

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE  
PORTO ALEGRE – UFCSPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA  
SAÚDE**

**Gustavo Henrique Cervi**

**Simulador de Ambiente Hospitalar para  
Gestão e Dimensionamento de  
Pessoas**

**UFCSPA**  
Universidade Federal de Ciências da Saúde  
de Porto Alegre

**Porto Alegre**

**2017**

**Gustavo Henrique Cervi**

# **Simulador de Ambiente Hospitalar para Gestão e Dimensionamento de Pessoas**

Dissertação de Mestrado submetida ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciências da Saúde da Universidade  
Federal de Ciências da Saúde de Porto  
Alegre como requisito para a obtenção  
do grau de Mestre

Orientadora: Prof. Dra. Cecília Dias Flores  
Coorientadora: Prof. Dra. Rita Catalina Aquino Caregnato

**Porto Alegre  
2017**

Cervi, Gustavo Henrique

Simulador de Ambiente Hospitalar para Gestão e Dimensionamento de  
Pessoas / Gustavo Henrique Cervi. -- 2017.

90 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto  
Alegre, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2017.

Orientadora: Prof. Dra. Cecília Dias Flores;

Coorientadora: Prof. Dra. Rita Catalina Aquino Caregnato

1. Simulação em saúde. 2. Informática em saúde. 3.

Educação em saúde. I. Título.

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Gustavo Henrique Cervi**

# **Simulador de Ambiente Hospitalar para Gestão e Dimensionamento de Pessoas**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre

Orientadora: Prof. Dra. Cecília Dias Flores

Coorientadora: Prof. Dra. Rita Catalina Aquino Caregnato

Porto Alegre, 28 de junho de 2017.

### **BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dra. Graciele Fernanda da Costa Linch**

Doutora em Enfermagem - UFRGS

Professora da UFCSPA

**Prof. Dra. Míriam de Abreu Almeida**

Doutora em Educação - PUC RS

Professora da UFRGS

**Prof. Dr. Sílvio César Cazella**

Doutor em Ciência da Computação - UFRGS

Professor do PPG Ciências da Saúde - UFSCPA

Dedico este trabalho à minha amada família e todas as pessoas que, de alguma forma, me apoiaram nesta jornada.

## AGRADECIMENTOS

A todos os professores que passaram pela minha vida, desde a educação infantil até os últimos créditos deste mestrado.

À minha amada esposa, pela compaixão e compreensão nas ausências.

À minha orientadora Cecília Flores e a coorientadora Rita Caregnato que me acolheram com dedicação e não mediram esforços para que este trabalho se concretizasse.

À minha eterna orientadora Marta Bez pela amizade, incentivo e apoio.

À colega de mestrado Rute Somensi por me atender sempre que precisei.

Às Profs. Ana Amélia e Ana Respício que apoiaram o projeto com importantes colaborações.

Aos profissionais da UFCSPA, pela excelência, qualidade e profissionalismo da instituição.

A todos que de alguma forma colaboraram para este trabalho.

Muito obrigado!

## RESUMO

A complexidade das instituições de saúde tem induzido e mobilizado gestores e docentes a buscarem estratégias de inovação para a melhoria no ensino e nas condições de saúde da população, garantindo um processo de cuidado seguro, qualificado e sustentável. Dentre as instituições de saúde, o hospital é considerado a mais complexa das organizações. Desde o processo de formação, muitos profissionais questionam sobre o que se aprende na instituição de ensino e sua aplicação no cenário da prática. Considerando estas afirmações, propõem-se o uso de simuladores como ferramenta de apoio na formação acadêmica. **OBJETIVO:** desenvolver um *software* educacional para simulação de uma unidade de internação de um hospital, em relação ao dimensionamento de pessoal e tomada de decisão, fornecendo a possibilidade de vivenciar situações próximas à realidade, em ambiente virtual. **METODOLOGIA:** trata-se de uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório, cujos procedimentos técnicos envolveram estudo bibliográfico para fundamentar o desenvolvimento de um *software* educacional de simulação direcionado à Enfermagem e a validação de sua usabilidade por meio de um experimento com acadêmicos. A avaliação qualitativa do simulador envolveu a participação de discentes da disciplina de Gerenciamento em Enfermagem II de um curso de Graduação em Enfermagem. **RESULTADOS:** o *software* desenvolvido é o principal resultado deste trabalho, sendo este um ambiente computacional multiagente que simula uma unidade de internação hospitalar, onde a base de conhecimento está apoiada na Resolução COFEN 293/04 para fins de cálculo de Dimensionamento de Pessoal de Enfermagem, com base no Sistema de Classificação de Pacientes e na *Nursing Interventions Classification* (NIC) para definição do tempo médio gasto pelo enfermeiro na execução de intervenções em enfermagem. A avaliação preliminar de usabilidade foi positiva, sendo o *software* percebido pelos discentes como atrativo, motivacional, realístico, fácil de entender e focado na evolução do estudante. **CONCLUSÃO:** a construção do simulador traz mais uma ferramenta à disposição dos discentes e docentes, servindo como auxílio para experimentação de situações específicas, tendo sido percebido como ferramenta positiva para a aprendizagem de acadêmicos de Enfermagem.

Palavras-chave: simuladores, informática em saúde, educação em saúde, dimensionamento de pessoal, enfermagem.

## ABSTRACT

The complexity of health institutions has induced and mobilized managers and teachers to seek innovative strategies to improve teaching and health conditions of the population, ensuring a process of safe, qualified and sustainable care. Among the health institutions, the hospital is considered the most complex of organizations. Since the training process, many professionals question what is learned in the school and its application in the practice scenario. Considering these statements, the use of simulators as a support tool in academic training is proposed. **OBJECTIVE:** to develop an educational software for simulation of a hospital admission unit, in relation to personnel sizing and decision making, providing the possibility of experiencing situations close to reality in a virtual environment. **METHODOLOGY:** this is an applied research, of an exploratory nature, whose technical procedures involved a bibliographic study to support the development of an educational software of simulation directed to nursing and the usability validation through an experiment with students. The qualitative evaluation of the simulator involved the participation of students of the discipline of Management in Nursing II of a Nursing Undergraduate course. **RESULTS:** the software developed is the main result of this work, being this a multiagent computing environment that simulates a hospital admission unit where the knowledge base is based on the local conceal resolution for the purposes of calculation of nursing personnel sizing, based on the Patient Classification System and the Nursing Interventions Classification (NIC) to define the average time spent by the nurse in the execution of nursing interventions. The preliminary evaluation of usability was positive, with software perceived by the students as attractive, motivational, realistic, easy to understand and focused on student evolution. **CONCLUSION:** the construction of the simulator brings another tool available to the students and teachers, serving as an aid to experimentation of specific situations, and has been perceived as a positive tool for the learning of nursing students.

Keywords: simulators, health informatics, health education, staffing, nursing.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	QUESTÃO NORTEADORA.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
1.3	OBJETIVOS.....	14
1.3.1	Geral.....	14
1.3.2	Específicos.....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1	SISTEMAS MULTIAGENTES.....	16
2.1.1	Agentes de <i>software</i> .....	16
2.1.2	Ambiente.....	18
2.1.3	Arquitetura interna dos agentes.....	19
2.1.4	Interação entre agentes.....	20
2.1.5	Linguagem de comunicação de agentes.....	20
2.1.6	Protocolos de interação.....	21
2.2	USO DE SIMULADORES NA FORMAÇÃO EM SAÚDE.....	21
2.3	DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL DE ENFERMAGEM.....	23
2.3.1	Sistema de Classificação de Pacientes.....	24
2.4	PROCESSO DE ENFERMAGEM.....	27
2.4.1	Classificação de Intervenções de Enfermagem.....	28
2.5	CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÕES.....	30
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS.....</b>	<b>32</b>
3.1	SIMULAÇÃO DE DEPARTAMENTO DE EMERGÊNCIA.....	32
3.2	PLANEJAMENTO DE ALOCAÇÃO DE TRABALHO DISTRIBUÍDO.....	33
3.3	O PROJETO SIMDECS.....	34
3.4	CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÕES.....	35
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>38</b>
4.1	MODELO CONCEITUAL.....	38
4.1.1	Agentes.....	38
4.1.2	Ambiente.....	39
4.1.3	Bases de conhecimento.....	39
4.1.4	Comunicação entre agentes.....	41
4.1.5	Tempo.....	41
4.2	ETAPAS DA SIMULAÇÃO.....	42
4.2.1	Acesso.....	42
4.2.2	Console principal.....	43
4.2.3	Calculador de dimensionamento.....	45
4.2.4	Classificação do paciente.....	45
4.2.5	Atendimento ao paciente.....	46
<b>5</b>	<b>RESULTADOS – ARTIGO.....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
6.1	CONTRIBUIÇÕES.....	57
6.2	TRABALHOS FUTUROS.....	58
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE B – PUBLICAÇÃO NO PUBMED.....</b>	<b>68</b>
	<b>ANEXO A – PARECER DO CEP.....</b>	<b>71</b>

<b>ANEXO B – NORMAS DO PERIÓDICO.....</b>	<b>74</b>
---	-----------

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do paciente conforme escore Schein/Rensis Lickert.....	27
Tabela 2: Trabalhos correlatos e suas características.....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de um agente interagindo com um ambiente.....	17
Figura 2: Modelo de um agente reativo simples.....	19
Figura 3: Exemplo de um protocolo de interação.....	21
Figura 4: Escala de Schein/Rensis Likert.....	26
Figura 5: Representação de uma unidade de internação.....	39
Figura 6: Tabela de intervenções.....	40
Figura 7: Sequência de estados do paciente.....	40
Figura 8: Tela de acesso ao simulador.....	43
Figura 9: Unidade de internação.....	44
Figura 10: Cálculo do COFEN.....	45
Figura 11: Classificação do paciente durante a simulação.....	46
Figura 12: Atendimento ao paciente durante a simulação.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS

COFEN	Conselho Federal de Enfermagem
COREN	Conselho Regional de Enfermagem
CPP	Cuidados Progressivos ao Paciente
CT	Carga de trabalho
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
DPE	Dimensionamento de pessoal de enfermagem
DS	Dias da semana
IST	Índice de segurança técnica
JST	Jornada semanal de trabalho
JT	Jornada de trabalho dos enfermeiros
KM	Constante de Marinho
MAS	Multi-Agent System
NIC	Nursing Interventions Classification
PE	Processo de enfermagem
QP	Quadro de pessoal
SAE	Sistematização da Assistência de Enfermagem
SCP	Sistema de Classificação de Pacientes
SIACC	Sistema Interdisciplinar de Análise de Casos Clínicos
SimDeCS	Simuladores Inteligentes para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde
SMA	Sistema Multiagente
THE	Total de Horas de Enfermagem

## 1 INTRODUÇÃO

A complexidade das instituições de ensino e saúde tem induzido e mobilizado gestores e docentes a buscarem estratégias de inovação para melhoria do ensino e das condições de saúde da população, constituindo um processo de cuidado seguro, qualificado e sustentável (FEUERWERKER, 2002). Dentre as instituições, o hospital é considerado a mais complexa das organizações de saúde, face à diversidade de profissionais, usuários, tecnologias, relações interpessoais, processos de trabalho e suas formas de organização (ALMEIDA, 2011).

Desde o processo de formação, muitos profissionais questionam sobre a aplicabilidade do que se aprende na Universidade e o que ocorre no cenário da prática, os quais consideram o conhecimento sobre o tema restrito ao ambiente acadêmico, acreditando que dificilmente o que vivenciam nas atividades acadêmicas será aplicado na prática nos serviços de saúde (CHAVES, 2013). Com base nestas afirmações, pode-se notar um hiato entre o que se aprende e o que se aplica, e neste ponto insere-se uma tecnologia amplamente utilizada: os simuladores.

Segundo Jong e Joolingen (1998), um simulador é um programa que contém um modelo de um sistema ou um processo. Ziv et al (2005) afirma que simuladores permitem aos educadores o controle total em cenários clínicos pré-selecionados, descartando, nesta fase de aprendizagem, os riscos potenciais ao paciente. Experimentar situações de crise antes de elas ocorrerem, avaliar e refletir sobre as atividades, criar situações que seriam impossíveis em cenários reais são algumas das vantagens que Sanford (2010) descreve para os simuladores em ambiente de aprendizagem.

Na revisão bibliográfica sobre simulações no ensino pode-se encontrar: na área da biologia Ketelhut et al (2010); na química Limmiou et al (2009); na engenharia Baltzis e Koukias (2009); na física Shieh et al (2010); na computação Laakso et al (2009).

Na área da saúde, Bez (2013) realizou uma revisão sistemática na base MEDLINE na busca de simuladores na área do ensino de medicina. No estudo de

revisão de literatura organizado por Teixeira (2010), foram pesquisadas as bases MEDLINE, BDNF e LILACS por artigos relacionando o uso de simuladores no ensino de enfermagem. Estes estudos ilustram as vantagens de se utilizar simuladores no ensino, citando diversos casos com resultados favoráveis, tendo como vantagens expostas: reforço na participação do aluno, contribuição para o aprendizado, melhoria no desempenho dos alunos, entre outras colocações.

Neste sentido é importante salientar que a ciência da computação entra como uma grande aliada em diversas modalidades científicas, além de automatizar processos complexos e repetitivos, a tecnologia está cada vez mais presente no dia a dia da ciência da saúde, seja como uma simples ferramenta de banco de dados até como um complexo sistema de apoio à decisão como afirmam Juanes e Ruisoto (2015):

Nos últimos anos, o desenvolvimento de aplicações computacionais tem experimentado um crescimento exponencial, não apenas no número de publicações, mas também no âmbito ou contextos que se beneficiaram da sua utilização. Na formação em ciências da saúde, e na medicina especificamente, a incorporação gradual de desenvolvimentos tecnológicos transformou o processo de ensino e aprendizagem, resultando em verdadeira "tecnologia educacional". [...] Tradução nossa<sup>1</sup>. (JUANES; RUISOTO, 2015, p. 1)

Esta dissertação descreve a construção de um simulador de ambiente hospitalar para uso em experimentos de informática e educação na saúde. Este simulador tem como foco inicial os estudos relacionados ao trabalho de enfermagem em uma unidade de internação, contemplando algumas atividades que o aluno de enfermagem poderá enfrentar em sua vida profissional como a classificação do paciente, cálculo de dimensionamento de pessoal de enfermagem (enfermeiros e técnicos de enfermagem em uma unidade de internação) e decisões relacionadas ao diagnóstico de enfermagem.

Ao decorrer dos capítulos que seguem será apresentada a revisão da literatura, focando nos pontos mais importantes para este trabalho, em seguida uma

---

<sup>1</sup> Original: *"In recent years, computer application development has experienced exponential growth, not only in the number of publications but also in the scope or contexts that have benefited from its use. In health science training, and medicine specifically, the gradual incorporation of technological developments has transformed the teaching and learning process, resulting in true "educational technology". [...]*

explicação sobre a metodologia adotada, a descrição do processo de desenvolvimento e, por fim, o artigo formatado com os resultados obtidos.

### 1.1 QUESTÃO NORTEADORA

O uso de um simulador pode trazer benefícios didáticos à disciplina de gerenciamento em enfermagem, com relação ao dimensionamento de pessoal, fornecendo a possibilidade de realizar a experimentação de situações em ambientes virtuais (porém realistas)?

### 1.2 JUSTIFICATIVA

A computação aplicada é uma carreira multidisciplinar por natureza, por ser aplicada a alguma área de atuação, ela proporciona um ganho duplo – para a computação propriamente dita e para a área aplicada. Ao optar pelos estudos aplicados, há alguns anos, o autor deste trabalho iniciou a participação em um grupo de estudos de informática em saúde na universidade em que se graduou e esta experiência foi muito importante para a construção do caminho até este trabalho.

Ao iniciar os trabalhos no projeto apoiado pelo edital Universal do CNPq, origem deste trabalho, observou-se a existência de um vasto campo de pesquisa a ser explorado. Um dos caminhos possíveis seria o desenvolvimento de uma ferramenta que permitisse ao aluno experimentar algumas tarefas hospitalares que futuramente enfrentarão no dia a dia da profissão, é evidente que esta ferramenta não tem a pretensão de substituir a fundamental experiência *in loco*, visto que os simuladores, neste sentido, são entendidos como ferramentas auxiliares.

Outros trabalhos nesta mesma universidade renderam importantes frutos e servem como ferramenta de estudo para os alunos em formação, entre elas estão o SimDeCS (FLORES et al, 2016) e o SIACC (SEBASTIANI et al, 2014) que foram produtos de dissertações de mestrado neste mesmo Programa de Pós-Graduação

em Ciências da Saúde. Estes trabalhos citados também foram motivadores ao desenvolvimento de mais ferramentas que serão úteis aos discentes e docentes nos próximos anos.

No decorrer do avanço da pesquisa, pode-se conhecer alguns desafios enfrentados, principalmente nas disciplinas da enfermagem relacionadas ao gerenciamento de pessoal e demandas de trabalho. Observou-se no estudo sobre a carga de trabalho realizado por Somensi (2016) que existe uma grande discrepância entre o que se aprende em sala de aula e o que é a realidade da vida profissional do enfermeiro.

A percepção de que uma ferramenta teria um grande potencial didático ao aluno de enfermagem motivou esta pesquisa e trouxe o desafio de desenvolver um simulador de ambiente hospitalar, neste caso específico, de uma unidade de internação.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um *software* educacional para simulação de uma unidade de internação, considerando pessoas, pacientes e recursos do ambiente hospitalar direcionado à aprendizagem de acadêmicos de Enfermagem.

#### 1.3.2 Específicos

1. Revisar a literatura existente;
2. Conhecer os requisitos com o grupo de trabalho da UFCSPA e especialistas da área;

3. Selecionar e ajustar os métodos computacionais a serem implementados com especialistas da área;
4. Desenvolver o software educacional para simulação;
5. Avaliar a usabilidade do simulador junto ao corpo de pesquisadores do projeto, bem como alunos do curso de enfermagem matriculados na disciplina de Gerenciamento em Enfermagem.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo será apresentada uma visão geral de alguns dos conceitos e tecnologias envolvidas no desenvolvimento deste trabalho. O principal conceito abordado são os agentes de *software* que, por simplicidade, serão tratados apenas como agentes. Além disso, também são contextualizados o uso de simulação em saúde, o panorama da metodologia adotada pelo órgão regulador nacional da enfermagem para o dimensionamento de pessoal de enfermagem em unidades de internação, bem como a Classificação de Intervenções em Enfermagem (NIC<sup>2</sup>) utilizados na concepção do simulador

### 2.1 SISTEMAS MULTIAGENTES

É possível dizer que existe um consenso entre diversos autores em relação ao conceito de um Sistema Multiagente (SMA): é um sistema computadorizado composto por múltiplos agentes que interagem dentro de um ambiente (RUSSEL, 2013; LUGER, 2014). Jennings e Bussmann (2003) consideram que os sistemas multiagentes consistem em um importante paradigma que proporciona abstrações adequadas para a solução de problemas complexos. Weiss (1999) reforça a característica de flexibilidade dos SMA permitindo uma vasta gama de soluções distribuídas, dinâmicas e de larga escala.

#### 2.1.1 Agentes de *software*

Weiss (1999), Jennings e Wooldridge (1998) consideram a crescente contribuição dos SMA em diferentes domínios como gerenciamento de processos, comércio eletrônico (ROGERS, 2007), gerenciamento de informações e negócios. Também são amplamente utilizadas em aplicações industriais como o controle e a otimização de processos, telecomunicações e o controle de tráfego. Genc (2013) cita a utilização de SMA em sistemas de resposta a desastres e Sun (2004) explora

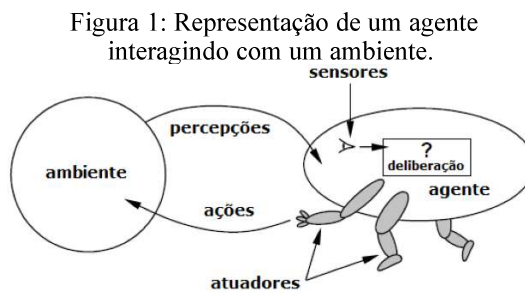
---

2 Do inglês *Nursing Interventions Classification*

a abordagem SMA em estruturas sociais.

Na inteligência artificial, um agente é uma entidade autônoma que observa através de sensores e atua sobre um ambiente com a finalidade de atingir um ou mais objetivos (RUSSEL, 2013). Como exemplo de um agente pode-se citar, por analogia, um enfermeiro em uma unidade de internação: o profissional recebe dados do ambiente (hospital, sistema informatizado, pacientes, outros profissionais, etc) e reage, conforme a sua intenção, baseado em seu conhecimento, a fim de atingir um objetivo que pode ser a melhora do paciente.

A Figura 1 apresenta uma representação abstrata de um agente. Uma das características importantes é que o agente pode interagir com o ambiente, porém, sem ter o domínio de conhecimento completo do ambiente. Os mecanismos que compõem a forma de interação do agente são seus sensores e atuadores. Os sensores recebem sinais do ambiente e fornecem ao agente dados para a deliberação que pode gerar uma reação. Os atuadores permitem ao agente a manipulação do ambiente (ou até mesmo com outros agentes) de forma que o agente pode causar uma modificação no ambiente a fim de alcançar os seus objetivos de acordo com o modelo aplicado e sua finalidade.



Fonte: adaptado de Russel e Norvig (2013)

Wooldridge (2002) e Wooldridge e Jennings (1995) definem um conjunto de propriedades caracterizando os agentes dentro do ambiente em que se encontram. As propriedades podem ser descritas como a seguir:

- Autonomia – os agentes possuem autonomia para operar sem a intervenção de fatores externos como outros agentes, pessoas ou sistemas;

- **Habilidade social** – se refere a capacidade do agente de comunicar-se com outros agentes através de um protocolo de comunicação definido. Esta característica é importante para a colaboração entre agentes a fim de se obter um resultado comum;
- **Reatividade** – um agente pode observar o ambiente e reagir conforme sua função. Esta característica ocorre a partir de sensores e atuadores;
- **Próatividade** – o agente pode ter características ativas de intenção a fim de atingir seus objetivos, sem que ele seja provocado de alguma forma (reação).

### **2.1.2 Ambiente**

O ambiente é a esfera na qual o agente se encontra e atua; ele deve ser observável e/ou manipulável, ao menos em parte, pelo agente (MCARTHUR et al, 2007). Existem dois tipos básicos de ambientes: reais e virtuais. Ambientes reais são representados por meio físico. Como exemplo pode-se citar um centro de simulação realística de um ambiente hospitalar onde os agentes são representados por manequins automatizados que interagem com o ambiente através de seus sensores (temperatura, pressão, luminosidade) e seus atuadores (motores, bombas, emissores sonoros). O ambiente virtual é um espaço simulado onde os agentes se situam, e pode ser representado pelo ambiente de um jogo eletrônico de primeira pessoa, apesar de o ambiente não existir como espaço físico, ele possui características que imitam o ambiente real, pelo menos, na parte que interessa ao conjunto simulado.

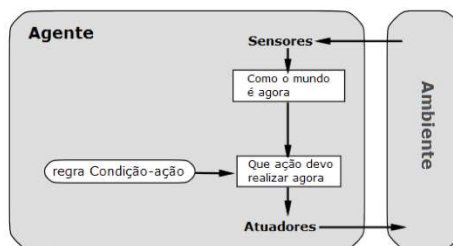
Russel e Norvig (1995) ainda consideram algumas propriedades como acessível ou inacessível; determinístico ou não determinístico; estático ou dinâmico; discreto ou contínuo. A definição do ambiente em que os agentes atuarão é de fundamental importância na construção de um SMA, considerando sempre as suas propriedades e características.

### 2.1.3 Arquitetura interna dos agentes

Segundo Wooldridge e Jennings (1995) os agentes podem ser classificados de duas formas básicas: deliberativos e reativos. Os agentes deliberativos são baseados na inteligência artificial simbólica apoiado sobre uma base de conhecimento. Os agentes reativos trabalham baseados em regras mais simples, sem o apoio de sistemas de inteligência artificial complexos e, portanto, de forma geral podem ser mais determinísticos.

A arquitetura reativa define um comportamento direto entre percepção e atuação. Em muitos casos esta abordagem é baseada em regras definidas e máquinas de estado, sendo o mecanismo de tomada de decisão apoiada em regras do tipo “se-então” (RUSSEL, 2013). Na Figura 2 é apresentado um esquema com o mecanismo de funcionamento desse agente.

Figura 2: Modelo de um agente reativo simples.



Traduzido de Russel e Norvig (2013)

De outra forma, nas arquiteturas deliberativas (simbólicas ou cognitivas), os agentes fazem uso intenso de técnicas de inteligência artificial e apresentam um modelo mais complexo para tomada de decisão que busca imitar aspectos do comportamento humano (como crenças, desejos, intenções e emoções). Nesse modelo os agentes são capazes de escolher e traçar planos de ações para atingir um objetivo pretendido.

### 2.1.4 Interação entre agentes

Para caracterizar um SMA, os agentes devem possuir um certo grau de isolamento e independência, porém para haver colaboração entre agentes, deve existir algum mecanismo de comunicação. Muitas vezes os agentes possuem características sociais e a troca de conteúdo entre eles se dá através de mensagens. Para esta função existem algumas técnicas de representação de mensagens, que podem ser através de linguagem natural ou de conteúdo parametrizado.

### 2.1.5 Linguagem de comunicação de agentes

Weiss (2001) considera diversas linguagens de comunicação de agentes, porém entre elas, duas se ressaltam: KQML<sup>3</sup> e FIPA-ACL<sup>4</sup>. Essas linguagens se baseiam em fala para dar semântica às mensagens (WOOLDRIDGE, 1998; WOOLDRIDGE, 2002). Alguns atos de linguagem são definidos a fim de representar a intenção do agente, na FIPA-ACL são:

*Inform* – indica que o agente está comunicando uma informação ou um fato;

*Request* – indica que o agente está requisitando um serviço ou informação;

*Agree* – indica que o agente concorda com um pedido de outro agente;

*Not Understood* – indica que o agente não entendeu uma mensagem recebida.

A interoperabilidade entre os agentes ainda pode incluir processamento de linguagem natural, conteúdo baseado em ontologias (SINGH, 2005) ou até parâmetros preestabelecidos. Um elemento importante a se considerar é que os agentes devem ter a capacidade de interpretar a mesma linguagem entre si.

---

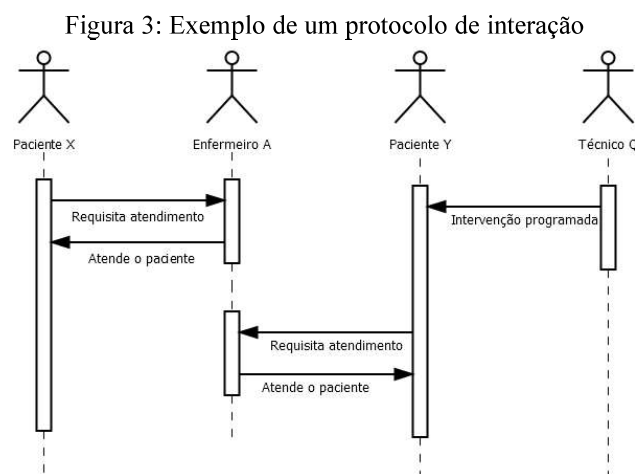
<sup>3</sup> Knowledge Query and Manipulation Language

<sup>4</sup> FIPA - Agent Communication Language

### 2.1.6 Protocolos de interação

Enquanto a comunicação de agentes, em forma de linguagem, especifica as mensagens dos agentes, os protocolos de interação especificam os comportamentos entre dois ou mais agentes em um dado cenário. Esses cenários representam a comunicação entre os agentes para a realização de uma ação, por exemplo, para a requisição de um atendimento ao leito, como também estratégias de negociação e cooperação. Assim, um protocolo de interação define a sequência de mensagens trocadas entre um agente que inicializa a ação e as respostas esperadas dos outros agentes participantes (LUGER, 2014).

Na Figura 3 é apresentado um exemplo de ilustração de um protocolo de interação, onde é especificado o cenário de uma requisição de atendimento ao leito.



## 2.2 USO DE SIMULADORES NA FORMAÇÃO EM SAÚDE

Nos últimos anos, têm-se visto diversas iniciativas do Ministério da Educação e do Ministério da Saúde no sentido de mudar a educação médica e a saúde no Brasil. O que pode ser percebido, nas iniciativas governamentais, é o uso

de uma estrutura curricular que perpassa as disciplinas, que seja orientada à competência e possibilite um método ativo de ensino-aprendizagem centrado no estudante. Porém, em nenhuma destas iniciativas percebe-se ênfase ao uso de tecnologias para apoiar o ensino e aprendizagem.

Ainda, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2017) dos cursos da área da saúde, o currículo e os métodos pedagógicos desejáveis devem propiciar o desenvolvimento da capacidade de observar, escutar, pensar e, conseqüentemente, aprender a aprender, ser, fazer e conviver com a autoaprendizagem. Os estudantes devem iniciar suas práticas desde o início do curso, realizando atividades e tarefas de complexidade crescente.

Um dos grandes desafios do uso de métodos ativos de aprendizagem é a maneira de apresentar os problemas aos alunos, de forma que estes possam trabalhar e estudar os conteúdos ministrados a qualquer hora, momento e local.

A simulação de casos reais parece adaptar-se bem como estratégia de desenvolvimento de conteúdo, onde o grupo de professores pode desenvolver casos clínicos, contemplando as diferentes disciplinas do currículo, e apresentando aos alunos em um ambiente computadorizado na web.

A UFCSPA, seguindo a tendência de desenvolvimento e uso de simuladores no ensino na área da saúde, tem desenvolvido diversas ferramentas, permitindo a criação de simulação de casos clínicos interativos na web, denominadas por SIACC (Sistema Interdisciplinar de Análise de Casos Clínicos) (SEBASTIANI et al, 2014) e o SimDeCS (Simuladores Inteligentes para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde) (FLORES et al, 2016). Estas ferramentas vêm sendo utilizadas por docentes de diversas disciplinas em diferentes departamentos acadêmicos.

Percebe-se dinamismo e mudanças de conceitos dos ambientes estudantis cada vez mais em evidência, novas métricas de ensino surgem de forma cada vez mais rápida e, junto a elas, as tecnologias educacionais. Essas, mais do que uma opção, são uma necessidade (BOTEZATU et al, 2010). Além disso, as lacunas entre

as atividades teóricas e as experiências práticas que os estudantes vivenciam têm sido uma preocupação entre os educadores (HIGGS et al, 2008).

Os sistemas universitários fornecem uma estrutura envolvendo longos períodos de estudo intercalados com a prática em ambiente hospitalar ou em Unidades Básicas de Saúde (UBS), sendo um desafio ao estudante articular todos os conhecimentos e aplicar isso a uma prática (FORTE; SOUZA; PRADO 2010) (BROOKFIELD, 2005). Exemplos dessas tecnologias são os diversos simuladores atualmente existentes (SMITH; ROHERS, 2009), (BOTEZATU et al, 2010), (HOLZINGER et al, 2009).

### 2.3 DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL DE ENFERMAGEM

O dimensionamento de pessoal de enfermagem é um tema que atualmente está sendo muito discutido e abordado não apenas pelas instituições assistenciais mas, principalmente, pelos órgãos reguladores e pelo Ministério da Saúde, que vem lançando programas de fomento à pesquisa para a área<sup>5</sup>.

O dimensionamento constitui a adequação do pessoal em termos quantitativos e qualitativos (MAGALHÃES, DUARTE E MOURA, 1995). Gaidzinski (2005, p. 2) afirma que “o dimensionamento de pessoal tem sido considerado um desafio, haja vista que estes recursos são os mais complexos da organização, e os demais recursos exigem a sua presença, para que possam ser utilizados”. Segundo Amorim, Façanha e Barros apud Campos (2007, p. 2) “o dimensionamento é a previsão da quantidade de funcionários por categoria, requerida para atender direta ou indiretamente, as necessidades de assistência de enfermagem aos pacientes”.

Segundo Echer et al (1999), o processo de cuidar, no trabalho em enfermagem, é complexo e contínuo, e não pode ser adiado ou interrompido em várias circunstâncias. Campos e Melo (2007) destacam que, além do número suficiente de profissionais de enfermagem, a capacitação e competência dos mesmos é de fundamental importância para a qualidade dos processos.

---

5 <http://www.capes.gov.br/bolsas/programas-especiais/acordo-capes-cofen>

De acordo com Magalhães, Riboldi e Agnol (2009), a tecnologia ainda não fornece meios suficientes para substituir recursos humanos por máquinas; no entanto, as novas tecnologias de monitoramento tem auxiliado na precisão das intervenções terapêuticas, gerando a necessidade de maior qualificação dos profissionais para sua incorporação, sem causar impacto na diminuição de trabalhadores necessários para operá-las.

Apesar das iniciativas de classificar os pacientes quanto ao grau de dependência e o estabelecimento de horas de enfermagem nas décadas de 70 e 80 (CAMPEDELLI, 1987), Magalhães, Riboldi e Agnol (2009) citam que apenas em 2004, através da Resolução COFEN 293/2004, foram estabelecidos parâmetros regulamentados para o dimensionamento do quadro de profissionais de Enfermagem nas Unidades Assistenciais das Instituições de saúde.

A previsão do quantitativo de pessoal é um processo que depende do conhecimento da carga de trabalho existente nas unidades de internação e isso depende, por sua vez, das necessidades de assistência dos pacientes e do padrão de cuidado pretendido (GAIDZINSKI, 1998). Assim, segundo Mazuela (2014, p. 1), “a Resolução COFEN nº 293/2001 traz a instrumentalização legal para possibilitar um planejamento adequado e, assim, defender junto à administração a provisão de profissionais de enfermagem para o desempenho das atividades”.

### **2.3.1 Sistema de Classificação de Pacientes**

Perroca e Gaidzinski (2002, p. 1) definem o Sistema de Classificação de Pacientes (SCP) como “um processo no qual se procura categorizar pacientes de acordo com a quantidade de cuidado de enfermagem requerida, ou seja, baseada no grau de complexidade da assistência de enfermagem”.

As primeiras experiências de classificação de pacientes em relação aos cuidados de enfermagem foram desenvolvidas por Florence Nightingale<sup>6</sup> (LAUS,

---

<sup>6</sup> Enfermeira britânica do século 19 que é conhecida por ser pioneira em diversas áreas da enfermagem. Fonte: Museu Florence Nightingale.

ANSELMÍ, 2004). Segundo Urbanetto et al (2012), Florence organizava as enfermarias de modo que os mais graves fossem alocados nas proximidades das mesas das enfermeiras. Segundo Laus e Anselmi (2004), o SCP teve início nos Estados Unidos na década de 1930, passando a ser utilizado nos hospitais, sendo que a principal finalidade era analisar e estimar os recursos necessários para os cuidados do paciente.

Perroca e Gaidzinski (1998) apud Urbanetto et al (2012) consideram que, no Brasil, uma das primeiras autoras a tratar do assunto foi Ribeiro (1972), que utilizou a denominação Cuidado Progressivo dos Pacientes (CPP) em sua tese. Segundo Urbanetto (2012, p. 2) “este estudo subsidiou o dimensionamento de recursos humanos em enfermagem, com o propósito de garantir uma distribuição igualitária da assistência, aumentando a produtividade e a eficiência hospitalar”.

Somente em 1996 (COFEN 189/1996 e atualizada em 2004 COFEN 293/2004) foi publicada a recomendação para o uso da classificação de pacientes e a determinação da competência do enfermeiro, estabelecendo-se que o cálculo de pessoal de enfermagem deveria ter como base a aplicação de SCP como um dos indicadores para estabelecer o perfil de cada paciente nas unidades hospitalares, as horas mínimas de ausência e a distribuição dos profissionais para cada tipo de cuidado (PERROCA, 2008).

Um dos elementos para o SCP é o escore “Schein/Likert” (Figura 4), onde os mesmos são avaliados segundo o estado mental, sinais vitais, deambulação, motilidade, oxigenação, eliminação, terapêutica e integridade cutâneo mucosa (CANAVEZI, 2010; MAZUELA 2014). O resultado da soma dos pontos, de acordo com grau de dependência, torna possível a classificação do paciente em função do nível de cuidados por ele requerido, como pode ser visto na tabela 1.

Figura 4: Escala de Schein/Rensis Likert

Pontuação	Cmn: Até 17 pontos	CSIntens: 29 a 39	Aplicação de pesos pelo grau de complexidade: 1 a 5		
Indicadores	Cinterm: 18 e 28	Cintens: 18 e 28			
<b>1- Estado Mental</b>	Lúcido/Orientado no tempo e no espaço (OTE)	OTE, dificuldade de seguir instruções	Período de desorientação no tempo e no espaço	Desorientado no tempo e no espaço	Inconsciente, sem resposta verbal
<b>2- Sinais Vitais</b>	Conforme rotina, 1 a 2 vezes ao dia e/ou não necessita de controle	Controle de 6 em 6 horas	Controle de 4 em 4 horas	Controle de 2 em 2 horas	Controle de 1 em 1 hora ou mais frequente, ou ainda controle horário de PVC, PAM, etc.
<b>3- Deambulação</b>	Deambula sem ajuda/ Autossuficiente	Encorajamentos e supervisão para deambular	Uso de cadeira de rodas, muletas e outros artefatos com orientação e supervisão	Uso de cadeira de rodas, muletas e outros artefatos com ajuda efetiva de enfermagem	Ausência de movimentos corporais, total dependência para ser removido do leito
<b>4- Motilidade</b>	Movimenta os segmentos corporais (MS e MI) sem ajuda/ Autossuficiente	Estímulo, encorajamento ou supervisão para movimentar segmentos corporais	Ajuda para movimentar segmentos corporais	Movimentação passiva, programada e realizada pela enfermagem	Mudanças de decúbito e movimentação passiva programada e realizada pela enfermagem
<b>5- Oxigenação</b>	Não depende de oxigenioterapia	Uso intermitente de O <sub>2</sub> por cateter ou máscara	Uso intermitente de O <sub>2</sub> por cateter ou máscara e outros cuidados simples	Com traqueostomia ou tubo endotraqueal com cuidados respiratórios simples	Com ventilação mecânica contínua ou intermitente, ou vigilância e cuidados respiratórios constantes
<b>6- Eliminação</b>	Não necessita de ajuda/ Autossuficiente	Autossuficiente, com controle de ingestão e eliminações	Orientação e supervisão para ingestão e eliminações	Ingesta, eliminações e controles realizados com a ajuda da enfermagem	Assistência constante da enfermagem, evacuação no leito e/ou uso de SV. Necessidade de controle das eliminações
<b>7- Alimentação</b>	Alimenta-se sozinho/ Autossuficiente	Estímulo, encorajamento e supervisão para se alimentar ou tomar líquidos	Não se alimenta sozinho, precisa da ajuda da enfermagem	Alimentação através de SNG, SNE, realizada pela enfermagem	Assistência efetiva da enfermagem, presença de estomas, SNG ou SNE, com controle rigoroso
<b>8- Terapêutica</b>	Medicamentos via oral (uma a várias vezes ao dia) ou de rotina	Medicamentos VO, IM, ID ou SC intermitente	Medicamentos através de SNG, endovenosos contínuos	Endovenoso contínuo, mais sangue ou derivados, NPP ou citostáticos	Uso de drogas vasoativas para manutenção da pressão arterial
<b>9- Integridade Cutâneo-Mucosa</b>	Sem lesão/solução de continuidade	Uma ou duas lesões com pequenos curativos simples (troca uma vez ao dia)	Uma ou mais lesões com curativos grandes (troca uma vez ao dia)	Duas ou mais lesões (escaras, ostomas), com curativos grandes (troca duas vezes ao dia)	Duas ou mais lesões infectadas com grandes curativos (troca duas ou mais vezes ao dia)
<b>10- Cuidado Corporal</b>	Cuida-se sozinho/ Autossuficiente	Encorajamento para banho de chuveiro e higiene oral	Banho de chuveiro e higiene oral com auxílio da enfermagem	Banho de chuveiro em cadeira de rodas e higiene oral realizada pela enfermagem	Banho de leito e higiene oral realizados pela enfermagem

Fonte: COREN/SP

Tabela 1: Classificação do paciente conforme escore Schein/Rensis Lickert

<b>Complexidade do paciente</b>	<b>Escore obtido</b>	<b>Tempo médio exigido (h)</b>
Paciente Cuidados Mínimos	Até 17	3,8
Paciente Cuidados Intermediários	De 18 a 28	5,6
Paciente Cuidados Semi-Intensivos	De 29 a 39	9,4
Paciente Cuidados Intensivo	De 40 a 50	17,9

Fonte: COREN/SP

## 2.4 PROCESSO DE ENFERMAGEM

O Processo de Enfermagem (PE) tem sido definido, segundo Pokorski (2009, p. 1), como “uma forma sistemática e dinâmica de prestar cuidados de enfermagem, que é realizado por meio de cinco etapas interligadas: avaliação, diagnóstico, planejamento, implementação e evolução”.

Segundo Zuse (2010), o Processo de Enfermagem possibilita ao enfermeiro desenvolver e aplicar a assistência através de conhecimento técnico-científico. “Os diagnósticos de enfermagem fornecem a base para seleção das prescrições de enfermagem, para atingir resultados eficazes no cuidado” (ZUSE, 2010, p. 1). Na década de 70, esta metodologia invadiu as escolas de graduação de enfermagem brasileiras, a partir das concepções de Wanda de Aguiar Horta (HORTA, 1979).

Uma das etapas do PE é o Diagnóstico de Enfermagem (DE) que, a partir dele, delibera-se a dispensação de cuidados objetivando resultados ideais no paciente e atuando nas necessidades individuais de cuidado (LUNNEY, 2011). Na década de 70, um grupo de enfermeiras estadunidenses e canadenses iniciaram uma série de estudos com a finalidade de construir uma terminologia que abrangesse paciente, família e comunidade com foco na responsabilidade do enfermeiro. A partir daí, iniciou-se o trabalho da *NANDA International* (NANDA-I, 2008; ALMEIDA, 2006). Cruz (2001) considera que em 1990 a NANDA-I conceituou o diagnóstico de enfermagem, o qual fornece estrutura para a seleção de prescrições de enfermagem direcionadas ao alcance dos resultados pelo qual o enfermeiro é responsável.

Além da etapa Diagnóstico de Enfermagem no Processo de Enfermagem,

destaca-se também a prescrição de enfermagem, que demonstra as ações ou atividades de cuidado de enfermagem. Entende-se que, quando o enfermeiro planeja ações deliberadas para alcançar uma meta ou objetivo com o seu cliente, esta habilidade intelectual é representada em uma prescrição de enfermagem (GEORGE, 2000). A prescrição de enfermagem é uma etapa do PE que orienta os cuidados a serem prestados de uma forma direcionada, individualizada e humanizada.

Segundo Carpenito (2002) e Tannure (2008), apesar de os enfermeiros não tratarem as condições médicas, eles prescrevem cuidados para as respostas humanas das condições clínicas. A prescrição de enfermagem faz parte do processo de enfermagem, como afirma George (2000). Assim, segundo Smeltzer (2006), os enfermeiros coordenam as atividades de todos aqueles envolvidos no processo de enfermagem, aliado ao julgamento acurado do diagnóstico de enfermagem.

Nesta perspectiva, Zuse (2010, p. 2) considera que “o raciocínio crítico e habilidades na tomada de decisão são essenciais na seleção dos cuidados de enfermagem prioritários aos pacientes, por isso recomenda-se o PE como base científica na assistência de enfermagem”. Dando respaldo a essa relevância optou-se neste estudo preocupar-se com os diagnósticos e as intervenções de enfermagem, por termos observado na literatura e nas vivências profissionais a grande importância da sua implementação para a tomada de decisão clínica no simulador.

#### **2.4.1 Classificação de Intervenções de Enfermagem**

A Classificação da Intervenção de Enfermagem (NIC), segundo Johnson (2012), é um estudo que criou uma classificação de intervenções de enfermagem, gerando uma extensa lista de mais de 500 intervenções.

A pesquisa para o desenvolvimento da Classificação de Intervenções de Enfermagem (NIC) iniciou-se em 1987 com a formação do time de pesquisadores

liderado por Joanne McCloskey e Gloria Bulechek na Universidade de Iowa. A equipe desenvolveu uma classificação padronizada de intervenções que foi publicada pela primeira vez em 1992. Esta classificação se diferencia de outras porque foca no trabalho do enfermeiro em vez de focar nas preocupações com o paciente (JOHNSON et al, 2012).

A definição de intervenção de enfermagem pode ser entendida como qualquer tratamento, com base no julgamento clínico e conhecimento, que uma enfermeira executa para melhorar os resultados do paciente/cliente (BULECHEK, BUTCHER, DOCHTERMAN, 2008 apud JOHNSON et al 2012).

Segundo Johnson et al (2012), cada intervenção definida no NIC consiste por um nome, uma definição e um rol de atividades que incluem as ações e princípios que constituem a intervenção e uma pequena lista de leituras adicionais.

NIC é continuamente atualizada e tem sido publicado em cinco edições. A edição de 2008 contém 542 intervenções e mais de 12.000 atividades. As intervenções são agrupadas, para facilitar a utilização, em 30 classes e 7 domínios para criar a taxonomia para a classificação. NIC pode ser utilizada em todas as unidades de cuidados intensivos, cuidados domiciliários, cuidados paliativos e cuidados primários e em todas as especialidades (de pediatria e obstetrícia até cardiologia e gerontologia).

Esta classificação é especialmente interessante para este trabalho porque traz consigo uma valiosa tabela de tempos médios. Bulechek (2013), uma das autoras do trabalho original sobre a NIC, descreve o tempo médio necessário para executar cada intervenção. Os tempos estimados foram agrupados em cinco categorias: (1) 15 minutos ou menos; (2) 16 a 30 minutos; (3) 31 a 45 minutos; (4) 46 a 60 minutos; (5) mais de 1 hora.

Bulecheck (2013) enfatiza que as estimativas são baseadas no julgamento de profissionais familiarizados com a intervenção e com a área de especialização. As categorizações apresentadas podem variar conforme o local onde é praticada e

seu executor. Outra característica da NIC é a informação da área de domínio em que cada atividade se enquadra, podendo ser de aplicabilidade exclusiva para profissionais de nível superior ou de nível médio.

O grupo de pesquisa em que este trabalho está inserido envolveu-se em um projeto cujo objetivo foi o de avaliar a carga de trabalho em uma unidade de internação, a partir do uso da NIC, e teve como resultado a correspondência entre as médias de tempo publicadas pela NIC e as médias coletadas em uma unidade de internação de referência (SOMENSI, 2016).

Estes tempos servem de base para que o simulador defina quanto tempo cada intervenção simulada necessita, podendo, portanto, produzir um resultado próximo à realidade. Logo, o tempo que o agente, que representa o profissional de enfermagem no ambiente de simulação, necessita para realizar determinada intervenção corresponde ao fornecido por Bulechek (2013) e que foi validado por Somensi (2016).

## 2.5 CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÕES

Entre os aspectos conceituais apresentados nesse capítulo estão os SMA, que consistem em uma subárea de pesquisa da IA distribuída, e tem como objetivo principal estudar e desenvolver técnicas e ferramentas para a solução de problemas complexos e distribuídos.

Para a solução desses problemas a abordagem de SMA propõe a utilização de agentes de *software*. Os agentes são componentes de *software* autônomos capazes de perceber e atuar em um ambiente, apresentando um comportamento flexível, agindo reativamente ou proativamente e interagindo com outros agentes para alcançar objetivos ou estados desejados.

Outro aspecto apresentado nesse capítulo está relacionado ao uso de simuladores na formação em saúde como método ativo de aprendizagem. A simulação de casos reais parece adaptar-se bem como estratégia de

desenvolvimento de conteúdo, onde o grupo de professores pode desenvolver casos clínicos, contemplando as diferentes disciplinas do currículo, e apresentando aos alunos um ambiente computadorizado na web.

O estudo do processo de enfermagem demonstrou algumas afirmações importantes e determinantes como a ininterruptibilidade, a inadiabilidade dos cuidados de enfermagem, a alocação adequada do profissional para determinada atividade e o correto dimensionamento de pessoal, baseando-se em elementos de classificação. A crescente evolução da tecnologia e sua adoção nos centros de saúde tornam o treinamento e a qualificação dos profissionais cada vez mais complexos, por este motivo deve-se considerar a importância da simplicidade, facilidade e alto nível (humanização) das ferramentas tecnológicas.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados alguns aspectos referentes a um conjunto de trabalhos encontrados na literatura. Esses trabalhos apresentam abordagens que utilizaram agentes para o desenvolvimento de simulações educacionais em saúde. Nesse sentido, essa revisão bibliográfica tem como objetivo principal o estudo da organização arquitetural desses sistemas, assim como a identificação e análise dos agentes empregados. Os aspectos levantados nesse estudo foram utilizados como base para a especificação e desenvolvimento da arquitetura multiagente proposta no Capítulo 4.

#### 3.1 SIMULAÇÃO DE DEPARTAMENTO DE EMERGÊNCIA

Stainsby (2009) desenvolveu um modelo de simulador baseado em agentes para simular departamentos de emergência em hospitais, a sua abordagem levou em consideração as propriedades dos agentes em um sistema multiagente, definindo cinco tipos de atores (agentes): paciente, acompanhante/familiar, equipe administrativa, enfermeiros e médicos. O estudo do modelo levou em consideração o processo de admissão e triagem do paciente, até o momento da internação ou da saída do hospital.

O objetivo é modelar um simulador de departamento de emergência considerando os procedimentos de triagem e admissão. Os processos envolvidos no desenvolvimento do modelo são: 1) análise; 2) desenho do modelo; 3) implementação do simulador; 4) execução do simulador e 5) validação do simulador.

Após as entrevistas iniciais com os profissionais no hospital, o modelo obtido foi dividido em três camadas: 1) recepção de pacientes; 2) triagem e 3) diagnóstico/tratamento.

A opção pelo modelo baseado em agentes ocorreu em função da necessidade de “humanizar” o simulador, ou seja, tornar o simulador mais próximo ao “elemento humano”, obtendo assim uma maior receptividade entre os

profissionais da área da saúde que, segundo o autor, são mais resistentes às soluções determinísticas, influenciados pela própria natureza da ciência da saúde.

Apesar de ser um modelo de simulador, pode-se observar a análise da complexidade dos eventos relacionados ao processo de admissão e triagem, concluindo que este tipo de abordagem de simulação, além de servir como uma ferramenta útil, é frequentemente visto na literatura, apesar das limitações relacionadas a complexidade das pessoas como entidades.

O trabalho define as interações entre os atores, porém não especifica a forma de comunicação entre eles. Como exemplo, na recepção as interações previstas são: paciente-administrativo, paciente-paciente e acompanhante-administrativo.

### 3.2 PLANEJAMENTO DE ALOCAÇÃO DE TRABALHO DISTRIBUÍDO

O trabalho intitulado “*Distributed and devolved work allocation planning*”, desenvolvido por Winstanley (2004), é citado por Chiaramonte (2008) como o primeiro trabalho que une sistema baseado em agentes com escalonamento de pessoal de enfermagem. Segundo Winstanley (2004), o problema de dimensionamento de pessoas pertence à classe de complexidade NP-Completo. Apesar de diversos autores terem desenvolvido trabalhos baseados em heurísticas e programação baseada em restrições, a dificuldade aumenta na medida que são adicionadas novas variáveis e se torna cada vez mais complexo de se resolver de forma determinística.

O problema proposto é criar um sistema de escalonamento de pessoal de enfermagem que leve em consideração os fatores legais, regras corporativas da instituição e as preferências pessoais dos enfermeiros. Entre estas preferências estão as relações interpessoais (quais profissionais têm mais afinidades para trabalho em equipe), tipo de paciente que se prefere atender, horários entre outros fatores.

Na proposta do trabalho de Winstanley (2004), em vez de se optar por uma abordagem determinística, a implementação é feita de forma que cada enfermeiro é um agente, e para preencher a escala de trabalhos, cada agente recebe uma planilha “em branco” para que ele possa preencher sua escala baseada nas suas preferências pessoais. Ao final do processo, o sistema combina as escalas e um agente gestor as ajusta, levando em consideração as diversas regras como, por exemplo, o uso mínimo de pessoal de sobreaviso, limite de carga de trabalho por pessoa entre outras regras corporativas.

O trabalho utiliza a metodologia baseada em agentes, que são divididos basicamente em enfermeiros e subdivididos entre “treinados”, “não-treinados” e “reservas”. A base de conhecimento e a programação são baseadas em restrições. A comunicação é feita através da troca de mensagens definidas em matrizes de dados (*arrays*) e tratadas diretamente pelos agentes.

### 3.3 O PROJETO SIMDECS

O Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde (SimDeCS) (FLORES et al, 2016) é uma ferramenta multiagente que simula o atendimento de um paciente em uma Unidade Básica de Saúde (UBS) ou visita domiciliar, onde o paciente é um personagem virtual e o jogador, um estudante médico. Durante o processo de atendimento, o jogador recebe intervenções de um preceptor (instrutor) que tem por objetivo orientá-lo na sua conduta. Os casos clínicos são modelados a partir de protocolos clínicos e diretrizes terapêuticas que são formulados dentro de rigorosos parâmetros de qualidade e representam o consenso técnico-científico.

A arquitetura do SimDeCS é um SMA formado por camadas. O nível mais baixo é a camada de conteúdo, que reúne as técnicas aplicadas para representação do conhecimento e que permitem a alimentação dos dados na base de conhecimento. Acima da camada de conteúdo, existe a camada de comunicação, que gerencia a interação entre os diferentes agentes que compõem o sistema. A

camada do topo é a de apresentação, desenvolvida em Flash, que troca informações com o usuário e com a camada de comunicação através de um Servlet Java. Servlet é um componente como um servidor, que gera dados HTML e XML para a camada de apresentação de uma aplicação Web.

O sistema é composto por três agentes: o domínio, o mediador e o aprendiz. O agente de domínio representa o domínio do conhecimento do especialista, representado pelos casos clínicos na camada de apresentação, enquanto o agente aprendiz representa o conhecimento do estudante. Se as decisões tomadas pelo estudante são diferentes das esperadas pelas informações presentes no caso, o agente mediador – que representa o tutor/instrutor – tentará motivar o aprendiz a revisar sua decisão ou obter informações adicionais do caso. O agente mediador guia o estudante através de estratégias pedagógicas selecionadas por um diagrama de influência.

A troca de informações entre os agentes é essencial para o desempenho do simulador. Os agentes no SimDeCS se comunicam sobre uma plataforma *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA). Para estabelecer a comunicação entre os agentes é necessária uma estrutura comum de referências e ontologias compartilhadas, que determinará como uma mensagem específica deverá ser interpretada. A comunicação no SimDeCS é estabelecida usando JADE (*JAVA Agent Development*). JADE fornece uma série de alternativas para o desenvolvimento de tecnologias baseadas em agentes, acelerando o processo de desenvolvimento.

### 3.4 CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÕES

Na academia, a abordagem de SMA encontra-se amplamente difundida, existindo várias propostas e estudos de casos. Nos trabalhos analisados foi possível identificar algumas abordagens que relatam a utilização de SMA para o desenvolvimento de sistemas em vários domínios diferentes da área da saúde.

Nos exemplos analisados, observa-se a utilização de agentes relacionados

à simulação de processos e gerenciamento onde a virtualização de atores representados por agentes trouxe um ganho à experimentação de modelos. Especificamente em atividades de processamento paralelo, os SMA podem ser de grande utilidade e efetividade pela sua natureza compartimentada (isolamento e independência).

Um outro aspecto interessante identificado na análise dos trabalhos é que os SMA representam um modelo aceitável de relacionamento entre atores diversos, tanto pela já citada natureza paralela quanto pela forma com que os agentes se comunicam, modificam e reagem ao ambiente em que se encontram.

Considerando os aspectos analisados, é possível concluir que os principais motivos que levam à utilização da tecnologia de agentes, nesses trabalhos, estão relacionados à infraestrutura paralela, flexível, escalável, distribuída e aberta que os SMA proporcionam. Também, a autonomia apresentada pelos agentes permite um melhor gerenciamento, controle e integração dos diversos componentes envolvidos nesses ambientes.

Com esse estudo foi possível identificar os principais aspectos e requisitos de aplicações voltadas à simulação em saúde, em especial ao fator humanizador citado no primeiro trabalho correlato, que é de suma importância para a aceitação do simulador como ferramenta de estudo na área da saúde.

A análise destes trabalhos serviu como base para o desenvolvimento deste projeto, apresentado no próximo capítulo. A tabela 2 resume os principais aspectos dos trabalhos analisados em relação a arquitetura desenvolvida, base de conhecimento utilizada e os mecanismos de comunicação entre agentes.

Tabela 2: Trabalhos correlatos e suas características

<b>Trabalho</b>	<b>Arquitetura</b>	<b>Base de conhecimento</b>	<b>Comunicação</b>
Simulação (seção 3.1)	Agentes	Banco formado por especialistas da área	Não definida, possuem apenas conexões, sem comunicação.
DDWALP (seção 3.2)	Multiagentes	Regras e <i>constraints</i>	Troca de mensagens diretas com matriz de dados
SimDeCS (seção 3.3)	Multiagentes	Redes Bayesianas, diagramas de influência e casos clínicos	Biblioteca JADE (implementação FIPA)

Em termos gerais, apesar de serem trabalhos diferentes, todos estão baseados nos pilares da computação como ferramenta para a área da saúde. As conclusões, dentro de suas particularidades, trazem como resultado os ganhos em potencial da tecnologia aplicada à saúde.

## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.1 MODELO CONCEITUAL

O modelo conceitual adotado durante as fases de análise e desenvolvimento é de um simulador constituído por agentes de *software* em um ambiente virtual (Seção 2.1.1) com base de conhecimento apoiado em fontes distintas: NIC, regras e leis; e dados provenientes de especialistas da área (Seções 2.3 e 2.4).

Os agentes de *software* utilizam a abordagem “reativa” (Seção 2.1.3) baseados em regras e interagem entre si através de um protocolo de comunicação *ad hoc*, ou seja, construído especificamente para este trabalho (Seção 2.1.4).

#### 4.1.1 Agentes

Os agentes foram divididos em cinco tipos: pacientes, enfermeiros, técnicos, médicos e familiares. Os agentes pacientes possuem dados que definem sua atuação durante a simulação, dentre os dados mais importantes está o seu nível de complexidade (Seção 2.3.1). Com base no nível de complexidade (Tabela 1), o simulador define o tempo médio de atendimento que o agente paciente recebe dos agentes enfermeiros. Estes agentes possuem ainda duas categorias de base de conhecimento: NIC e especialistas. Os agentes pacientes, com base em dados fornecidos por especialistas, trabalham de forma sistemática, seguindo o que foi programado anteriormente pelo especialista (professor, tutor). Os demais agentes pacientes utilizam os dados fornecidos pela NIC para definir as atividades e seus tempos.

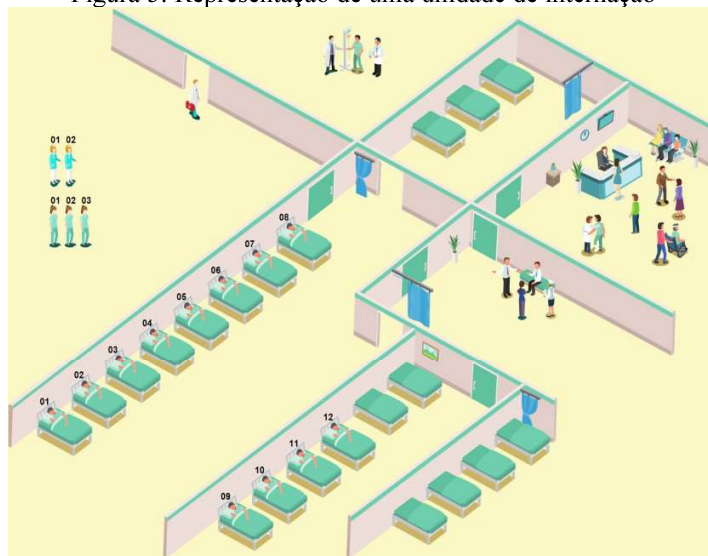
Os agentes enfermeiros são agentes reativos, sendo que estes observam o ambiente e reagem ao estímulo que lhe for empregado. Estes estímulos podem ser por meio de atividades programadas ou atividades de intercorrência provenientes de agentes pacientes.

Os demais agentes são agentes produtores que geram eventos de demandas de atendimento durante o período da simulação, atuando como coadjuvantes para empregar mais realismo a simulação. O mecanismo que fornece dados a estes agentes pode ser programado ou definido aleatoriamente através de fatores de tempo.

#### 4.1.2 Ambiente

O ambiente é uma unidade de internação (Figura 5) com 21 leitos, sendo que o percentual de ocupação pode ser ajustado pelo aluno na sua experimentação, e são aceitos valores de três a 21 pacientes. Os controles que definem o ambiente são a sua limitação física de leitos, a disposição dos leitos (em uma unidade) e o tempo.

Figura 5: Representação de uma unidade de internação



#### 4.1.3 Bases de conhecimento

As bases de conhecimento utilizadas no simulador são obtidas de duas

fontes distintas: NIC, regras e Leis; e dados fornecidos por especialistas. NIC fornece uma série de atividades de enfermagem contendo o nome da intervenção, seu tempo médio e o tipo de profissional que deve exercer tal intervenção (ensino médio ou superior). Ao longo do desenvolvimento do trabalho, com auxílio de especialistas da área, a tabela provida pela NIC foi filtrada para se adequar as realidades brasileiras, resultando em uma tabela mais precisa (Figura 6).

Figura 6: Tabela de intervenções

Opção 1

	▼
Acompanhamento por Telefone	▲
Aconselhamento	
Aconselhamento Genético	
Aconselhamento na Pré-concepção	
Aconselhamento Nutricional	
Aconselhamento para Lactação	
Aconselhamento Sexual	
Acupressão	
Administração de Analgésicos	
Administração de Analgésicos: Intraespinal	
Administração de Anestesia	
Administração de Enema	
Administração de Hemoderivados	
Administração de Medicamentos	

Outra fonte de conhecimento são os dados fornecidos pelo especialista da área (professor, tutor), que pode definir uma sequência de estados que o paciente terá (Figura 7).

Figura 7: Sequência de estados do paciente

Estados

Cód	Estado
001	Mobilidade física prejudicada
002	Comunicação verbal prejudicada
003	Risco de glicemia instável
004	Novo estado

#### 4.1.4 Comunicação entre agentes

Para a comunicação entre agentes (Seção 2.1.4) foi desenvolvido um protocolo *ad hoc*, ou seja, específico para esta finalidade, permitindo três formas de comunicação:

- Agente → agente: permite a comunicação entre dois agentes, análoga a uma conversa por telefone.
- Agente → grupo: permite a comunicação entre um agente e um grupo de agentes, análoga a uma conversa entre pessoas.
- Agente → todos: também chamada de *broadcast*, permite a comunicação de um agente para todos os agentes, similar a um comunicado via sistema interno de som de um hospital.

Nesta etapa, as mensagens foram padronizadas utilizando a taxonomia NIC, permitindo que os agentes façam a inferência nas mensagens para determinar a atividade pretendida (todos os agentes possuem acesso à tabela NIC).

#### 4.1.5 Tempo

O período simulado é de um turno de seis horas; porém, para que a simulação se torne mais ágil ao aluno, o tempo é acelerado durante os processos automatizados e natural durante as intervenções do aluno. Desta forma uma simulação pode ser concluída em um período de 3 a 5 minutos (dependendo da latência do aluno).

## 4.2 ETAPAS DA SIMULAÇÃO

### 4.2.1 Acesso

Assim que o aluno acessa o simulador, lhe é apresentada a tela inicial com algumas informações, além do formulário de usuário e senha (Figura 8). O cadastro de usuário e senha pode ser integrado com o serviço de diretório da instituição permitindo que os alunos tenham acesso sem precisar de um cadastro especial, utilizando o seu e-mail institucional. O acesso através de usuário e senha, além de identificar os alunos, diferencia o aluno do professor, sendo que o professor possui acesso aos relatórios de performance dos alunos, além do módulo de administração que permite o cadastro de pacientes e atividades.

Figura 8: Tela de acesso ao simulador

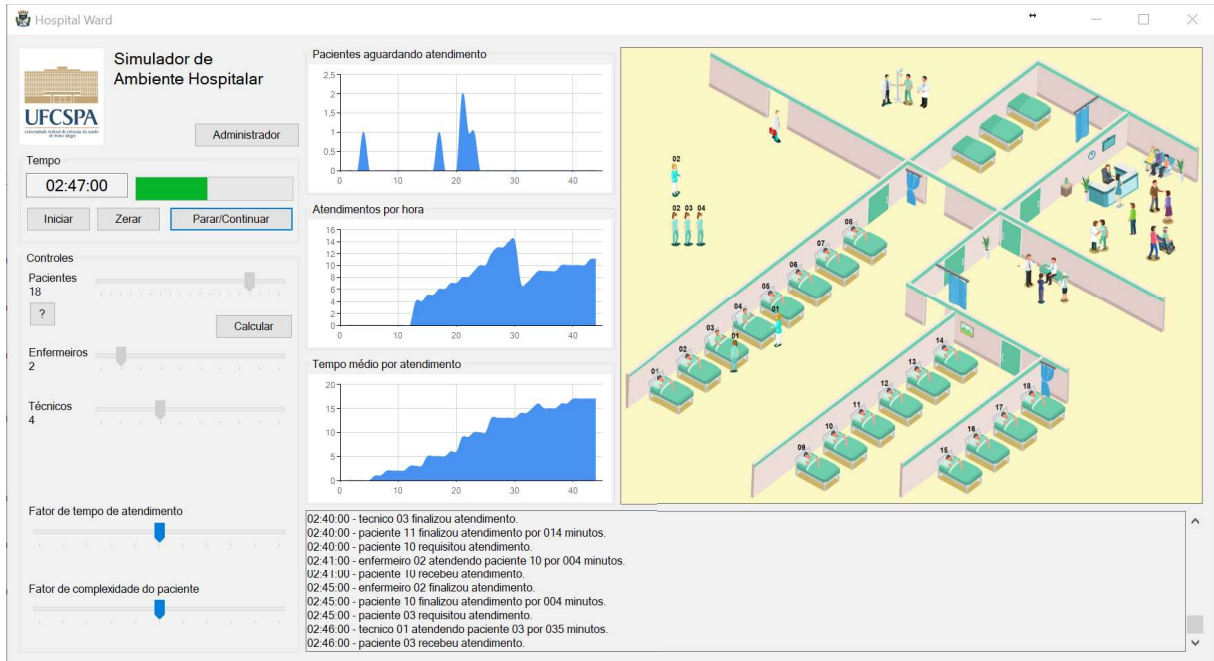


É importante salientar que as imagens ilustrativas utilizadas no simulador foram devidamente licenciadas pelo autor deste trabalho.

#### 4.2.2 Console principal

A etapa seguinte, ilustrada na Figura 9, é a interface principal do simulador onde o aluno tem contato com a unidade de internação e os parâmetros de simulação.

Figura 9: Unidade de internação



A unidade de internação, demonstrada na Figura 6, possui alguns elementos importantes:

1. Tempo: o aluno pode iniciar a simulação e acompanhar o andamento do tempo.
2. Quantidade de pacientes: é possível alterar a quantidade de pacientes e experimentar a simulação, porém não é permitida a alteração durante a simulação, somente antes de iniciar a simulação.
3. Quantidade de enfermeiros e técnicos: o aluno pode experimentar a simulação variando a quantidade de profissionais envolvidos, assim como na quantidade de pacientes, só é permitido alterar a quantidade de enfermeiros e técnicos antes de iniciar o processo de simulação.
4. Gráficos de acompanhamento: gráficos de pacientes aguardando atendimento, atendimentos por hora e tempo médio de atendimento são demonstrados para facilitar a visualização do processo de simulação e seus resultados de maneira instantânea.

### 4.2.3 Calculador de dimensionamento

O simulador oferece uma calculadora de pessoal, demonstrada na Figura 10, baseada nas regras do COFEN (2004), na qual o aluno pode ver o cálculo final, considerando os parâmetros da unidade de internação, segundo Canavezi (2010).

Figura 10: Cálculo do COFEN

The screenshot shows a software window titled 'FormCalculo'. The main area is divided into two columns. The left column, titled 'Cálculo Cofen', contains several rows of input fields and calculations. The first row is 'Pacientes' with the value 8. Below it are rows for PCM (4), PCI (1), PCSI (3), and PCIT (0). Each of these rows has a 'Horas / pac' field and a 'Horas enf.' field. For PCM, the calculation is 4 x 3,8 = 15, with a 'Prevalente' button. For PCI, it's 1 x 5,6 = 5. For PCSI, it's 3 x 9,4 = 28. For PCIT, it's 0 x 17,9 = 0. Below these is a 'DS' section with a value of 7, and a 'JST' section with a value of 36. A calculation is shown: 7 x 1,15 = 0,223611 x 48 = 11. The right column contains two sections: 'Pessoal 24h' and 'Pessoal Gh'. Each has four input fields: 'Total pessoal', 'Proporção', 'Nível superior', and 'Nível médio'. For 'Pessoal 24h', the values are 11, 35, 4, and 7 respectively. For 'Pessoal Gh', the values are 3, 35, 1, and 2. A 'Fechar' button is at the bottom right.

### 4.2.4 Classificação do paciente

O primeiro desafio apresentado ao aluno é a classificação de três pacientes quanto ao nível de complexidade do cuidado (Seção 2.3.1). Nesta etapa o aluno recebe a informação da descrição do caso clínico e o questionário baseado em Schein/Likert (Figura 11) e deve proceder com a devida classificação, como demonstrado na Figura 8. Estes três pacientes que o aluno deve classificar já possuem sua classificação previamente definida pelo especialista e, portanto, após

o aluno preencher as respostas ele recebe a informação de seus acertos e seus erros.

Figura 11: Classificação do paciente durante a simulação

**FormClassificacao**

**Classificação do paciente** Concluído

Atenção:  
Classifique o paciente conforme as regras apresentadas em sala de aula

Classificação Morse

1- Estado mental

2- Sinais Vitais

3- Deambulação

4- Motilidade

5- Oxigenação

6- Eliminação

7- Alimentação

8- Terapêutica

9- Integridade Cutâneo-Mucosa

10- Cuidado Corporal

Descrição do paciente

57 anos, masculino, casado, auxiliar de pedreiro, residente e natural de São Paulo, procurou o pronto atendimento de um hospital de grande porte no município, sendo admitido para internação hospitalar.

Queixa principal: acentuada falta de ar e tosse produtiva abundante de coloração esbranquiçada.

História da doença atual: relata que a falta de ar e tosse aumentaram nos meses de inverno, com duração de 4 meses, ocorre todos os anos há aproximadamente 7 anos, refere ainda que realiza tratamento na unidade de saúde da família mas que nas crises procura o pronto-atendimento devido a sensação de angústia respiratória, relata que no trabalho, às vezes, sente falta de ar quando realiza um grande esforço físico e que tem conhecimento de que a poeira e cimento prejudicam sua saúde.

História de saúde atual: relata não ter conhecimento de outras doenças diagnosticadas pelo médico da USF, obeso, relata que teve ganho de peso de 8kg nos últimos 3 meses, nega cirurgia prévia, refere ter alergia a dipirona.

Histórico familiar: refere ainda que um irmão, uma irmã e o pai tem bronquite crônica, a mãe e as outras duas irmãs são hipertensas, o pai faleceu há 5 anos por complicações respiratórias.

Medicações de uso contínuo: faz uso de teofilina de 12/12h por 3 dias quando em crise, spray Aerolin 12/12h, ambroxol 3 vezes ao dia, nebulização com 4 ml de soro fisiológico, duas gotas de fenoterol e 6 gotas de brometo de ipratrópio, três vezes ao dia.

Histórico pessoal e social: relata que dorme em torno de 5 horas por noite pois eu trabalho exige que esteja às 7h da manhã e leva duas horas para chegar ao local, refere que quando está em crise tem que dormir quase sentado pela grande falta de

#### 4.2.5 Atendimento ao paciente

Assim que os pacientes são devidamente classificados pelo aluno, o simulador inicia a etapa onde o aluno é desafiado a decidir que ações profissionais tomar para atender às necessidades de cuidados de saúde dos pacientes previamente classificados como demonstrado na Figura 12.

Figura 12: Atendimento ao paciente durante a simulação



**Atendimento ao Paciente**

L. F. 56 anos, masculino, casado, aposentado, procedente de Novo Hamburgo, RS. Levado pelo filho para emergência do hospital municipal da cidade com dispneia intensa, cianose e pele fria e dor torácica no último sábado. Sua queixa principal na admissão era dificuldade aguda para respirar, com sensação de asfixia, tosse com escarro espumoso róseo e dificuldade para dormir em decúbito plano. Tem histórico de DPOC e insuficiência cardíaca (IC) em tratamento há 12 anos. Hoje na avaliação do enfermeiro, paciente informa ter apresentado queda ao solo no banheiro, após o banho, provavelmente relacionado ao medicamento para controle da pressão. No momento, apresenta-se lúcido, orientado em tempo e espaço e coerente. Está sentado na poltrona ao lado de seu leito e dialoga sem dificuldade, embora esteja apresentando cianose perioral discreta, mucosas pouco úmidas, tosse com escarro esbranquiçado e dispneia aos grandes esforços (para deambular a longas distâncias). A ausculta pulmonar, evidência poucos crepitações em bases, melhora da expansão torácica, e murmúrios vesiculares distribuídos em apices. A frequência respiratória = 26 mm e saturação (SP O<sub>2</sub>) = 89%; ausculta cardíaca: ritmo regular. 2T, bulhas hipofonéticas, frequência cardíaca = 102 bpm; pressão arterial sentado = 140 x 95 mmHg, presença de turgência venosa jugular a 45°. Fígado

**Atendimento**

Paciente com dificuldade na respiração.

Escolha a opção adequada ao enunciado acima

Proporcionar permeabilidade de vias aéreas

Controle da Dor

Controle da Nutrição

Controle de Edema Cerebral

Concluído

*Exemplo onde o aluno recebe o caso clínico, o enunciado sobre o atendimento e algumas opções. Todas estas informações são advindas do mesmo banco de dados alimentado pelo especialista.*

Assim como na etapa da classificação do paciente (Seção 4.2.4), o resultado é definido pelo especialista, portanto ao responder a questão o aluno recebe um retorno do simulador informando se sua resposta está correta ou não.

## 5 RESULTADOS – ARTIGO

International Journal of Medical Informatics

# Hospital Ward Simulator for Nursing Class Experiments

Gustavo Henrique Cervi<sup>a,\*</sup>, Rute Merlo Somensi<sup>a</sup>, Rita Catalina Aquino Caregnato<sup>a</sup>,  
Ana Amélia Lima<sup>a</sup>, Ana Respício<sup>b</sup> and Cecília Dias Flores<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Federal University of Health Sciences of Porto Alegre – UFCSPA, Brazil

<sup>b</sup> Universidade de Lisboa – Lisboa, Portugal.

---

### Abstract

**Background:** Computer simulations are growing in direction to improve teaching in various ways. The use of this technology are often described as a useful tool for students and teachers. **Aims:** This paper aims to describe the design, development, and usability evaluation of a freely available hospital ward computer simulator for teaching staffing and decision-making skills to nursing students. **Methods:** First a prototype was developed as a concept proof, after the whole project was developed based on a medium size hospital related to the university, NANDA-I-NIC and specialists knowledge. **Results:** The simulator was perceived by the students as an attractive, motivational, realistic, ease to understand and focused on the student improve. Almost all answers were positive and no student left the experiment. **Conclusions:** After some experiments the simulator shows itself as an important tool and may be increased with other artificial intelligence techniques and more extensible knowledge base.

*Keywords:* computer simulation, simulator, nursing diagnosis, staffing, hospital ward

*Acknowledgements:* This work was partially supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and the Portuguese Funding from FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, under the project: UID/MAT/04561/2013

---

## 1. Introduction

People management in a hospital is often shown as a hard task to managers and general staff [1,2,3]. The main distribution of people at a general hospital relies on several variables such as staff degree, inpatients severity and available equipment and space at wards. For each item on the assets list, there is a full range of subsets that may or may not imply on best results [1,3].

Efficiency and constancy are some of the attitudes that can make the difference at the management level to minimize the impact of these high values [2]. In fact, the data analysis contributes to reducing costs but instead of fixing the actual situation, the prospective analysis may be more effective to the problem than the retrospective [3]. To make these prospective studies, this paper proposes the development of a computer simulator for a hospital ward, inpatients, nurses and technicians.

To achieve the goal, a computer simulator must be as real as possible to the scenario simulated [4,5], it includes the ward, beds, machinery, people, inpatients, staff and other elements. People, inpatients and staff can be represented as actors, and talking about actors, one of the main technologies adopted to handle is the software agents [6].

Software agents need some elements to work with, and one of these is the knowledge database of the agent. It can be simplified as the source of the knowledge that the agent will use to make decisions, these sources may be a decision tree, a Bayesian network, neural network or a set of rules and constraints defined by some specialist [4,7].

The specialist is the person that owns the required knowledge to feed the constraints lists and, based on self-experience, randomize the activities performed by some subject (e.g. inpatient or nurse). Nurses work are defined by a set of well-known practices, the most known list of this set was described by NANDA-I<sup>7</sup> publications, and the subset of NANDA-I called NIC<sup>8</sup> describes an enrollment of activities performed by nurses [8,9].

The nurse's workload is defined by various sources, one of them is the current law and regulations provided by local government and class associations, these definitions varies based on each country rules but, in general, the most common constraints are related to the time shift, staff quantity and inpatients complexity [2,3].

Considering all information regarding the study, this paper describes the construction of a computer simulator of a hospital ward, using software agents as actors (inpatients, nurses, technicians) and based on NANDA-I-NIC taxonomy to enroll activities with the supervision of a specialists group. The main goal of the simulator is to work as an educational tool for use in nurse graduation, as another course if applied.

## 2. Materials and methods

### 2.1 Technology

The simulator was first developed as a prototype, after a full range of tests, the code was translated to the ".NET framework" written in C# language. The presentation layer relies on the WPF structure (desktop application) for easiness of low-level hardware support (performance issues on 2D and 3D rendering). Since this software will be available as a free software, not a single paid library was used to build whole simulator, resulting in a totally free software available for anyone.

### 2.2 Knowledge base

The knowledge base is provided by three main sources: NIC, specialists and constraints provided by the current local law. From the NIC taxonomy, a full set of nursing activities was enrolled, in the NIC tables, it's possible to acquire the mean times related to each activity, so with this information was possible to simulate how long each activity was taken to be realized. Another important information acquired by NIC is the professional level required to perform the activity (graduated or technician).

From the specialist group, a set of clinical cases was acquired to challenge the student to answer questions during the simulation. These clinical cases were composed by a textual description containing all information needed by the student to understand the inpatient needing and a simple set of activities that the inpatient will require during the simulated work shift.

### 2.3 Models

The main model of the simulator was based on a SMA (Multi-Agent System) [10,11] which contains three types of agents: inpatients, nurses and doctors. Inside the code, each agent work as a standalone process and they communicate through a communication bus that simulates three type of messaging: direct agent-to-agent, group message agent-to-group (e.g. inpatient to all nurses) and broadcast message agent-to-all. These types help to simulate a phone call (agent-to-agent) a group call and a broadcast via internal hospital sound system. Since a message is sent, one or more listener receive the message and the first worker available assumes the job.

### 2.4 Educational background

At the educational part, the primary focus is the nursing students with the possibility of being used in other courses related to the hospital ward work. The use of the simulator allows the students to experiment the work environment of a hospital ward including the nursing staffing, inpatient complexity classification, clinical reasoning and decision making activities. This is the primary focus of the whole simulator, to provide a useful

---

<sup>7</sup> NANDA-I International, previously called "North American Nursing Diagnosis Association".

<sup>8</sup> Nursing Interventions Classifications.

tool for students and teachers to experiment the hospital ward in a virtual environment. It's well known that the simulation in health education brings better results to the students [12,13,14].

### 2.5 Evaluation

The evaluation was performed in the classroom with eleven nursing students in the third year of nursing graduation college. At this point of the course, the student could manage a team and to handle with law constraints and other factors like local nursing associations recommendations. At the classroom, after a simple explanation of the simulator use, each student was connected to the simulator and could perform all tasks required by the application.

After the tryouts, at the end of the class, all students received a simple questionnaire, not obligatory but all students voluntarily answered. The questions were based on ten gold rules [15].

#### 2.5.1 Methods

At first, a preliminary study was made to acquire the necessary data to build the ward. For this study, a medium size hospital, related to the university, was used as a model. The common ward unit contains, in mean, 20 beds and on a normal day, the occupation is 80%. The normal time shift is 6 hours, so each day is divided into four shifts (morning, evening, early night and late night). The inpatients admission and out occurs at the end of the shifts (except at night). The simulator, at the first stage, do not allow inpatients in or outs, except in a simulated death, so the simulation occurs in one time shift of six hours.

Each inpatient has their own complexity level, divided into four levels: minimum care, intermediate care, semi-intensive care and intensive care. For each care level, there is a required nurse care time (in mean). To classify each inpatient with their care level, the nurse uses a classification table based on Rensis/Likert style classification.

In the startup process, the simulator randomizes the inpatients quantity and complexity level for each inpatient (up to 20). One student can't handle this number of inpatients at the same time so the strategy adopted was that the student will take care about only three inpatients.

Based on the specialist made clinic case, three inpatients will require the student attention during the simulation, at this moment is only three because one student cannot handle all inpatients in the simulated ward (up to 20 inpatients).

#### 2.5.2 Agents

There are two types of inpatient agent: autonomous and programmed. The autonomous agent work in response to randomized events based on the knowledge base (NIC, constraints and rules) and based on the patient complexity level. E.g. a patient at minimum care level will require randomized NIC activities up to the maximum required by his level (up to a limit in a day).

The other type of inpatient agent is programmed by the specialist to require defined activities through the shift. These activities are known by the simulator and for each activity required by the inpatient, the simulator will show a challenge to the student solve. E.g. the patient have shortness of breath, what to do?

This is a reactive agent, it will answer to the inpatient calls and handle the activities. The main purpose of this agent is to measure the workload of the full staff, once one nurse agent is allocated to an activity at some inpatient, it cannot be allocated to another one, so if the ward is demanding more attentions that the available staff can handle, the stress will increase and the quality of the service will decrease.

To allow multiple simulations during one class, the time was speedup to one tenth of the real time, it means that each simulated minute takes only six seconds, so each simulated session will last six minutes.

**Table 1. Agents**

Name	Base	Interacts with
Patient	The specialist data;	Nurses; Doctors; Students;
Nurse	Knowledge base;	Patients;

	The specialist data; NIC; Laws and local rules;	Other nurses; Doctors;
Doctor	The specialist data;	Patient; Nurses;

### 2.5.3 Communication between agents

Since the agents must interact with each other, one communication protocol was developed to perform this function, this protocol was based on a thread-safe bus accessible by all agents' instances, once one agent was created, it presents itself to the bus registering to the events listener. This way was possible to interact with one-to-one, one-to-many and many-to-many agents allowing to simulate a wide range of communication types found in a hospital (phone call, internal sound system and personal talking). This protocol permits another type of communication that is not based on messages, but based on events, since one patient can trigger some event like "heart rate monitor beep" and this event are addressed to the nearest nurse, like a common situation at a hospital ward.

The following figure illustrates the communication bus and the actors evolved. The background of the communication is the ambient and the actors "talk" to each other through this way.

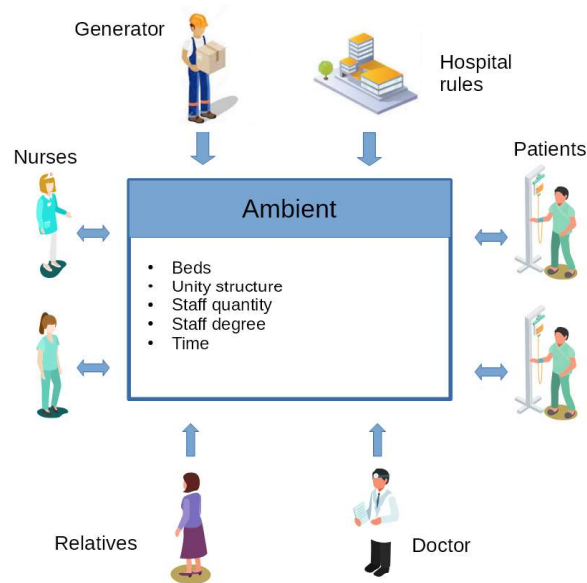


Fig. 1: Communication between agents

### 2.5.4 Ethics

All the parts of the study as approved by the University Ethics Committee, including the test in the classroom, the questionnaire and the participation of the specialists. The students received written information about the participation and full assistance during all the phases. No one was obligated to participate and the eventual refuse to participate was not implied on the grade reduction at any level. During all the evaluation, the students were perfectly allowed to leave participation, without any penalties, however, no student left during the class activity. About the copyright, all images and artwork used in the simulator was licensed by the corresponding author for use in this software and all software libraries and components are free to distribute.

### 3. Results

The result is a computer simulator that mimics a hospital ward. The main screen is the “login” screen as seen on figure 2.



Fig. 2: Login screen

After login, the student have access to the main screen (fig. 3), the simulation console, this screen is composed with inpatients, nurses and technicians controls, time controls, charts and a visual representation of the hospital ward with beds, inpatients, doctors, nurses, technicians and relatives. At this screen, the student have the time and complexity control of the simulation. The main console shows three real time charts while the simulation is running. The topmost chart represents the inpatient count awaiting for attendance. If the staff is handling all inpatients calls, this chart may run empty otherwise the chart will show a growing curve. The middle chart shows the calls count per hour, a non linear chart means a high entropy on the algorithm and shows a very randomized set of calls during the simulation. The bottom chart represents the attendance mean time, the chart area is the total care time applied to the inpatients.

Although the simulator algorithm calculates the nursing staffing based on laws and constraints, it is possible to change the variables inpatients count, nurses count, technicians count through a slider control. Changing this controls, the student can brake the current rules and may experiment different sceneries from the ones expected by current regulations enforcement. At the bottom of the window, there are two more sliders, the top one represents the care time factor and the second is the care complexity factor, these two sliders allows the student to experience a more flexible simulation.

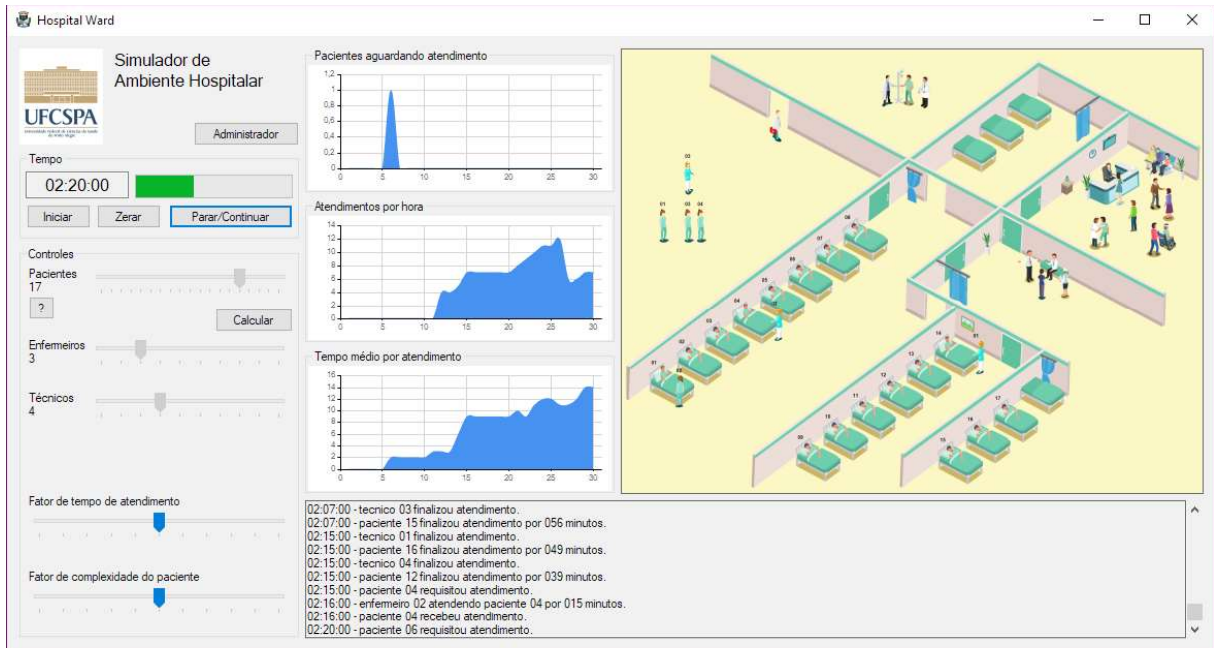


Fig. 3: Main simulation screen

On the figure 4 the student are challenged to classify the inpatient based on the Rensis/Likert style questionnaire, the result of this form is the score used to the inpatient complexity classification. The right classification will increase the management efficiency allowing the manager to choose the right staff count. The otherwise will cause stress to staff due to people shortage or increase the overall costs in case of requiring more people than needed.

Fig. 4: Inpatient classification

Eventually, at random times, the student is challenged to solve situations to promote the development of clinical reasoning and decision-making skills, tasks and questions were formulated to encourage students to

apply, analyze and synthesize knowledge based in the scenarios. In the figure 5 the student interact to the inpatient due to a call, this call is followed by a given problem description, once answered the simulator will report a feedback to the student. Based on the student decision, the simulator may changes the inpatient health state, it can be a better state or worse state. At this form, the student have all information they need, including the full clinical case description.

Fig. 5: Inpatient activity

### 3.1 Evaluation results

As result of the evaluation in the class, one table was composed to illustrate the student perception of the tool. The following table represents the answers collected from students after the class where the simulator was used as a learning tool. The questionnaire was divided into 12 questions based on the 10 gold rules for simulator evaluation [15]. All the questions but three are based in the Lickert style where “one” means “very bad” and “five” means “very good”.

Table 2. Results

Question	Mean	Standard deviation
1) Was this exercise developed focused in the student improvement?	5	0
2) This type of exercise do stimulate student interactivity with technological tools to solve proposed problems?	5	0,302
3) How about the ability to motivate and focus on solving the problem proposed?	5	0,405
4) At some point during the development of the exercise did you feel pressured and forced to move forward without understanding the problem in its entirety?	0% Yes 90% No	

	10% Partially	
5) The exercise you have done, regarding your ability to generate autonomy in your learning, so that you can conduct your studies at your own pace?	5	0,302
6) The exercise, regarding the relevance and contextualization of the contents approached for your learning?	5	0,405
7) Do you believe that the exercise performed provides scientific depth on the subject addressed?	100% Yes 0% No 0% Partially	
8) As to the visual aspect of the exercise and how the content was presented, you judge the exercise:	5	0
9) How do you evaluate the ease of use of the exercise interface?	5	0
10) How do you evaluate the attractiveness of the exercise interface?	5	0
11) How do you evaluate the navigability of the exercise, ie the ease of finding the information and directions of the next steps?	5	0,522
12) Did you find the exercise too long?	0% Yes 100% No	

It's possible to observe the satisfaction with the tool, maybe because the method provides an interactive way to experiment the hospital ward and see the staffing calculations in an attractive visual way which was denoted as "very better than numbers on the paper". Another important factor was the inpatient manipulation through the simulation, based on the clinical case provided by the specialist (in this case the teacher), the students not only was able to "play" diagnosis but also see the results of their decisions in a controlled environment.

Analyzing the data after the whole experiment, one of the findings was the divergence from the recommended staff by the law and the federal nurses conceal, this divergence relates to a very important gap in the actual workload per nurse and the workload described in the regulations. At first, the research group concerned about some misconception or any other research bias but after several analysis at a real hospital ward, the concern was resolved and this divergence between real and simulated resulted on a new study about this gap. This part is closed related to local rules and laws (Brazilian) but after some research [16] was possible the determinate that this problem affects other locations too causing stress, low-quality care and nurses turnover. Although this finding is very important to quality and general workers satisfaction, this was not the main object of this study but part of another study from the same research group at the university.

#### 4. Conflict of interests

None.

#### 5. Conclusion

The results of this project were very positively to all researchers, it's known that computer simulations when correctly designed, increase the student performances and allow a wide range of experimentation that may be very difficult to reproduce in the real world. This study also made possible to provide a useful tool to the teacher at the classroom, requiring a little effort to register the clinical cases and the necessary knowledge to the simulation work with, it's an interesting alternative to the staffing calculations on paper. Although the classroom evaluation was very positively, there is a long way to walk in direction to make a more precise simulator, other projects can be merged to improve the inpatient behavior simulator and the natural path is to add more complex IA techniques to the actors for an even more realistic simulation.

## 6. References

1. O'Donnell DM, Livingston PM, Bartram T. Human resource management activities on the front line: a nursing perspective. *Contemp Nurse*. 2012 Jun;41(2):198-205. doi: 10.5172/conu.2012.41.2.198. PubMed PMID: 22800386.
2. P. Daniel Wright, Stephen Mahar, Centralized nurse scheduling to simultaneously improve schedule cost and nurse satisfaction, *Omega*, Volume 41, Issue 6, December 2013, Pages 1042-1052, ISSN 0305-0483, <http://doi.org/10.1016/j.omega.2012.08.004>.
3. Broos Maenhout, Mario Vanhoucke, Reconstructing nurse schedules: Computational insights in the problem size parameters, *Omega*, Volume 41, Issue 5, October 2013, Pages 903-918, ISSN 0305-0483, <http://doi.org/10.1016/j.omega.2012.10.010>.
4. Russel, Stuart; Norvig, Peter. *Artificial Intelligence*. 3rd ed. Elsevier, 2013.
5. Luger J. F. *Artificial Intelligence*. 6th edition. Pearson. 2014.
6. Prieta F.D.L., Rodríguez S., Morchado J.M., Bajo J. *Infrastructure to Simulate Intelligent Agents*. IOS Press. 2015.
7. Wooldridge, Michael (2002). *An Introduction to MultiAgent Systems*. John Wiley & Sons. p. 366. ISBN 0-471-49691-X.
8. Herdman, T. H., Kamitsuru S. (Eds.). *NANDA-I International Nursing Diagnoses: Definitions & Classification, 2015–2017*. Oxford: Wiley Blackwell. 2014
9. Johnson M., et al. *NOC and NIC Linkages to NANDA-I and Clinical Conditions*. Elsevier. ISBN: 978-0-323-07703-3. 2012.
10. Weiss, G. (2013). *Multiagent systems* (2nd ed.). Cambridge, MA: The MIT Press.
11. Kubera, Yoann; Mathieu, Philippe; Picault, Sébastien (2010), "Everything can be Agent!", *Proceedings of the ninth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS'2010)*, Toronto, Canada: 1547–1548
12. Panait, Liviu; Luke, Sean (2005). "Cooperative Multi-Agent Learning: The State of the Art" (PDF). *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 11 (3): 387–434. doi:10.1007/s10458-005-2631-2.
13. Juanes Ja(1), Ruisoto P. *Computer Applications in Health Science Education*. *J Med Syst*. 2015 Sep;39(9):97. doi: 10.1007/s10916-015-0283-6. Epub 2015 Aug 8.
14. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, Erwin PJ, Hamstra SJ. *Technology-Enhanced Simulation for Health Professions Education A Systematic Review and Meta-analysis*. *JAMA*. 2011;306(9):978-988. doi:10.1001/jama.2011.1234
15. Jha, V., Duffy, S., 2002. 'Ten golden rules' for designing software in medical education: results from a formative evaluation of DIALOG. *Med Teach*. 24(4), 417–421. DOI: 10.1080/01421590220145798.
16. Lee EH, Chang SJ, Kim HO, Roh J, Park EJ, Won JU. *Relationship between Job Stress and Turnover of Registered Nurses in a University Hospital*. *Korean J Occup Environ Med*. 2007 Jun;19(2):93-104. Korean.

## 6 CONCLUSÃO

A crescente evolução das metodologias computacionais, em sua essência, alimenta a construção de aplicações cada vez mais complexas e poderosas à disciplina que se propõe. Ao longo dos estudos, apesar da aparente divergência das ciências, observou-se uma correlação de afinidades que resultou em uma convergência de interesses com aproximações.

Este trabalho procurou obter uma resposta a um problema latente relacionado ao dimensionamento de profissionais de Enfermagem e, acredita-se, alcançou resultados além disso, buscando trazer um pouco da computação para uma de suas finalidades mais nobres: a valorização e crescimento do ser humano. Foram grandes desafios estabelecidos, desde o importante hiato existente entre o proposto pela literatura e aquilo que se aplica no ambiente real de trabalho, até as dificuldades que o profissional encontra após anos dedicados, além de todos os obstáculos naturais da vida acadêmica.

Passadas estas reflexões, observou-se que ainda existe um amplo espaço para o desenvolvimento de aplicações computacionais em diversas áreas como a experimentação de diagnósticos baseados em conjuntos de conhecimentos e técnicas de inferência mais complexas, heurísticas, raciocínio baseado em casos e árvores de decisão.

### 6.1 CONTRIBUIÇÕES

A principal contribuição deste trabalho foi o *software* educacional para simulação de uma unidade de internação de um hospital de médio porte, disponibilizado em regime de *software livre* e que poderá ser adotado por qualquer professor, instrutor ou tutor que achar conveniente, sempre observando os objetivos e limitações do projeto. Ao longo do desenvolvimento foram investidas diversas demandas a fim de tornar o simulador o mais amigável possível para alunos e professores, tornando esta ferramenta realmente aplicável em sala de aula e não apenas como prova de conceito para demonstração acadêmica. A revisão de

literatura realizada trouxe subsídios para o desenvolvimento deste trabalho, envolvendo conteúdos sobre agentes de software, simulação em saúde, dimensionamento de pessoal de enfermagem, bem como classificação de intervenções em enfermagem.

Os requisitos de projeto apontados pelo grupo de trabalho da UFCSPA e especialistas da área envolveram temas abordados na disciplina de Gerenciamento de Enfermagem II, sendo estes o Sistema de Classificação de Pacientes (SCP), o cálculo do Dimensionamento de Pessoal de Enfermagem (DPE) e as atividades de tomada de decisão relacionada a assistência de enfermagem.

A análise de alguns aspectos do conjunto de trabalhos encontrados na literatura apoiou a escolha dos métodos computacionais adotados. O uso de agentes para o desenvolvimento de simulações educacionais em saúde reforçou a organização arquitetural do simulador.

A avaliação preliminar de usabilidade teve um resultado positivo, percebido pelos estudantes como atrativo, motivacional, realístico, fácil de entender e focado na evolução do estudante. Praticamente todas respostas foram positivas e, durante a avaliação, nenhum aluno abandonou o experimento.

Considerando as etapas percorridas, bem como os resultados obtidos, pode-se afirmar que há indícios de que o uso de um simulador pode trazer benefícios didáticos à disciplina de gerenciamento em enfermagem, pois este fornece a possibilidade da realização de experimentos de situações reais em ambientes virtuais.

## 6.2 TRABALHOS FUTUROS

Sob o ponto de vista pedagógico, a validação do simulador como software educacional é uma importante etapa que poderá trazer base fundamentada para o seu uso como recurso didático.

Este trabalho permite diversas derivações como a implantação de um conjunto de técnicas avançadas de inteligência artificial, integração entre várias unidades de interação utilizando uma abordagem multiagente e multiambiente, permitindo desta forma que os agentes de um ambiente possam se relacionar com os agentes de outros ambientes. Outra possível contribuição é a implementação de um protocolo de comunicação entre outros agentes para a utilização de trabalhos de outros autores.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Adriano M. **As organizações de saúde e o processo de aprendizagem da gestão.** O Mundo da Saúde, São Paulo: 2011;35(3):252-257. 2011.
- ALMEIDA, M.A, LONGARAY, V.K, DE CEZARO P. **Diagnosys of prevalent nursing and cautions prescribed to orthopedical patients. A descriptive study.** Online Brazilian Journal of Nursing; Vol. 5, n.3. 2006. Disponível em: <<http://www.uff.br/objnursing/index.php/nursing/article/view/502/115>>. 2006.
- AMORIM, CVT; FAÇANHA, AAA; BARROS JMHA. **Dimensionamento Quantitativo e Qualitativo dos Recursos Humanos da Unidade Feminina do Hospital Universitário Regional do Paraná.** Revista Divulgação. 1996.
- ANTUNES, A. V.; COSTA, M. N. **Dimensionamento de pessoal de enfermagem em um hospital universitário.** Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2003, vol.11, n.6.
- BALTZIS, K. B.; KOUKIAS, K. D. **Using laboratory experiments and circuit simulation IT tools in an undergraduate course in analog electronics.** Journal of Science Education and Technology, Eric Resource Information Center. v. 18, n. 6, p. 546–555, 2009.
- BELLAZZI, R. AND B. ZUPAN. **Predictive data mining in clinical medicine: current issues and guidelines.** Int J Med Inform 77(2): 81-97. 2008.
- BEZ, Marta R. **Construção de um modelo para o uso de simuladores na implementação de métodos ativos de aprendizagem nas escolas de medicina.** UFRGS, Tese de Doutorado, 2013.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares – Cursos de Graduação.** Disponíveis em: <<http://portal.mec.gov.br/secretaria-de-regulacao-e-supervisao-da-educacao-superiores/323-secretarias-112877938/orgaos-vinculados-82187207/12991-diretrizes-curriculares-cursos-de-graduacao>>. Acesso em maio de 2017.
- BOTEZATU, M., HULT, H; FORS, U. G. **Virtual patient simulation: what do students make of it? A focus group study.** BMC Medical Education, v. 10, n. 91, 2010.
- BROOKFIELD, S. D. **The power of critical theory: liberating adult learning and teaching.** 1.ed., San Francisco: Jossey-Bass, 2005.
- BULECHEK GM, BUTCHER HK, DOCHTERMAN JM, WAGNER CM. **NIC Classificação de Intervenções de Enfermagem.** 6ª Edição. Elsevier. 2013.
- CAMPEDELLI MC; TAKETO C; SANCINETTI TR; BENKO MA. **Cálculo de pessoal de enfermagem: competência da enfermeira.** Rev. Esc. Enf. USP 1995.; apud MAGALHÃES, AMM de; RIBOLDI, C de O; AGNOL, CMD; Planejamento de recursos humanos de enfermagem: desafio para as lideranças. Porto Alegre, Jun 2009.
- CAMPOS, LF; MELO, MRAC; **Visão de coordenadores de enfermagem sobre dimensionamento de pessoal de enfermagem: conceito, finalidade e utilização.** Rev. Lat. Am. Enfermagem, Ribeirão Preto, v. 15, n. 6, 2007.
- CARPENITO, L.J. **Diagnósticos de enfermagem: aplicação à prática clínica.** 8a ed.

Porto Alegre: Artmed; 2002.

CANAVEZI, C.M. **Dimensionamento de Pessoal**. Coren-SP. 2010.

CHAVES, L. D. 2013. **Sae - Sistematização da Assistência de Enfermagem**. 2ª Ed, 2013.

COFEN. **Resolução 293/2004. Fixa e Estabelece Parâmetros para o Dimensionamento do Quadro de Profissionais de Enfermagem nas Unidades Assistenciais das Instituições de Saúde e Assemelhados**. Disponível em <[http://www.cofen.gov.br/resoluco-cofen-2932004\\_4329.html](http://www.cofen.gov.br/resoluco-cofen-2932004_4329.html)>. Acesso em maio de 2015.

COOK DA, HATALA R, BRYDGES R, ZENDEJAS B, SZOSTEK JH, WANG AT, ERWIN PJ, HAMSTRA SJ. **Technology-Enhanced Simulation for Health Professions Education A Systematic Review and Meta-analysis**. JAMA. 2011.

CRUZ, D.A.L.M. **A inserção do diagnóstico de enfermagem no processo assistencial**. In: Cianciarullo TI, Gualda DMR, Melleiro MM, Anabuki MH. Sistema de assistência de enfermagem: evolução e tendências. São Paulo: Ícone; 2001.

ECHER, IC; MOURA, GM; MAGALHÃES, AM; PIOVESAN R.; **Estudo do absenteísmo como variável no planejamento de recursos humanos em enfermagem**. Rev. Gaúcha Enfermagem, 1999.

FEUERWERKER, L.; LLANOS C., M. (Org.). **A educação dos profissionais de saúde na América Latina: teoria e prática de um movimento de mudança**, 1. Ed., São Paulo: HUCITEC, 1999.

FLORES, C. D.; BEZ, M. R.; RESPÍCIO, A.; FONSECA, J. M.. In: Hernández, J. E.; Zarate, P.; Dargam, F.; Deliba Ić, B.; Liu, S.; Ribeiro, R. (Org.). Decision Support Systems Collaborative Models and Approaches in Real Environments Euro Working Group Workshops, EWG-DSS 2011, London, UK, June 23-24, 2011. 1ed. London: Springer-Verlag, 2012.

FLORES, C.D.; RESPÍCIO, A.; COELHO, H.; BEZ, M. R.; FONSECA, J.M. **Simulation for Medical Training**. Encyclopedia of E-Health and Telemedicine. 1ed.Hershey, PA: IGI Global, 2016, v. 1, p. 827-842.

FORTE, M., SOUZA, W. L. de, PRADO, A. F. **Portfólio Eletrônico Ubíquo no Aprendizado de Medicina**. In: **Congresso Brasileiro de Informática em Saúde – CBIS, 12.**, 2010, Recife/PE. Anais do XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde – CBIS 2010, São Paulo: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2010.

FUGULIN FMT, GAIDZINSKI RR, KURCGANT P. **Sistema de classificação de pacientes: identificação do perfil assistencial dos pacientes das unidades de internação do HU-USP**. Rev Lat Am Enferm. v.13, n.1, p.72-8, 2005.

GAIDZINSKI RR, FUGULIN FMT, CASTILHO V. **Dimensionamento de pessoal de enfermagem em instituições de saúde**. In: Kurcgant P, organizadora. Gerenciamento em enfermagem. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005.

GAIDZINSKI RR. **Dimensionamento de pessoal de enfermagem em instituições hospitalares [tese]**. São Paulo: Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo; 1998.

- GENC, ZULKUF; et al **Agent-based information infrastructure for disaster management**. Intelligent Systems for Crisis Management: 349–355. 2013.
- GEORGE, J.B E COLABORADORES. **Teorias de Enfermagem: os fundamentos para a prática profissional**, 4a ed. Porto Alegre (RS): Artes Médicas, 2000.
- GIOVANNETTI, P. **Understanding patient classification systems**. J.Nurs.Adm, 1979.
- HIGGS, J.; JONES, M. A.; LOFTUS, S.; CHRISTENSEN, N. **Clinical reasoning in the health professions**. 3.ed., China: Elsevier, 2008.
- HOLZINGER, A.; KICKMEIER-RUST, M. D.; WASSERTHEURER, S.; HESSINGER, M. **Learning performance with interactive simulations in medical education: Lessons learned from results of learning complex physiological models with the HAEMOdynamics SIMulator**. Computer & Education, v. 52, n. 2, p.292-301, 2009.
- HORTA, W.A. **Processo de Enfermagem**, São Paulo (SP): EPU; 1979.
- JENNINGS, N.R. S. BUSSMANN. **Agent-based control systems**. In IEEE Control Systems Magazine, Vol. 23, No. 3. 2003.
- JOHNSON M., et al **NOC and NIC Linkages to NANDA-I and Clinical Conditions**. Elsevier. ISBN: 978-0-323-07703-3. 2012.
- JONG, T.; JOOLINGEN, W. R. **Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains**. Review of Educational Research, 68(2), 179-201, 1998.
- JUANES JA, RUISOTO P. **Computer Applications in Health Science Education**. J Med Syst. 2015 Sep;39(9):97. doi: 10.1007/s10916-015-0283-6. 2015.
- KETELHUT, D. J.; NELSON, B. C., CLARKE, J.; DEDE, C. **A multi-user virtual environment for building and assessing higher order inquiry skills in science**. British Journal of Educational Technology, v. 31, n. 1, p.56-68, 2010.
- LAAKSO, M. J.; MYLLER, N.; KORHONEN, A. **Comparing learning performance of students using algorithm visualizations collaboratively on different engagement levels**. Educational Technology & Society, v. 12, n. 2, p.267-282, 2009.
- LUGER J. F. **Inteligência Artificial**. 6a Edição. Pearson. 2014.
- LUNNEY, M. et al. **Pensamento crítico para o alcance de resultados positivos em saúde: análises e estudos de caso em enfermagem**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 353p.
- MAGALHÃES, AMM; DUARTE, ERM; MOURA GMSS. **Estudo das variáveis que participam do dimensionamento de pessoal de enfermagem em hospitais de grande porte**. Rev Gaúcha de Enfermagem 1995.
- MAGALHÃES, AMM; RIBOLDI, CO; DALL'AGNOL, CM. **Planejamento de recursos humanos de enfermagem: desafio para as lideranças**. Rev. bras. enfermagem. Brasília. 2009.
- MAZUELA, C. **Saiba como funciona o dimensionamento de profissionais de**

- enfermagem. ASCON – COFEN, 2014.** Disponível em: <[http://www.cofen.gov.br/dimensionamento-de-profissionais-de-enfermagem\\_25625.html](http://www.cofen.gov.br/dimensionamento-de-profissionais-de-enfermagem_25625.html)>. Acesso em outubro de 2016.
- MCARTHUR, S. D. J. et al. **Multi-Agent Systems for Power Engineering Applications - Part I: Concepts, Approaches, and Technical Challenges**, 22, n. 4, 2007.
- NANDA-I. **Diagnósticos de enfermagem da NANDA-I: definições e classificação**, 2007-2008. Porto Alegre (RS): Ed. Artmed; 2008.
- PERROCA, MG; GAIDZINSKI, RR. **Sistema de classificação de pacientes: construção e validação de um instrumento**. Rev Esc Enferm USP. 1998.
- POKORSKI, S. et al. **Processo de enfermagem: da literatura à prática. O quê de fato nós estamos fazendo?**. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2009, vol.17, n.3.
- RIBEIRO CM. **Sistema de classificação de pacientes como subsidio para provimento de pessoal de enfermagem [tese]**. São Paulo: USP, Escola de Enfermagem. 1972.
- ROGERS, A.; DAVID, E.; SCHIFF, J.; JENNINGS, N.R. **The Effects of Proxy Bidding and Minimum Bid Increments within eBay Auctions**. ACM Transactions on the Web. 2007.
- RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 3ª ed. ELSEVIER EDITORA, 2013.
- SANFORD, P. G. **Simulation in Nursing Education: a review of the research. The Qualitative Report**, Nova Southeastern University – Florida/USA, v. 15, n. 14, 1006-1011p., 2010. Disponível em: <[www.nova.edu/ssss/QR/QR15-4/sanford.pdf](http://www.nova.edu/ssss/QR/QR15-4/sanford.pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2012.
- SEBASTIANI, R. L. ; BEZ, M. R. ; BRUNO, R. ; FLORES, C. D. **Validação do Simulador de Paciente Virtual SIACC**. Espaço para a Saúde (Online), v. 15, p. 665-675, 2014.
- SHIEH, R. S.; CHANG, W. J.; TANG, J. **The impact of implementing technology-enabled active learning (TEAL) in university physics in Taiwan**. Asia-Pacific Education Researcher, v. 19, n. 3, p.401-415, 2010.
- SINGH, M. P.; HUHN, M. N. **Service-Oriented Computing - Semantics, Processes, Agents**. 1. ed. [S.I.]: Wiley, 2005.
- SMELTZER SC, BARE BG. Brunner & Suddarth. **Tratado de Enfermagem Médico Cirúrgica**. 10a ed. Vol 1. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan; 2006.
- SMITH, S. J.; ROEHRS, C. J. **High-fidelity simulation: Factor correlated with nursing student satisfaction and self-confidence**. Nursing Education Perspectives, v. 30, n. 2, p.77-78, 2009.
- SOMENSI, RUTE M. **Carga de Trabalho do Enfermeiro: Comparação entre Método Observacional e On-Line**; Dissertação de Mestrado. UFCSPA. 2016.
- SUN, Ron; NAVEH, Isaac. **Simulating organizational decision-making using a cognitively realistic agent model**. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, v. 7, n. 3, 2004.

TANNURE, M.C, GONÇALVES, A.M.P. SAE – **Sistematização da Assistência de Enfermagem - Guia Prático**. Rio de Janeiro (RS): Guababara Koogan; 2008.

TEIXEIRA, I.N.D.O.; FELIX, J.V.C. **Simulação como estratégia de ensino em enfermagem: Revisão de literatura**. Interface - Comunic., Saude, Educ. 2010.

URBANETTO, J. S. et al. **Grau de dependência de idosos hospitalizados conforme o sistema de classificação de pacientes**. Rev. bras. enferm. 2012, vol.65, n.6, pp.950-954.

WEISS, G. **Multiagent systems** (2nd ed.). Cambridge, MA: The MIT Press. 2013.

WINSTANLEY, G., **Distributed and devolved work allocation planning**. Applied Artificial Intelligence 18, 97–115. 2004.

WOOLDRIDGE, MICHAEL. **An Introduction to MultiAgent Systems**. John Wiley & Sons. p. 366. ISBN 0-471-49691-X. 2002.

ZIV, A.; BEN-DAVID, S.; ZIV, M. **Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors**. Medical Teacher, v. 27, n. 3, p.193-199, 2005.

ZUSE, C.L.; BRIGO, L.; SILVA, M.B. **Diagnósticos e intervenções de enfermagem para pacientes das clínicas médica e cirúrgica de um hospital geral: relato de experiência. Vivências**. [S.I.],v.6, n.9, Maio 2010.

ZUPAN, B., J. H. Holmes and R. Bellazzi. **Knowledge-based data analysis and interpretation**. Artif Intell Med 37(3): 163-165. 2006.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

Questionário de opinião sobre o exercício realizado em aula.

Você não é obrigado a informar seu nome se não quiser.

Nome: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_

**Quanto ao conteúdo apresentado e ao exercício realizado:**

**1) Você concorda que o exercício realizado na aula foi desenvolvido focando no desenvolvimento do conhecimento do aprendiz (aluno)?**

- Discordo totalmente  
 Discordo parcialmente  
 Nem discordo nem concordo  
 Concordo parcialmente  
 Concordo totalmente

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**2) Como você avalia este tipo de exercício quanto ao estímulo a interatividade do aluno com ferramentas tecnológicas para a resolução de problemas propostos?**

- Muito ruim  
 Ruim  
 Regular  
 Bom  
 Muito bom

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**3) Como você avalia o exercício realizado quanto à capacidade de motivá-lo e concentrá-lo na resolução do problema proposto?**

- Muito ruim  
 Ruim  
 Regular  
 Bom  
 Muito bom

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**4) Em algum momento durante o desenvolvimento do exercício você se sentiu pressionado e se viu obrigado a avançar mesmo sem ter compreendido o problema de forma íntegra?**

- Sim  
 Não  
 Parcialmente

Complemente sua resposta: \_\_\_\_\_

**5) Como você avalia o exercício realizado quanto à capacidade do mesmo de gerar autonomia na sua aprendizagem, de forma que você consiga conduzir os estudos ao seu ritmo?**

- Muito ruim  
 Ruim  
 Regular  
 Bom  
 Muito bom

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**6) Como você avalia o exercício realizado quanto à relevância e a contextualização do conteúdo abordado para seu aprendizado?**

- Nada relevante  
 Pouco relevante

- Relevante
- Bastante relevante
- Muito relevante

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**7) Você acredita que o exercício realizado proporciona aprofundamento científico sobre o assunto abordado?**

- Sim
- Não
- Parcialmente

Complemente sua resposta: \_\_\_\_\_

**Quanto ao aspecto visual e interativo do exercício:**

**8) Quanto ao aspecto visual do exercício e a forma com que o conteúdo foi apresentado, você julga o exercício:**

- Muito ruim
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito bom

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**9) Como você avalia a facilidade de uso da interface do exercício?**

- Muito ruim
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito bom

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**10) Como você avalia a atratividade da interface do exercício?**

- Muito ruim
- Ruim
- Regular
- Boa
- Muito boa

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**11) Como você avalia a navegabilidade do exercício, ou seja, a facilidade de encontrar as informações e as orientações dos próximos passos?**

- Muito ruim
- Ruim
- Regular
- Boa
- Muito boa

Comentários e sugestões: \_\_\_\_\_

**12) Você achou o exercício muito extenso?**

- Sim
- Não

**CRÍTICAS:****SUGESTÕES:**

Este questionário foi elaborado seguindo orientações das seguintes referências bibliográficas: BRASIL, Lourdes M. (org) Informática em saúde. Brasília: Editora Universa, 2008. 574p. e LEDES MONTEIRO, Maria I. N. Avaliação de softwares educativos: aspectos relevantes. Revista E-Curriculum. v 2, n. 2, 2007 e baseado em JHA, V., DUFFY, S., 2002. 'Ten golden rules' for designing software in medical education: results from a formative evaluation of DIALOG. Med Teach. 24(4), 417–421. DOI:10.1080/01421590220145798.

## APÊNDICE B – PUBLICAÇÃO NO PUBMED

[Stud Health Technol Inform.](#) 2016;225:995-6.

### **Design of a Hospital Simulation Software for Nursing Education.**

[Cervi GH<sup>1</sup>](#), [Flores CD<sup>1</sup>](#), [Somensi RM<sup>1</sup>](#), [Caregnato RC<sup>1</sup>](#).

#### **Author information**

<sup>1</sup>Federal University of Health Sciences of Porto Alegre - UFCSPA, Brazil.

#### **Abstract**

This work aims to describe the inception and design for a hospital simulator based on data and cases provided by teachers and other randomized data. The main goal is to develop a computer software tool that simulates a hospital as a tool for nursing student. The system is based on a multi-agent model and multi threaded parallel processing. Other parts includes the interfaces for teacher and student, reports and fixed constraints like Laws and other rules. This is a work in progress project and will be released as open source software after the final validation.

PMID: 27332449

# Design of a Hospital Simulation Software for Nursing Education

Gustavo Henrique CERVI<sup>a,1</sup>, Cecilia Dias FLORES<sup>a,b</sup>, Rute Merlo SOMENSI<sup>a</sup> and Rita Catalina Aquino CAREGNATO<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup>Federal University of Health Sciences of Porto Alegre -UFCSPA, Brazil

<sup>b</sup>Biomedical Informatics Course Coordinator -UFCSPA, Brazil

<sup>c</sup>Department of Nursing -UFCSPA, Brazil

**Abstract.** This work aims to describe the inception and design for a hospital simulator based on data and cases provided by teachers and other randomized data. The main goal is to develop a computer software tool that simulates a hospital as a tool for nursing student. The system is based on a multi-agent model and multi threaded parallel processing. Other parts includes the interfaces for teacher and student, reports and fixed constraints like Laws and other rules. This is a work in progress project and will be released as open source software after the final validation.

**Keywords.** Nursing, Hospital, Simulator, Learning tool, Software, Design.

## 1. Introduction

People management on a hospital may be all things but simple, the main distribution of a hospital nurses depends on the rules of each country. In some cases, like in the United States, it can be divided in two main categories: Registered Nurses (RN) with associate degree and Licensed Practical Nurses (LPN) with a post-secondary non-degree award, the last one works under the direction of RN and Physicians [1].

This project aims to create a computer software that simulates the workflow at a model hospital, based on common cases (inpatients, illness types, employees jobs, etc.) and serving as a tool for nurse teachers and students, proposing situations from the simple normal operations to the challenging ones, like work overload or other non-normal circumstances.

## 2. Methods

The construction of the simulator is based on a multi-agent system (MAS) [3] [4] over a running timeline. At presentation level, the HTML5 standards was chosen for the deployment easiness. At backend level, the Python programming language [5] was chosen because this is the most known language by the developer at research team. For persistence, the PostgreSQL [6] database server was chosen for the same reason.

<sup>1</sup> Corresponding author: Gustavo Henrique Cervi. Tel: +55 51 9122-7232.  
E-mail: gustavohe@gmail.com

### 3. Results

At this point, two user interface was defined: student and teacher. The student interface module permits all interactions between the simulator and the student. The teacher interface permits administrative tasks like reports, case insertions and students monitoring. The student module provides access to students interface where they may interact with the inpatients, staff and the hospital equipment.

Inside the main kernel, all processes works together handling the databases connections, events and communications with other modules like the interfaces and intelligent agents.

### 4. Discussion

This model aims to mimic the real situations encountered in a common hospital, where each patient are different from others and may request assistance at any time, in unpredictable order [2].

One of the challenging situations is that, depending on patient request, the service performed by some professional will lock the worker in that job for the time necessary to do the job (programmed by the teacher). Other important factor to student manage is the complexity of the procedure requested by the patient, the student must allocate the correct professional/time to the duty. In more critical situations the physician must be called to attend the patient [1].

Once that all simulations are performed with a teacher supervision, the validation will be executed in a determined period in the pre-release phase by the teachers itself in partnership with the project.

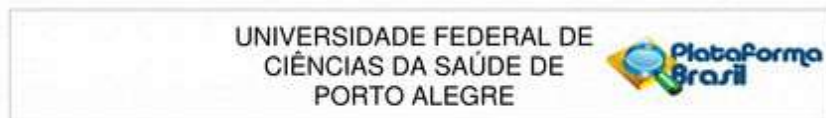
### 5. Acknowledgments

This project is a work-in-progress and aims to produce a most real possible simulation of the challenges encountered by nurses at a common hospital, although it's not fully concluded, the main structure will be released in open source model to attract other programmers focused in nursing technology.

### References

- [1] BLS, Bureau of Labor Statistics. United States Department of Labor. 2015.
- [2] S. M. Nascimento. As funções gerenciais do enfermeiro no cotidiano da assistência hospitalar. Master Degree Dissertation. Federal University of Rio de Janeiro, 2012.
- [3] R. Lagatie et al, P. Negotiation Protocols for Distributed Nurse Rostering. Proceedings of the 21<sup>st</sup> Benelux Conference on Artificial Intelligence, 29-30 October 2009 Eindhoven, Netherlands (2009). 145-152.
- [4] E. Kaplansky et al. Distributed personnel scheduling -negotiation among scheduling agents. Annals of Operations Research, 155 (2007) ,227-255.
- [5] Python Software Foundation, available from: [www.python.org](http://www.python.org).
- [6] The PostgreSQL., available from: [www.postgresql.org](http://www.postgresql.org).

## ANEXO A – PARECER DO CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Simulador de Ambiente Hospitalar para Gestão e Dimensionamento de Pessoas

**Pesquisador:** CECILIA DIAS FLORES

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 57514916.3.0000.5345

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

**Patrocinador Principal:** MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.693.720

#### Apresentação do Projeto:

Resumo: Sua natureza é de pesquisa aplicada, pois será realizada uma intervenção educacional com o uso de um simulador a ser aplicado para verificação do problema proposto. Sua abordagem, em razão da forma como será conduzida a avaliação da intervenção, é qualitativa e quantitativa. Com relação aos objetivos da pesquisa, seu caráter é exploratório, pois a intenção é de conhecer a realidade do problema de maneira mais aprofundada. Quanto aos procedimentos técnicos, será um estudo quase-experimental devido à realização de um experimento no qual será verificada a eficácia do uso do simulador para o desenvolvimento de competências. No entanto, este experimento não contará com o rigor metodológico de um estudo experimental, portanto não será utilizado grupo controle, bem como a amostragem se dará de maneira espontânea.

#### Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral: desenvolver um software educacional para simulação do dimensionamento de pessoas e de recursos em ambientes hospitalares, servindo também como ferramenta de experimentação de novos modelos ou algoritmos.

Objetivo Secundário: Revisar a Literatura (Legislação e métodos computacionais)

Levantar os requisitos com o grupo de trabalho UFCSPA/Hospital de grande porte. Selecionar e justificar os métodos computacionais a serem implementados com especialistas da área. Desenvolver

**Endereço:** Rua Sarmento Leite, 245

**Bairro:** Sarmiento

**UF:** RS

**Telefone:** (51)3303-8804

**Município:** PORTO ALEGRE

**CEP:** 90.050-170

**E-mail:** cep@ufcspa.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
CIÊNCIAS DA SAÚDE DE  
PORTO ALEGRE



Continuação do Parecer: 1.693.720

o simulador

Validar o simulador junto ao corpo de pesquisadores do projeto

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: A aplicação da simulação não apresenta riscos diretos aos alunos uma vez que ela será validada anteriormente pelo docente da disciplina. O docente terá o total conhecimento e controle da ferramenta e dos seus resultados.

Benefícios: Se validado, os simuladores estarão consolidando seu papel atual e futuro no processo de ensino, consubstanciando para os próximos anos novas formas de se aprender e fixar conhecimentos e formas de decidir na prática.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Apresentou a metodologia, solicitado na primeira análise.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

De acordo.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Após a reanálise do projeto acima descrito, recomenda-se a aprovação.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

De acordo com o parecer do Relator.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_749000.pdf	11/08/2016 18:13:44		Aceito
Outros	projeto_metodologia_pendencia.pdf	11/08/2016 16:13:08	Gustavo Henrique Cervi	Aceito
Outros	TermoDeAnuenciaCoordenacao.pdf	01/07/2016 11:54:34	Gustavo Henrique Cervi	Aceito
Outros	TermoDeCompromisso.pdf	30/06/2016 17:16:13	Gustavo Henrique Cervi	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoAssinada.pdf	30/06/2016 16:41:03	Gustavo Henrique Cervi	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	Termo_de_Consentimento.pdf	30/06/2016 14:51:40	Gustavo Henrique Cervi	Aceito

Endereço: Rua Sarmento Leite, 245  
Bairro: Sarmento CEP: 90.050-170  
UF: RS Município: PORTO ALEGRE  
Telefone: (51)3303-8904 E-mail: cep@ufcspa.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
CIÊNCIAS DA SAÚDE DE  
PORTO ALEGRE



Continuação do Parecer: 1.693.720

Ausência	Termo_de_Consentimento.pdf	30/06/2016 14:51:40	Gustavo Henrique Cervi	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	_Da_projeto_Gustavo_4.doc	30/06/2016 14:42:59	Gustavo Henrique Cervi	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

PORTO ALEGRE, 24 de Agosto de 2016

Assinado por:

Julia Fernanda Semmelmann Pereira Lima  
(Coordenador)

Endereço: Rua Sarmento Leite, 245  
Bairro: Sarmiento CEP: 90.050-170  
UF: RS Município: PORTO ALEGRE  
Telefone: (51)3303-8804 E-mail: cep@ufcspa.edu.br

## ANEXO B – NORMAS DO PERIÓDICO



### INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICAL INFORMATICS

The International Journal of Medical Informatics is the official journal of the European Federation for Medical Informatics (EFMI) and IMIA.

#### AUTHOR INFORMATION PACK

#### TABLE OF CONTENTS

• Description	p.1
• Audience	p.1
• Impact Factor	p.1
• Abstracting and Indexing	p.2
• Editorial Board	p.2
• Guide for Authors	p.4



ISSN: 1386-5056

#### DESCRIPTION

*International Journal of Medical Informatics* provides an international medium for dissemination of original results and interpretative reviews concerning the field of medical informatics. The Journal emphasizes the evaluation of systems in healthcare settings.

The scope of journal covers: Information systems, including national or international registration systems, hospital information systems, departmental and/or physician's office systems, document handling systems, electronic medical record systems, standardization, systems integration etc.; Computer-aided medical decision support systems using heuristic, algorithmic and/or statistical methods as exemplified in decision theory, protocol development, artificial intelligence, etc. Educational computer based programs pertaining to medical informatics or medicine in general; Organizational, economic, social, clinical impact, ethical and cost-benefit aspects of IT applications in health care.

Short technical communications concerning (solved) problems in implementing or using existing information systems are welcome. Review articles concerning subjects falling in the scope of the journal are also invited.

#### AUDIENCE

Those working in computing applied to the medical and life sciences, Biomathematicians, Life Sciences Researchers, Bioengineers, Radiologists.

#### IMPACT FACTOR

2015: 2.363 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2016

## ABSTRACTING AND INDEXING

---

Abstracts on Hygiene and Communicable Diseases  
 BIOSIS  
 BioEngineering Abstracts  
 Elsevier BIOBASE  
 Cancerlit  
 Chemical Abstracts  
 Compendex  
 Computer Contents  
 Computer and Information Systems Abstract  
 Current Contents  
 Current Contents/Engineering, Computing & Technology  
 Current Index to Statistics  
 Dairy Science Abstracts  
 MEDLINE®  
 International Nursing Index  
 Derwent Biotechnology Abstracts  
 EMBASE  
 Engineering Index  
 INSPEC  
 Pascal et Francis (INST-CNRS)  
 Rural Development Abstracts  
 Science Citation Index  
 Social SciSearch  
 Tropical Diseases Bulletin  
 UnCover  
 World Textile Abstracts  
 Excerpta Medica  
 Biological Abstracts  
 Current Awareness in Biological Sciences  
 CAB Abstracts  
 CompuMath Citation Index  
 TOXFILE  
 BIOSIS Previews  
 Ei Compendex  
 Inside Conferences  
 Scopus  
 Global Health  
 CSA Technology Research Database  
 Biotechnology and Bioengineering Abstracts  
 Abstracts of Mycology  
 AgBiotech News and Information  
 Computer Science Index  
 BIOSIS Toxicology  
 EMBASE Alert  
 EMCARE  
 Science Search  
 Time Technology

## EDITORIAL BOARD

---

### *Editors*

**Heimar De Fatima Marin**, São Paulo, Brazil

### *Associate Editors*

**Patricia Dykes**, Boston, Massachusetts, USA

**Terry Hannan**, Launceston, Tasmania, Australia

**Siaw-Teng Liaw**, Sydney, New South Wales, Australia

**Rodolphe Meyer**, Geneva, Switzerland

**S. Trent Rosenbloom**, Nashville, Tennessee, USA  
**T. Wetter**, Heidelberg, Germany

**Editor Emeritus**

**Charles Safran**, Boston, Massachusetts, USA  
**Jan Talmon**, Sint Odilienberg, Netherlands

**Editorial Board**

**Jos Aarts**, Rotterdam, Netherlands  
**Lawrence Afrin**, Minneapolis, Minnesota, USA  
**Elske Ammenwerth**, Hall in Tirol, Austria  
**Dominik Aronsky**, Switzerland  
**Suzanne Bakken**, New York, New York, USA  
**Sayonara Barbosa**, Florianópolis, Brazil  
**Riccardo Bellazzi**, Pavia, Italy  
**Bernd Blobel**, Regensburg, Germany  
**Federico Cabitza**, Milano, Italy  
**Tony Cornford**, London, UK  
**Nicolette de Keizer**, Amsterdam-Zuidoost, Netherlands  
**Simon de Lusignan**, Guildford, England, UK  
**Patrice Degoulet**, Paris, France  
**Peter Embi**, Columbus, Ohio, USA  
**Henry Feldman**, Boston, Massachusetts, USA  
**Antoine Geissbuhler**, Geneva, Switzerland  
**Andrew Georgiou**, Kensington, New South Wales, Australia  
**Denise Goldsmith**, Boston, Massachusetts, USA  
**Adi Gundlapalli**, Salt Lake City, Utah, USA  
**Marco Antonio Gutierrez**, São Paulo, Brazil  
**Reinhold Haux**, Braunschweig, Germany  
**Morten Hertzum**, Roskilde, Denmark  
**Hannele Hyppönen**, Helsinki, Finland  
**Farzad Jahedi**, Selangor, Malaysia  
**Bridget Kane**, Dublin, Ireland  
**Andrew Kanter**, New York, New York, USA  
**Thomas Karopka**, Greifswald, Germany  
**Sabine Koch**, Solna, Sweden  
**Ross Koppel**, Philadelphia, Pennsylvania, USA  
**Klaus Kuhn**, München, Germany  
**Siaw-Teng Liaw**, Sydney, New South Wales, Australia  
**Nancy Lorenzi**, Nashville, Tennessee, USA  
**Eduardo Pereira Marques**, Rio de Janeiro, Brazil  
**Genevieve B. Melton-Meaux**, Minneapolis, Minnesota, USA  
**Eneida Mendonca**, Madison, Wisconsin, USA  
**Mei-Sing Ong**, Boston, Massachusetts, USA  
**Paula Otero**, Buenos Aires, Argentina  
**Denis Protti**, Victoria, British Columbia, Canada  
**Gretchen Purcell Jackson**, Nashville, Tennessee, USA  
**Yuri Quintana**, Boston, Massachusetts, USA  
**Janise Richards**, Atlanta, Georgia, USA  
**Michael Rigby**, Staffordshire, UK  
**Stephen Ross**, Boulder, Colorado, USA  
**Mark Weiner**, Philadelphia, Pennsylvania, USA  
**T. Wetter**, Heidelberg, Germany  
**Li Zhou**, Wellesley Hills, USA

## GUIDE FOR AUTHORS

---

### *Your Paper Your Way*

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

**To find out more, please visit the Preparation section below.**

### *Aims and Scope*

*International Journal of Medical Informatics* provides an international medium for dissemination of original results and interpretative reviews concerning the field of medical informatics. The Journal emphasizes the evaluation of systems in healthcare settings. The scope of journal covers:

Information systems, including national or international registration systems, hospital information systems, departmental and/or physician's office systems, document handling systems, electronic medical record systems, standardization, systems integration etc.;

Computer-aided medical decision support systems using heuristic, algorithmic and/or statistical methods as exemplified in decision theory, protocol development, artificial intelligence, etc.

Educational computer based programs pertaining to medical informatics or medicine in general;

Organizational, economic, social, clinical impact, ethical and cost-benefit aspects of IT applications in health care.

Short technical communications concerning (solved) problems in implementing or using existing information systems are welcome. Review articles concerning subjects falling in the scope of the journal are also invited.

### *General Considerations*

IJMI has adopted the guidelines of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). Some of the important issues are noted below. Visit <http://www.icmje.org> for more details.

### *Contact details*

All submissions should be made through Elsevier's Editorial System (EES) via <http://ees.elsevier.com/ijmi>).

### *Submission checklist*

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

#### *Manuscript:*

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

*Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)

*Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Relevant declarations of interest have been made
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

## **BEFORE YOU BEGIN**

### **Ethics in publishing**

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

### **Human and animal rights**

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with [The Code of Ethics of the World Medical Association](#) (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans; [Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals](#). Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

All animal experiments should comply with the [ARRIVE guidelines](#) and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, [EU Directive 2010/63/EU for animal experiments](#), or the National Institutes of Health guide for the care and use of Laboratory animals (NIH Publications No. 8023, revised 1978) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed.

### **Declaration of interest**

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. If there are no conflicts of interest then please state this: 'Conflicts of interest: none'. [More information](#).

### **Submission declaration and verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [CrossCheck](#).

### **Authorship**

All authors should have made substantial contributions to all of the following: (1) the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content, (3) final approval of the version to be submitted.

### **Acknowledgements**

All contributors who do not meet the criteria for authorship as defined above should be listed in an acknowledgements section. Examples of those who might be acknowledged include a person who provided purely technical help, writing assistance, or a department chair who provided only general support. Authors should disclose whether they had any writing assistance and identify the entity that paid for this assistance. Financial support like grants should also be mentioned in the acknowledgements section.

### **Changes to authorship**

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

#### **Clinical trial results**

In line with the position of the International Committee of Medical Journal Editors, the journal will not consider results posted in the same clinical trials registry in which primary registration resides to be prior publication if the results posted are presented in the form of a brief structured (less than 500 words) abstract or table. However, divulging results in other circumstances (e.g., investors' meetings) is discouraged and may jeopardise consideration of the manuscript. Authors should fully disclose all posting in registries of results of the same or closely related work.

#### **Reporting clinical trials**

Randomized controlled trials should be presented according to the CONSORT guidelines. At manuscript submission, authors must provide the CONSORT checklist accompanied by a flow diagram that illustrates the progress of patients through the trial, including recruitment, enrollment, randomization, withdrawal and completion, and a detailed description of the randomization procedure. The [CONSORT checklist and template flow diagram](#) are available online.

#### **Registration of clinical trials**

Registration in a public trials registry is a condition for publication of clinical trials in this journal in accordance with [International Committee of Medical Journal Editors](#) recommendations. Trials must register at or before the onset of patient enrolment. The clinical trial registration number should be included at the end of the abstract of the article. A clinical trial is defined as any research study that prospectively assigns human participants or groups of humans to one or more health-related interventions to evaluate the effects of health outcomes. Health-related interventions include any intervention used to modify a biomedical or health-related outcome (for example drugs, surgical procedures, devices, behavioural treatments, dietary interventions, and process-of-care changes). Health outcomes include any biomedical or health-related measures obtained in patients or participants, including pharmacokinetic measures and adverse events. Purely observational studies (those in which the assignment of the medical intervention is not at the discretion of the investigator) will not require registration.

#### **Copyright**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

#### **Author rights**

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

#### **Elsevier supports responsible sharing**

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

### **Funding body agreements and policies**

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of [existing agreements](#) are available online.

After acceptance, open access papers will be published under a noncommercial license. For authors requiring a commercial CC BY license, you can apply after your manuscript is accepted for publication.

### **Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

#### **Open access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

#### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our [universal access programs](#).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following [Creative Commons user licenses](#):

#### **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)**

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3000**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

#### **Green open access**

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our [green open access page](#) for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. [Find out more](#).

This journal has an embargo period of 12 months.

#### **Elsevier Publishing Campus**

The Elsevier Publishing Campus ([www.publishingcampus.com](http://www.publishingcampus.com)) is an online platform offering free lectures, interactive training and professional advice to support you in publishing your research. The College of Skills training offers modules on how to prepare, write and structure your article and explains how editors will look at your paper when it is submitted for publication. Use these resources, and more, to ensure that your submission will be the best that you can make it.

**Language (usage and editing services)**

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's WebShop.

**Informed consent and patient details**

Studies on patients or volunteers require ethics committee approval and informed consent, which should be documented in the paper. Appropriate consents, permissions and releases must be obtained where an author wishes to include case details or other personal information or images of patients and any other individuals in an Elsevier publication. Written consents must be retained by the author and copies of the consents or evidence that such consents have been obtained must be provided to Elsevier on request. For more information, please review the [Elsevier Policy on the Use of Images or Personal Information of Patients or other Individuals](#). Unless you have written permission from the patient (or, where applicable, the next of kin), the personal details of any patient included in any part of the article and in any supplementary materials (including all illustrations and videos) must be removed before submission.

**Submission**

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

**Structure of manuscripts**

The following types of contributions will be published: (i) Papers reporting original work; (ii) Interpretative reviews; (iii) Technical notes; (iv) Letters to the Editor

All manuscripts, except Letters to the Editor, should have the following structure:

- Title page, including keywords
- Structured abstract
- Body of the manuscript
- Authors' contributions
- Acknowledgements
- Statement on conflicts of interest
- Summary table
- References
- Appendices (if applicable)
- Maximum word count for research articles: 3000
- Maximum word count for reviews: 4000

Manuscripts not conforming to this structure may be returned to author without prejudice but without review.

**Submit your article**

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/ijmi/>.

**PREPARATION****NEW SUBMISSIONS**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

### **References**

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

### **Formatting requirements**

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Please ensure the text of your paper is double-spaced this is an essential peer review requirement.

### **Figures and tables embedded in text**

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file. The corresponding caption should be placed directly below the figure or table.

### **REVISED SUBMISSIONS**

#### **Use of word processing software**

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

#### **Article structure**

##### **Subdivision - numbered sections**

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

##### **Introduction**

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

##### **Material and methods**

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

##### **Results**

Results should be clear and concise.

##### **Discussion**

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

##### **Summary table**

The authors shall provide a table with in 2-4 bullets statements on 'what was already known on the topic' and also in 2-4 bullets statements on 'what this study added to our knowledge'. Note that the second part of the table should not list the results of the study as such. It should address what this study has proven and what insights have been gained.

##### **Appendices**

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

### Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### Structured abstract

A structured abstract, by means of appropriate headings, should provide the context or background for the research and should state its purpose, basic procedures (selection of study subjects or laboratory animals, observational and analytical methods), main findings (giving specific effect sizes and their statistical significance, if possible), and principal conclusions. It should emphasize new and important aspects of the study or observations.

#### Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

#### Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

#### Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

The abbreviation should be used, except in section headings and subheadings where full text is preferred. Abbreviation should not contain periods or intervening space between letters. Universally known abbreviations (USA for United States of America) need not be defined. Avoid using abbreviations in the abstract of the manuscript.

#### Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

#### Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

#### *Units*

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

#### *Footnotes*

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

#### **Artwork**

##### *Electronic artwork*

##### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

##### *Formats*

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

##### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

##### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

##### *Illustration services*

[Elsevier's WebShop](#) offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

**Figure captions**

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

**Tables**

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

**References****Citation in text**

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

**Reference links**

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

A DOI can be used to cite and link to electronic articles where an article is in-press and full citation details are not yet known, but the article is available online. A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

**Web references**

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

**Data references**

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

**References in a special issue**

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

**Reference management software**

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#) and [Zotero](#), as well as [EndNote](#). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

