

# Caso de Estudo: Modelação e Verificação Formal de um Serviço de Urgência Hospitalar

Carlos Santos <sup>1</sup>, Carla Ferreira <sup>2</sup>, José Tribolet <sup>3</sup>

[carlos.santos@isca.ua.pt](mailto:carlos.santos@isca.ua.pt), [carla.ferreira@tagus.ist.utl.pt](mailto:carla.ferreira@tagus.ist.utl.pt), [josé.tribolet@inesc.pt](mailto:josé.tribolet@inesc.pt)

<sup>1</sup> Instituto Superior de Contabilidade e Administração, Universidade de Aveiro, Rua Associação Humanitária dos Bombeiros de Aveiro, 3811-902, Aveiro, Portugal; CEO, Centro de Engenharia Organizacional – INOV, INESC-Inovação, Rua Alves Redol, nº 9, 1000-029, Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Informática, Instituto Superior Técnico, Avenida Professor Cavaco Silva, 2780-990, Porto Salvo, Portugal

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Informática, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal; CEO, Centro de Engenharia Organizacional – INOV, INESC-Inovação, Rua Alves Redol, nº 9, 1000-029, Lisboa, Portugal

**Resumo:** A introdução de mecanismos de controlo interno, para minimizar o risco associado aos processos de negócio, pode comprometer a consistência dos modelos de negócio. Assim, a verificação formal dos modelos de negócio, depois de controlados, assume um papel relevante na gestão do risco.

Este trabalho descreve a aplicação de técnicas e metodologias do âmbito da Engenharia Organizacional à modelação do negócio de um serviço de urgência hospitalar. Aos modelos assim obtidos são aplicadas técnicas formais, que permitem a sua simulação e verificação de conformidade das regras fundamentais do negócio que asseguram a sua consistência em condições reais de funcionamento.

Qualquer sistema não trivial é melhor representado através de um pequeno número de diagramas. Assim, é importante olhar para os sistemas sob duas perspectivas: uma perspectiva “micro” em que o sistema é analisado ao nível das transacções organizacionais e uma perspectiva “macro” em que o sistema é analisado ao nível dos processos de negócio. A análise ao nível transaccional, focada na troca de mensagens entre processos, proporciona um bom suporte à aplicação da técnica formal “*model checking*”.

**Palavras-chave:** engenharia organizacional; “*model checking*”; verificação formal; PROMELA; SPIN.

## 1. Introdução

A complexidade dos sistemas de informação organizacionais, em particular dos sistemas de informação hospitalares, requer que a sua modelação seja feita com grande detalhe, relativamente aos seus componentes, estrutura, actividades e procedimentos. Nesta perspectiva, a avaliação deste tipo de sistemas pressupõe uma descrição tão precisa quanto possível de como trabalham, antes de elaborar modelos de simulação (Combes, Force et al. 1993) que representem formalmente as situações reais que se pretendem estudar.

A modelação de processos organizacionais coloca-nos perante dois dilemas, ambos muito importantes e que devem ser tidos em atenção durante o processo de modelação:

- a necessidade de adoptar modelos informais de alto nível que possam ser facilmente construídos, dando uma percepção aproximada do que se pretende;
- a necessidade de adoptar modelos formais e detalhados, de difícil e complexa construção (Janssen, Mateescu et al. 2000), mas necessários se se pretender uma representação rigorosa que possa influenciar favoravelmente a confiança dos “*stakeholders*” nos processos modelados.

O nosso objectivo, no presente trabalho, consiste em modelar, numa primeira fase, um serviço de urgência hospitalar recorrendo a técnicas não formais. Os modelos assim obtidos são, numa segunda fase, transformados, através da sua especificação numa linguagem formal, em modelos que embora não expressem totalmente a realidade, representam a sua abstracção e descrevem as características essenciais do sistema em estudo. Estes modelos abstractos tornam possível a utilização de técnicas formais, para simular o funcionamento do sistema em condições reais de funcionamento, verificando a conformidade das regras fundamentais para o bom desempenho do sistema.

Este trabalho está estruturado em 5 secções, para além desta secção em que é feita a sua introdução, temos ainda: a secção 2 em que se faz o enquadramento teórico, referindo as metodologias fundamentais que foram usadas; a secção 3 em que é apresentado o caso de estudo com foco no processo “admissão do doente” no contexto “macro” (processo, sub-processos e actividades) e no contexto “micro” (transacções); a secção 4 em que é desenvolvido o aspecto da simulação e da verificação formal do modelo de negócio com recurso à linguagem PROMELA (linguagem de entrada no verificador de modelos SPIN) e finalmente a secção 5 em que se dá nota das conclusões e proposta de trabalho futuro.

## 2. Enquadramento Teórico

Vários exemplos<sup>1</sup> têm demonstrado que os erros num sistema podem causar danos económicos, físicos e humanos significativos. Com o objectivo de minimizar os potenciais erros afectos a qualquer sistema surgiu a necessidade de simular e verificar formalmente os modelos que servem para representar a realidade, para poder analisar o comportamento e a conformidade das propriedades dos sistemas modelados.

No presente trabalho vamos utilizar uma abordagem mista proposta por (Gospodarevskaya, Churilov et al. 2005), baseada na modelação organizacional e na simulação e verificação formal de modelos utilizando a técnica “*model checking*”, pelas razões indicadas na subsecção 2.2.

Para que os modelos desenvolvidos tenham uma perspectiva modular e sejam independentes da tecnologia que possa vir a ser utilizada na sua implementação utilizamos como linguagem de modelação a linguagem UML (Booch, Rumbaugh et al. 1999).

### 2.1 Modelação do Negócio

Para modelar o negócio recorreremos à framework do Centro de Engenharia Organizacional<sup>2</sup> (FCEO), figura 1. Esta framework assenta na definição de três conceitos fundamentais: estratégia de negócio, processos de negócio e sistemas de informação. A FCEO recorre à criação de um novo perfil para a linguagem UML, que permita descrever os conceitos organizacionais acima expostos (Tribolet 2002).

A framework CEO contém um conjunto limitado de objectos de negócio com os quais se constroem modelos de negócio. Os objectos de negócio considerados na framework são: os objectivos, para a modelação de estratégia; os processos, para a modelação de processos de negócio; os recursos, para a modelação dos recursos de negócio; e os blocos, para modelação dos blocos arquitecturais dos sistemas de informação. Para além dos objectos de negócio a framework CEO descreve também as relações entre eles, bem como um conjunto de elementos predefinidos, construídos a partir dos conceitos base, e que representam as melhores práticas na área da modelação organizacional.

---

<sup>1</sup> Intel Pentium Chip; ARIANE; Therac-25

<sup>2</sup> Centro de investigação do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-INOV).

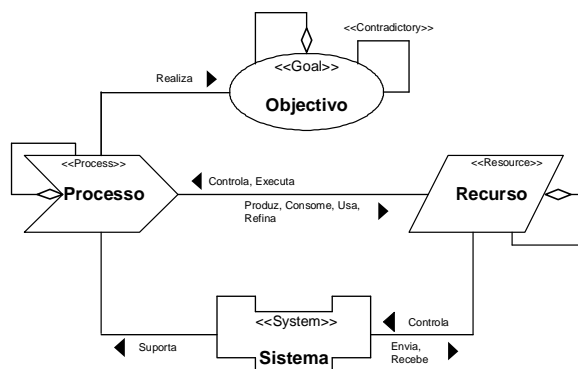


Figura 1 – Framework CEO

## 2.2 Simulação e Verificação Formal

A simulação e a verificação formal de sistemas estão relacionadas com a especificação desses sistemas em termos formais (com base em conceitos matemáticos, tais como lógica, teoria dos conjuntos, etc.). Obviamente a especificação formal de um sistema tem vantagens e desvantagens, tabela 1.

Existem diversas técnicas de verificação de modelos, sendo de destacar as duas seguintes:

- verificação por via Semântica “*model checking*”. Nesta técnica o sistema a verificar é representado por um conjunto de estados finito e a verificação é automática e exaustiva;
- verificação por via dedutiva “*theorem proving*”. Nesta técnica o sistema a verificar é representado por um conjunto de estados infinito e a verificação é apenas parcialmente automática embora seja “inteligente”.

Vantagens	Desvantagens
Os requisitos são definidos formalmente (contrato entre o cliente e equipa de desenvolvimento).	Não é possível provar formalmente que a especificação satisfaz os requisitos do cliente (validação).
Documentação do sistema com um nível elevado de abstracção.	Notações formais dificultam a comunicação com o cliente.
Demonstração formal das propriedades do sistema.	Nem todos os problemas podem ser formalizados de forma elegante.
Prototipagem rápida (execução do modelo formal) e geração automática de código.	Uso de métodos formais requer uma equipa de desenvolvimento qualificada.
Refinamento sucessivo do modelo abstracto até à implementação.	O desenvolvimento formal de um sistema é trabalhoso.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da formalização de modelos.

A técnica “*model checking*” verifica as propriedades de um modelo enumerando exaustivamente todos os estados alcançáveis, devem assim, seguir-se os seguintes passos, figura 2:

- construir o modelo formal do sistema – Modelo M;
- especificar as propriedades que o modelo deve ter para poder ser considerado correcto – Propriedade  $\varphi$ ;
- executar o verificador de modelos.

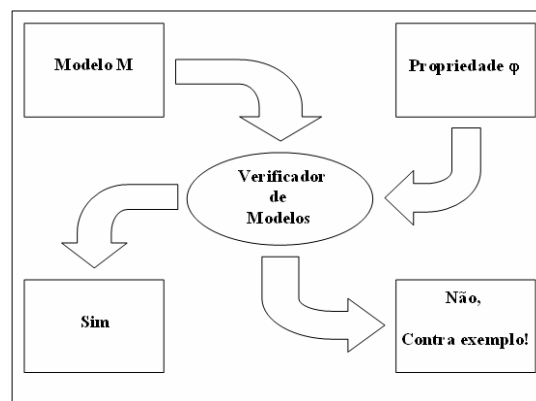


Figura 2 – Verificação formal.

A nossa opção pela utilização da técnica “*model checking*” fica a dever-se à vantagem de ser uma técnica com um elevado grau de automatização e à existência de ferramentas de simples utilização e bastante utilizadas em vários tipos de modelos. Nós optamos pelo verificador de modelos SPIN que utiliza como linguagem de entrada a linguagem PROMELA, esta linguagem é muito semelhante à linguagem C o que torna fácil a sua interpretação para quem tenha alguns conhecimentos desta linguagem de programação.

### 3. Caso de Estudo: Serviço de Urgência Hospitalar

O caso de estudo apresentado neste trabalho é baseado num serviço de urgência hospitalar com as seguintes características. O serviço de urgência dispõe de uma sala de urgências polivalente onde os doentes são assistidos em diversas cabines, assegurando a protecção da intimidade e permitindo a prestação de cuidados clínicos em boas condições de acolhimento e conforme as boas práticas em serviços de urgência médica. Para além da sala de urgência polivalente o serviço de urgência, tem anexas: uma unidade de internamento de curta duração; uma sala de emergência; uma sala de gessos; um posto de imagiologia com radiologia e ecografia e duas salas de operações privativas.

Para aplicar técnicas formais ao modelo organizacional deste serviço, é importante identificar as transacções organizacionais. Numa perspectiva sócio-tecnológico, qualquer transacção organizacional, figura 3, deve estar sujeita aos seguintes pressupostos: (1) uma transacção é a unidade básica de uma actividade; (2) são trocadas mensagens, entre os intervenientes, até se verificar uma mudança de estado; (3) em cada transacção intervêm apenas duas entidades; (4) qualquer mudança de estado é permanente; (5) as mensagens são autorizadas; (6) deve ser garantida a autenticidade das mensagens; (7) deve ser garantida a confidencialidade das mensagens (Guiochet 2003).

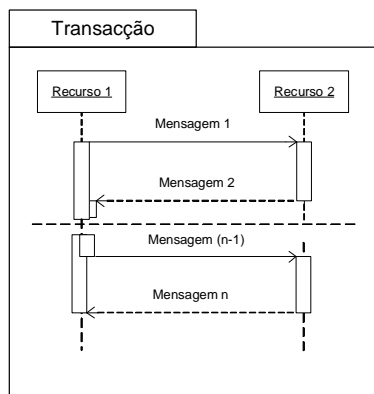


Figura 3 – Transacção organizacional.

A qualidade e a quantidade de informação produzida e divulgada em qualquer serviço de urgência/emergência é um factor determinante para o seu bom funcionamento, particularmente no que respeita à qualidade de recepção e acompanhamento que é dispensado aos doentes.

Um sistema organizacional complexo é “qualquer estrutura envolvendo pessoas e tecnologias, actuando em interdependência de acções, com vista à obtenção de um determinado objectivo ou resultado final” (Fragata and Martins 2004). Ainda de acordo com os mesmos autores “um sistema organizacional acarreta sempre, pelas suas características e interfaces, a possibilidade da ocorrência de erros”.

### 3.1. Modelação do Negócio

A cadeia de valor de um serviço de urgência hospitalar, figura 4, é constituída por três processos principais: processo “admissão de doente”; processo “triagem de doente”; e, processo “prestar cuidado de saúde”.



Figura 4 - Cadeia de valor de um serviço de urgência hospitalar

Por uma questão de espaço, neste trabalho, fazemos somente a modelação do processo “*admissão do doente*”.

#### *Caso de Utilização “Admissão do Doente”*

Qualquer doente que tenha necessidade de recorrer a um serviço de urgência hospitalar deve dirigir-se à admissão, onde será recebido e identificado. O doente à chegada ao serviço de urgência pode apresentar um dos seguintes estados: emergente ou urgente.

No caso de ser um doente emergente é encaminhado directamente para a prestação de cuidados de saúde, podendo a sua identificação ser feita paralela ou posteriormente à prestação de cuidados de saúde.

No caso de ser um doente urgente pode ainda apresentar dois estados: independente ou dependente. Se o doente é independente segue pelos seus meios para a identificação, se o doente é dependente é transferido para uma cadeira de rodas ou maca rodada, sendo a sua identificação feita simultaneamente pelo seu acompanhante.

#### *Vista Funcional*

A funcionalidade controla os requisitos na maioria das aplicações. Na perspectiva do doente o sistema deve oferecer informações ou comportamentos para dar suporte ao processo ou aos objectivos de um serviço de urgência hospitalar (Pender 2004).

Com os diagramas de casos de utilização é possível modelar o que os doentes esperam encontrar quando interagem com a admissão de um serviço de urgência hospitalar, figura 5.

O subsistema “admissão do doente” é responsável pela recepção e identificação dos doentes que se dirijam a um serviço de urgência hospitalar. A identificação pode ser feita através do próprio doente se este for independente ou através do seu acompanhante se aquele for dependente.

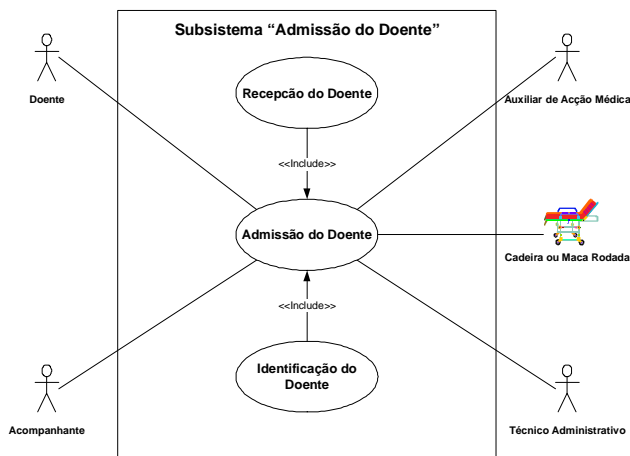


Figura 5 - Diagrama de casos de utilização do subsistema “admissão do doente”

### Vista Estática

A vista estática é constituída pelo conjunto de diagramas que modelam os processos utilizados no sistema em análise.

No subsistema “*admissão do doente*” figura 6, verifica-se que a cada um dos casos de utilização referenciados corresponde um processo de negócio. Assim, existe o processo de negócio “*admissão do doente*” composto por dois outros processos de negócio:

- processo de negócio “*recepção do doente*”; e,
- processo de negócio “*identificação do doente*”.

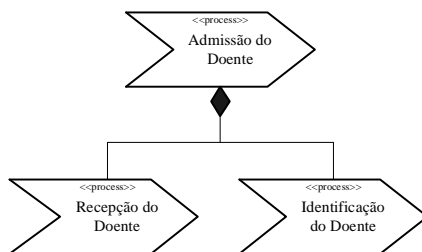


Figura 6 – Vista Estática subsistema "admissão do doente".

### Vista Dinâmica

Para além da vista estática para obter conhecimento da estrutura organizacional, é fundamental a vista dinâmica que permite obter conhecimento do comportamento do negócio, essencial para analisar o risco associado aos processos de negócio, figura 7. A vista dinâmica é constituída pelo conjunto de diagramas que modelam o comportamento dos objectos em termos de interações. Estes diagramas, de acordo com (Pender 2004), permitem modelar o comportamento interno de um determinado objecto, subsistema ou sistema global.

De seguida analisamos cada um dos sub-processos que constituem o processo “*admissão do doente*” na perspectiva dinâmica e identificamos os recursos envolvidos com cada um deles.

A descrição comportamental dos diferentes objectos do negócio tem grande interesse já que facilita a comunicação entre especialistas em diferentes áreas do saber: especialistas perfeitamente conhecedores da cadeia de valor associada à organização; especialistas na modelação de processos de negócio e especialistas em desenvolvimento de sistemas de informação.



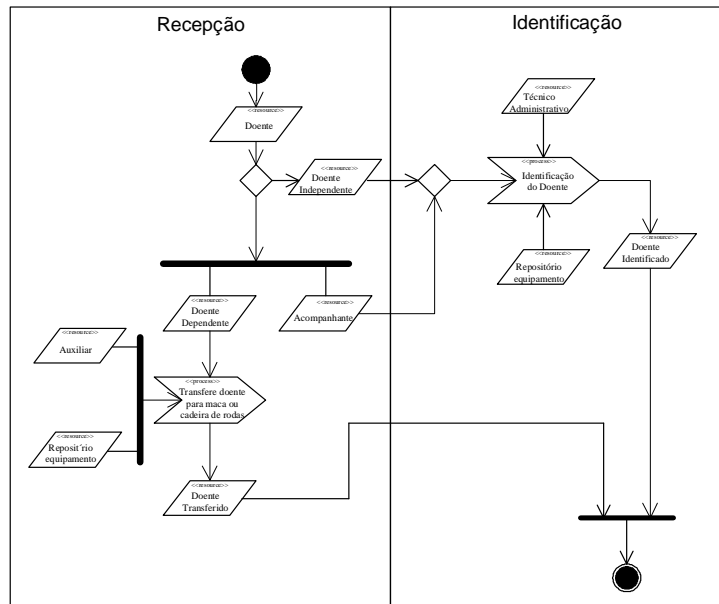


Figura 7 – Diagrama de actividades subsistema "admissão do doente".

#### Diagrama de Sequência do Subsistema “Admissão do Doente”

O diagrama de sequência do subsistema “admissão do doente” é representado na figura 8. Neste diagrama podem ver-se as principais interacções (transacções) que ocorrem neste subsistema.

Podemos facilmente identificar as seguintes transacções, que se verificam no subsistema “admissão do doente”:

TID1: transacção que se verifica entre o doente e o técnico administrativo (doente urgente independente);

TID2: transacção entre o técnico administrativo e o repositório de dados;

TID3: transacção que se verifica entre o acompanhante e o técnico administrativo (doente urgente dependente). Esta transacção é em tudo idêntica a TID1;

TRD1: transacção entre o doente e o auxiliar de acção médica (doente urgente dependente);

TRD2: transacção entre o auxiliar e o repositório de cadeiras ou macas rodadas.

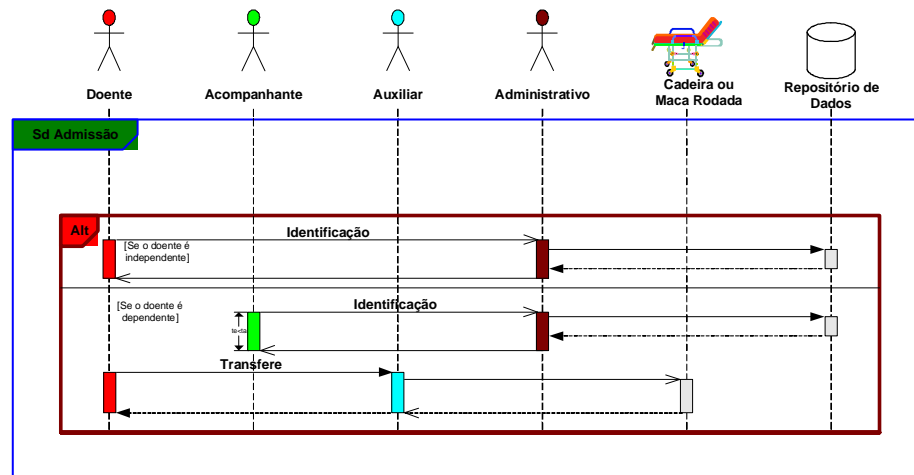


Figura 8 – Diagrama de sequência do subsistema “admissão do doente”.

#### 4. Verificação Formal do Modelo de Negócio

A verificação formal consiste na construção de um modelo do sistema utilizando uma linguagem formal e na verificação das suas propriedades (também especificadas formalmente).

Entre as diversas técnicas existentes para verificação formal de sistemas, a verificação de modelos “*model checking*”, tem alcançado resultados bastante relevantes e tem sido cada vez mais utilizada fora do meio académico, devido à sua facilidade de uso (normalmente utilizam uma linguagem de especificação simples), aplicabilidade (aplicam-se a sistemas sequenciais, concorrentes, de tempo real, etc.) e à existência de ferramentas para verificação automática de propriedades.

As regras definidas como necessárias para minimizarem o risco associado a uma transacção podem facilmente ser transpostas para LTL (Linguagem Temporal Lógica). Estas regras, assim formalizadas, associadas ao modelo formal do negócio (em linguagem PROMELA) permitem através da utilização de um verificador de modelos (no caso foi utilizado o SPIN) verificar a conformidade das regras e assim garantir que o sistema de controlo interno minimizará de facto o risco associado às transacções. Estas técnicas são úteis na verificação de processos de negócio e são actualmente consideradas, imprescindíveis em sistemas que envolvem risco.

Na verificação formal do nosso modelo iremos apresentar algumas noções sobre o processo de verificação formal de minimização do risco através do verificador de modelos SPIN, o qual opera em dois modos. O primeiro modo permite que o utilizador se familiarize com o comportamento do sistema modelado, simulando a sua execução. O segundo modo faz a verificação de todos os estados possíveis verificando a conformidade de regras (Bérard, Bidoit et al. 2001). O SPIN pode ser utilizado para

verificar a consistência de sistemas que executem processos concorrentes (Holzmann 2004).

A aplicação de modelos formais à modelação de um sistema de controlo interno influenciará favoravelmente a confiança dos “*stakeholders*”, conforme refere (Garcia-Fanjul, Tuya et al. 2003) e facilitará a verificação de modelos que requer a realização de um conjunto de passos que defina conceptualmente de forma clara aquilo que se pretende analisar. Portanto, uma abstracção correcta do problema deve ser definida para servir de entrada à linguagem do verificador de modelos (Janssen, Mateescu et al. 1999).

A verificação de modelos pode ser usada para aferir se uma propriedade lógica é consistente com a especificação de um sistema. Conforme já referimos uma das ferramentas mais bem sucedidas nesta área é o SPIN o qual tem uma grande aceitação como uma ferramenta para a verificação de especificações de software.

#### 4.1 Formalização do Modelo de Negócio com Linguagem PROMELA

A linguagem de especificação do SPIN – designada PROcess MEta Language (PROMELA) – é uma linguagem similar à linguagem de programação C enriquecida com um conjunto de primitivas que permite a geração e sincronização de processos, incluindo a possibilidade de usar canais de comunicação síncronos e assíncronos (Augusto, Butler et al. 2003).

```
mtype = {urgente, independente, dependente}
mtype = {livre, ocupado}
mtype = {identificado, transferido}
typedef FSU
{
int numero;
mtype estado;
}
#define D 2
#define A 1
#define R 2
chan fila_admin = [D] of { int }
chan fila_aux = [D] of {int}
mtype estado_doente[D];
mtype controlo_doente[D];
byte ind [D];
byte dep[D];
int id_doente;
FSU ficha [D];
mtype cad_mac [R];
int atende[A];
proctype doente(int id)
{
int cnt = 0;
```

```

do
:: estado_doente[id] = independente; break
:: estado_doente[id] = dependente; break
od;
if
:: estado_doente[id] == independente ->
ind[id] = 1; fila_admin!id;
:: estado_doente[id] == dependente -> fila_aux!id;
run acompanhante (id );
run auxiliar (id)
fi
}
proctype administrativo(int id)
{
do
:: fila_admin?id_doente ->
atende[id]++;
ficha[id_doente].numero = id_doente;
ficha[id_doente].estado = identificado
:: timeout -> break;
od
}
proctype acompanhante (int id )
{
int cnt = 0;
dep[id] = 1;
fila_admin!id;
}
proctype auxiliar (int id )
{
int r = 0;
int cnt = 0;
dep[id] = 1;
do
:: cad_mac[r] == livre || cad_mac[r] == 0 -> cad_mac[r] = ocupado; break
:: cad_mac[r] == ocupado && r < R-1 -> r++
:: cad_mac[r] == ocupado && r == R-1 -> r = 0
od;
fila_aux?id_doente -> controlo_doente[id_doente] = transferido;
}
init {
int k = 0;
int j = 0;
do
:: k < D -> run doente (k); k++;
:: else -> break;
}

```

```

od;
do
:: j < A -> run administrativo (j); j++;
:: else -> break;
od;
}

```

#### *Simulação do modelo de negócio*

O modelo formal do negócio em linguagem PROMELA pode ser simulado com o verificador de modelos SPIN, a simulação permite concluir pela consistência da modelação do negócio.

#### *Verificação do modelo de negócio*

A verificação do modelo permite averiguar se determinadas regras do negócio são verificadas. No caso em análise há algumas regras básicas do negócio que podem ser modeladas e verificadas. De seguida apresentamos três dessas regras:

#### **Primeira regra**

Todo o doente dependente deve ser transferido para uma cadeira ou maca rodada.

```

#define q (estado_doente[id_doente] == dependente)
#define r (controlo_doente[id_doente] == transferido)
Formula As Typed: q -> r

```

A verificação desta regra permite garantir que todo o doente urgente que se dirige a um serviço de urgência hospitalar e que seja dependente é transferido para uma cadeira de rodas ou maca rodada.

A garantia de que a transferência é feita, à chegada ao serviço de urgência, é um factor determinante para minimizar o risco do agravamento do estado de saúde do doente devido a movimentos de risco no percurso que o doente tem que fazer até chegar à zona de prestação de cuidados de saúde.

#### **Segunda Regra**

Todo o doente deve ser identificado

```

#define p (ficha[id_doente].estado == identificado)
Formula As Typed: <> [] p

```

#### **Terceira Regra**

Todo o doente deve ser identificado

```

#define s (len (fila_admin) == 0)
Formula As Typed: <> [] s

```

A verificação destas duas regras permite garantir que todo o doente urgente que se dirige a um serviço de urgência hospitalar e que seja independente ou dependente é identificado por si mesmo no caso de ser um doente urgente independente ou pelo seu acompanhante no caso de ser um doente dependente.

A identificação de todos os doentes que chegam a um serviço de urgência hospitalar é um factor determinante para minimizar o risco de prestar cuidados de saúde a doentes não identificados, minimizando-se assim o risco de não identificar atempada e adequadamente o episódio clínico no registo clínico do doente.

## **5. Conclusão e Trabalho Futuro**

A modelação de processos constitui um importante instrumento na definição de uma metodologia que associada ao conceito de transacção organizacional, é fundamental para que se possa modelar o processo subjacente a cada transacção e para que se possam seguidamente aplicar metodologias com base em modelos formais.

A proposta de modelação que apresentamos na secção 3 demonstra que é possível, utilizando a framework CEO, modelar processos de negócio com um nível de abstracção que permita a sua compreensão sem tornar a tarefa demasiado complexa e em que seja igualmente possível modelar os mesmos processos com recursos a lógica formal.

A simulação e a verificação formal de modelos de negócio são fundamentais para que se possa garantir a sua coerência e consistência. Esta garantia permite avaliar o comportamento de negócios tão complexos como um serviço de urgência hospitalar permitindo pela análise dos modelos propor soluções que melhorem o desempenho do negócio em situação real.

Neste trabalho não foram feitas considerações sobre a variável tempo. Esta variável, em determinados processos organizacionais, designadamente processos organizacionais na área da saúde em que o tempo utilizado num processo pode ser factor de agravamento do estado de saúde do doente, reveste-se de extraordinária importância sendo oportuno desenvolver esforços no sentido de a representar formalmente e poder verificar regras temporais.

Deixamos estas considerações sobre a modelação do tempo associado aos processos de negócio como proposta de trabalho futuro.

## Referências

- Augusto, J., M. Butler, et al. (2003). Using SPIN and STeP to verify Business Processes Specifications. Fifth International Conference on Perspectives of System Informatics PSI'2003, Rússia.
- Bérard, B., M. Bidoit, et al. (2001). Systems and Software Verification: Model-Checking Techniques and Tools. Berlim, Springer.
- Booch, G., J. Rumbaugh, et al. (1999). The Unified Modeling Language User Guide, Addison Wesley.
- Combes, C., C. Force, et al. (1993). Modelling Methodology for Hospital Systems: Application to an Emergency Department. Systems, Man and Cybernetics, Le Touquet, France.
- Fragata, J. and L. Martins (2004). O Erro em Medicina: Perspectivas do Indivíduo, da Organização e da Sociedade. Coimbra, Livraria Almedina.
- Garcia-Fanjul, J., J. Tuya, et al. (2003). Formal Verification and Simulation of the NetBill Protocol Using SPIN. Campus de Viesques at Gijon, Computer Science Department - University of Oviedo.
- Gospodarevskaya, E., L. Churilov, et al. (2005). Modelling the Patient Care Process of an Acute Care Ward in a Public Hospital: A Methodological Perspective. 38th Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii.
- Guiochet, J. (2003). Maîtrise de la sécurité des systèmes de la Robotique de Service: Approche UML Basée sur une Analyse du Risque Système. Laboratoire D'Étude des Systèmes Informatiques et Automatiques: École Doctorale Systèmes. Toulouse, L'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. **Docteur:** 212.
- Holzmann, G. J. (2004). The Spin Model Checker: Primer and Reference manual. Boston, Addison-Wesley.
- Janssen, W., R. Mateescu, et al. (1999). Model Checking for Managers. 5th and 6th International SPIN Workshops on Theoretical and Practical Aspects of SPIN Model Checking, Trento, Italy and Toulouse, France.
- Janssen, W. and R. Mateescu (2000). Verifying Business Process Using SPIN. Enschede, Telematics Institute.
- Pender, T. (2004). UML, a Bíblia. Rio de Janeiro, Elsevier.
- Tribolet, J. (2002). Engenharia Organizacional: A Engenharia ao Serviço das Organizações, CEO, INESC-INOV.