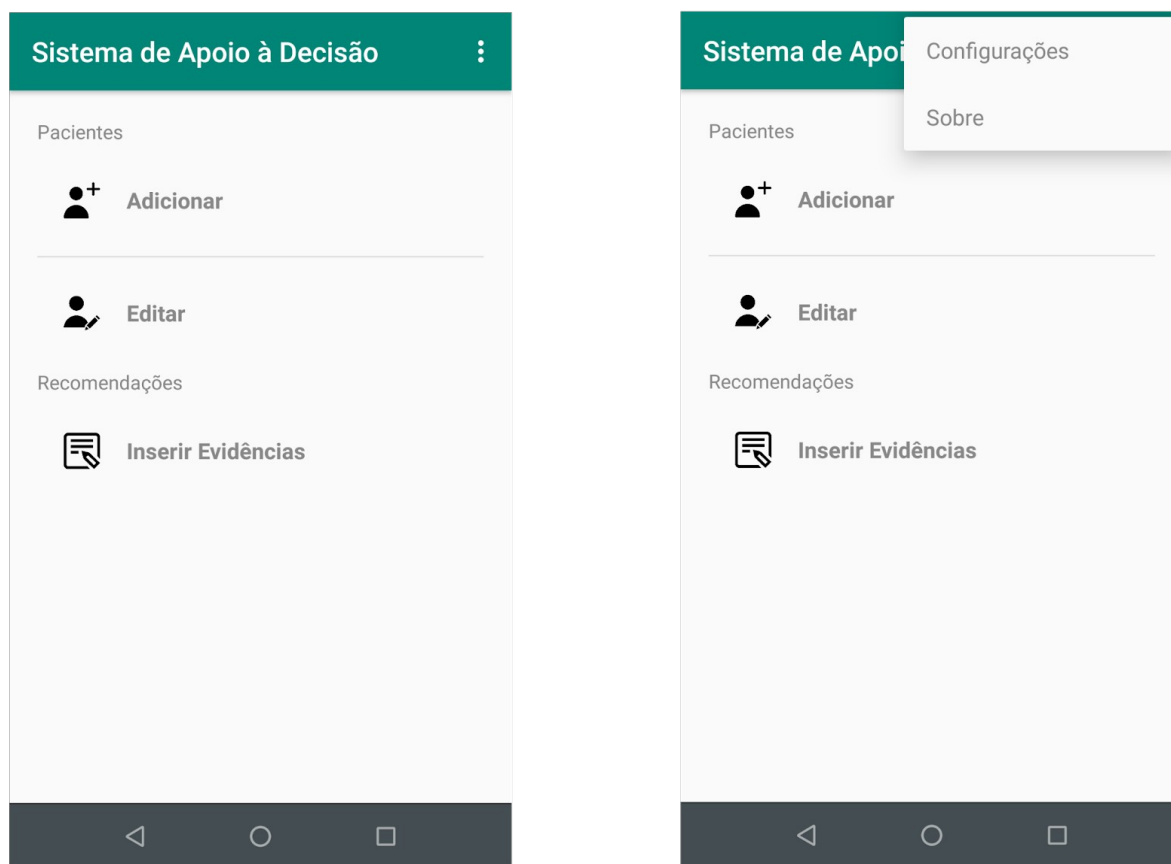
5.3 Interface de utilização

Esta seção tem o objetivo de apresentar a interface de utilização do aplicativo SR-Bayes. As telas do sistema foram criadas utilizando os elementos gráficos nativos do Android. As Figuras 5.3 até 5.6 apresentam todas as telas do aplicativo. Será feita uma breve introdução a cada uma.

Tela principal

A tela principal do aplicativo oferece ao usuário as opções de adição e edição de pacientes, inserção de evidências (para um paciente previamente cadastrado) e acesso às configurações. A Figura 5.3 mostra a tela principal do aplicativo.

Figura 5.3 – Tela principal do SR-BayeS



Fonte: Autor.

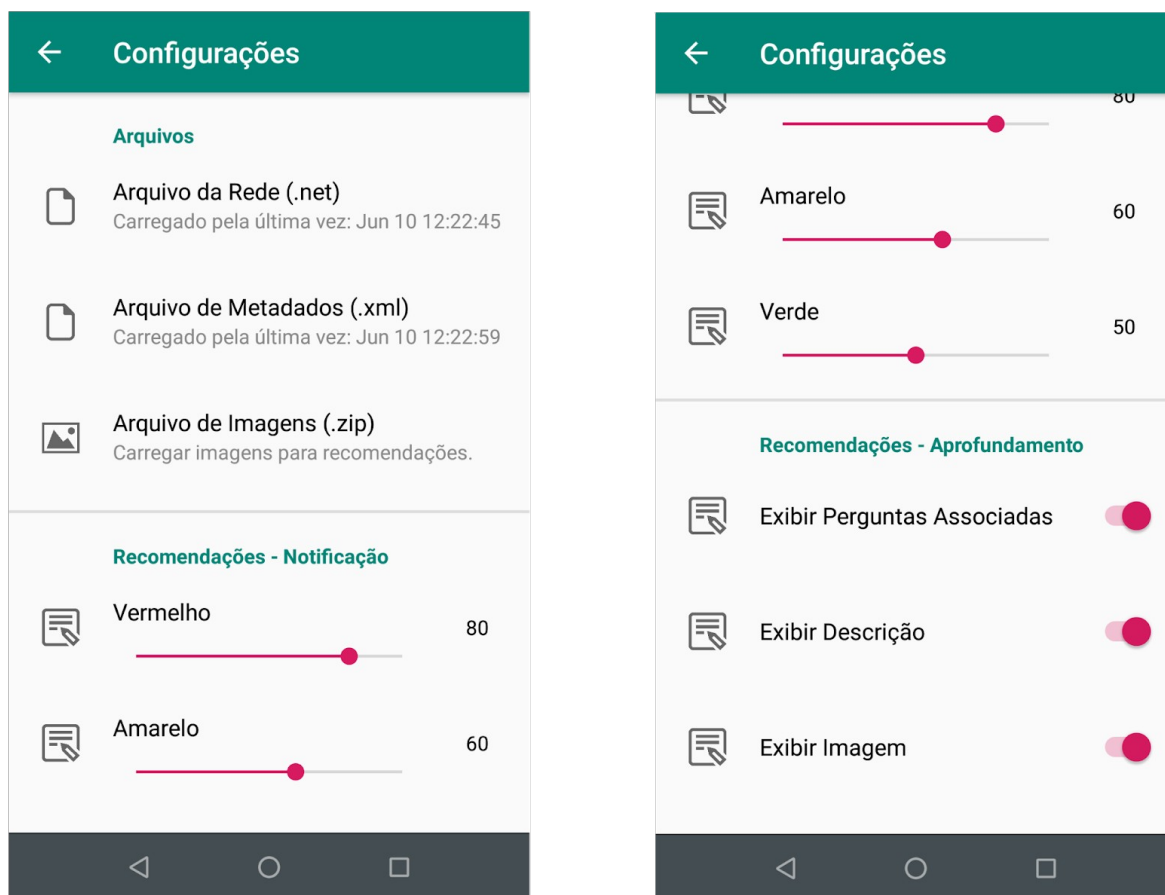
Tela de configurações

Na tela de configurações o usuário pode carregar a base de conhecimento. Isso é feito através dos botões de carregamento dos arquivos .net, .xml e .zip (opcional) no topo da tela. Além disso, conforme discutido na Seção 5.1.5, também é possível definir preferências relacionadas à exibição de recomendações. A Figura 5.4 mostra a tela de configurações do aplicativo.

Telas de cadastro, busca e edição de paciente

Nessa tela ocorre a entrada dos dados para criação de um cadastro de um paciente. A tela de busca de paciente filtra os pacientes por nome e é utilizada para a busca de um paciente para edição e busca de um paciente para inserção de evidências. A Figura 5.5 mostra essas telas no aplicativo.

Figura 5.4 – Tela de configurações do SR-BayeS

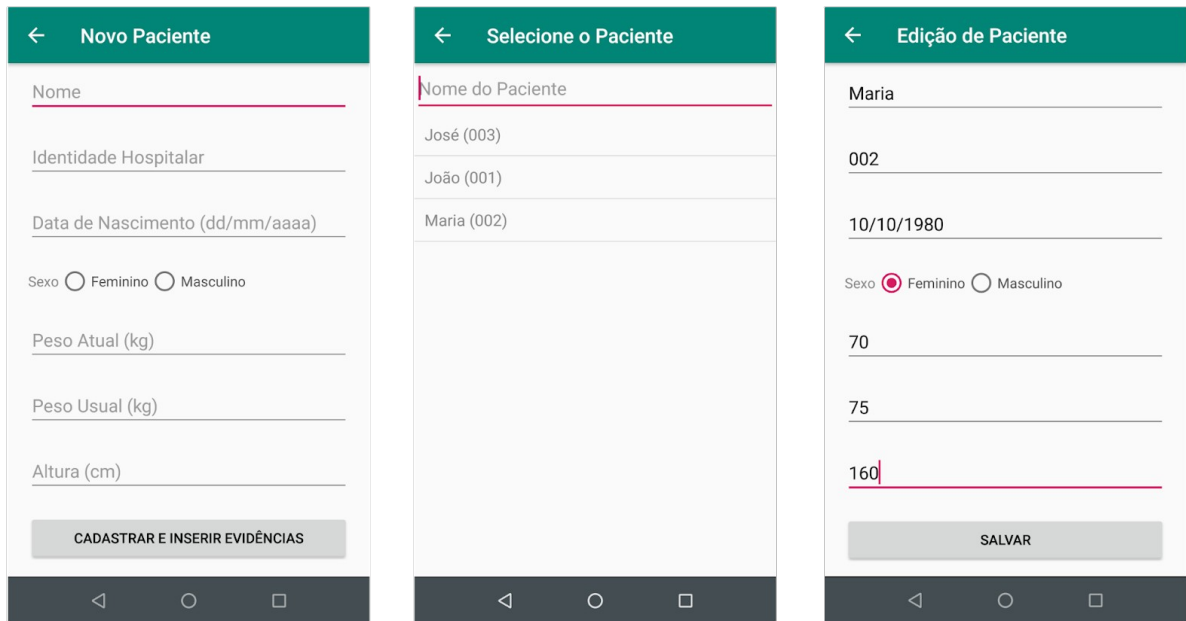


Fonte: Autor.

Telas de inserção de evidências, lista de recomendações e detalhamento de recomendação

A tela de inserção de evidências possui duas abas, uma para o processo de inserção de evidências em si, e outra para acesso (preliminar ou não) à lista de recomendações disparadas. Ao tocar em uma das recomendações da lista, a tela de detalhamento de recomendação é aberta. É possível ampliar a imagem exibida nessa tela ao tocá-la. A Figura 5.5 mostra essas telas no aplicativo.

Figura 5.5 – Telas de cadastro, busca e edição do paciente



Fonte: Autor.

Figura 5.6 – Telas de inserção de evidência, lista de recomendação e detalhamento de recomendação



Fonte: Autor, <<https://www.biomedicinabrasil.com/2017/05/higienizacao-das-maos.html>>, Acessado em julho de 2019

6 AVALIAÇÃO POR USUÁRIOS

Esse capítulo tem o objetivo de apresentar a avaliação por usuários que foi realizada do SR-BayesS aplicando a base de conhecimento desenvolvida por Bykowski (2019). A Seção 6.1 introduz a base de conhecimento utilizada na avaliação, em seguida a Seção 6.2 descreve a metodologia de avaliação empregada e por fim a Seção 6.3 apresenta e analisa os resultados obtidos.

6.1 Base de conhecimento utilizada

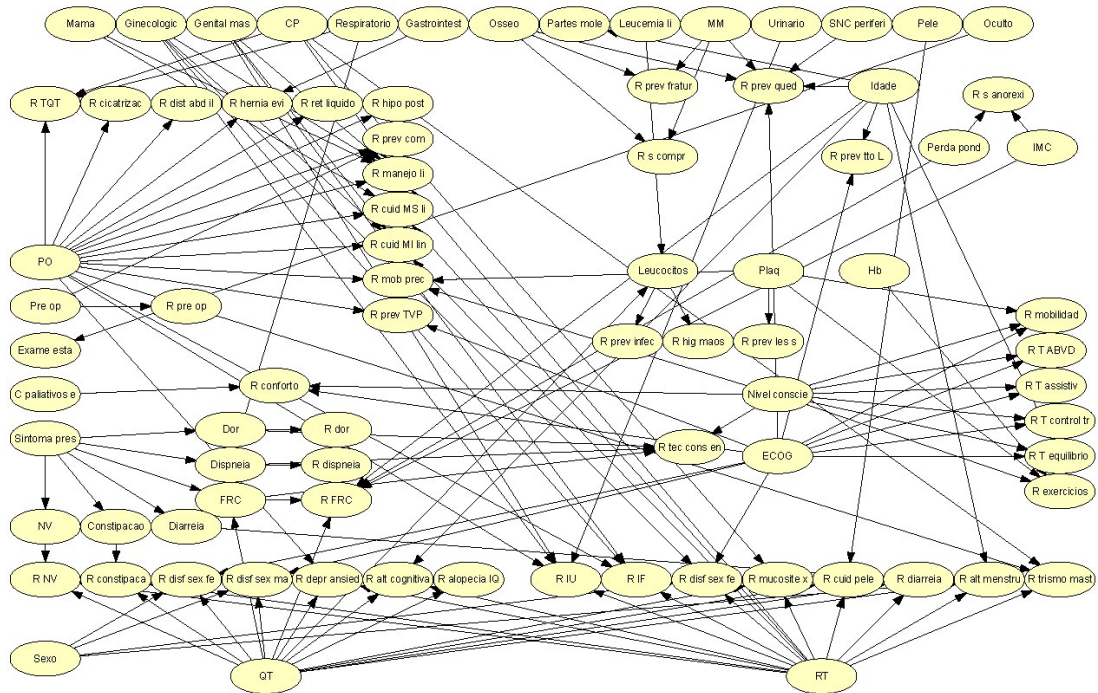
Conforme citado no Capítulo 1, Bykowski desenvolveu um projeto de SADC para gerar recomendações para a reabilitação fisioterapêutica de pacientes oncológicos hospitalizados, simulando a opinião de um especialista em Fisioterapia em Oncologia, e tendo como usuários alvo profissionais não especialistas ou em formação acadêmica. Após uma extensa revisão bibliográfica, foi desenvolvida uma RB para funcionar como mecanismo de inferência do sistema. As Figuras 6.1, 6.2 e 6.3 mostram a versão de avaliação da RB desenvolvida da maneira como é visualizada no *software* editor Hugin, dividida em três partes.

6.2 Metodologia de avaliação

Para a etapa de avaliação do sistema foram formulados 7 casos clínicos com base no banco de dados de 170 prontuários de pacientes internados no Hospital Santa Rita, especializado em prevenção, diagnóstico e tratamento do câncer, situado junto ao complexo hospitalar da Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre (ISCMPA), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

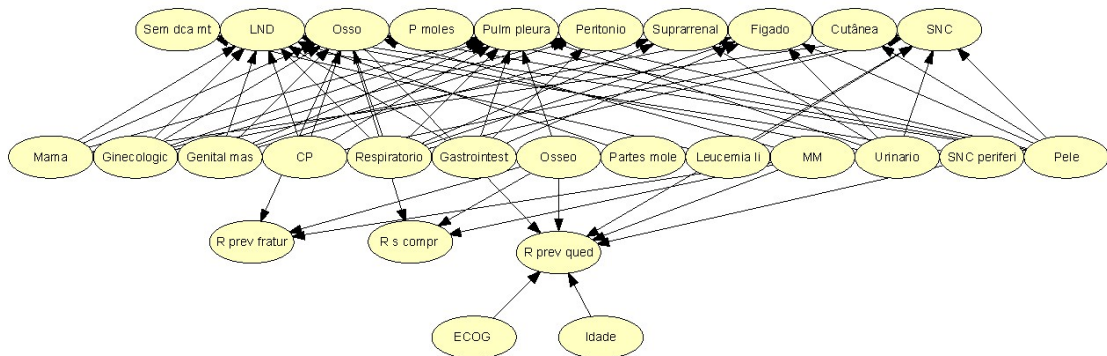
A avaliação ocorreu de forma presencial, contando com a colaboração de fisioterapeutas especialistas em reabilitação oncológica hospitalar, os quais assinaram ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Cada profissional teve o aplicativo SR-BayesS instalado em seu smartphone e recebeu a lista de casos clínicos. Após a familiarização com o primeiro caso, os profissionais fizeram uso do sistema, cadastrando os pacientes e inserindo as evidências que considerassem relevantes e avaliando as recomendações indicadas pelo sistema.

Figura 6.1 – RB para apoio a decisão na reabilitação oncológica, parte principal



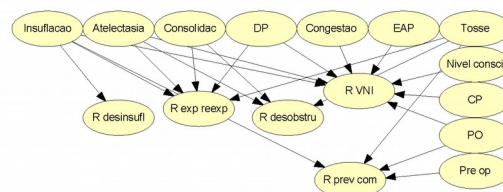
Fonte: Bykowski (2019).

Figura 6.2 – RB para apoio a decisão na reabilitação oncológica, parte sobre localização de metástase



Fonte: Bykowski (2019).

Figura 6.3 – RB para apoio a decisão na reabilitação oncológica, parte relacionada às recomendações de condutas fisioterapêuticas respiratórias



Fonte: Bykowski (2019).

Após o uso do sistema, cada profissional respondeu a um questionário para avaliação composto por 20 questões de múltipla escolha e 5 dissertativas, baseadas na ISO/IEC 9126. As perguntas foram relativas tanto à usabilidade do sistema quanto ao conteúdo técnico das recomendações.

6.3 Análise geral dos resultados

Esse capítulo apresentará e discutirá os resultados obtidos através do questionário. Na Subseção 6.3.1 são apresentados e discutidos os resultados relativos às perguntas de múltipla escolha (PME) pertinentes à funcionalidade do aplicativo, e na Subseção 6.3.2, relativo às perguntas dissertativas (PD).

6.3.1 Perguntas de múltipla escolha sobre funcionalidade do aplicativo

As PME sobre funcionalidade do aplicativo são constituídas de 9 questões sobre algum aspecto da funcionalidade do aplicativo acompanhadas de 5 opções de resposta: concordo totalmente (CT), concordo parcialmente (CP), neutro, discordo parcialmente (DP) e discordo totalmente (DT). As perguntas são formuladas de maneira que respostas CT representem resultados positivos, e DT representem resultados negativos.

A Tabela 6.1 agrupa os resultados obtidos referentes às PMEs analisadas. Complementarmente, a Figura 6.4 apresenta os mesmos resultados em formato de gráfico de pizza.

A seguir é feita uma breve discussão sobre os resultados obtidos através das PME.

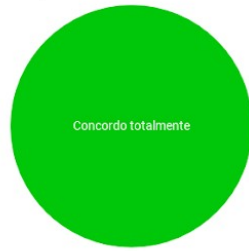
Figura 6.1 – Resultados da avaliação da funcionalidade do aplicativo

Após o manuseio do aplicativo, desenvolvido para apoio à decisão fisioterapêutica na reabilitação oncológica, observei que:	Discordo			Concordo	
	Totalmente	Parcialmente	Neutro	Parcialmente	Totalmente
Sempre que os dados foram inseridos uma lista de recomendações foi gerada					100%
Não houve erro durante a inserção de dados		38%	12%	25%	25%
Mesmo quando houve erro, o sistema gerou recomendações*					100%
A navegação pelo sistema foi apropriada e amigável		12%		25%	63%
O manuseio do sistema não requer auxílio ou orientações operacionais		38%	12%	50%	
O próprio sistema orienta ou deixa claro como preencher os campos corretamente		12%	63%	25%	
Considero apropriado o tempo necessário para obter as recomendações				25%	75%
A utilização do sistema foi satisfatória				25%	75%
O sistema foi de fácil utilização		12%		38%	50%
Total		15%	9%	28%	43%

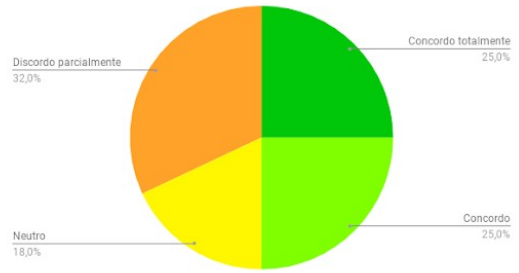
Fonte: Bykowski (2019).

Figura 6.3 – Resultados das perguntas de múltipla escolha relativas a funcionalidade do aplicativo

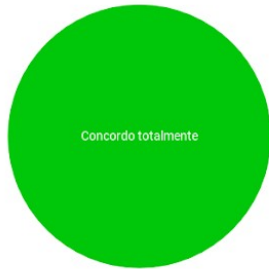
1. Sempre que os dados foram inseridos uma lista de recomendações foi gerada



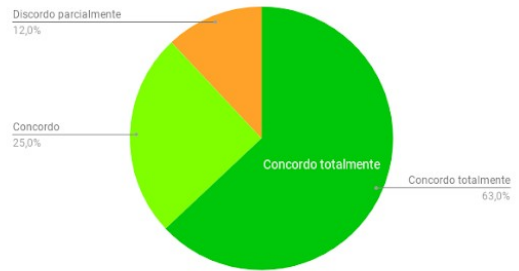
2. Não houve erro durante a inserção de dados



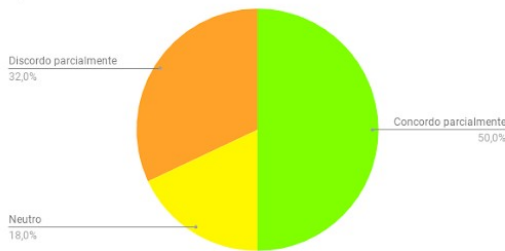
3. Mesmo quando houve erro, o sistema gerou recomendações



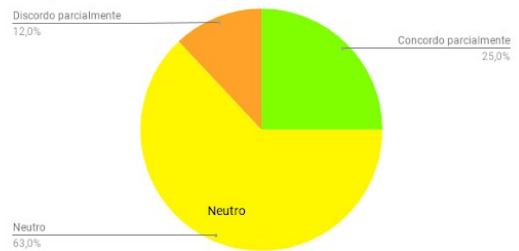
4. A navegação pelo sistema foi apropriada e amigável



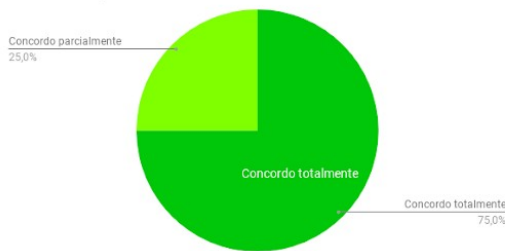
5. O manuseio do sistema não requer auxílio ou orientações operacionais



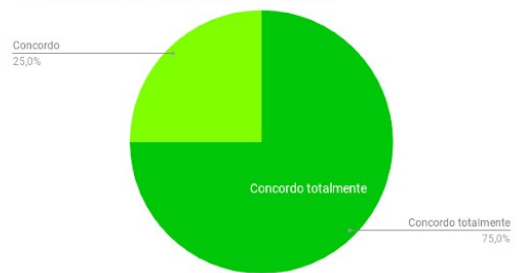
6. O próprio sistema orienta ou deixa claro como preencher os campos corretamente



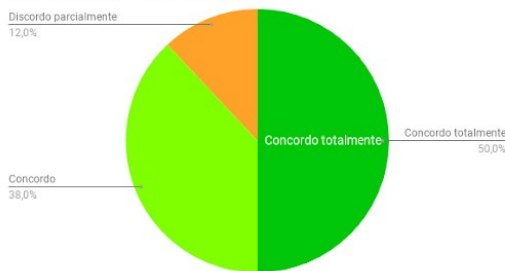
7. Considero apropriado o tempo necessário para obter as recomendações



8. A utilização do sistema foi satisfatória



9. O sistema foi de fácil utilização



Fonte: Autor.

1. Sempre que os dados foram inseridos uma lista de recomendações foi gerada

Se refere a funcionalidade básica do aplicativo. Os resultados positivos em sua totalidade demonstram que não houve problemas no processo de geração de recomendações.

2. Não houve erro durante a inserção de dados

3. Mesmo quando houve erro, o sistema gerou recomendações

Na questão 2 chama a atenção os resultados discordantes entre si e a quantidade de respostas DP. De acordo com as respostas das PDs, apresentadas posteriormente na Subseção 6.3.2, e discussão com os profissionais, o erro referido foi o de não salvamento dos dados das evidências inseridas. Conforme apresentado ao longo do Capítulo 5, o salvamento dos dados está implementado no aplicativo, porém, um erro pontual causou o não funcionamento desse recurso durante o teste. Os resultados da questão 3 se mostraram positivos pois, conforme discutido, os erros ocorridos não foram relativos à geração de recomendações.

4. A navegação pelo sistema foi apropriada e amigável

Os resultados foram em sua maioria bastante positivos, mas a presença de 12% de DP e 25% de CP ao invés de CT demonstram que o sistema pode evoluir em relação a esse aspecto.

5. O manuseio do sistema não requer auxílio ou orientações operacionais

6. O próprio sistema orienta ou deixa claro como preencher os campos corretamente.

9. O sistema foi de fácil utilização

Os resultados obtidos nas questões 5 e 6 chamam a atenção por tenderem ao neutro. Conforme será visto nas respostas da PDs, um ponto comum citado pelos avaliadores como sugestão para melhoria do aplicativo é a adição de um tutorial de uso. Ainda que a facilidade de uso tenha sido muito citada na avaliação como um ponto positivo do aplicativo, como é observável na questão 9 e em respostas das PDs, é possível concluir que o sistema não está amigável para um primeiro uso independente, sem a instrução de um terceiro.

7. Considero apropriado o tempo necessário para obter as recomendações

8. A utilização do sistema foi satisfatória.

Essas duas questões apresentaram resultados bastante positivos. Pode-se concluir que o aplicativo conseguiu atingir de maneira satisfatória o seu objetivo de atuar como um SADC.

6.3.2 Perguntas dissertativas

Nessa subseção são apresentadas as respostas obtidas a partir das PDs do questionário, relativas a experiência de utilização do sistema como um todo. Em seguida, é feita uma discussão sobre os resultados.

PD 1: Você gostaria de fazer algum comentário sobre sua experiência de utilização do sistema?

“Sistema de fácil utilização. Poucas informações, mas apresenta um bom plano de recomendação.”

“Minha experiência com o sistema foi ótima. Achei o aplicativo fácil de manusear e completo.”

“Fácil de inserir os dados. As recomendações por probabilidade são adequadas.”

“App de fácil utilização após o primeiro caso. A avaliação é completa em relação aos principais sintomas.”

“Achei muito interessante, só que precisa de ajuda para manuseio no primeiro momento.”

PD 2: O que você mais apreciou no sistema?

“A objetividade da inserção de informações.”

“Facilidade de uso e efetividade.”

“Obviamente as recomendações que são muito completas e o fato de poder abrir cada uma delas para ler mais detalhadamente. Também achei muito bom dividir as evidências em cores e em %, pois fica visualmente claro e organizado.”

“A velocidade de obter as recomendações e o quão adequadas elas são.”

“Sistema com muitas informações e de fácil manuseio. Praticidade para acessar os dados no local de trabalho.”

“Sistema de forma organizada, ao encontro da avaliação fisioterapêutica, que já produz metas e objetivos diários e de longo prazo, além de auxiliar na ampliação da assistência, em função das recomendações.”

“O sistema é de fácil utilização e é explicativo em relação às recomendações, do porquê das indicações em importância.”

“Na verdade ele é muito bom, novo na nossa área, visa seguir uma linha de tratamento, mesmo sem uso de protocolo.”

PD 3: O que você não apreciou no sistema?

“Sugestão: colocar a data já com __/__/__.”

“O não salvamento das informações dos casos e recomendações.”

“Falta ficar salvo o caso.”

“O fato de não conseguir salvar as informações do paciente.”

“O paciente não fica salvo. Algumas configurações de uso de caracteres especiais.”

PD 4: Você tem sugestões para melhorar o sistema? Quais?

“De repente adicionar algum item para pacientes traqueostomizados, pois não cheguei a encontrar algum item sobre traqueostomia. No mais, acredito que os ajustes sejam mais técnicos do sistema do que teóricos/das recomendações.”

“Comparações de avaliações do mesmo caso para ver a evolução/involução através de gráficos.”

“Tutorial para utilização do aplicativo. Atualizações diárias dos casos. Marcar quais as recomendações que foram utilizadas para o paciente.”

“Tutorial simples explicando como utilizar o aplicativo.”

“A primeira vez do uso do sistema fica difícil sem alguma explicação. Poderia ter alguma explicação ou tutorial.”

“Adicionar ausculta pulmonar, acho que ela faz mais jus ao momento que um raio-X de dois dias atrás. Melhorar a interface de quando se entra para ver as recomendações, às vezes o zoom corta parte do texto e dificulta a leitura dinâmica.”

“Atentar ao tempo de preenchimento. Atentar ao salvamento e possibilidade de retorno às recomendações de cada paciente. Possibilidade de chamadas iniciais, ao abrir o App, sobre a % de cada faixa de recomendações. Tutorial sobre o App e suas ferramentas. Pensar em um layout mais atrativo. Possibilidade de banco de dados com o preenchimento desses pacientes. Dados de incidências, prevalências etc.”

PD 5: Você gostaria de fazer algum outro comentário?

“Possibilidade de um novo teste após atualizações.”

“O App ter um visual melhor atrairá acadêmicos, fora isso a ideia é sensacional e acompanha a evolução tecnológica e apoia a fisioterapia baseada em evidências.”

“Gostei do App, ele pode auxiliar alunos/estagiários e profissionais que estão começando na área.”

“Parabéns!”

“Parabéns. Ótimo trabalho!”

Através das respostas às PDs é possível verificar que a recepção dos profissionais ao trabalho foi positiva, com alguns problemas pontuais relatados.

Como pontos positivos se destacaram os diversos comentários sobre a facilidade de uso do sistema; sendo citadas também sua objetividade, efetividade, praticidade e organização. Também foi elogiado o mecanismo de apresentação de recomendações do aplicativo, sendo citadas positivamente sua velocidade e adequação, assim como a quantidade e completude de informações e explicações que o aplicativo fornece em relação às recomendações.

Entre os pontos negativos os profissionais citaram a impossibilidade de salvar as evidências inseridas; porém, conforme apresentado ao longo do capítulo 5, a funcionalidade já está presente no sistema, mas um problema pontual impediu seu funcionamento durante a análise do sistema. Outro ponto citado foi a dificuldade do primeiro uso. Também foram citados problemas pontuais envolvendo formatação de campos e caracteres especiais.

Entre as sugestões de melhoria do aplicativo, foram citadas a implementação de um tutorial para primeiro uso, ferramentas para acompanhamento da evolução ou involução de um paciente ao longo do tempo, inclusão ou modificações de itens de evidências, uma interface de uso mais atrativa para atrair profissionais novatos e a possibilidade de um banco de dados acessível relativo aos pacientes do aplicativo. Sugestões como essas são muito importantes para o aperfeiçoamento do SR-BayeS, uma vez que o *framework* é bastante passível de expansão de suas funcionalidades.

7 CONCLUSÃO

Esse trabalho introduziu a tecnologia SR-BayeS, os conceitos teóricos nela aplicados, as ferramentas utilizadas para sua construção, suas funcionalidades, limitações e o resultado da avaliação de uma aplicação prática do sistema.

O SR-BayeS teve origem com o intuito de possibilitar a aplicação prática do SADC em desenvolvimento por Bykowski (2019), e esse objetivo guiou a maior parte do desenvolvimento das funcionalidades do sistema. O SR-BayeS, no entanto, se propõe não apenas a aplicar o SADC referido, mas também funcionar como um *framework* para auxiliar na implementação de outros sistemas semelhantes. Para atingir esse fim, o trabalho especificou e apresentou uma estrutura flexível de metadados para poder definir SADCs dinâmicos, desde que fundamentados na mesma tecnologia de redes bayesianas do trabalho de Bykowski (2019).

Neste trabalho também foi apresentado o aplicativo do SR-BayeS, uma ferramenta *mobile* para aplicação de SADCs. O aplicativo, em união com a base de conhecimento desenvolvida por Bykowski (2019), foi utilizado e avaliado por profissionais, sendo recebido positivamente. O resultado da avaliação foi importante para elencar pontos positivos e negativos do sistema, bem como relacionar aperfeiçoamentos futuros.

O SR-BayeS é uma ferramenta com grande potencial de expansão. A tecnologia cumpriu o seu objetivo principal de aplicar o SADC modelado por Bykowski (2019), entretanto, em relação a seu objetivo secundário, de funcionar como ferramenta genérica, o SR-BayeS é passível de inúmeras ampliações de funcionalidades. Algumas de suas capacidades podem ser exploradas mais aprofundadamente, como por exemplo, as relacionadas a armazenamento de dados. Conforme especificado nos Capítulos 4 e 5, o procedimento de inserção de evidências armazena dados numéricos e textuais que não necessariamente influenciam a geração de recomendações. Essas informações, associadas aos pacientes, podem ser utilizadas para a produção de relatórios clínicos de evolução ou involução do estado de pacientes - ponto também mencionado por profissionais na avaliação do sistema. Além disso, o mecanismo dos metadados pode ser expandido para satisfazer outras necessidades de SADCs diferentes do mencionado nesse trabalho. É possível trabalhar também para tornar mais atrativas as interfaces de uso do aplicativo *mobile* e da aplicação *desktop* geradora de metadados. Essa última também possui grande potencial de expansão, podendo buscar agir como uma ferramenta completa e dinâmica e que evite a necessidade de edição manual pelo especialista do arquivo XML gerado.

REFERÊNCIAS

BERNER, Eta S.; LALANDE, Tonya J.. Overview of Clinical Decision Support Systems. **Health Informatics**, [s.l.], p.1-17, 2016. Springer International Publishing.

BYKOWSKI, Ana Paula Martins. **Construção de Redes Bayesianas para Apoio à Decisão Fisioterapêutica na Reabilitação Oncológica**. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, 2019.

CARVALHO, Rommel et al. UnBBayes: Modeling Uncertainty for Plausible Reasoning in the Semantic Web. **Semantic Web**, [s.l.], 1 jan. 2010.

DRUZDZEL, M.j.; GAAG, L.c. van Der. Building probabilistic networks. **Ieee Transactions On Knowledge And Data Engineering**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.481-486, jul. 2000. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

DUTRA, Inês; LIGEIRO, Roberto. **Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações**. Rio de Janeiro, 2003. 30 slides, color. Disponível em: <<https://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/aprBayesianas.pdf>>. Acesso em: jul. 2019.

GRABER, Mark L.; FRANKLIN, Nancy; GORDON, Ruthanna. Diagnostic Error in Internal Medicine. **Archives Of Internal Medicine**, [s.l.], v. 165, n. 13, p.1493-1499, 11 jul. 2005. American Medical Association (AMA).

MADSEN, Anders L. et al. THE HUGIN TOOL FOR PROBABILISTIC GRAPHICAL MODELS. **International Journal On Artificial Intelligence Tools**, [s.l.], v. 14, n. 03, p.507-543, jun. 2005. World Scientific Pub Co Pte Lt.

MARAKAS, George M.. **Decision Support Systems in the 21st Century**. 2. ed. Ann Arbor: Prentice Hall, 2003. 611 p.

METZGER J.; MACDONALD K. Clinical Decision Support for the Independent Physician Practice, California HealthCare Foundation, out. 2002. Disponível em: <<https://www.chcf.org/wp-content/uploads/2017/12/PDF-ClinicalDecisionSupport.pdf>>. Acesso em: jul. 2019.

MILLER, Randolph A.; POPLE, Harry E.; MYERS, Jack D.. Internist-I, an Experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine. **New England Journal Of Medicine**, [s.l.], v. 307, n. 8, p.468-476, 19 ago. 1982. Massachusetts Medical Society.

NEE, Oliver; HEI, Andreas. Clinical Decision Support with Guidelines and Bayesian Networks. **Decision Support Systems Advances In**, [s.l.], p.117-136, 1 mar. 2010. InTech.

NEWMAN-TOKER, David E.. Diagnostic Errors—The Next Frontier for Patient Safety. **Jama**, [s.l.], v. 301, n. 10, p.1060-1062, 11 mar. 2009. American Medical Association (AMA).

PEARL, Judea. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference**. Los Angeles: Morgan Kaufmann, 1988. 522 p.

POWER, Daniel J.; SHARDA, Ramesh; BURSTEIN, Frada. Decision Support Systems. **Wiley Encyclopedia Of Management**, [s.l.], p.1-4, 21 jan. 2015. John Wiley & Sons, Ltd.

REFSNES DATA. XML Tree. Disponível em: <https://www.w3schools.com/xml/xml_tree.asp>. Acesso em: jul. 2019.

RUSSEL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. 3. ed. [s. L.]: Prentice Hall, 2009. 1152 p.

SEIXAS, Flávio Luiz et al. A Bayesian network decision model for supporting the diagnosis of dementia, Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. **Computers In Biology And Medicine**, [s.l.], v. 51, p.140-158, ago. 2014. Elsevier BV.

SHORTLIFFE, Edward H. et al. An Artificial Intelligence program to advise physicians regarding antimicrobial therapy. **Computers And Biomedical Research**, [s.l.], v. 6, n. 6, p.544-560, dez. 1973. Elsevier BV.

SIMPAO, Allan F. et al. A Review of Analytics and Clinical Informatics in Health Care. **Journal Of Medical Systems**, [s.l.], v. 38, n. 4, p.38-45, abr. 2014. Springer Science and Business Media LLC.

TAN, Joseph K. H.; SHEPS, Samuel Barry. **Health Decision Support Systems: An Aspen publication**. [s. L.]: Jones & Bartlett Learning, 1998. 408 p.

W3C. **Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)**. 2008. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/xml/>>. Acesso em: jul. 2019.

YET, Barbaros et al. Decision support system for Warfarin therapy management using Bayesian networks. **Decision Support Systems**, [s.l.], v. 55, n. 2, p.488-498, maio 2013. Elsevier BV.

APÊNDICE A — ARQUIVO XML DE METADADOS UTILIZADO NA AVALIAÇÃO

```

<dss>
  <patientRegister netId="C1" text="Idade" source="age">
    <option netId="Abaixo 60 anos" maxVal="60" text="Menos de 60 anos"/>
    <option netId="Igual ou acima 60 anos" minVal="60" text="Igual ou mais de 60 anos"/>
  </patientRegister>
  <patientRegister netId="C17" text="Sexo" source="sex">
    <option netId="Fem" minVal="5" maxVal="15" text="Feminino"/>
    <option netId="Masc" minVal="16" maxVal="25" text="Masculino"/>
  </patientRegister>
  <patientRegister netId="C3" text="IMC" source="bmi">
    <option netId="Abaixo 20" maxVal="20" text="Abaixo de 20"/>
    <option netId="Normal 20 a 24,9" minVal="20" maxVal="25" text="Entre 20 e 24,9"/>
    <option netId="Acima 25" minVal="25" text="Acima de 25"/>
  </patientRegister>
  <patientRegister netId="C2" text="Perda Ponderal" source="weightLoss">
    <option netId="Nao houve ou inferior 5 por cento" maxVal="5" text="Não apresenta ou inferior a 5%"/>
    <option netId="Acima 5 por cento" minVal="5" text="Superior a 5%"/>
  </patientRegister>
  <page index="1">
    <question netId="C33" text="ECOG">
      <option netId="0 1 2" text="0, 1 ou 2"/>
      <option netId="3" text="3"/>
      <option netId="4" text="4"/>
    </question>
    <question netId="C60" text="Nível de consciência">
      <option netId="Torporoso comatoso sedado" text="Torporoso, comatoso ou sedado"/>
      <option netId="Confuso sonolento" text="Confuso ou sonolento"/>
      <option netId="Acordado alerta" text="Acordado e alerta"/>
    </question>
  </page>
  <page index="2">
    <question type="multi" text="Localização do(s) tumor(es) primário(s)">
      <option netId="C93" text="Mama" netState="Sim"/>
      <option netId="C109" text="Ginecológico" netState="Sim"/>
      <option netId="C110" text="Genital masculino" netState="Sim"/>
      <option netId="C112" text="Cabeça e pescoço" netState="Sim"/>
      <option netId="C123" text="Respiratorio" netState="Sim"/>
      <option netId="C124" text="Gastrointestinal" netState="Sim"/>
    </question>
  </page>

```

```

<option netId="C125" text="Ósseo" netState="Sim"/>
<option netId="C126" text="Partes moles" netState="Sim"/>
<option netId="C127" text="Leucemia ou linfoma" netState="Sim"/>
<option netId="C133" text="Mieloma múltiplo" netState="Sim"/>
<option netId="C128" text="Urinário" netState="Sim"/>
<option netId="C129" netState="Sim"/>
<option netId="C130" text="Pele" netState="Sim"/>
<option netId="C131" text="Sítio primário oculto" netState="Sim"/>
<option type="freeText" text="Outra localização"/>
</question>
<question type="multi" text="Localização da(s) metástase(s)">
  <option netId="C41" text="Sem doença metastática" netState="Sim"/>
  <option netId="C4" text="Linfonodal" netState="Sim"/>
  <option netId="C5" text="Óssea" netState="Sim"/>
  <option netId="C8" text="Partes moles" netState="Sim"/>
  <option netId="C9" text="Pulmonar e/ou pleural" netState="Sim"/>
  <option netId="C10" text="Peritonal" netState="Sim"/>
  <option netId="C11" text="Suprarrenal" netState="Sim"/>
  <option netId="C14" text="Hepática" netState="Sim"/>
  <option netId="C15" text="Cutânea" netState="Sim"/>
  <option netId="C16" text="Sistema nervoso central" netState="Sim"/>
  <option type="freeText" text="Outra localização"/>
</question>
<question type="freeText" text="Estadiamento TNM"/>
</page>
<page index="3">
  <question type="multi" text="Motivo(s) da internação atual">
    <option netId="C116" text="Exames e (re)estadiamento" netState="Sim"/>
    <option netId="C84" text="Sintoma(s) não controlado(s)" netState="Sim"/>
    <option netId="C108" text="Pré-operatório" netState="Sim"/>
    <option netId="C65" text="Pós-operatório" netState="Sim"/>
    <option netId="C6" text="Quimioterapia" netState="Sim"/>
    <option netId="C7" text="Radioterapia" netState="Sim"/>
    <option netId="C106" text="Cuidados paliativos exclusivos" netState="Sim"/>
    <option type="freeText" text="Outro motivo"/>
  </question>
  <question type="multi" text="Sintoma(s) presente(s) na avaliação fisioterapêutica">
    <option netId="C26" text="Dor" netState="Sim"/>
    <option netId="C27" text="Dispneia" netState="Sim"/>
    <option netId="C88" text="Fadiga" netState="Sim"/>
  </question>

```

```

    <option netId="C79" text="Náusea e/ou vômito" netState="Sim"/>
    <option netId="C107" text="Constipação" netState="Sim"/>
    <option netId="C111" text="Diarreia" netState="Sim"/>
    <option type="freeText" text="Outro(s) sintoma(s)"/>
  </question>
</page>
<page index="4">
  <question type="title" text="Exames laboratoriais"/>
  <question type="title" text="Hemograma com valores de:"/>
  <question netId="C82" type="number" text="Hemoglobina" unit="g/dl">
    <option netId="Abaixo 8" minVal="0" maxVal="8"/>
    <option netId="Igual ou acima 8" minVal="8"/>
  </question>
  <question netId="C83" type="number" text="Leucócitos" unit="/mm³">
    <option netId="Abaixo 4 mil" minVal="0" maxVal="4000"/>
    <option netId="Igual ou acima 4 mil" minVal="4000"/>
  </question>
  <question netId="C48" type="number" text="Plaquetas" unit="/mm³">
    <option netId="Abaixo 10 mil" minVal="0" maxVal="10000"/>
    <option netId="10 19 mil" minVal="10000" maxVal="20000"/>
    <option netId="20 29 mil" minVal="20000" maxVal="30000"/>
    <option netId="30 49 mil" minVal="30000" maxVal="50000"/>
    <option netId="Acima 50 mil" minVal="50000"/>
  </question>
  <question type="title" text="Exames de imagem"/>
  <question type="title" text="Tórax com sinais de:"/>
  <question netId="C19" text="Insuflação pulmonar">
    <option netId="Hiper" text="Hiperexpansão"/>
    <option netId="Hipo" text="Hipoexpansão"/>
    <option netId="Normal" text="Expansibilidade preservada"/>
  </question>
  <question netId="C20" text="Atelectasia">
    <option netId="Sim" text="Sim"/>
    <option netId="Nao" text="Não"/>
  </question>
  <question netId="C21" text="Consolidação">
    <option netId="Sim" text="Sim"/>
    <option netId="Nao" text="Não"/>
  </question>
  <question netId="C22" text="Derrame pleural">

```



```

    <option netId="Sim" text="Sim"/>
    <option netId="Nao" text="Não"/>
  </question>
  <question netId="C23" text="Congestão pulmonar">
    <option netId="Sim" text="Sim"/>
    <option netId="Nao" text="Não"/>
  </question>
  <question netId="C24" text="Edema pulmonar">
    <option netId="Sim" text="Sim"/>
    <option netId="Nao" text="Não"/>
  </question>
  <question netId="C25" text="Tosse solicitada">
    <option netId="Improdutiva" text="Improdutiva"/>
    <option netId="Produtiva" text="Produtiva"/>
  </question>
</page>
<rec netId="C85" text="Cuidados pré-operatórios" description=""></rec>
<rec netId="C64" text="Cuidados com a traqueostomia" description=""></rec>
<rec netId="C38" text="Cuidados com a cicatrização e manejo de complicações" description=""></rec>
<rec netId="C72" text="Manejo da distensão abdominal e/ou íleo paralítico" description=""></rec>
<rec netId="C73" text="Prevenção de hérnia e evisceração" description=""></rec>
<rec netId="C74" text="Manejo da retenção de líquidos" description=""></rec>
<rec netId="C75" text="Prevenção de hipotensão postural" description=""></rec>
<rec netId="C86" text="Prevenção de complicações respiratórias" description=""></rec>
<rec netId="C90" text="Manejo de linfedema" description=""></rec>
<rec netId="C102" text="Cuidados com o membro superior para prevenção ou tratamento de linfedema após
ressecção de gânglios linfáticos ou radioterapia regional" description=""></rec>
  <rec netId="C103" text="Cuidados com o membro inferior para prevenção ou tratamento de linfedema após
ressecção de gânglios linfáticos ou radioterapia regional" description=""></rec>
  <rec netId="C87" text="Mobilização precoce" description=""></rec>
  <rec netId="C57" text="Prevenção de trombose venosa profunda em membros inferiores"
description=""></rec>
  <rec netId="C92" text="Medidas de conforto" description=""></rec>
  <rec netId="C78" text="Prevenção de fratura" description=""></rec>
  <rec netId="C105" text="Manejo da síndrome de compressão medular" description=""></rec>
  <rec netId="C12" text="Prevenção de queda" description=""></rec>
  <rec netId="C32" description=""></rec>
  <rec netId="C13" text="Manejo da síndrome da anorexia-caquexia" description=""></rec>
  <rec netId="C81" text="Técnicas de conservação de energia" description=""></rec>
  <rec netId="C62" text="Prevenção de infecção" description=""></rec>

```

```

<rec netId="C80" text="Prevenção ou tratamento de lesão de pele por pressão" oncológica" text="Reforço
quanto a importância da higienização das mãos" description=""></rec>
<rec netId="C56" text="Prevenção de lesão que implique em sangramento" description=""></rec>
<rec netId="C113" text="Manejo da fadiga" description=""></rec>
<rec netId="C114" text="Manejo da dor" description=""></rec>
<rec netId="C115" text="Manejo da dispneia" description=""></rec>
<rec netId="C31" text="Manejo da náusea e/ou vômito" description=""></rec>
<rec netId="C28" text="Manejo da constipação" description=""></rec>
<rec netId="C96" text="Manejo das disfunções sexuais femininas induzidas por quimioterapia"
description=""></rec>
<rec netId="C46" text="Manejo das disfunções sexuais masculinas induzidas por quimioterapia"
description=""></rec>
<rec netId="C67" text="Manejo da depressão e/ou ansiedade" description=""></rec>
<rec netId="C99" text="Manejo da alteração cognitiva induzida por tratamento oncológico" description=""></
rec>
<rec netId="C100" text="Manejo da alopecia induzida por tratamento oncológico" description=""></rec>
<rec netId="C122" text="Tratamento da incontinência urinária" description=""></rec>
<rec netId="C36" text="Tratamento da incontinência fecal" description=""></rec>
<rec netId="C29" text="Manejo das disfunções sexuais femininas induzidas por radioterapia"
description=""></rec>
<rec netId="C101" text="Manejo da mucosite e/ou xerostomia" description=""></rec>
<rec netId="C89" text="Cuidados com a pele" description=""></rec>
<rec netId="C18" text="Manejo da diarreia" description=""></rec>
<rec netId="C34" text="Manejo das alterações menstruais induzidas por tratamento oncológico"
description=""></rec>
<rec netId="C35" text="Manejo do trismo mastigatório" description=""></rec>
<rec netId="C63" text="Mobilidade" description=""></rec>
<rec netId="C95" text="Reabilitação das atividades básicas de vida diária" description=""></rec>
<rec netId="C104" text="Indicação de tecnologia assistiva" description=""></rec>
<rec netId="C98" text="Treino de controle de tronco" description=""></rec>
<rec netId="C97" text="Treino de equilíbrio e propriocepção" description=""></rec>
<rec netId="C94" text="Exercícios" description=""></rec>
<rec netId="C30" text="Desobstrução pulmonar" description=""></rec>
<rec netId="C37" text="Expansão/reexpansão pulmonar" description=""></rec>
<rec netId="C39" text="Desinsuflação pulmonar" description=""></rec>
<rec netId="C40" text="Indicação de ventilação mecânica não invasiva" description=""></rec>
</dss>

```