

# Uma abordagem ontológica para representação de conhecimento de monitoramento de sinais vitais humanos

Alexsandro Beserra Bastos  
Hospital das Clínicas  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia-GO  
[alexbeserrab@gmail.com](mailto:alexbeserrab@gmail.com)

Iwens Gervásio Sene Júnior  
Guilherme da Silva Marques  
Márcio Vinícius Oliveira Sena  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia-GO  
[iwens@ufg.br](mailto:iwens@ufg.br)

Renato de Freitas Bulcão Neto  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia-GO  
[rbulcao@ufg.br](mailto:rbulcao@ufg.br)

## RESUMO

Este artigo contribui com um modelo ontológico do conhecimento de monitoramento de sinais vitais de pacientes em unidades de terapia intensiva. O modelo proposto inclui descrições semântico-estruturais, na linguagem OWL2, para sinais vitais humanos, histórico individual de medições de sinais e geração de alarmes em função de anormalidades em cada sinal monitorado. Alarmes são representados por regras SWRL com base em valores de referência de sinais vitais propostos na literatura médica, incluindo valores individualizados de sinais vitais por paciente. O objetivo é viabilizar a construção de aplicações sensíveis ao contexto do paciente, obtido por redes de sensores sem fio para o corpo humano.

## Palavras-chave

Monitoramento; Sinal Vital; Ontologia; OWL2; Regra; SWRL; Contexto.

## 1. INTRODUÇÃO

O monitoramento de sinais vitais de pacientes em unidades de terapia intensiva (UTI) é uma atividade que faz parte da rotina de vários profissionais da área da Saúde, envolvendo médicos, enfermeiros e técnicos e auxiliares de enfermagem. Para um monitoramento eficiente, além do pessoal envolvido, são necessários equipamentos de alta tecnologia e, por conseguinte, de alto custo, o que pode inviabilizar a existência de uma UTI em hospitais com poucos recursos.

Além disso, é comum que pacientes, mesmo fora do hospital, necessitem de cuidados médicos, como o monitoramento de seus sinais vitais, exigindo maquinário e pessoal dedicados. Soma-se a isso, o crescente aumento da fatia da população no Brasil com mais de 65 anos, em torno de 14 milhões de idosos [1], o que demandará ainda mais investimentos na infraestrutura de atendimento à saúde da população brasileira.

Em função dos fatores supracitados e de outros fatores correlatos, o atendimento domiciliar, ou *home care*, tem ganho força em vários países no mundo, inclusive no Brasil [2]. Por essa *WebMedia'13*, November 5–8, 2013, Salvador, Bahia, Brazil.  
Copyright 2013 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

razão, várias tecnologias têm surgido para apoiar essa modalidade de atendimento a pacientes, como as redes de sensores sem fio do corpo humano (RSSFCH), uma rede de sensores onde cada nó sensor mede um fenômeno (ex: frequência cardíaca, temperatura corpórea) e retransmite esses dados a um observador [3].

Nesse interim, o acesso remoto às informações adquiridas de uma RSSFCH pode ser interessante para o médico fazer acompanhamento contínuo e em tempo real de um paciente, e receber alertas em caso de distúrbios detectados criados por meio de comparação com valores pré-definidos em relação a uma população, ou para cada paciente tomado individualmente.

Para desenvolver um sistema computacional para esse propósito é salutar que se conheça a atividade de monitoramento de sinais vitais, tomando como referência as tarefas realizadas por profissionais de saúde, bem como o funcionamento de aparelhos utilizados para fins de monitoramento em uma UTI.

Este artigo reporta o estado atual de um trabalho de pesquisa que envolve a representação de conhecimento relativo ao monitoramento de sinais vitais de pacientes em UTIs, conhecimento este modelado utilizando o potencial de expressividade e formalidade de ontologias, regras e tecnologias correlatas da Web Semântica [4,5,6].

Essa abordagem incentiva a compreensão consensual, o compartilhamento e o reuso de informações de sinais vitais de pacientes. O principal objetivo com a construção desse modelo é o de viabilizar o desenvolvimento de aplicações ubíquas que utilizam RSSFCH como meio de captura do contexto do paciente em ambiente de UTI ou domiciliar (*home care*).

## 2. CENÁRIO DE ESTUDO

Esta seção resume o cenário de monitoramento de sinais vitais de pacientes em UTIs, como resultado de entrevistas e questionários aplicados a médicos intensivistas do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás (HC-UFG).

Em cada leito de paciente há vários sensores (com fio), como os de frequências cardíaca e respiratória, pressão arterial, temperatura, saturação da hemoglobina do sangue arterial, dentre outros. O controle e a parametrização de cada sensor do paciente são realizados pelo médico plantonista em um monitor multiparamétrico, onde cadastram-se dados do paciente, inclusive valores de referência de sinais vitais, e de onde o plantonista acessa medições de sinais vitais dos pacientes internados.

Os registros de sinais vitais de pacientes, entretanto, são feitos, na maioria dos casos, de forma manual por enfermeiros ou

auxiliares de enfermagem, e em períodos pré-definidos, uma vez que a maioria dos equipamentos de sensoriamento existentes não realiza o armazenamento desses dados. Essas anotações são realizadas em uma ficha impressa individual, cujo conteúdo, dentre outras informações, inclui uma matriz de horários de registro e os tipos de sinais vitais monitorados desse paciente, como descrito na Figura 1.

UTI		SISTEMÁTICA DA ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM																	
ADULTO HOSPITAL DAS CLÍNICAS - UFG -		NOME: _____																	
		DIAGNÓSTICO: _____																	
		CIRURGIA: _____																	
DATA: 11/11		DIA DE UTI: _____			MANHÃ: _____			ENF: _____			TARDE: _____								
		REGISTRO: _____			NOITE: _____														
SINAIS VITAIS												Glicemia (mg/dL)	FIO <sub>2</sub> (% L/min)	SaO <sub>2</sub> (%)	Dose de	Dose de	Dose de	Múltipla Dose de	
Hor	T °C	FC bpm	FR lpm	PA mmHg	PVC cmH <sub>2</sub> O	PAM mmHg	PIA cmH <sub>2</sub> O												
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			

Figura 1: Ficha individual de acompanhamento de pacientes na UTI do HC-UFG (trecho).

Em resposta a anormalidades detectadas nos sinais captados pelos sensores de um paciente, alarmes são produzidos de forma a requisitar a presença do médico plantonista, que deve analisar os sinais vitais exibidos no monitor multiparamétrico daquele paciente, bem como os registros manuais realizados na ficha do paciente.

Em suma, vislumbra-se uma solução computacional que permita reduzir os custos de implantação de funcionalidades do cenário descrito: (a) o uso de RSSFCH para o monitoramento de sinais vitais, que não configura como foco deste trabalho; (b) o acesso remoto às medições de sinais vitais em tempo real e ao histórico de armazenamento dessas medições; e (c) um mecanismo de alertas e de armazenamento desses dados.

### 3. ESTÁGIO ATUAL DA PROPOSTA

Esta seção apresenta o atual estado do desenvolvimento do modelo ontológico para conceitualização e formalização do cenário de monitoramento de sinais vitais de pacientes em UTIs.

#### 3.1 Delimitação do escopo

O passo inicial foi escolher uma metodologia para o desenvolvimento de ontologias, a qual foi selecionada a *Ontology Development 101* [7]. Seguindo a metodologia, foram definidas mais de 30 questões para a delimitação do escopo da ontologia, ou seja, questões que a ontologia deveria responder, dentre as quais destacam-se:

1. Que sinais humanos são consensualmente classificados na literatura médica como sinais vitais?
2. Que faixas de valores consensuais para cada sinal vital significam normalidade ou anormalidade?
3. É possível determinar faixas de valores personalizados para cada sinal vital de um paciente?
4. Quais as medições de sinal vital de um paciente em um dado período de tempo?
5. Em que instante de tempo um paciente teve uma medição de sinal vital fora da normalidade individual?

Para responder à questão de competência 1, foram realizadas entrevistas com médicos e enfermeiros intensivistas, tendo como resultado a identificação de cinco sinais vitais: frequência de pulso, frequência respiratória, pressão arterial, temperatura corpórea e saturação de oxigênio no sangue.

Concluído esse levantamento, os profissionais de Saúde entrevistados recomendaram o estudo de livros clássicos de Medicina [8] e de Enfermagem [9] para que se pudesse responder a questão de competência 2. Para cada um dos sinais vitais identificados, foram coletados os valores de referência utilizados pelas comunidades mencionadas. Por exemplo, a Tabela 1 ilustra valores de pressão arterial sistólica e diastólica que descrevem os estágios normal e de hipertensão de um paciente adulto. A Tabela 2, por sua vez, ilustra a classificação do estado de um paciente adulto em função da saturação de oxigênio no sangue.

Tabela 1: Classificação da Pressão Arterial segundo as Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial [8,9].

Classificação	Pressão sistólica (mmHg)	Pressão diastólica (mmHg)
Ótima	< 120	< 80
Normal	< 130	< 85
Limítrofe, normal-alta, ou pré-hipertensão	130 – 139	85 – 89
Hipertensão estágio 1	140 – 159	90 – 99
Hipertensão estágio 2	160 – 179	100 – 109
Hipertensão estágio 3	≥ 180	≥ 110
Hipertensão sistólica isolada	≥ 140	< 90

Tabela 2: Classificação da Saturação de Oxigênio [9]

Classificação	Porcentagem da Saturação de O <sub>2</sub> (%)
Normal	95 – 100
Hipoxemia	< 95

Através da interação com profissionais da saúde constatou-se também que, com exceção da temperatura corpórea, as faixas de valores de sinais vitais podem variar de um paciente para outro, objeto da questão de competência 3. Por exemplo, um alarme não deveria ser emitido se um paciente pré-hipertenso tiver leituras contínuas de 130-85 mmHg, respectivamente, para pressão arterial sistólica e diastólica, já que essas leituras são consideradas normais para esse paciente. O mesmo se aplica a pacientes com longo histórico de tabagismo, que apresentam saturação de oxigênio no sangue inferior a 95%, valor dado como normal para esses pacientes.

As questões de competência 4 e 5 reforçam que a ontologia necessita registrar temporalmente cada medição de sinal vital de um paciente para posterior consulta, o que pode apoiar a tomada de decisão de intensivistas, por exemplo, principalmente para os instantes em que houve alguma medição cujo valor é considerado anormal para um dado paciente.

### 3.2 Construção da ontologia

Após a delimitação do escopo da ontologia, como propõe a metodologia seguida [7], foram reutilizadas ontologias existentes, aplicáveis ao mesmo domínio de aplicação, e que reduzem o tempo de construção, em geral.

Foram reutilizadas as ontologias do modelo SeCoM (*Semantic Context Model*) [10], uma proposta de modelo genérico para aplicações sensíveis a contexto, cujas ontologias estão organizadas em duas camadas, como mostra a Figura 2. A camada superior define conceitos mais gerais para as dimensões de identidade (**Actor**), localização (**Space**), tempo (**Time**), evento (**Temporal Event** e **Spatial Event**), atividade (**Activity**) e dispositivo (**Device**). Já a camada inferior do modelo SeCoM representa especializações desses conceitos mais gerais, bem como as instâncias para um domínio específico, como é o caso da ontologia proposta para monitoramento de sinais vitais humanos. Informações adicionais sobre o modelo SeCoM podem ser encontradas em [Sousa et al. 2009].

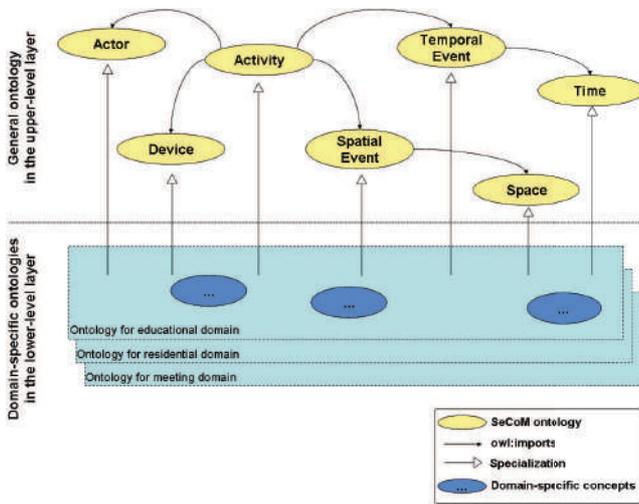


Figura 2: Visão geral do modelo SeCoM: setas indicam que uma ontologia importa conceitos definidos em outra ontologia.

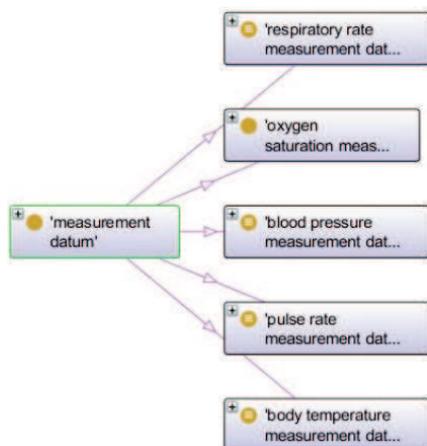


Figura 3: Hierarquia de classes de 'measurement datum' estendida com a classe 'oxygen saturation measurement datum'.

Outra ontologia reutilizada foi a VSO (*Vital Sign Ontology*) [11], que modela 4 sinais vitais: pressão arterial, temperatura corpórea e frequências de pulso e respiratória. Ainda, a VSO fornece um vocabulário estruturado e controlado para descrever medições de sinais vitais e as estruturas anatômicas envolvidas nos procedimentos de medição. Medições de temperatura corpórea podem ser obtidas, com pouca variação, por meio da cavidade oral, região axilar, dentre outras.

Após estudo das ontologias supracitadas, iniciou-se a construção da ontologia proposta com suas classes e respectivas propriedades, relações, axiomas e indivíduos, como sugere a metodologia 101, seguindo a sintaxe da linguagem OWL2 [5], um padrão W3C para construção de ontologias.

Com base na classe 'measurement datum' da ontologia VSO, que armazena a medição e a unidade de medida de um sinal vital genérico, foi criada uma subclasse para saturação de oxigênio, que não existe na VSO original. As demais subclasses de 'measurement datum' são apresentadas na Figura 3.

Para cada sinal identificado, criaram-se subclasses para os estados de um paciente baseado nos valores de referência utilizados pelas comunidades de Medicina e Enfermagem (por exemplo, na Tabela 1). A Figura 4 descreve as subclasses de 'pulse rate measurement datum' e respectivos estados e valores para frequência de pulso: pulsação normal (60 a 100 bpm), taquicardia (> 100 bpm) e bradicardia (< 60 bpm). Idem para a 'respiratory rate measurement datum' (frequência respiratória) e seus estados de apnéia (0 mrpm), taquipnéia (> 20 mrpm), bradipnéia (< 12 mrpm) e eupnéia (12 a 20 mrpm).

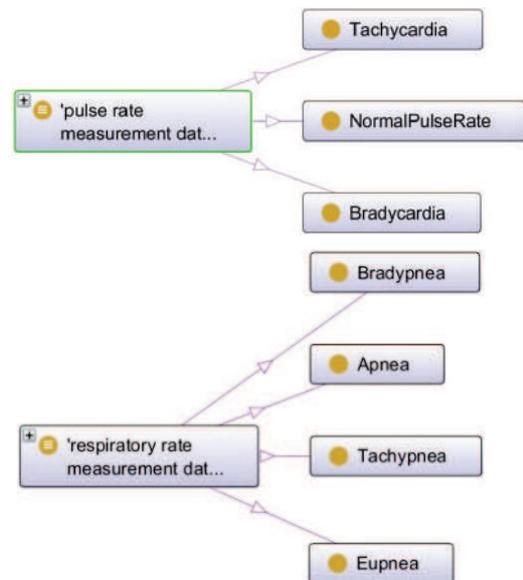


Figura 4: Subclasses relativas a medições de frequências de pulso e respiratória, respectivamente.

Considerando o reuso das ontologias do modelo *SeCoM* o conceito "monitoramento de sinais vitais humanos" foi modelado como uma subclasse da classe principal *Activity*, que importa todas as demais classes do modelo (Figura 2). Assim, o monitoramento de sinais vitais humanos é tratado como um evento espaço-temporal com atores dos tipos *Paciente*, *Médico* e *Enfermeiro*, como subclasses da classe *Actor*. Dessa maneira, é possível relacionar cada medição de sinal vital a um paciente, em em um dado instante de tempo, em uma dada localização, e a

equipe de profissionais de saúde que assiste esse paciente. Responde-se assim à questão de competência 4 e a outras que não foram descritas por razões de espaço.

Para tratar situações em que há alterações anormais de sinais vitais e, conseqüentemente, a necessidade de disparo de alarmes, além dos médicos intensivistas, a literatura médica também foi consultada. Foram definidas classes OWL que representam alarmes para cada sinal individual, bem como foram criadas regras na linguagem SWRL [6] para diferentes situações em que um mesmo sinal vital faria um alarme disparar. Por exemplo, existe uma classe *BodyTemperatureAlarm* para alarmes relacionados ao sinal de temperatura corpórea. Diferentes alarmes foram criados para identificar casos de febre alta, moderada e baixa, bem como casos de hipotermia alta, moderada e baixa. A regra a seguir descreve uma situação comum com idosos, em que será disparado um alarme de hipotermia baixa, caso a temperatura medida esteja acima de 32 e, no máximo, de 35 graus Celsius – *LowHypothermiaAlarm* é subclasse de *BodyTemperatureAlarm*. Percebe-se que é também inferido que houve uma medida de baixa hipotermia – classe *LowHypothermia* – para que se recupere de um paciente todos os estados em que ele se encontrou em um dado intervalo de tempo, que tem relação com a questão de competência 4.

```
'body temperature'(?bt), 'body temperature measurement datum'(?td), float[> 32.0f , <= 35.0f](?t), isMeasurement(?td, ?bt), useReferenceValue(?bt, ?rv), valueTemperature(?td, ?t), equal(?rv, false) -> LowHypothermiaAlarm(?td), LowHypothermia(?td)
```

O mesmo raciocínio anterior foi realizado com o sinal de pressão sanguínea, para o qual existe uma classe *BloodPressureAlarm*, que apresenta quatro subclasses, uma para cada alarme relacionado: hipertensão sistólica e hipertensão níveis 1 a 3. A seguir é mostrada uma regra SWRL que define que o alarme para hipertensão nível 2 ocorre quando a pressão diastólica assume valores entre 100 e 109 mmHg e a pressão sistólica com medidas entre 160 e 179 mmHg – *Level2HypertensionAlarm* é subclasse de *BloodPressureAlarm*.

```
'blood pressure'(?bp), 'blood pressure measurement datum'(?bpd), isMeasurement(?bpd, ?bp), float[> 100.0f , <= 109.0f](?td), valueDiastolicBloodPressure(?bpd, ?td), float[> 160.0f , <= 179.0f](?ts), valueSystolicBloodPressure(?bpd, ?ts), useReferenceValue(?bp, ?rv), equal(?rv, false) -> Level2HypertensionAlarm(?bpd), Level2Hypertension(?bpd)
```

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi descrito um modelo ontológico para monitoramento de sinais vitais de pacientes em UTIs, em que se poderia deslocar a complexidade inerente a essa atividade para um ambiente de *home care*, algo promissor para as futuras gerações.

Após este trabalho atingir um estágio de maturidade maior, um médico poderá conseguir, em um ambiente de *home care*, programar o monitoramento de cada sinal vital de um paciente instrumentado com uma rede de sensores, registrar cada sinal monitorado e receber alertas, conforme a ocasião, ou que os alertas possam ser configurados para invocar serviços de emergência em situações extremas.

Vale ressaltar o potencial do uso da ontologia proposta que além de formalizar o conhecimento modelado, pode facilitar o

desenvolvimento que a utilizará em conjunto com RSSFCH, ao permitir a separação entre a lógica de programação e o conhecimento que a aplicação precisa tratar.

Como trabalho futuro, espera-se concluir o desenvolvimento de consultas de dados instanciados de ontologias OWL2, que validem as questões de competência da ontologia proposta. Essas consultas representariam consultas comuns de profissionais de saúde aos dados armazenados em ambiente real.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq o apoio financeiro do projeto n. 481402/2011-0, bem como à Dra. Cacilda Pedrosa de Oliveira, da UTI Médica do HC-UFG.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). “IBGE Censo 2010”, Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>.
- [2] Bastiani, E., Soares, K., Librelotto, G.R. (2012). “Uma Abordagem para Monitoramento de Pacientes com Alzheimer em Ambientes Homecare Pervasivos”. Workshop de Informática Médica (WIM), Curitiba-PR, Brasil, pp. 1-10.
- [3] Rodrigues-Filho, R.V., Bulcão-Neto, R.F., Silvestre, B.O., Oliveira, L.L.G., Oliveira, R.O., Sene-Junior, I.G. (2013). “An Evaluation Method of Research on Wearable Wireless Body Area Network in Healthcare”. International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT). Volume 5, Number 1, pp. 65-78.
- [4] Gruber, T. (2009). “Ontology”. Encyclopedia of Database Systems: pp. 1963-1965.
- [5] Bao, J., Kendall, E.F., McGuinness, D.L., Patel-Schneider, P.F. (2012) “OWL2 Web Ontology Language Quick Reference Guide, W3C Recommendation”. Disponível em: <http://www.w3.org/>
- [6] Horrocks, I., Patel-Schneider, P.F., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., and Dean, M. (2004). “SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML, W3C Member Submission”. Disponível em: <http://www.w3.org/>
- [7] Noy, N.F., McGuinness, D.L. (2001). “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology”. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880.
- [8] Porto, C.C. (2005). “Semiologia Médica”. Guanabara Koogan, 4a edição.
- [9] Perry, P. (2010). “Fundamentos de Enfermagem”. Elsevier, 7a edição.
- [10] Sousa, J.P.P., Carrapatoso, E., Fonseca, B., Pimentel, M.G.C., Bulcão Neto, R.F. (2009). “Composition of context-aware mobile services using a semantic context model”. International Journal on Advances in Software, Volume 2, pp. 275-287.
- [11] Goldfain, A., Smith, B., Arabandi, S., Brochhausen, M., Hogan, W.R. (2011). “Vital Sign Ontology”. Proceedings of the Workshop on Bio-Ontologies, ISMB, pp. 71-74.