

## **Simulação Social para Otimização das Políticas de Serviços de Emergência Médica**

**Mateus Padoca Calado**

GUESS/LabMag/Departamento de Informática,  
Fac. Ciências, Universidade Lisboa, Portugal  
[padoca@padoca.org](mailto:padoca@padoca.org)

**Luis Antunes**

GUESS/LabMag/Departamento de Informática,  
Fac. Ciências, Universidade Lisboa, Portugal  
[xarax@di.fc.ul.pt](mailto:xarax@di.fc.ul.pt)

### **Resumo**

Frequentemente, as políticas públicas, concebidas apenas, podem ser avaliadas só quando já se encontram implementadas. A simulação à priori dessas políticas apresenta vários benefícios: o *design* pode ser ajustado aos objectivos dos decisores políticos de forma mais exacta; as políticas podem reflectir melhor as motivações dos indivíduos envolvidos em diversos papéis (utilizadores, médicos, enfermeiros, funcionários públicos, auditores, decisores políticos); as ligações micro-macro e as mediações são representadas explicitamente; a simulação pode permitir a melhoria sucessiva das políticas, de tal forma que as mesmas quando da sua implementação estejam aperfeiçoadas; os decisores e intervenientes podem conhecer melhor o território de decisão para melhor reagir em situações de contingência. Defendemos a simulação baseada em multi-agentes como forma de orientar a especificação de políticas. Os sistemas multi-agente permitem a representação de agentes racionais heterogéneos e fornecem uma abordagem para criar modelos dinâmicos complexos de fenómenos sociais. Neste artigo, descreve-se como podemos atacar o problema de optimização das políticas de serviços de emergência médica, quando há uma diferença clara entre a concepção dessas políticas e o uso que as pessoas lhes dão. Apresenta-se o cenário e um modelo para a simulação, identificando os actores envolvidos, as ligações e relações entre eles, as medidas necessárias para avaliar os resultados multi-dimensionais da simulação e como se podem afinar as políticas e simulá-las antes da sua implementação no mundo real.

**palavras-chave:** simulação, sistemas multi-agente, emergência médica

**Title:** Social simulation for optimizing policies of medical emergency services

### **Abstract**

Often, public policies that have been issued can only be evaluated after they have been implemented. The prior simulation of these policies has several benefits: the design can be adjusted more accurately to the objectives of the policy makers; the policies can better reflect the motivations of the individuals involved in several roles (users, doctors, nurses, civil servants, auditors, policy makers); the micro-macro connections and the mediations are represented explicitly; the simulation may allow the successive improvement of the policies, in such a way that they are improved upon implementation; the decision makers and stakeholders may know better the territory of decision to better respond in situations of contingency. We support the simulation based on multi-agents as a form of orienting the specification of policies. The multi-agent systems allow for the representation of heterogeneous rational agents and provide an approach to create complex dynamic models of social phenomena. This paper describes how we can tackle the problem of optimization of the policies of emergency medical services, when there is a clear distinction between the design of these policies and the use that people give them. It presents the scenario and a model for the simulation, identifying the actors involved, the connections and relationships between them, the measures needed to evaluate the multi-dimensional results of the simulation and how the policies can be fine-tuned and simulated before they are implemented in the real world.

**keywords:** simulation, multi-agent systems, medical emergency

## **1. Introdução**

Traçar políticas públicas de saúde, implementá-las, acompanhá-las, avaliar os seus resultados e impactos na sociedade é um problema complexo não estruturado, dados os factores sociais, económicos, políticos, financeiros e os conflitos de interesse que são necessários gerir e prever. Os factores sociais, económicos e políticos são não só condicionantes para a criação das políticas de saúde, mas também resultados da implementação dessas políticas, gerando um sistema dinâmico e com algum coeficiente de incerteza em relação aos resultados que serão obtidos quando as políticas forem colocadas em prática.

Num quadro de incerteza económica e de racionalização de custos no sector público, existe em Angola uma preocupação crescente por parte dos decisores políticos com a maximização da eficiência e eficácia das políticas públicas delineadas e a satisfação das populações. Para concretizar este objectivo de optimização é imprescindível perceber o funcionamento e compreender as particularidades do investimento público deste sector, ter sensibilidade quanto às necessidades do utente, conhecer os diferentes métodos de avaliação das políticas públicas e escolher a metodologia mais adequada.

Para o problema que se analisa neste trabalho, a optimização de políticas para o sistema de emergência hospitalar pode ser encarada de dois pontos de vista distintos: por parte dos utentes e por parte dos prestadores de cuidados de saúde. Para os utentes, otimizar significa diminuir o seu tempo de espera e atendimento no serviço de saúde e minimizar a taxa de mortalidade. Para as entidades prestadoras de cuidados de saúde, otimizar

significa racionalizar a ocupação dos recursos disponíveis que podem ser limitados e minimizando desproporcionalidades no acesso aos mesmos.

Para que a otimização seja alcançada, é imprescindível que os utentes sejam direccionados de uma forma equilibrada para a entidade prestadoras de cuidados de saúde que tem disponibilidade e recursos adequados para efectuar num menor intervalo de tempo os actos médicos necessários para tratar o utente.

Uma abordagem tradicional utilizada para avaliar a implementação dos modelos delineados é a econométrica, dependente de funções de utilidade e baseada em comportamentos individuais esperados relativamente homogéneos. Apesar de ser um campo amplamente estudado e que permite a avaliação de hipóteses, para o caso concreto de que trata este artigo, essa não é uma abordagem vantajosa: exige uma quantidade de dados detalhados e de boa qualidade e uma alteração mínima nas suposições pode implicar resultados díspares, o que dificulta o seu uso para efectuar previsões correctas.

A previsão económica também tem sido utilizada neste tipo de problemas, mas prever com um grau de exactidão que seja útil para o estabelecer das políticas, neste tipo de metodologia, exige a definição de um modelo da realidade tão completo quanto possível, do qual se possam extrair previsões. No entanto, um modelo de um sistema complexo não é nunca completo, existem variáveis que são influenciadas por factores externos ao próprio modelo.

Ambos os modelos (econométrico e previsão económica) são adequados para analisar sistemas menos complexos, com menos interações, mais homogéneos e estáveis. Nas últimas décadas, têm surgido aproximações interdisciplinares, como a econofísica, que usa modelos físicos para explicar fenómenos económicos. Apesar de representar um campo de estudo promissor e que permite lidar com a heterogeneidade e a incerteza que estão presentes na área da saúde, os modelos físicos e matemáticos subjacentes a esta aproximação não facilitam a sua utilização por parte dos decisores políticos.

Adicionalmente às metodologias e às técnicas referidas, existe ainda a simulação social baseada em sistemas multi-agente, que é uma abordagem indicada em simulação de sociedades (em particular sociedades humanas), onde, por natureza, existem conflitos de interesse, com os objetivos de compreender situações complexas (com risco e custos elevados) e de prever comportamentos futuros, neste caso da política pública de serviços de emergência médica. A simulação baseada em agentes visa a construção e teste de cenários socioeconómicos, nos quais é possível observar, mediante alterações nos intervenientes, o impacto resultante no sistema. Por outro lado, a maior parte dos problemas que a sociedade coloca são demasiado complexos para serem avaliados de forma analítica, sendo mais adequado o uso da simulação. Esta permite que o modelo que se constrói para representar a realidade seja avaliado numericamente [Law, 2006].

Os modelos computacionais baseados em agentes, para além de uma componente analítica robusta, também são eficazes na forma como apresentam os resultados [Axtell, 2000], daí ser a abordagem que vai ser utilizada para atacar a problemática da optimização de políticas para o sistema de emergência hospitalar, tendo como pano de fundo inspirador o caso angolano.

Este documento está estruturado do seguinte modo: no ponto 2, descreve-se a abordagem escolhida (simulação baseada em sistemas multi-agente); no ponto 3, referem-se trabalhos relacionados; no ponto 4, caracteriza-se o sistema de emergência médica; no ponto 5, descreve-se o modelo construído; no ponto 6, apresenta-se a simulação e os resultados, e, no ponto 7, as conclusões.

## **2. Contexto**

A simulação baseada em múltiplos agentes é a abordagem que oferece a possibilidade de utilizar os princípios da Inteligência Artificial Distribuída para avaliar diferentes cenários da política pública de serviços de emergência médica. É utilizado um conjunto de agentes autónomos incorporados nos objectos e personagens virtuais com raciocínio cognitivo, nos quais ocorre a troca de conhecimentos, possibilitando a criação de uma sociedade artificial, onde os diferentes actores envolvidos podem ser representados e os resultados das acções observados.

Num sistema multi-agente, os agentes interagem entre si e com um mundo virtual onde se encontram. Os agentes são capazes não só de reagir ao ambiente que os rodeia, mas também de agir sobre o mesmo. São dotados de autonomia, de flexibilidade e capacidade de adaptação e são capazes de agir de forma a alcançar os seus objectivos de acordo com os critérios de avaliação das suas acções e justificando as suas decisões. Estas propriedades são adequadas para a construção de simulações para sistemas sociais complexos, abertos e dinâmicos, como é o caso do sistema que se pretende estudar e simular.

Nos processos sociais complexos, e em particular de sociedades humanas, é frequente a utilização de teorias e modelos, em detrimento da simulação. Com a utilização da simulação social para estudar soluções para os serviços de urgências hospitalares, constrói-se uma ideia clara do problema e contribui-se para perceber a questão, criando um modelo computacional robusto, útil e preciso, atribuindo a cada parâmetro da simulação um determinado valor. A utilização da simulação permite colocar o esforço sobre o modelo, ao invés de o colocar sobre os dados, que é a forma clássica de estudar este tipo de problema, mas que apresenta o inconveniente de ser difícil e moroso obter dados em quantidade e qualidade suficiente para a construção de um modelo do real.

No sistema de emergência médica existem vários factores que determinam a eficiência da resposta dada pelo sistema, mas que, individualmente, podem assumir valores muito diferentes, podem ter diversas formas de interação e, no conjunto, terem graus de imprevisibilidade que condicionam a eficácia da construção de modelos explicativos ou que permitam fazer a previsão com um nível de certeza que possibilite o seu uso na decisão política.

Em função de alterações nos parâmetros de entrada da simulação (que representam os intervenientes no serviço de urgência hospitalar), e tendo um modelo de simulação baseado em multi-agentes adequado que simule o comportamento dinâmico deste sistema e a complexidade das suas interações, podem avaliar-se as alterações que são necessárias efetuar para tornar o modelo mais eficiente.

Dada a complexidade do problema a atacar, que se concretiza no número de entidades, na diversidade de relações e quantidade de interações, seguiu-se uma metodologia ‘bottom-up’. Neste caso concreto, esta metodologia é a mais favorável, uma vez que permite criar um sistema que tem um maior grau de flexibilidade. Adicionalmente, neste tipo de problema é impossível prever todas as exceções que podem ocorrer e reunir todo o conhecimento necessário para desenvolver o sistema seguindo uma metodologia ‘top-down’. Com a metodologia ‘bottom-up’ constrói-se um modelo relativamente simples, que permite o surgimento de comportamentos e padrões complexos de interação entre os vários elementos (agentes). Estas interações são influenciadas pelos valores atribuídos aos parâmetros de entrada da simulação, que afectam a evolução do sistema e o estado final do mesmo.

### 3. Trabalhos relacionados

A Computação enquanto ciência tem contribuído de uma maneira fundamental para os avanços na área da saúde, particularmente pela capacidade em gerir grandes quantidades de informação, em extrair dessa informação os padrões e conhecimentos relevantes, e em tornar possíveis, ou cada vez mais eficazes, tecnologias e dispositivos de diagnóstico e tratamento médico.

O interesse pela utilização de sistemas multi-agente (SMA) na área da saúde tem crescido nos últimos dez anos, constituindo actualmente um tópico bem desenvolvido a nível académico, facto que tem contribuído para a criação e a divulgação de projetos nesta área de conhecimento.

Desta forma e a título de exemplo, os sistemas multi-agente são utilizados:

(1) em sistemas distribuídos de diagnóstico que reúnem dados provenientes de várias fontes e recorrem ao uso de bases de conhecimento, reconhecimento de padrões, ontologias e outras técnicas de inteligência artificial para ajudar médicos e outros técnicos no diagnóstico e prognóstico de problemas de saúde. Neste âmbito, podem referir-se os projetos *Health agents* [Vélez *et al.*, 2007], *Ontology-based Holonic Diagnostic System* [Hadzic *et al.*, 2006] e *Ontology-driven execution of clinical guidelines* [Isern *et al.*, 2012].

(2) em sistemas de gestão de informação médica que reúnem, filtram e organizam informação médica, em virtude do permanente crescimento da quantidade deste tipo de informação disponível em formato electrónico. Como exemplos, citam-se *Privacy-Aware Autonomous Agents for Pervasive Healthcare* [Tentori *et al.*, 2006], *Integration of Hospital Data Using Agent Technologies* [Cruz-Correia *et al.*, 2005] e *Cross-Community Health Record Exchange* [Urovi *et al.*, 2012].

(3) em sistemas de optimização de fluxos das emergências hospitalares que torna mais eficiente a gestão de emergências, de pacientes e de tarefas dentro do hospital, optimizando os recursos e auxiliando o pessoal médico no acesso móvel a registos médicos dos pacientes relevantes para o contexto de emergência médica. Aqui, podem destacar-se *CASCOM: Intelligent Services Coordination in the Semantic Web* [Schumacher *et al.*, 2008] e *CARREL+ Increasing Human-Organ Transplant Availability: Argumentation-Based Agent Deliberation* [Tolchinsky *et al.*, 2006].

(4) em soluções para os problemas tecnológicos e metodológicos básicos associados à utilização real de sistemas baseados em agentes na área da saúde, segurança e privacidade da informação médica, integração e uso de ontologias médicas. Alguns exemplos são: *Building a health care multi-agent simulation system with role-based modeling* [Zhang *et al.*, 2007], *Toward a Conceptual Agent-based Framework for Modelling and Simulation of Distributed Healthcare Delivery Systems* [Charfeddine & Montreuil, 2008] e *Protecting health care workers: a pandemic simulation based on Allegheny County* [Cooley *et al.*, 2010].

#### **4. Serviços de emergência médica**

Este trabalho tem como alvo o Sistema de Emergência Hospitalar (SEH) que se insere no Sistema de Saúde Angolano (SSA), com características muito próprias e constrangimentos distintos dos outros componentes deste último. Aqui, os utentes que se dirigem à entidade de saúde necessitam de cuidados médicos imediatos, dada a possibilidade de existir risco de vida ou perigo eminente e grave para a saúde do utente.

O requisito fundamental do SEH é conseguir responder da forma mais rápida e eficiente a situações de emergência médica, como doenças agudas ou graves e outras situações resultantes de acidentes, intoxicações, incêndios, cataclismos, que podem colocar um indivíduo em perigo de vida ou causar-lhe complicações de saúde graves e permanentes. Não existe um acompanhamento do estado de saúde do utente ao longo do tempo por parte do SEH, apesar de, em consequência dum episódio de urgência, os utentes poderem ser encaminhados para outros serviços que estejam orientados para a prestação desse tipo de cuidados.

Vários factores concorrem para degradar a resposta dada pelo SEH aos utentes. Para além dos motivos de natureza mais previsível e controlável, como a existência de recursos materiais disponíveis, existem outros mais complexos, como seja a gestão dos vários tipos de interesses dos grupos de intervenientes (profissionais de saúde, utentes ou gestores hospitalares), e existem até outros factores de natureza mais imprevisível, como seja o afluxo de utentes ao serviço, num determinado momento, em resultado de um cataclismo.

A realidade do sistema de saúde angolano na área da emergência hospitalar é caracterizada pela existência de uma taxa elevada de mortalidade entre os utentes que recorrem a esses serviços, muitas vezes causada por ineficácia, erro ou falta de recursos.

Os recursos humanos são frequentemente escassos, com particular incidência nos médicos especialistas, para dar uma resposta adequada às solicitações dos utentes; os recursos materiais são insuficientes, subaproveitados e frequentemente com problemas a nível de armazenamento e manutenção; os serviços intra-hospitalares funcionam com pouca coordenação entre as diversas unidades [Connor, 2010]. As várias entidades de saúde do SSA, como hospitais, clínicas e centros médicos, não têm redes de encaminhamento de utentes funcionais, nem protocolos de comunicação eficientes implementados. Cada entidade funciona fechada sobre si mesma e não existem pólos (como por exemplo entidades de protecção civil) articuladores.

Não existe um número de telefone operacional, centralizado e direccionado para encaminhar emergências médicas (como o 112 na União Europeia, o 911 nos EUA e Canadá). Os utentes dirigem-se a qualquer entidade hospitalar, com preferência pela unidade hospitalar situada mais perto da sua localização ou pela entidade hospitalar de preferência, isto é, aquela que é percebida pelo utente como a melhor. Os utentes não dispõem de aconselhamento sobre a gravidade do seu estado de saúde ou orientação sobre o que fazer, e este facto contribui para que os mesmos se desloquem à entidade hospitalar, mesmo que essa deslocação não se justifique em virtude de, eventualmente, o seu estado não se enquadrar numa emergência médica.

Resumidamente, os principais desafios que o SEH angolano enfrenta são:

- Diminuir o tempo de espera dos utentes nas entidades hospitalares;
- Optimizar a exploração dos recursos disponíveis;
- Aumentar a eficácia da resposta dada aos utentes;
- Desenvolver uma coordenação entre os serviços dos hospitais e entre as diversas entidades ligadas à área da saúde;
- Criar um sistema de informação e aconselhamento médico aos utentes que possa distribuir os utentes o mais equitativamente possível pelas entidades hospitalares, considerando a adequação entre os serviços médicos disponíveis, o afluxo de utentes a essas entidades e a patologia e estado de gravidade do utente.

Um SEH que possa responder a estes desafios é denominado neste trabalho como ‘SEH organizado’ (SEHO). Em última análise, com a implementação do SEHO o serviço prestado pelas entidades hospitalares poderá contribuir de uma forma mais assertiva para a diminuição da taxa de mortalidade e para o aumento da satisfação dos utentes em relação ao SEH.

Considerando as razões pelas quais é útil construir modelos [Epstein, 2008], trabalhou-se no sentido de ter um modelo com a capacidade de revelar dinâmicas fundamentais, evidenciar equilíbrios e eficiências, tendo como objectivo validar de que forma e até que ponto a implementação de um SEHO pode contribuir para o aumento da qualidade da resposta dada pelo SEH.

Para isso, colocaram-se várias hipóteses de estudo, que são alvo da simulação implementada, tais como:

- A existência de um nível de organização contribui para a diminuição da mortalidade dos utentes?
- No caso do SEHO, a distribuição dos utentes é mais uniforme?
- Se os utentes estiverem mais informados sobre a gravidade do seu estado o recurso à urgência é menor?
- A filtragem de doentes muito graves torna o sistema mais expedito?
- O tipo de modelo do SEH (com ou sem organização) contribui para a diminuição do tempo de tratamento dos utentes?

## 5. Modelo de serviços de emergência médica.

É difícil definir um modelo da simulação que represente o mundo real, daí a necessidade prévia de um estudo aprofundado do problema para se ter a noção do que é preciso modelar e simular, definindo questões concretas de forma a ter um nível de abstracção ilustrativa do modelo do SEH e a evitar desenhos genéricos ou simplistas, que deixam de lado características fulcrais do sistema a simular. Para a elaboração do modelo da simulação recorreu-se à linguagem de modelação UML, considerando os seguintes passos para o desenho de um sistema de simulação:

- Definir os tipos de objectos a utilizar e que serão uma abstracção dos intervenientes do caso real. Estes intervenientes são concretizados como agentes no mundo virtual, ou, mais raramente, como objectos que representam características relevantes para o caso a simular. Os tipos de objectos são organizados em classes, tendo cada classe no topo um objecto genérico e subclasses. As instâncias das classes são os objectos.
- Definir os atributos dos objectos, que representam as características que os diferenciam entre si. Os objectos das subclasses herdam os atributos das classes superiores das quais derivam.
- Especificar o ambiente virtual onde os objectos estão inseridos. No caso concreto de urgências hospitalares que pretendemos simular, este ambiente consiste numa rede de interligações entre os agentes envolvidos.
- Introduzir a componente dinâmica do sistema, i.e., as formas de interacção agente-agente e agente-ambiente. Como temos agentes que não só têm capacidade de influenciar e de ser influenciados, mas também de terem autonomia, objectivos e capacidade de colaboração e adaptação, é possível criar uma componente dinâmica muito forte. Esta componente é modelada recorrendo a diagramas de interacção UML.
- Por fim, tratar da interface com o utilizador, dando uma atenção suplementar aos componentes que permitem ao utilizador passar os parâmetros de entrada para a simulação e aos que permitem visualizar os resultados da mesma.

### 5.1. Entidades

No ataque ao problema, começa-se com uma simplificação do que acontece no real: os modelos devem ser inicialmente simples e a complexidade final do modelo tem que ser menor do que a do fenómeno observado na realidade [Macy, 2001]. As entidades modeladas são ‘Centro de Atendimento e de Encaminhamento’, ‘Utente’ e ‘Entidade Hospitalar’. Nesta fase do trabalho, interessa explorar as interacções entre estes três intervenientes e a contribuição do tipo de modelo do sistema de emergência hospitalar para a eficiência e eficácia do referido sistema, pelo que não são incluídos outros intervenientes do SEH como médicos, gestores hospitalares, decisores políticos, etc.

O Centro de Atendimento e de Encaminhamento é um serviço disponível apenas em SEHO de forma permanente pelo acesso telefónico e portal Web, tendo como valências:

- Obtenção por parte dos utentes de informações sobre as diversas entidades hospitalares tais como os serviços existentes, as suas localizações e outras;
- Encaminhamento para a entidade hospitalar conveniente tendo em conta a descrição do estado de saúde do utente, fazendo uma avaliação da gravidade do estado do mesmo e atribuindo-lhe uma possível patologia.

O Utente é a pessoa que numa dada altura recorre ao sistema de saúde para que lhe sejam prestados os cuidados médicos adequados à situação de urgência em que se encontra.

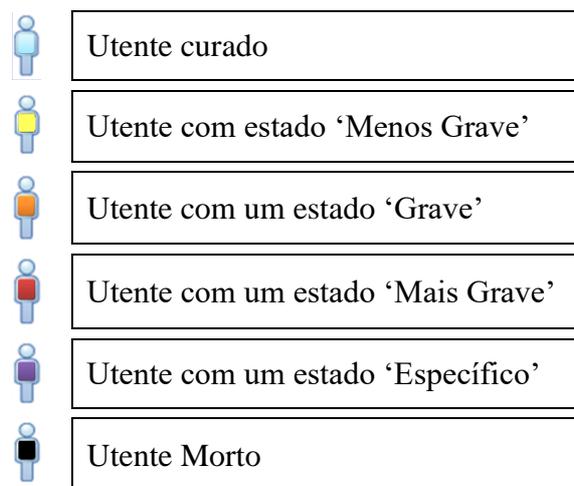
Descrição da entidade ‘Utente’:

- O Utente tem uma determinada localização;
- O Utente desloca-se pelo território ao longo do tempo, com o objectivo de ser assistido numa entidade hospitalar;
- No Sistema de Emergência Hospitalar Organizado, o utente pode contactar o centro de atendimento e encaminhamento, fornecendo possíveis sintomas para que seja feito um diagnóstico prévio;
- O Utente tem um estado de gravidade associado que evolui ao longo do tempo.

Atributos da entidade ‘Utente’:

- Gravidade do estado;
- Tempo de vida;
- Localização do utente (a sua localização também afecta a escolha do hospital ao qual se deslocará, no caso em que outros factores não sejam diferenciadores);
- Serviço hospitalar a que o utente terá de aceder para ficar curado (este factor pode implicar a deslocação do utente para um outro hospital – temos por exemplo o caso em que um utente precisa de uma intervenção cirúrgica de urgência, mas esse serviço não existe num determinado hospital).

Na entidade ‘Utente’ os estados de gravidade são os seguintes:



**Figura 1.** Estado do utente

A 'Entidade Hospitalar' é o organismo que tem como objectivo prestar os cuidados de saúde aos utentes mediante as suas necessidades.

Descrição da 'Entidade Hospitalar':

- A Entidade Hospitalar tem uma determinada localização;
- Cada Entidade Hospitalar é de um determinado tipo;
- A Entidade Hospitalar tem serviços e recursos disponíveis;
- A Entidade Hospitalar encaminha os utentes de acordo com o estado de saúde em que se encontram.

Atributos da entidade 'Entidade Hospitalar':

- Tipo;
- Localização;
- Serviço disponível;
- Congestionamento do atendimento de urgência.

A Entidade Hospitalar é de um dos seguintes tipos:

- Hospital público
- Hospital privado
- Hospital especialidade
- Centro médico

O hospital público é a entidade que está vocacionada para prestar cuidados aos utentes que se encontram num estado grave ou muito grave, correspondendo a um hospital geral. Este tipo de hospital é o que tem a maior variedade de serviços disponíveis.

O hospital privado tem capacidade para dar assistência a utentes com um estado grave. Não está direccionado para prestar cuidados de saúde a utentes que apresentem um quadro que corresponda a uma patologia específica, como tuberculose ou sida.

O hospital de especialidade está direccionado para o atendimento de utentes com um caso específico, como, por exemplo, doentes com tuberculose, ou parturientes.

O centro médico é a entidade que presta cuidados de saúde básicos e não tem meios técnicos para atender doentes com elevado nível de gravidade ou com casos específicos.

## 5.2. Agentes

Os agentes foram programados em *NetLogo* [Wilensky, 1999], um dialecto da linguagem de programação Logo. Os agentes implementados nesta proposta tem uma forte componente de cooperação e autonomia, ou seja, segundo a tipologia de [Nwana, 1996] podem classificar-se como agentes colaborativos.

Agente Paciente (AP) – é a concretização da entidade ‘Utente’. O objectivo do AP é ser tratado numa entidade hospitalar ou aconselhado pelo CAE. O AP desloca-se para uma entidade hospitalar de acordo com a sua localização ou na sequência de um encaminhamento. A quantidade de agentes do tipo ‘Agente Paciente’ é variável e definida pelo utilizador na interface da simulação. Ao longo da simulação, a quantidade destes agentes vai diminuindo, uma vez que cada agente é destruído quando atinge o estado ‘morto’ ou ‘curado’. A sobrevivência do AP varia em função do seu tempo de vida, da probabilidade do seu estado ser alterado para mais ou menos grave e da probabilidade de ficar curado. O tempo de vida é alterado em função da gravidade do estado de saúde do AP (estados mais graves diminuem o tempo de vida) e pelos agentes Entidade Hospitalar (antes de encaminharem o utente aumentam o seu tempo de vida). O estado ‘morto’ é alcançado quando o AP esgota o seu tempo de vida.

Agente Entidade Hospitalar (AEH) – O objectivo do AEH é tratar o AP. Para tratar o AP o AEH conhece a gravidade do estado de saúde e a patologia daquele. A quantidade e tipo de AEH são pré-determinados e o utilizador da simulação não os pode alterar, estes valores foram decididos seguindo um levantamento de entidades hospitalares da cidade de Luanda. O AEH interage com o AP alterando-lhe o tempo de vida, atribuindo-lhe o estado ‘curado’ ou encaminhando-o para AEH adequados.

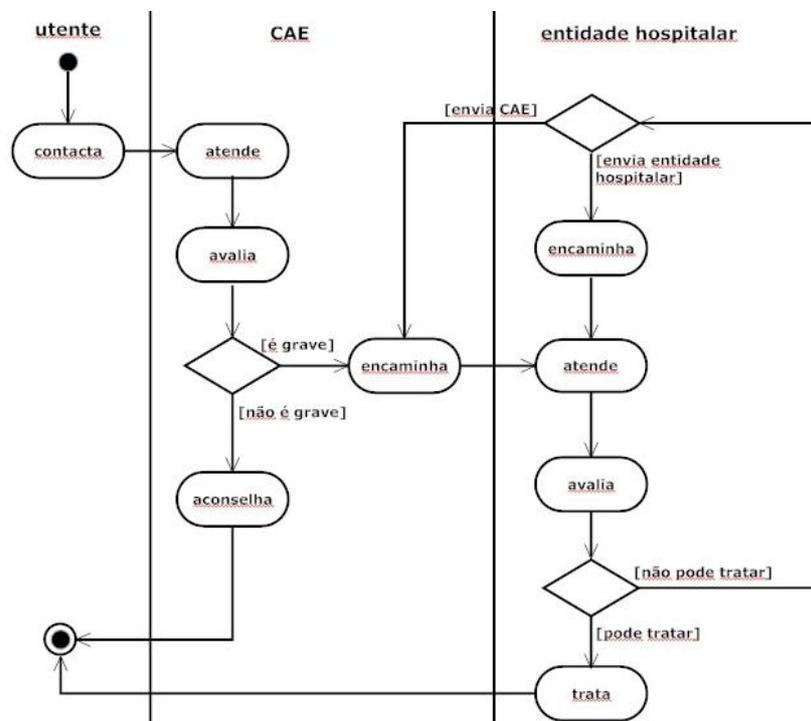
Agente Centro de Atendimento e Encaminhamento (ACAE) – O ACAE é criado quando se simula um SEHO (sistema de emergência hospitalar organizado), via um parâmetro disponível na interface da simulação. Este agente é responsável por responder aos pedidos de aconselhamento dos AP. O ACAE interage com os AP alterando-lhes o estado para ‘curado’, ou encaminhando-os para AEH com base na gravidade do estado de saúde e a patologia daqueles e nos serviços e disponibilidade das entidades hospitalares.

### **5.3. Algoritmos de decisão**

O modelo da simulação foi estruturado no sentido de explorar a complexidade das interacções entre as entidades de saúde e o acesso a um maior grau de informação por parte dos utentes. O modelo comporta duas formas de organização dos serviços de emergência hospitalar:

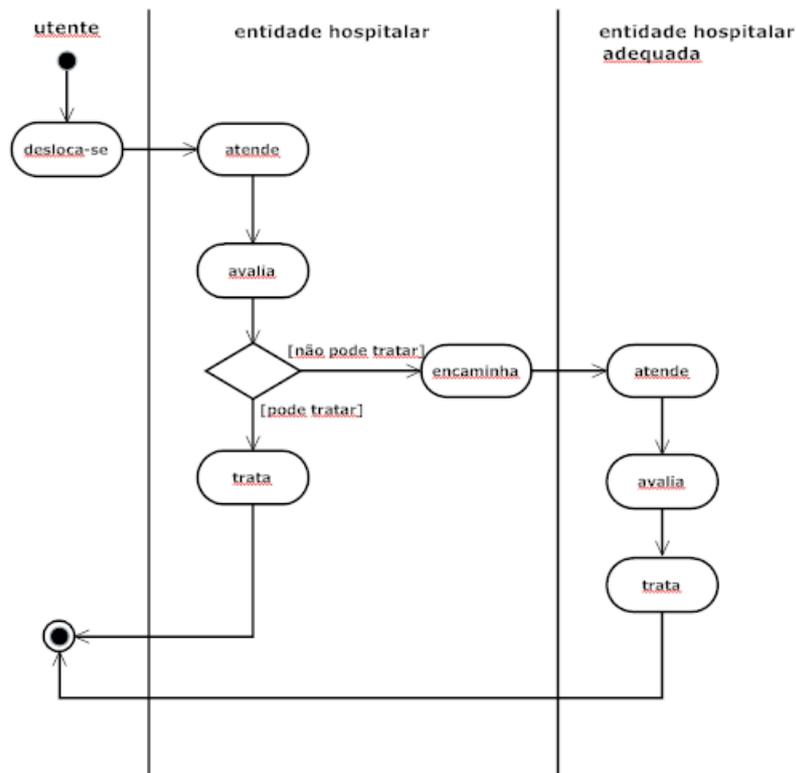
1. Uma versão em que os utentes se dirigem para os hospitais e para os centros médicos de uma forma desorganizada, sem levar em conta o seu estado de gravidade;
2. Outra versão que tem um nível de organização que contempla:
  - A utilização de um centro de atendimento a que o utente pode aceder (via telefone ou internet) e que constitui uma primeira linha no acesso do utente aos recursos do SEHO; isto é, o centro é um serviço que tem capacidade de orientar e filtrar os utentes. Mediante o seu estado e patologia, encaminha o utente para uma determinada entidade hospitalar ou evita o acesso à urgência, direccionando-o para um centro médico.
  - A utilização do mesmo centro de atendimento e encaminhamento por parte das entidades hospitalares com objectivo de avaliar ou reavaliar o estado e patologia do utente e caso seja necessário transferi-lo: o utente não se encontra na entidade hospitalar adequada; o estado de saúde do utente não é grave e a entidade hospitalar está com índice muito elevado de sobrelotação.

Na figura 2, pode observar-se a dinâmica do modelo de simulação quando é utilizado o SEHO, e quando os utentes recorrem ao centro de atendimento e de encaminhamento. Neste contexto, o utente (Agente Paciente) envia uma mensagem ao CAE (representado pelo Agente Centro de Atendimento e Encaminhamento) solicitando o seu serviço de atendimento. O ACAE recebe o pedido do AP e avalia-o. Se o atributo gravidade do estado do Agente Paciente tiver o valor “menos grave” então o Agente Centro de Atendimento e Encaminhamento altera o atributo gravidade do estado para “curado”, o que retira o Agente Paciente da simulação. Caso contrário, o ACAE verifica se o atributo serviço disponível do AEH (Agente Entidade Hospitalar) corresponde com o serviço necessário para o AP e encaminha. O AEH que recebe o pedido verifica se o atributo gravidade do estado do Agente Paciente é o esperado e então altera o estado do AP para “curado”, ou, caso contrário, envia o pedido para outro AEH ou para o ACAE.



**Figura 2.** Diagrama de actividades quando o utente usa CAE

Por outro lado, mesmo no SEHO, nem sempre os utentes utilizam o CAE (centro de atendimento e encaminhamento). Este caso foi modelado tendo em conta que na realidade nem todos os utentes podem, ou querem, usar o centro de atendimento e de encaminhamento. Nesses casos, o comportamento do utente é igual ao comportamento que teria no modelo de simulação do SEH desorganizado. No caso do hospital não ser capaz de tratar do utente, vai encaminhá-lo para uma entidade hospitalar adequada.



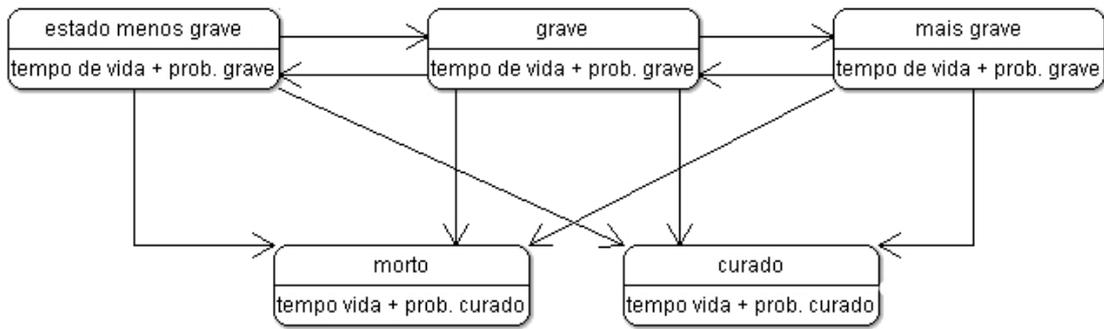
**Figura 3.** Diagrama de actividade quando utente não usa CAE

O modelo da simulação para o SEHO foi concebido para que a sobrelotação nas emergências das entidades hospitalares seja um factor que condiciona o encaminhamento do utente. No entanto, uma vez que a situação clínica do utente pode alterar-se ao longo do tempo, o encaminhamento pode não garantir que a entidade hospitalar seja a adequada.

Ao longo da simulação, cada utente pode ver a gravidade do seu estado de saúde alterada, passando por vários estados mencionados na Figura 1, ressalvando que ‘utente curado’ e ‘utente morto’ são estados finais, isto é, que uma vez atingidos já não são alterados. A distribuição das probabilidades é variável e controlada no interface da simulação. As transições entre estados dependem do tempo de vida do utente e da probabilidade de alteração da gravidade.

O utente atinge o estado ‘curado’ quando sai do sistema de emergências hospitalares. Isto pode ser alcançado de duas formas:

- deslocar-se ou ser encaminhado, em tempo útil, para uma entidade hospitalar que o trata;
- receber aconselhamento pelo centro de atendimento e encaminhamento no sentido de que o seu estado não justifica a ida às urgências.



**Figura 4.** Diagrama de Estados da situação de saúde do utente

No modelo criado, o utente permanece na simulação até que atinja o estado ‘Curado’ ou o estado ‘Morto’ e a simulação termina quando todos os utentes atingem um destes estados.

#### 5.4. Interface da Simulação

Para implementar a simulação, utilizou-se a plataforma para simulação baseada em agentes fornecida pelo NetLogo [Wilensky, 1999]. Esta plataforma é uma das especialmente direcionadas para a simulação baseada em agentes na área das ciências sociais [Nikolai, 2009]. Como pontos fortes desta ferramenta podem apontar-se a sua adequação ao paradigma de sistemas multi-agente, ser multi-plataforma, ser de fácil utilização e ter uma biblioteca de modelos testados. Para além disso, a sua interface permite uma visualização da execução da simulação conveniente e é rápida e simples a alteração dos valores dos seus parâmetros. A principal desvantagem encontrada prende-se com o facto de ter um editor de texto demasiado básico para o caso de se construir um programa extenso.

No protótipo apresentado, a simulação é feita em três passos:

1. Atribuem-se valores aos parâmetros que estão disponíveis na interface;
2. Cria-se o ambiente, colocam-se os agentes nesse ambiente, inicializam-se variáveis e passam-se parâmetros para a simulação, tudo isto no botão ‘INICIAR’;
3. Por fim, corre-se a simulação, clicando no botão ‘EXECUTAR’.

Para controlar a simulação e analisar as hipóteses de estudo, disponibilizam-se vários parâmetros na interface do nosso protótipo, como se explicita no ponto 5.1.

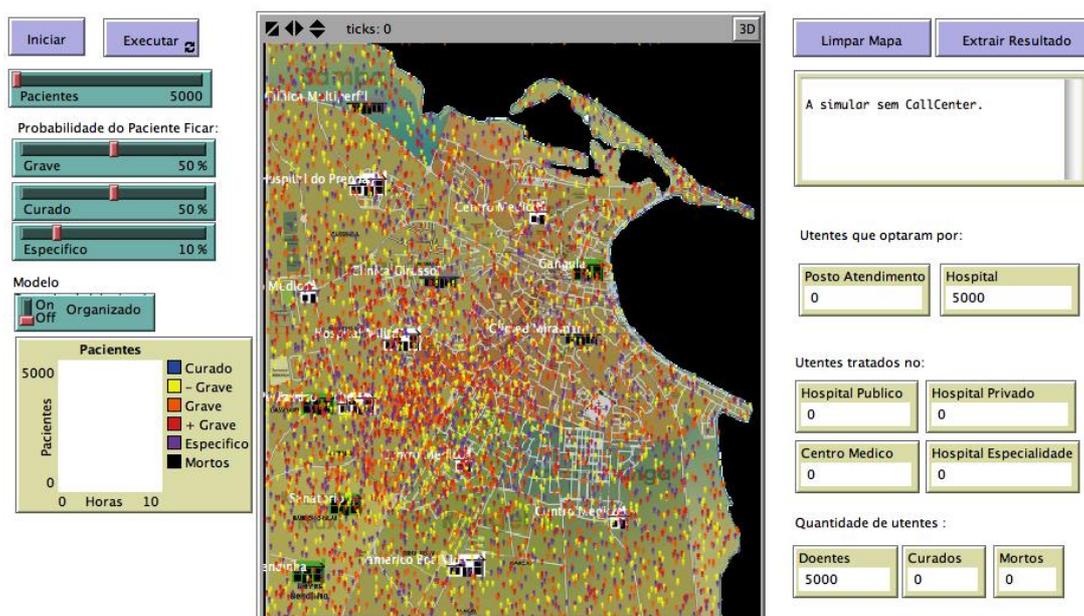


Figura 5. Interface inicial do protótipo da simulação

## 6. As simulações e os resultados preliminares

### 6.1. Parâmetros da simulação

A simulação ocorre num tabuleiro com a representação do mapa de Luanda, pelo qual os agentes ‘Utente’ se deslocam em busca de assistência médica nas entidades hospitalares existentes. Esta deslocação é feita em cada instante de tempo e termina para cada utente quando ele atinge o estado ‘Curado’ ou o estado ‘Morto’. A simulação termina quando a quantidade de utentes mortos somada à dos utentes curados é igual ao total de utentes utilizados na simulação.

O utilizador pode controlar as simulações na interface usando cinco parâmetros (pacientes, grave, curado, específico, organizado) que são do tipo *slider* (permite alterar os valores das variáveis globais dentro de um determinado intervalo sem editar o código) ou *switch* (atribui um valor a uma variável do tipo booleano), disponíveis na interface da simulação.

Tabela 1. Parâmetros utilizados no protótipo da simulação

Parâmetro	Tipo	Significado
Pacientes	<i>slider</i>	Define a quantidade de utentes que vai ser usada na simulação
Grave	<i>slider</i>	Indica a probabilidade de um utente alterar o seu estado para grave
Curado	<i>slider</i>	Controla a probabilidade de um utente ficar curado
Específico	<i>slider</i>	Indica a probabilidade de um utente ser um caso específico
Organizado	<i>switch</i>	Controla se o modelo a simular é ou não organizado

O parâmetro ‘Organizado’ controla a existência de um nível de organização no SEH: numa versão mais simples, os utentes deslocam-se para as entidades hospitalares de

forma desorganizada, sem informação sobre o seu estado de saúde e não existe encaminhamento de utentes entre entidades hospitalares. No caso de existir um nível de organização no SEH, os utentes são direccionados para as entidades que podem dar uma resposta mais adequada à sua situação de saúde.

Na plataforma de simulação apresentam-se os dados ao utilizador através de gráficos (permitem visualizar de que forma as variáveis em estudo estão relacionadas, por exemplo, como é que o estado dos utentes evolui com o tempo), monitores (permitem ver os valores das variáveis em cada instante) e pela exportação dos resultados da simulação para um ficheiro.txt que o utilizador depois pode editar.

## 6.2. Dados avaliados

As simulações foram executadas com o objectivo essencial de comparar o comportamento do sistema nos dois modelos de organização implementados (modelo com organização vs. modelo sem organização).

Os dados resultantes da simulação que se utilizam para comparar os modelos são:

- Uteses mortos/Uteses Curados – no final da simulação obtém-se o total de utentes que morreram no decurso da simulação e o total dos que ficaram curados;
- Número de utentes que optaram por contactar o posto de atendimento (disponível no modelo organizado), em vez de se deslocarem de imediato ao hospital;
- Número de utentes que foram curados nas diversas entidades de saúde (usado para avaliar a distribuição dos utentes pelos hospitais e centro médico).
- Tempo que demorou a curar metade dos utentes de cada simulação.

Uma questão fulcral para calibrar o parâmetro ‘utente’ foi determinar a quantidade de utentes que seriam utilizados na simulação. Para isso aplicou-se a fórmula indicada em [Krejcie & Morgan, 1970], com um grau de confiança de 95% e uma margem de erro de 5%, resultando uma amostra com 384 utentes.

$$n = ( X^2 * N * P * (1-P) ) / ( (ME^2 * (N-1)) + ( X^2 * P * (1-P) ) )$$

*n* = tamanho da amostra

*X*<sup>2</sup> = valor crítico para o grau de confiança pretendido (6,6349)

*N* = população (6 milhões de habitantes)

*P* = proporção populacional

*ME* = margem de erro (neste caso, 5%)

**Figura 6.** fórmula Krejcie & Morgan, 1970

Com base nesta amostra, as simulações foram executadas para 5000, 10000, 25000 e 50000 utentes. Assim, assumindo que Luanda tem cerca de 6 milhões de habitantes, no cenário mais extremo foi considerado que cerca de 8 pessoas em cada 1000 procuram uma entidade de saúde num determinado momento e num contexto de emergência médica.

Para analisar o impacto do tipo de modelo de organização na eficácia e eficiência da resposta em termos de sistema hospitalar, para cada população, fez-se variar o tipo de modelo (Organizado ON e Organizado OFF) e a probabilidade do estado do doente ser grave. Desta forma estuda-se a influência da quantidade e da gravidade do estado dos utentes.

### **6.3 Estudo de relação entre o SEH organizado e a mortalidade dos utentes**

Em todas as simulações executadas verificou-se que, considerando cada população, mantendo os mesmos parâmetros de simulação e alterando apenas o tipo de modelo, a percentagem de utentes curados é sempre superior quando o SEH é organizado, ou seja, em termos de eficácia é vantajoso o uso de um modelo organizado.

Em execuções com probabilidades na ordem dos 10% de um utente ficar num estado 'Específico', a diferença de mortalidade dos utentes entre o modelo com organização e o modelo sem organização é mais significativa à medida que o número de utentes aumenta. Neste caso, em termos médios, a percentagem de utentes curados no modelo de simulação do SEHO é de cerca 26 pontos percentuais mais elevada do que no modelo do SEH sem organização. Esta diferença é de 19,3 pontos percentuais para a simulação de 5000 utentes; 22,6 para 10000 utentes; 26,8 para 25000 utentes e 36,1 pontos percentuais para 50000 utentes.

A tendência decrescente na percentagem de utentes curados à medida que a quantidade destes atinge o limite superior testado na simulação sugere que o desempenho do sistema degrada-se, mesmo com utilização de um modelo organizado. Uma vez que os recursos disponíveis para tratar os utentes são limitados, a optimização do uso desses recursos obtida com o modelo organizado terá um patamar para além do qual é difícil continuar a conseguir aumentar significativamente a taxa de cura dos utentes. Poderá extrapolar-se que, supondo uma ocorrência extrema, se o afluxo for de tal ordem elevado, mesmo que o modelo seja organizado, não se consegue dar uma resposta eficaz à procura dos utentes. No entanto, as simulações executadas levam a crer que a utilização de um sistema organizado será sempre benéfica quando comparada com um sistema desorganizado, mesmo num cenário de catástrofe em que existiria uma quantidade excepcionalmente elevada de utentes a acorrer aos serviços de emergência médica.

Por outro lado, quando existem menos doentes a recorrer ao sistema de emergência hospitalar, o total de utentes curados para o SEHO é semelhante. Nestes casos, não existe uma pressão tão notória sobre o sistema, os utentes são tratados com mais eficácia. Assim, em relação a este ponto, concluí-se que o SEH organizado contribui para a diminuição da mortalidade dos utentes em geral.

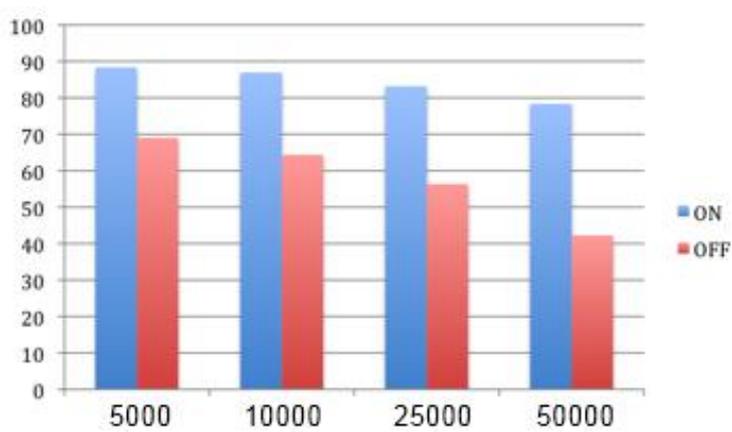


Figura 7. percentagem de utentes curados nas simulações SEHO(ON) vs SEH(OFF)

#### 6.4. Estudo de relação entre o SEH organizado e a mortalidade dos utentes quando a probabilidade de o utente ficar no estado 'Específico' é mais elevada

Para analisar este caso mantiveram-se parâmetros 'Grave' e 'Curado' estáticos e fez-se variar a probabilidade do doente ficar 'Específico', a quantidade de utentes e o modelo ser ou não organizado.

Quando existem mais utentes no estado 'Específico' do que no cenário testado no ponto acima, verificam-se algumas alterações relevantes nos valores da mortalidade.

No caso da existência de 5000 e 10000 utentes a procurar o SEH, o modelo com organização tem em média mais 15 pontos percentuais de utentes num estado específico curados do que o modelo sem organização. Esta vantagem não era tão notória na simulação mencionada no ponto anterior, onde no cenário testado existiam 10% de probabilidade de um utente ficar num estado específico. No entanto, observou-se uma degradação nos resultados quando se aumenta a quantidade de utentes na simulação: a diferença que existia entre a percentagem de doentes curados no caso de haver 5000 e 10000 utentes passou de 15 pontos percentuais para 13 e 10, respectivamente para 25000 e 50000 utentes.

Fazendo a análise deste cenário, verifica-se que a utilização de um modelo organizado traz benefícios (inclusivamente quando existem poucos utentes a procurar o SEH). Este facto é importante em termos de aplicabilidade, porque em Angola existe uma taxa de utentes com um estado 'Específico' maior do que a que existe em países ocidentais. O encaminhamento eficaz de utentes neste estado contribuiria para reduzir a mortalidade entre faixas da população como mulheres grávidas, crianças ou utentes com doenças infecto-contagiosas graves. No entanto, a quantidade de hospitais da especialidade na simulação (quatro) prejudicou o desempenho do modelo organizado nestas simulações, tendo em conta que se testou um cenário extremo em relação à quantidade de utentes num estado específico (testado para a probabilidade de 40% de utentes ficarem nesse estado).

Assim, o SEH organizado contribui para a diminuição da mortalidade quando a probabilidade de o utente ficar num estado 'Específico' é maior.

### 6.5. Influência do tipo de modelo sobre o tempo que decorre até que os utentes fiquem no estado 'Curado'.

Para analisar a influência da existência de organização no SEH sobre o tempo que demora a curar os utentes, usou-se como comparação o tempo necessário para curar 50% dos utentes que procuram o sistema de emergência hospitalar.

Qualquer cenário simulado revelou que num SEH sem organização o tempo necessário para curar essa percentagem de utentes é superior e, no limite máximo da quantidade de utentes, é o dobro do tempo gasto num SEH com organização.

Os gráficos da figura 8, resultado de uma simulação com 5000 utentes, permitem observar que a curva da evolução da quantidade de utentes curados (linha azul) é mais acentuada para a simulação do SEH organizado. Nesta simulação em concreto temos ainda como parâmetros de entradas 0,5 de probabilidade do paciente alterar o seu estado de gravidade, 0,5 de probabilidade de ficar curado e, por fim, 0,2 de ser um doente com uma patologia específica. Entre ambos os gráficos o único parâmetro que se alterou diz respeito ao facto de o modelo ser ou não organizado.

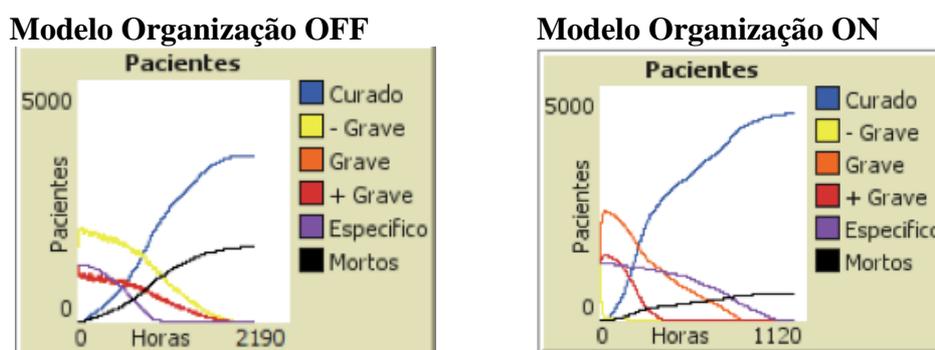


Figura 8. Gráficos da evolução do estado dos pacientes nos dois modelos

Nesta figura podemos observar o seguinte: os pacientes no modelo com organização atingem o estado “Curado” no intervalo mais reduzido de tempo do que no modelo sem organização.

Estes resultados vão de encontro ao esperado, ou seja, o tipo de modelo do SEH com organização contribui para a diminuição do tempo de tratamento dos utentes. O centro de atendimento e de encaminhamento existente no modelo organizado direcciona os utentes aos hospitais mais adequados ao seu estado, reduzindo os tempos de espera dos utentes.

### 6.6. Distribuição dos utentes pelos hospitais e quantidade de utentes curados em cada uma das entidades.

Existem várias diferenças a nível da distribuição dos utentes quando são comparados os modelos com e sem organização:

1. Quando o SEH é organizado a quantidade de utentes que usam os hospitais é inferior em cerca de 33%. O encaminhamento efetuado pelo posto de atendimento que, caso o estado do utente não seja grave, o direcciona para o

centro médico é o factor que faz com que o recurso aos hospitais seja menor. Isto não acontece no modelo do SEH sem organização, em que os utentes vão ao hospital mesmo em situações de menor gravidade.

2. No SEH sem organização a quantidade de utentes curados no hospital público vs. hospital privado é semelhante. No modelo com organização existe uma quantidade maior de utentes curados no hospital público, em detrimento do privado, o que revela uma preferência por aquele.
3. O modelo organizado favorece o encaminhamento dos utentes num estado específico para o hospital da especialidade.
4. Quando os utentes estão num modelo SEH organizado, uma média de 90% dos mesmos recorre ao centro de atendimento e encaminhamento. Verificou-se também que à medida que aumenta a quantidade de utentes que usa o CAE, também aumenta a percentagem de utentes curados.

## **7. Conclusão**

A existência de uma rede deficitária em termos de cuidados de saúde, de recursos humanos e materiais abaixo da quantidade necessária e uma afluência elevada às urgências de uma forma geral provocam uma demora no atendimento. A qualidade do atendimento degrada-se, as condições de trabalho para os profissionais da área da saúde pioram, o encaminhamento para outros serviços mais adequados para tratar o utente é comprometido e a mortalidade aumenta.

Os resultados das simulações indicam que será uma mais-valia a implementação de um modelo de SEH organizado, onde exista um módulo para aconselhamento e encaminhamento de utentes para as entidades hospitalares com serviços adequados à situação do utente e com uma afluência de utentes que não comprometa o atendimento e onde as entidades hospitalares disponham de um sistema para comunicar entre si, de forma a conhecerem as condições e capacidade de atendimento dos outros hospitais.

Este sistema é vantajoso não só para otimizar os recursos e os resultados a nível do sistema hospitalar, mas também é útil aos utentes, uma vez que, em virtude da melhor organização introduzida, diminui a mortalidade geral dos utentes que se dirigem ao SEH. Concluiu-se que este modelo organizado é útil mesmo quando o SEH não tem muita afluência de utentes, em virtude de ser possível dar uma resposta mais rápida às necessidades dos utentes, particularmente em termos de encaminhamento para a entidade de saúde adequada.

As simulações executadas apontam para que um SEH com organização diminui o tempo que o sistema demora a curar o utente, desta forma reduzindo a permanência do mesmo no hospital, possibilitando a libertação dos recursos que lhe estavam afectos e reduzindo também o desconforto do próprio utente.

O encaminhamento dos utentes contribui ainda tornar mais eficaz a distribuição dos mesmos pelas várias entidades hospitalares.

## REFERÊNCIAS

Axtell, R. (2000). Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences, Working Paper 17, Center on Social and Economic Dynamics, Brookings Institution.

Bandini, S., Manzoni, S. and Vizzari, G. (2009). Agent Based Modeling and Simulation: An Informatics Perspective, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, vol. 12, no.4, 4. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/4.html>.

Charfeddine, Moez, and Benoit Montreuil. (2008) Toward a Conceptual Agent-based Framework for Modelling and Simulation of Distributed Healthcare Delivery Systems. CIRRELT.

Connor, C., Averbug, D. and Miralles, M. (2010). Angola Health System Assessment. Bethesda, MD: Health Systems 20/20, Abt Associates Inc.

Cooley, P., Lee, B. Y., Brown, S., Cajka, J., Chasteen, B., Ganapathi, L., ... & Burke, D. S. (2010). Protecting health care workers: a pandemic simulation based on Allegheny County. Influenza and other respiratory viruses, 4(2), 61-72.

Cruz-Correia, R., Vieira-Marques, P., Costa, P., Ferreira, A., Oliveira-Palhares, E., Araújo, F. and Costa-Pereira, A. (2005). Integration of hospital data using agent technologies-a case study. Artificial Intelligence Communications, 18(3), 191-200.

David, N., Sichman, J. and Coelho, H. (2005). The Logic of the Method of Agent-Based Simulation in the Social Sciences: Empirical and Intentional Adequacy of Computer Programs, Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 8, no.4, 2. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/2.html>.

Epstein, J. M. and Axtell, R. (1996), Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up. Washington, DC: Brookings and Cambridge, MA: MIT Press.

Epstein, J. M. (2008), Why model?, Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 11, no.4, 12. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/4/12.html>.

Frank, U. and Troitzsch, K. G. (2005). Epistemological Perspectives on Simulation, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, vol. 8, no.4, 7. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/7.html>.

Gilbert, N. and Troitzsch, K. (2005) Simulation for the social scientist, Open University Press.

Hadzic, M., Chang, E., and Ulieru, M. (2006). Soft computing agents for e-health applied to the research and control of unknown diseases. Information Sciences, 176:1190-1214

Hamill, L. (2010), Agent-Based Modelling: The Next 15 Years, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, vol. 13, no.4, 2. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/4/7.html>.

Isern, David, David Sánchez, and Antonio Moreno. (2012) "Ontology-driven execution of clinical guidelines." *Computer methods and programs in biomedicine* 107.2 : 122-139.

Krejcie, R. V. and Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities, *Educational and Psychological Measurement*, 30, pp. 607-610.

Macy, M. W., Willer, R. (2001). *From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling*, Cornell University, 2001.

Nikolai, C. and Madey, G. (2009). Tools of the Trade: A Survey of Various Agent Based Modeling Platforms, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 12, no.2, 2, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/2.html>.

Schumacher, M. and Helin, H. (eds.). (2008) *CASCOM: Intelligent Service Coordination in the Semantic Web*, Birkhauser Boston.

Tentori, Monica, Favela, Jesus, and Rodriguez, Marcela. (2006) "Privacy-aware autonomous agents for pervasive healthcare." *Intelligent Systems, IEEE* 21.6: 55-62.

Tolchinsky, P., Cortes, U., Modgil, S., Caballero, F., & Lopez-Navidad, A. (2006). Increasing human-organ transplant availability: Argumentation-based agent deliberation. *Intelligent Systems, IEEE*, 21(6), 30-37.

Urovi, V., Olivieri, A. C., Bromuri, S., Fornara, N., & Schumacher, M. I. (2012). An Agent Coordination Framework for IHE based Cross-Community Health Record Exchange. In *VII Workshop on Agents Applied in Health Care, A2HC 2012* (p. 29).

Vélez, H., Mier, M., Julià-Sapé, M., Arvanitis, T. N., García-Gómez, J. M., Robles, M. and Lluch-Ariet, M. (2009). HealthAgents: distributed multi-agent brain tumor diagnosis and prognosis. *Applied Intelligence*, 30(3), 191-202.

Wilensky, U. (1999). *NetLogo*, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.

Windrum, P., Fagiolo, G. and Moneta, A. (2007). Empirical Validation of Agent-Based Models: Alternatives and Prospects, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 10, no. 2, 8, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/10/2/8.html>.

Wooldridge, M. (2002) *An introduction to MultiAgent Systems*. Wiley Ed., 2002.

Zhang, X., Xu, H., & Shrestha, B. (2010). Building a Health Care Multi-Agent Simulation Sysmte with Role-Based Modeling. In J. Rodrigues (Ed.), *Health Information Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 694-716). Hershey, PA: Medical Information Science Reference.



O Doutor Luis Antunes formou-se na Universidade de Lisboa (2001). Ele é investigador em Inteligência Artificial desde 1988, e publicou mais de 70 artigos científicos revistos pelos pares. Foi fundador e primeiro coordenador do Grupo de Estudos em Simulação Social (GUESS). Luis Antunes está no Comité de Programa de algumas das mais importantes conferências internacionais sobre Inteligência Artificial, Sistemas Multiagente e Simulação social, como sejam o ECAI, ESSA, WCSS e MABS. Foi co-presidente dos workshops internacionais MABS'05, MABS'06, MABS'07 sobre simulação baseada em múltiplos agentes, e co-editor dos respetivos livros de atas publicados pela Springer-Verlag. É agora um membro

do Comité Sénior de Programa do AAMAS, do Steering Committee do MABS e do Advisory Board do EUMAS. Antunes organizou o EUMAS 2006, o AAMAS 2008, e o ECAI 2010 como presidente do comité de organização. Foi proponente e co-presidente do primeiro workshop do IJCAI sobre simulação social (SS@IJCAI2009) e do primeiro workshop português de Simulação Social (SSM@EPIA 2009). É ainda membro do Management Committee do ESSA e da direção da Associação Portuguesa para a Inteligência Artificial (APPIA).



Mateus Padoca Calado docente e coordenador do curso de Ciências da Computação da Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto. Coordenador tecnológico de Exames de Acesso na Universidade Agostinho Neto. Licenciado e mestre em Informática pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Aluno de doutoramento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e investigador no Laboratório de Modelação de Agentes (LabMAg). É consultor de Tecnologias de Informação e coordenador de vários projetos da computação entre quais PADOCA.ORG (Portal de Apontadores e Directório On-line de Conteúdos Angolanos). Responsável das empresas IDT

(Investigação e Desenvolvimento Tecnológico) e IIT (Investigação e Inovação Tecnológica).