

Interface do mecanismo de apoio à decisão baseado em redes bayesianas para a plataforma LARIISA

Ivomar Santos¹, Germanno Teles², Mauro Oliveira²

¹Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Aracati, Brasil

²Universidade Estadual do Ceará (UECE - MPCOMP) - Fortaleza, Brasil

ivomarlucio@gmail.com, germannoteles@gmail.com, amauroboliveira@gmail.com

Abstract - *This paper presents an Interface for the LARIISA_Bay, a prototype that proposes the use of Bayesian networks to support the decision-making process in LARIISA system. LARIISA is an intelligent health system that integrates networks in a platform for health systems governance. The prototype added to LARIISA is a assists component that a team of health specialists to better diagnose dengue cases from data collected from system users, classifying them as emergency cases, severe or normal. Based on this classification, the team of experts can make accurate decisions, for example, the action of sending an ambulance or alert a health worker to visit a patient, and give instructions on how to handle specific cases, according to classification. The interface is easy to provide interaction with the expert system.*

Keywords—*Bayesian Network, graphical models, uncertainties, dengue fever*

I. INTRODUCTION

Redes Bayesianas se adequam como uma metodologia para a construção de sistemas que dependem do conhecimento probabilístico. A área da saúde é um exemplo da utilização de redes probabilísticas na modelagem de incertezas em diagnósticos, tais como Alzheimer, doenças cardíacas, entre outras.

Este trabalho propõe o uso de redes Bayesianas no apoio à tomada de decisão em agravos de dengue para o projeto LARIISA, uma plataforma para sistemas de governança de saúde. O trabalho especifica e implementa o LARIISA_Bay, um componente baseado em redes Bayesianas agregado à plataforma LARIISA. Este componente auxilia uma equipe de especialistas a melhor diagnosticar casos de dengue a partir de dados coletados dos usuários do sistema, classificando-os em: emergencial (dengue hemorrágica), grave (existência de dengue) ou normal (não existência da enfermidade). A partir desta classificação, a equipe de especialistas poderá tomar a decisão mais conveniente como, por exemplo, a providência imediata de uma ambulância ou a visita ao usuário de uma agente de saúde ou, simplesmente, uma notificação de orientação ao usuário, respectivamente à classificação.

A rede Bayesiana do LARIISA_Bay leva em consideração uma tabela de probabilidades construída com o auxílio de profissionais da área. Além de permitir o apoio à decisão sobre a gravidade do caso de dengue, filtrando casos prováveis de dengue para a classificação acima citada, o LARIISA_Bay

utiliza mecanismos de georreferenciamento que podem ser usados como entrada em sistemas de detecção e monitoramento de epidemias em diversas regiões.

Um protótipo descrito no trabalho apresenta interfaces para os três principais atores do sistema: usuário, agente de saúde e especialista. Os dados coletados por estas interfaces alimentam a rede bayesiana do LARIISA_Bay. Para tanto, o metadado utilizado entre os atores e o sistema contém, além do SUS_ID (identificação do usuário no SUS), outras informações necessárias ao processo de inferência da rede (geolocalização, biométricas, etc).

Uma vez que as informações do usuário são coletadas pelas interfaces USUÁRIO e AGENTE DE SAUDE, elas são disponibilizadas ao ESPECIALISTA, o qual pode acessar o prontuário eletrônico do usuário a partir do SUS_ID, contido no metadado enviado pelo usuário ao sistema. Todas estas informações coletadas servem de entrada ao Broker, o bloco de apoio à decisão baseado em redes bayesianas desenvolvido neste trabalho

Este trabalho integra os esforços em desenvolvimento de um projeto cadastrado no DATASUS (Departamento de Informática do SUS) para gestão em governança em saúde.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o item 2 apresenta trabalhos que fazem uso de redes Bayesianas em sistema de saúde. O item 3 descreve a plataforma LARIISA. O item 4 apresenta a descrição do LARIISA_Bay. O item 5 mostra aspectos de implementação e testes com o LARIISA_Bay. Finalmente, no item 6, são feitas considerações finais sobre o trabalho.

II. TRABALHOS RELACIONADAS

A. Agente Bayesiano de Apoio à Vigilância de Infecção Hospitalar – SAVIH

Este sistema utiliza uma rede bayesiana para apoiar o gestor de um hospital a avaliar o risco de um paciente à infecção hospitalar. Mostra o cenário de infecção nas diversas unidades de internação permitindo fazer a previsão de risco a partir das características epidemiológicas e de doença do paciente. Recupera casos armazenados que forem similares ao paciente ingressante na unidade. Foi desenvolvido utilizando a shell Nética [1].

B. Sistema de Apoio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia

É um sistema especialista médico que oferece apoio a médicos generalistas, plantonistas ou residentes no diagnóstico diferencial de cefaléias (dores de cabeça). Este sistema utiliza o enfoque de rede bayesiana. A base de conhecimentos foi construída considerando os Critérios de Classificação da Sociedade Internacional de Cefaléias (IHS), levando em conta os sinais e sintomas dos pacientes e nos valores estimados de probabilidades fornecidos pelos especialistas que participaram do projeto. Foi desenvolvido utilizando a shell Nética. A avaliação deste sistema foi realizada comparando as respostas fornecidas pelos especialistas e as respostas fornecidas pelo sistema, a partir de um conjunto de fichas médicas de pacientes com cefaléia selecionados aleatoriamente pelos especialistas do projeto. Os resultados experimentais indicam que o sistema foi capaz de fornecer os mesmos diagnósticos que os especialistas do projeto em 95% dos casos. Por outro lado, os mesmos casos clínicos foram avaliados por médicos generalistas e verificou-se que estes obtiveram um percentual de acerto de 53%. Portanto, o sistema desenvolvido apresenta um desempenho muito bom ao realizar diagnóstico diferencial de cefaléias [2].

III. PROJETO LARIISA

O projeto LARIISA está centrado no conceito de informação de contexto de saúde, caracterizando situações de entidades em um sistema de saúde. Uma entidade é, por exemplo, um membro da família, um agente de saúde, gestor da saúde, entre outros, que são considerados relevantes para as interações entre um usuário e um sistema de saúde, a fim de fornecer sistemas inteligentes.

Caracterizada pela informação em tempo real e sistemas de inferência baseada em um modelo de ontologias, a plataforma será orientada a contexto, o que confere às aplicações maior adaptabilidade da tomada de decisão à realidade em questão, no caso, a área da saúde.

O LARIISA reutiliza conceitos do *Geographically Encoded Objects for Really Simple Syndication feeds* (GeoRSS), uma marcação com informação de localização para descrição de coordenadas e relações geo-espaciais, assim como o OWLTime, utilizado para representar conteúdo temporal [3].

O LARIISA tem como objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de uma plataforma capaz de fornecer inteligência de governança na tomada de decisão na saúde, a partir de informações coletadas/enviadas prioritariamente das residências, em todo o Estado do Ceará, tratadas por mecanismos eficientes de gestão do conhecimento.

A Figura 1 apresenta uma visão geral do sistema proposto no cenário de geolocalização, que é dividido em três partes principais: Aquisição de dados, Processamento de Dados e Publicação.

Aquisição de dados refere-se à aplicação do sensor, a informação (por exemplo, identificação de usuário e sintomas) adicionada pelo usuário, e os dados adquiridos.

Depois disso, todos os dados adquiridos serão processados na etapa de processamento de dados. Nesta parte, o sistema

utiliza os dados brutos, a fim de capturar os dados de diagnóstico necessários [4].

Quando o diagnóstico de saúde do usuário de contexto é devidamente coletado e inferido, a etapa de “publicação” inicia o seu processo. Finalmente, um novo conteúdo é produzido, e pode ser armazenado na base de dados LARIISA. Como pode ser observado na figura 1, as informações de saúde para alimentar o LARIISA podem ser originadas de dispositivos móveis de pacientes ou agentes de saúde. Uma camada de segurança para transmissão dos dados pela Internet é implementada no cenário proposto. O protocolo TLS foi utilizado para prover integridade e confidencialidade das informações, protegendo os dados de saúde do paciente contra acessos ou modificações não autorizadas.

Identificar qual usuário está enviando dados de saúde enriquecidos para o Banco de Dados do Lariisa é crucial para o framework proposto. Sem esta identificação, não é possível determinar quem está enviando dados vitais de saúde para o sistema. Para superar este desafio, um identificador único precisa ser informado pelo usuário no momento que ele/ela inicia um novo diagnóstico de saúde do seu dispositivo móvel. O identificador único escolhido foi o Número do SUS, um número de identificação designado para todo cidadão brasileiro como parte de um registro nacional de usuários – para consolidação do Sistema Único de Saúde do Brasil(SUS). Neste contexto, o Número SUS pode ser utilizado para registrar um novo diagnóstico de saúde e também para pesquisar informações de outros bancos de dados tal como a base de dados do SUS, base de dados de hospitais, etc.

Enquanto um usuário está registrando seu diagnóstico remoto, sensores coletam informações de contexto, tal como posição geográfica, direção, data, e clima. As informações coletadas são manipuladas pela segunda parte da arquitetura proposta (Processamento dos Dados) para então serem tratadas e enviadas para a base de dados do LARIISA.

Uma das principais características de sistemas sensíveis a contexto é a localização. O sistema proposto também utiliza esta característica. O sensor GPS coleta a localização geográfica de um diagnóstico realizado, e então adiciona esta informação no metadados, como pode ser observado na figura 2. Esta ação é importante para ajudar a geração de conteúdo bem como para adquirir novas informações (ex: nome da localidade, clima, etc) de um diagnóstico que está sendo realizado.

A arquitetura observada na figura 1 considera a utilização de ambos dispositivos móveis: dispositivos de usuários (ex: smartphonne de um paciente) e dispositivos móveis de agentes de saúde.

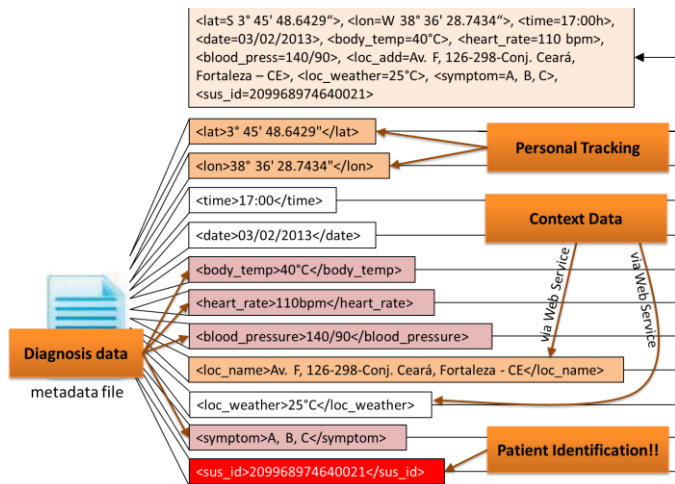


Fig. 1. - Metadado do CLARIISA

Após a publicação de dados sobre o estado de saúde do paciente no banco de dados do LARIISA, este sistema é capaz de levantar perguntas adicionais para o usuário. Estas perguntas adicionais são levantadas pelo sistema com base nas informações inferidas que foram previamente analisadas pelo sistema utilizando conceitos de ontologia. Depois que um paciente responde às questões levantadas pelo LARIISA, conforme mostrado na figura 3, uma decisão é tomada para atendimento ou acionamento de alguma ação por parte do paciente, como por exemplo solicitando que o mesmo se desloque para o posto de saúde mais próximo.

Em cenários epidemiológicos, o sistema faz inferências com base em diagnósticos similares vindos de localizações geográficas próximas umas das outras. Por exemplo, se existem muitos casos de Dengue nos últimos dias e se mais de 90% dos casos vêm da mesma região geográfica (via GPS), então tem-se um cenário de epidemia de dengue. Neste caso o sistema é capaz de direcionar um número razoável de agentes de saúde ou médicos para aquela determinada região, ou também acionar a secretaria de saúde para compra de medicamentos que atendam aquela região específica, não causando assim indisponibilidade de remédios necessários para tratamento de uma epidemia de Dengue.

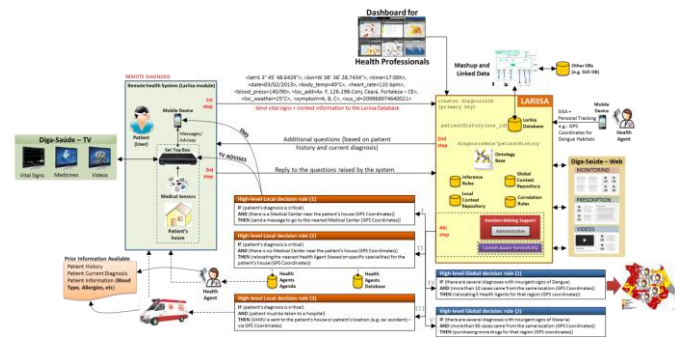


Fig. 2. - Cenário do CLARIISA

O trabalho apresentado nesta dissertação tem o objetivo de tratar, dentro do contexto da figura 3, o mecanismo de inteligência do CLARIISA. Esta parte framework tem papel fundamental para o restante do sistema, uma vez que a falta de

precisão desta parte comprometerá a funcionalidade de todas as outras partes do sistema.

IV. LARIISA_BAY

LARIISA_Bay é o mecanismo de apoio à tomada de decisão baseado em dados probabilísticos para agravo de dengue. Trata-se de um componente agregado à arquitetura do projeto LARIISA que tem como objetivo apoiar especialistas no diagnóstico em agravo de dengue.

A ideia central do projeto LARIISA consiste então em inferir sobre os dados coletados do usuário e os existentes no seu prontuário, identificado pelo SUS_ID, a partir do conhecimento de especialistas da área de saúde representados no sistema.

Estas inferências podem apoiar a tomada de decisão de gestores (governador, prefeitos, diretor de hospital, médicos, agentes de saúde, etc.) em cinco domínios da saúde (Gestão de Conhecimento, Normativo Sistemico, Clínico/Epidemiológico, Administrativo e Gerenciamento Compartilhado).

O LARIISA faz uso de ontologias [5] na representação do conhecimento e de informações de contexto (context-aware concept) [6] das diversas variáveis citadas (atores e fatores marginais). Além de outros dados do usuário (SUS_ID, biométricos, etc.) enviado ao “core” do LARIISA teve como resultado uma versão mais bem elaborada do projeto, denominada CLARIISA.

Neste contexto evolutivo do projeto LARIISA, este trabalho preocupa-se com o tratamento da incerteza da informação. Portanto, este trabalho se relaciona tanto com a representação da informação sensível ao contexto (dados coletados) quanto ao conhecimento de especialistas, representação no LARIISA por ontologia. Portanto, incerteza na aquisição de dados e/ou na representação do conhecimento ainda não tinha sido tratado pelo LARIISA.

Conforme pode ser verificado na figura 3, o componente CLARIISA_Bay é constituído das seguintes funcionalidades:

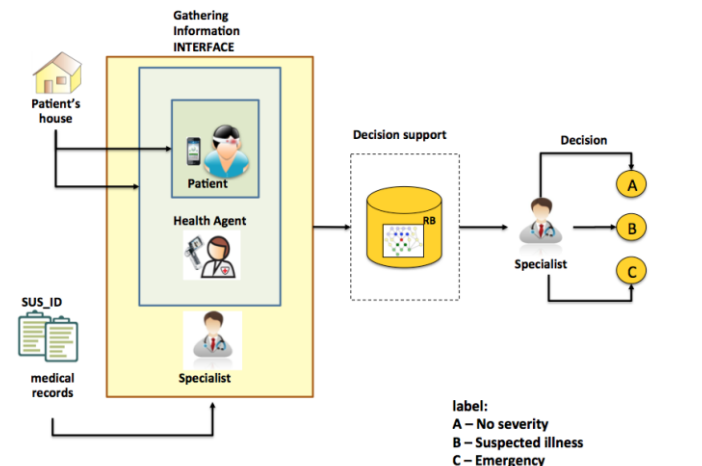


Fig. 3. – Arquitetura do LARIISA_Bay

- Interfaces com três tomadores de decisão do CLARIISA: usuário, agente de saúde e especialista. Percebe-se que a Interface Especialista contém a

label:
 A – No severity
 B – Suspected illness
 C – Emergency

interface Agente de Saúde, que contém a interface usuário (Patient)

- Um espécie de “broker” (Decision Support) para apoiar a tomada de decisão de uma equipe médica. Este “broker”, baseado em redes bayesianas, tem duas finalidades:
 - Apoiar o diagnóstico da equipe médica, filtrando casos prováveis de dengue em três níveis de classificação:
 - Paciente normal (nenhuma gravidade)
 - Paciente com suspeita de dengue
 - Paciente com suspeita de dengue hemorrágica
 - Apoiar o diagnóstico de epidemias em determinadas regiões de um município
- Uma equipe de saúde com especialistas capazes de melhor avaliar as seleções feitas pelo “broker”. Compete a esta equipe o diagnóstico que resultaria em um dos três procedimentos a seguir:
 - (A) Enviar mensagem de orientação ao usuário
 - (B) Enviar um agente de saúde prioritariamente à casa do usuário
 - (C) Enviar uma equipe de urgência à casa do usuário

A. Fatores de risco relacionados à doença

A ocorrência de dengue esta diretamente ligado a alguns fatores de riscos onde os principais são:

- locais sem saneamento adequado
- coleta de lixo precária

B. Ferramentas de diagnóstico

O diagnóstico preciso de dengue é realizado por meio de sorologia. No entanto, estes exames são realizados em laboratórios e hospitais. Por esse motivo, o diagnóstico rápido é importante a fim de que seja feito o encaminhamento do paciente para tratamento. Os principais exames são:

- Sorologia;
- Hemograma.

C. Evolução dos modelos construídos

A construção da rede foi realizada em duas etapas de uma forma iterativa, com o resultado obtivemos dois modelos, descritos abaixo.

O primeiro modelo construído é mostrado na Figura 3 este modelo contém parte apenas as patologias diretas sobre dengue.

O principal objetivo deste modelo foi pré-selecionar quais nós da rede e mostrar que tais nós podem indicar uma outro sintoma. Foi acompanhado o modelo e decidiu-se retirar o nó Peritonite da rede, pois não fornecia nenhum valor na descoberta do diagnóstico.

A partir desse estudo trabalhou-se para aprimorar a rede buscado identificar e classificar os usuário com sintoma de dengue comum ou dengue hemorrágica, podendo ser visualizado na figura 4.

A separação dos nós que são informados a partir dos usuários, agentes de saúde e dos especialistas também fica clara na figura abaixo, mostrando os dois passos a serem tomados na obtenção das informações.

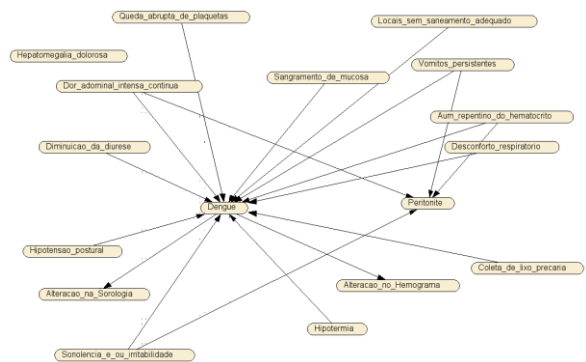


Fig. 4. Primeiro modelo da rede criada a partir do Nética

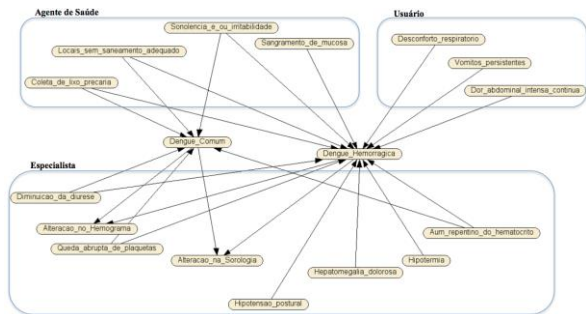


Fig. 5. Segundo modelo da rede criada a partir do Nética

Observou-se quem nos modelos criados, algumas patologias poderiam indicar a gravidade de dengue. Em relação a categorias, para a todos nós foram definidas apenas duas: *Sim* e *Não*. Tal representação é adequada quando existe uma doença com diversos fatores de causas ou uma patologia. Por exemplo, para o nó *Dengue Hemorrágica* da rede construída neste trabalho, os sintomas são:

Queda_abrupta_de_plaquetas, Hepatomegalia_dolorosa, Dor_abdominal_intensa_continua, Diminuicao_da_diurese, Hipotensao_postural, Sonolencia_e_ou_irritabilidade, Hipotermia, Coleta_de lixo_precaria, Desconforto_respiratorio, Aum_repentino_do_hematocrito, Vomitos_persistentes, Locais_sem_saneamento_adequado e

Sangramento_de_mucosa. Neste trabalho, o modelo *noisy-or* foi utilizado para os nós *Dengue_Hemorragica* e *Dengue_Comum*.

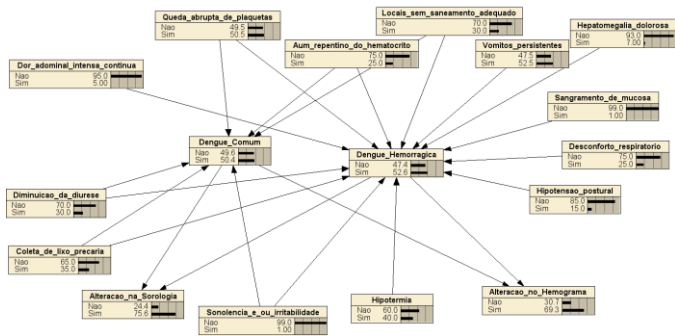


Fig. 6. Modelo final da rede criada a partir do Nética

V. PROTOTIPAGEM E TESTES

O protótipo fornece uma interface cujos metadados enviam informações de contexto do paciente: sua geolocalização, o seu número do Cartão Nacional de Saúde do paciente (SUS ID), além dos dados coletados de seus sinais vitais do paciente. Estes metadados alimentam o LARIISA com informações necessárias ao desenvolvimento de inferências que resultem na melhor atuação do Agente de Saúde no combate à dengue.

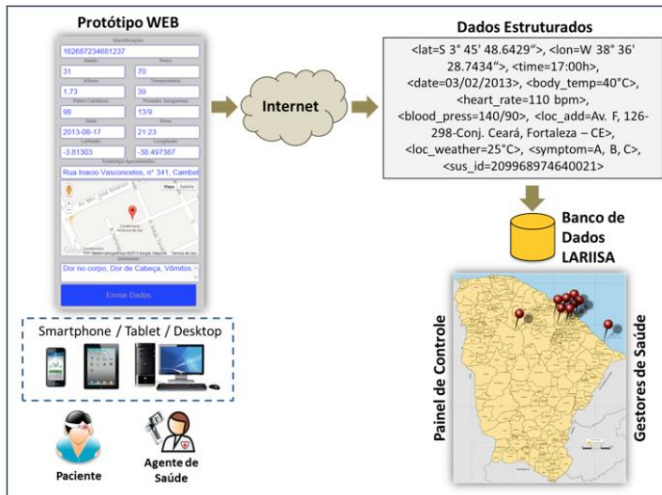


Fig. 7. Arquitetura do sistema proposto

O protótipo do LARIISA_Bay, componente agregado à plataforma LARIISA, pode ser observado em seu funcionamento sob dois enfoques:

- No primeiro, uma interface do usuário identifica quem está utilizando o aplicativo: o usuário, o agente de saúde ou o especialista. Assim, de acordo com o perfil selecionado, LARIISA_Bay envia um grupo de perguntas específicas à ser respondido pelo utilizador do sistema.

- No segundo enfoque, o protótipo utiliza as informações recebidas para alimentar as probabilidades a à rede Bayesiana no LARIISA_Bay.

Uma vez realizado estes dois passos, a rede Bayesiana do LARIISA_Bay pode agora dar sequência a uma série de ações de inferência que resultem na classificação do caso em análise. Uma vez feita a classificação, os resultados estarão disponíveis para a tomada de decisão pela equipe de especialistas, dentro do preconizado no modelo proposto neste trabalho, ilustrado na figura 3 (arquitetura do LARIISA_Bay).

Também mostrado na figura 4, a interface do usuário é um subconjunto da interface do agente de saúde. Esta última, por sua vez, é um subconjunto da interface do especialista. A figura 8 mostra as telas e os relatórios associados aos perfis do usuário, do agente de saúde e do especialista, respectivamente.



Fig. 8. Protótipo LARIISA_Bay

VI. CONCLUSÃO

A pesquisa na área de sistemas inteligentes tem como um de seus principais objetivos, senão o principal, produzir resultados que possam ser aplicados em situações práticas. Temos, como exemplos, robôs autônomos e sistemas de auxílio à tomada de decisão.

A tomada de decisão em sistemas de saúde torna-se um processo complexo por envolver diversas variáveis permeadas por incertezas. Estas são intrínsecas tanto aos vários atores do sistema (usuário, agente de saúde, médicos, diretores de hospital, secretários, etc.) quanto a fatores marginais a estes atores (sazonalidades epidemiológicas, aspectos econômicos e sociais).

O projeto LARIISA se apresenta como uma plataforma hábil no apoio à tomada de decisão na governança em saúde em seus cinco domínios de atuação (Gestão de Conhecimento, Normativo Sistemico, Clínico/Epidemiológico, Administrativo e Gerenciamento Compartilhado). Para tanto, o LARIISA faz uso de ontologias na representação do conhecimento e de informações de contexto (*context-aware concept*) das diversas variáveis citadas (atores e fatores marginais).

A contribuição deste trabalho diz respeito ao tratamento da incerteza da informação. Portanto, ele se relaciona com ambos os conceitos-chave do LARIISA: a representação da informação sensível ao contexto e a representação do conhecimento por ontologia.

Na verdade, o projeto LARIISA não tinha, até então, tratado a questão da incerteza. Este trabalho representa, então, um primeiro esforço nesta direção: a definição, especificação e a implementação de um modelo para tratar incertezas nas informações de contexto e na representação do conhecimento no projeto LARIISA.

A contribuição do trabalho é melhor evidenciada com a introdução de um novo componente no mecanismo de inferência do projeto LARIISA. Trata-se do LARIISA_Bay, um componente baseado em redes bayesianas que permite a captura de informações de contexto e produz inferências que auxiliam especialistas a melhor diagnosticar casos de dengue a partir de dados coletados (usuários, agentes de saúde e especialistas) no sistema e de uma tabela de probabilidades sobre a ocorrência de sintomas, construída por profissionais da área.

REFERENCES

- [1] VENICIUS, M. **Agente Bayesiano de Apoio à Vigilância de Infecção Hospitalar - SAVIH**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. [S.l.]. 2002.
- [2] TOLEDO, R. V. **Sistema de Apoio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. [S.l.]. 2000.
- [3] Oliveira, M., Andrade O. M., Hairon C. G., Moura R. C, Fernandes S., Bringel J., Gensel J., Martin H., Sicotte C., Denis J. L.. A ContextAware Framework for Health Care Governance Decision-Making Systems: A model based on the Brazilian Digital TV. Second IEEE Workshop on Interdisciplinary Research on E-health Services and Systems (IREHSS).
- [4] GARDINI, L. M. et al. **Clariisa, a Context-Aware Framework Based on Geolocation for a Health Care Governance System**. 5TH International Conference on e-Health Networking, Application & Services. [S.l.]: [s.n.]. 2013.
- [5] Braga, R. B., Costa, S. M. M., Viana, W., Andrade, R. M. C., Martin, H.. A Context-Aware Web Content Generator Based on Personal Tracking.
- [6] DEY, A. K.; ABOWD, G. D.. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In: Workshop on the what, who, where, when and how of context-awareness, CHI, Abril 2000.