

MESG
MESTRADO EM ENGENHARIA
DE SERVIÇOS E GESTÃO

**Especificação do Fluxo Cirúrgico num Serviço
de Ortopedia com Base na Simulação**

Vitor Manuel da Silva Macedo

Dissertação de Mestrado

Orientador: Prof. José Fernando da Costa Oliveira



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

2012-09-28

Agradecimentos

Este trabalho exigiu sacrifício e dedicação, sobretudo pelas dificuldades que senti para obter os dados necessários e para tirar o melhor partido de uma aplicação informática que desconhecia. Mesmo assim, valeu a pena, muito “por culpa” das pessoas que me acompanharam. Agradeço ao meu orientador e aos profissionais do centro hospitalar onde desenvolvi o estudo, director do serviço de ortopedia, médico responsável pela gestão da lista de inscritos para cirurgia ortopédica e elementos do serviço de informática, o interesse que tiveram pelo projecto.

À minha família e aos meus amigos agradeço a paciência e o incentivo que me deram.

Sumário

Os serviços assistenciais podem melhorar o seu desempenho recorrendo a técnicas de Investigação Operacional, como os modelos de simulação. Todavia, estas técnicas não se encontram muito divulgadas nos hospitais, pela dificuldade inerente e pela falta de articulação entre académicos, médicos e gestores para esse fim. Com o apoio activo da direcção do serviço de ortopedia de um centro hospitalar do Norte de Portugal desenvolveu-se a especificação do fluxo cirúrgico dos doentes deste serviço, recorrendo ao *software* de simulação Arena.

ESPECIFICAÇÃO DO FLUXO CIRÚRGICO NUM SERVIÇO DE ORTOPEDIA COM BASE NA SIMULAÇÃO

Índice

Agradecimentos.....	I
Sumário	II
Índice.....	III
Índice de figuras.....	V
Índice de quadros	VI
Índice de tabelas.....	VII
Abreviaturas	VIII
1. Introdução.....	1
1.1. Realidade e modelos da realidade	1
1.2. Razões para o estudo do problema.....	2
1.3. Objectivos de investigação.....	9
1.4. Estrutura da dissertação.....	10
2. Aplicação da simulação na saúde.....	11
2.1. Áreas de aplicação.....	11
2.1.1. Política de saúde.....	14
2.1.2. Planeamento estratégico	15
2.1.3. Planeamento operacional.....	15
2.1.4. Recursos humanos.....	17
2.1.5. Recursos materiais.....	17
2.1.6. Desenho/Gestão de operações	18
2.1.7. Avaliação.....	20
3. Escolha das técnicas de Investigação Operacional.....	22
3.1. Filas de espera	22
3.1.1. Estrutura de um sistema de fila de espera	23
3.1.2. Medidas de desempenho	24
3.1.3. Distribuições estatísticas das chegadas e do atendimento	25
3.1.4. Modelos de filas de espera	26
3.2. Simulação.....	28
3.2.1. Simulação vs. modelos analíticos de filas de espera	29
3.2.2. Modelos de simulação	35
3.2.2.1. Motivos para recorrer aos modelos de simulação	35

3.2.2.2.	Sistemas e modelos	37
3.2.2.3.	Tipos de modelos	38
3.2.3.	Simulação discreta.....	40
3.2.3.1.	Elementos da simulação discreta.....	40
3.2.3.2.	Técnicas de avanço no tempo.....	42
3.2.3.3.	Estrutura de um simulador discreto.....	44
3.2.3.4.	Abordagem por processos	45
4.	Metodologia	49
4.1.	Introdução	49
4.2.	Métodos utilizados	49
5.	Especificação do modelo de simulação	53
5.1.	Breve caracterização do serviço de ortopedia estudado	53
5.2.	Introdução ao <i>software</i> Arena	54
5.2.1.	Primeiro contacto com a aplicação.....	54
5.2.2.	Como construir um modelo.....	56
5.3.	Especificação do modelo de simulação do fluxo cirúrgico dos doentes de ortopedia.	59
5.3.1.	Entidades e recursos	59
5.3.2.	Fluxograma do circuito dos doentes ortopédicos	59
6.	Discussão	73
7.	Conclusões	77
7.1.	Principais conclusões da investigação.....	77
7.2.	Limitações da investigação	78
7.3.	Pistas para investigação futura	78
	Bibliografia	79
	ANEXOS.....	84
	Anexo I – Fluxograma do circuito dos doentes ortopédicos	85
	Anexo II – Relatório de simulação do Arena	877

Índice de figuras

Figura 1. Distribuição dos tempos operatórios entre cirurgias programadas e urgentes	7
Figura 2. Processo conceptual de utilização de um modelo de simulação para prever as operações de um serviço de urgência	16
Figura 3. Principais elementos de um sistema de fila de espera	23
Figura 4. Abrangência dos modelos	36
Figura 5. Formas de estudar um sistema	39
Figura 6. Técnica de avanço para o próximo evento	43
Figura 7. Estrutura hierárquica de um modelo de simulação	44
Figura 8. Ambiente de trabalho do Arena	55
Figura 9. Módulos de fluxograma e de dados	57
Figura 10. Criar ou alterar um módulo	58
Figura 11. Fluxograma do circuito dos doentes ortopédicos	60
Figura 12. Módulo <i>create</i> : chegada do pedido de consulta	62
Figura 13. Módulo <i>decide</i> : o pedido cumpre os requisitos?	63
Figura 14. Módulo de processo <i>seize-delay-release</i> : realização da primeira consulta de ortopedia e distribuições disponíveis no programa	64
Figura 15. Módulo <i>delay</i> : realização de exames adicionais no âmbito dos cuidados primários ou de outras especialidades	65
Figura 16. Módulo de processo <i>seize-delay-release</i> : realização da consulta de acompanhamento .	65
Figura 17. Módulo <i>assign</i> : atribuição de nível de prioridade ao doente	66
Figura 18. Módulo de processo <i>seize-delay</i> : internamento pré-operatório	67
Figura 19. Módulo de processo <i>seize-delay-release</i> : realização da cirurgia	67
Figura 20. Módulo <i>delay</i> : internamento prolongado por motivos alheios ao serviço	68
Figura 21. Mensagem inicial da versão para estudantes do Arena	71
Figura 22. Imagem da simulação a correr	71
Figura 23. Nova imagem da simulação a correr	72

Índice de quadros

Quadro 1. Experiência de serviço – Visita a uma unidade de saúde.....	19
Quadro 2. Comparação entre simulação e filas de espera.....	33
Quadro 3. Elementos dos modelos de simulação discreta.....	41
Quadro 4. Produção do serviço de ortopedia durante o ano de 2011	54
Quadro 5. Parâmetros das distribuições consideradas no modelo.....	70

Índice de tabelas

Tabela 1. Trabalhos de investigação na saúde baseados na simulação	11
Tabela 2. Medidas de desempenho	24
Tabela 3a. Características dos Modelos M/M/1 e M/M/S.....	27
Tabela 3b. Medidas de desempenho dos Modelos M/M/1 e M/M/S	28
Tabela 5. Recursos considerados no modelo.....	69

Abreviaturas

EUA – Estados Unidos da América

NHS – *National Health Service*

MCDT's – Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica

TAC – Tomografia Axial Computorizada

SAMS – Serviços de Assistência Médico Social

ADSE – Protecção Social aos Funcionários e Agentes da Função Pública

FIFO – *First In First Out*

BO – Bloco Operatório

1. Introdução

1.1. Realidade e modelos da realidade

Por vezes, não é possível ou viável estudar directamente uma dada realidade económica, científica, social ou política, atendendo quer à dimensão do problema, quer a aspectos éticos ou financeiros. Nessas circunstâncias, é frequente recorrer a modelos, físicos ou abstractos, para estudar as respostas que o modelo gera em relação a situações específicas e assim interpretar o que aconteceria no “mundo real”. Os modelos permitem, desta forma, realizar experiências que seriam impossíveis, demasiado perigosas ou excessivamente caras actuando sobre a própria realidade (Dekking e Kraaikamp, 2005).

Muitos dos problemas concretos que enfrentamos na gestão das organizações envolvem variáveis com um comportamento incerto, ou aleatório; nestes casos, estamos perante modelos probabilísticos ou estocásticos (Dekking e Kraaikamp, 2005). O fluxo dos doentes ortopédicos através de um hospital é um bom exemplo desta realidade: chegam à consulta externa de ortopedia em intervalos de tempo irregulares, referenciados quer pelos cuidados primários, quer por outras especialidades, apresentam diferentes patologias e seguem trajectos diferentes até obterem alta hospitalar.

A simulação pode desempenhar um papel muito importante neste contexto. Em vez de procurar avaliar directamente a *performance* do serviço de ortopedia, podemos *imitá-lo*, utilizando distribuições de probabilidade que geram aleatoriamente vários eventos que ocorrem nas diversas unidades que o integram (consultas externas, bloco operatório e internamento)¹. Como podemos compreender, seria muito difícil realizar experiências directamente numa sessão de bloco operatório, porque colocaríamos em risco as próprias pessoas, já debilitadas pelo seu estado de saúde. Então, uma forma de contornar este problema passa pela construção de um modelo baseado nos principais elementos² de um serviço de ortopedia real e de realizar experiências sobre ele, registando os resultados da simulação. O modelo funciona, assim, como um “banco de ensaio” de soluções alternativas (Tavares et al., 1996, pág. 312).

¹ Cf. Hillier e Lieberman, pág. 931.

² Veremos adiante quais são os elementos que compõem um modelo de simulação.

Todavia, a utilização da simulação no campo da saúde não se limita ao estudo de serviços cirúrgicos. Pelo contrário, encontramos na literatura trabalhos realizados em áreas tão diversas como a política de saúde e os serviços de urgência, de tal forma que esta técnica de Investigação Operacional se tornou nas últimas décadas numa “ferramenta popular” no âmbito da saúde (Jacobson, Hall e Swisher, 2005, pág. 212).

Nos próximos pontos deste capítulo, com base na literatura existente sobre simulação e outras técnicas de Investigação Operacional, vou procurar identificar as razões que explicam esta aplicação crescente nos serviços de saúde, estabelecer pontes com outras áreas do conhecimento, como a Gestão de Operações, conhecer as razões para a escolha de uma dada técnica em particular e, por fim, perceber os problemas e os desafios que os investigadores encontraram até aqui.

1.2. Razões para o estudo do problema

Os anos mais recentes têm evidenciado uma realidade semelhante em todos os países ocidentais: enquanto a procura pelos cuidados de saúde cresce de forma sustentada, a capacidade de financiamento dos sistemas públicos de saúde reduz-se progressivamente. Estas duas tendências antagónicas conduzem a situações de espera pelo atendimento e tendem a subverter a lógica subjacente à organização dos sistemas de saúde. Perante a incapacidade de obterem uma consulta, os utentes encaminham-se para os serviços de urgência, transformando-os na principal fonte de prestação de cuidados primários e na principal porta de entrada nos hospitais (Ceglowski, et al., 2007). A sobrelocação dos serviços de urgência provoca longas listas de espera e de permanência, adiamento dos tratamentos, desgaste dos profissionais e desistência dos doentes (Brenner et al., 2009).

O desequilíbrio entre a procura e a oferta de cuidados de saúde gera listas de espera para os mais diversos actos médicos: consultas, atendimentos urgentes, cirurgias e meios complementares de diagnóstico e terapêutica. Enquanto aguardam pela sua vez, os doentes vão aumentando os seus níveis de insegurança e de ansiedade (VanBerkel e Blake, 2007), sobretudo nas situações mais graves, colocando-se o problema de como ordenar o acesso aos cuidados e de estabelecer prioridades de atendimento.

Nos sistemas de saúde financiados maioritariamente por dinheiros públicos, onde o acesso aos cuidados não é estabelecido em função da capacidade de os doentes pagarem pelos serviços prestados, a gestão das listas de espera é feita pelos médicos mediante critérios de tempo e de severidade. No entanto, VanBerkel e Blake (2007) alertam para os perigos daí decorrentes, associados à capacidade que alguns doentes têm para exercer a sua influência e anteciparem assim a sua vez no atendimento. Apesar de não verem grandes alternativas a este mecanismo, salientam as questões éticas e a necessidade de garantir a aplicação das regras legais em vigor.

Para lidar com o problema do crescimento da lista de espera para cirurgia, a Suécia aprovou em 2005 uma lei que obrigava os hospitais da área de residência dos doentes a assegurar a realização da cirurgia programada no prazo de noventa dias contados a partir do momento em que estes aceitassem submeter-se à intervenção. Se os hospitais não tivessem capacidade para realizar as cirurgias, teriam de encontrar outros capazes de cumprir aquele prazo, suportando todos os custos inerentes (Persson e Persson, 2009a).

Nos países em que o Estado assume directamente uma parte significativa dos custos com a saúde³, tal como a Suécia, há uma longa tradição de intervenção directa sobre a gestão das unidades, para além da acção mais indirecta de regulação da actividade. Na mesma linha, o governo francês determinou que o agendamento das cirurgias teria de ser feito por uma equipa composta por cirurgiões, anestesistas e gestores (Marcon, Kharraja e Simonnet, 2003) e encorajou a equipa a atingir utilizações iguais ou superiores a 80% da capacidade instalada nos blocos operatórios (Marcon e Dexter, 2006).

Outra ordem de razões que justifica o estudo do fluxo cirúrgico decorre da incerteza da procura de cuidados de saúde. A chegada dos utentes aos gabinetes de consulta dos cuidados primários, de onde são referenciados para as consultas externas de ortopedia, e aos serviços de urgência é inerentemente estocástica e as necessidades de cuidados podem variar consideravelmente (Bowers e Mould, 2004). Os hospitais respondem com frequência a esta incerteza reforçando as equipas de urgência com mais ortopedistas e reservando salas de bloco operatório para as situações de trauma (Wullink et al., 2007). Todavia, este método tem o inconveniente de deixar recursos dispendiosos, como

³ Cf. Simões (2005, pág. 29 e seguintes).

médicos, restante pessoal especializado e equipamentos, sem utilização por longos períodos (Bowers e Mould, 2004).

Este problema de encontrar as melhores formas para lidar com a incerteza conduz-nos, de novo, para o papel do Estado, desta vez no que respeita à definição da política de saúde. Um pouco por todo o mundo ocidental, os governos têm procurado encontrar respostas para os problemas da saúde num contexto de restrições orçamentais. Estas restrições são muitas vezes invocadas para fundamentar as reformas das políticas de saúde, como o fecho de serviços de urgência e a concentração de serviços em hospitais de maior dimensão. No âmbito específico dos doentes ortopédicos, Bowers e Mould (2004) propõem uma terceira solução: a criação de uma “sessão de trauma”. A lógica deste mecanismo é a seguinte: os doentes que necessitam de uma intervenção urgente podem, tipicamente, esperar 24 horas ou mais sem riscos acrescidos para o seu estado de saúde⁴; então, estes doentes não são conduzidos de imediato para uma sala reservada para intervenções urgentes, mas sim para a próxima “sessão de trauma”. No entanto, a “sessão de trauma” é, também, um período de bloco programado, com doentes previamente agendados, o que quer dizer que estes doentes podem ver canceladas as suas cirurgias. Apesar deste risco, a vantagem para eles é óbvia: em troca da sua disponibilidade para aceitar o possível cancelamento da cirurgia, conseguem a marcação em muito menos tempo do que da forma convencional. Os autores registam o interesse de alguns hospitais, mas verificam que não se trata de uma prática generalizadamente reconhecida pelo sector.

Pelo contrário, a expansão da cirurgia de ambulatório é consensual. No Reino Unido, a abertura de novas unidades é vista por todos como um símbolo de modernização do Sistema de Saúde Britânico e a percentagem de cirurgias de ambulatório no total das cirurgias realizadas atingia no final da década de 1990 os 79% na Dinamarca, 85% no Canadá e os 94% nos EUA (Bowers e Mould, 2005).

Este crescimento da cirurgia de ambulatório foi possibilitado pela inovação nas técnicas cirúrgicas, anestésicas e analgésicas e pela valorização do papel dos protocolos internos (Bowers e Mould, 2005) e representou uma enorme mudança para os utentes e para os

⁴ Em regra, apenas 15% dos doentes que aguardam por uma cirurgia ortopédica urgente necessitam de uma intervenção num período de seis horas após a admissão (Bowers e Mould, 2004).

hospitais. Para os utentes, trouxe maior comodidade e menores perturbações no seu quotidiano e para os hospitais uma alteração profunda da afectação dos recursos. De facto, os hospitais passaram a dividir os doentes cirúrgicos em dois grupos, transferindo para o ambulatório aqueles que estivessem em condições de serem intervencionados e terem alta no mesmo dia. Bowers e Mould (2005) demonstraram a relação directa entre a duração da cirurgia e a estadia no hospital; o tratamento dos doentes em ambulatório é mais previsível do que em regime de internamento, o que facilita o agendamento das cirurgias e liberta camas para os doentes de estadia prolongada. Na prática, a cirurgia de ambulatório significa uma alteração profunda do fluxo dos doentes através do hospital, encurtando significativamente a sua estadia. Na maioria das vezes, os doentes entram no hospital pela manhã, realizam os meios complementares de diagnóstico, seguem para o bloco operatório e têm alta ao fim do dia, depois de passarem algumas horas numa cama de recobro. Ao contrário dos doentes tratados através da cirurgia convencional, não chegam a ocupar uma cama de internamento.

A relevância do estudo do fluxo cirúrgico também se fica a dever ao peso que os blocos operatórios detêm no conjunto das receitas e das despesas dos hospitais (Testi, Tanfani e Torre, 2007; Lovejoy e Li, 2002). Assim, a gestão mais eficiente destas estruturas e do fluxo dos doentes terá um grande impacto sobre os resultados económicos dos hospitais.

Uma das formas que poderá contribuir para essa melhoria dos resultados económicos é a negociação interna entre os principais actores que intervêm no fluxo cirúrgico: ortopedistas, anestesistas, enfermeiros e gestores (Marcon, Kharraja e Simonnet, 2003). Dentro de uma política interna que procure conceber sistemas de incentivos que induzam maior participação dos profissionais e diminua a sua resistência, a simulação pode trazer cenários para a discussão e ajudar a ultrapassar a desconfiança histórica que se verifica entre médicos e gestores (Lovejoy e Li, 2002).

Por fim, o estudo do fluxo cirúrgico também pode ser justificado pela sincronia que é necessária entre as várias unidades que integram o serviço de ortopedia e entre estas e as restantes unidades do hospital, como a imagiologia e a patologia clínica (Marcon e Dexter, 2006). Os hospitais são organizações complexas, com muitas interdependências entre os diversos serviços. As dificuldades sentidas pelos profissionais que trabalham nos blocos operatórios acabam por se estender a outras áreas, como a urgência e o

internamento. Por exemplo, os atrasos que se verificam nos atendimentos no serviço de urgência podem decorrer da demora no processamento e envio de resultados dos diversos meios complementares de diagnóstico e terapêutica requisitados e/ou da falta de camas para internar doentes, mas, em sentido inverso, a actividade programada do bloco operatório central ou de ambulatório, dos serviços clínicos de apoio e das áreas de internamento, também podem sofrer sérias interferências das solicitações a partir da urgência.

Como vimos até aqui, os gestores dos hospitais e os directores dos serviços de ortopedia enfrentam o problema de responder a um número crescente de solicitações contando com recursos financeiros cada vez mais limitados. Por um lado, deparam-se com uma função social extremamente relevante e, por outro, com um grande conjunto de restrições. De uma forma sintética, podemos considerar que os objectivos e as variáveis presentes nas decisões que têm de tomar são os seguintes⁵:

- objectivos:
 - maximizar o número de consultas e de cirurgias, dentro dos padrões de qualidade exigíveis;
 - minimizar a espera;
 - aumentar a satisfação dos utentes;
- restrições:
 - grande procura;
 - custos elevados;
 - orçamentos limitados;
 - limitações à contratação de pessoal e à aquisição de recursos materiais.

No essencial, estes problemas têm a ver com a adequação da capacidade instalada às necessidades das populações. Assim, a gestão dos hospitais precisa de ferramentas que lhe dêem a conhecer essas necessidades e permitam avaliar a capacidade de resposta.

Os métodos quantitativos são muito adequados neste contexto. Por exemplo, a distribuição dos tempos operatórios entre cirurgias programadas e urgentes coloca os gestores perante um problema complexo de planeamento do funcionamento dos blocos

⁵ Cf. Ahmed e Alkhamis, 2008.

operatórios e de afectação de recursos. Por um lado, a chegada aleatória de doentes urgentes, a duração variável das cirurgias e a interacção com outros serviços dificulta o planeamento e, por outro, o custo dos recursos humanos altamente diferenciados, dos materiais de consumo e da exploração das salas torna os blocos operatórios num dos serviços mais caros e “impenetráveis” dos hospitais.

O desempenho dos blocos operatórios assenta em diferentes aspectos, como os custos, os tempos de espera pelas cirurgias, a utilização das salas, o cancelamento de cirurgias, o adiamento de cirurgias e o recurso ao trabalho extraordinário (Persson e Persson, 2009b). Muitos destes aspectos estão relacionados entre si e interferem com a repartição dos tempos operatórios entre os dois tipos de cirurgias. O esquema seguinte foi utilizado por estas autoras para ilustrar o problema:

Figura 1. Distribuição dos tempos operatórios entre cirurgias programadas e urgentes

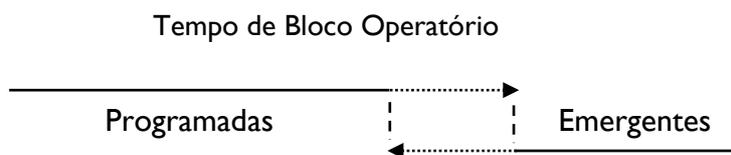


Ilustração do problema de repartição do Bloco Operatório entre cirurgias programadas (ou electivas) e urgentes.

Fonte: Persson e Persson, 2009b

Para atingir uma elevada utilização das salas e reduzir os tempos vagos quando as cirurgias urgentes estiverem abaixo do esperado, as autoras adiantaram a possibilidade de criar de uma lista de doentes em condições de serem operados de um momento para o outro. Estes doentes ficam em *stand-by*, aguardando no trabalho ou em casa por uma chamada dentro de um período de tempo previamente acordado com o hospital. De qualquer forma, como notam as autoras, esta solução é particularmente ajustada à realidade dos doentes ortopédicos e não é extensível a todas as situações.

Todavia, apesar de todas estas vantagens e potencialidades, os problemas de capacidade são geralmente resolvidos nos hospitais sem a ajuda de modelos quantitativos (de Bruin

et al., 2007). A simulação continua a revelar níveis de divulgação e de aplicação prática na saúde que ficam bastante aquém de outros sectores⁶ e daquilo que seria de esperar tendo em conta as razões que aponte até aqui. A partir de diversas simulações que desenvolveram em hospitais canadianos, Carter e Blake (2006) identificaram alguns “problemas e desafios” que podem ajudar a explicar esta realidade:

1.º – Tempo exigido pelo projecto

O estudo piloto destes autores levou cerca de doze meses a completar; cada um dos estudos subsequentes arrastou-se por quatro meses, em vez dos dois previstos inicialmente. No total, o projecto implicou mais de quatro anos e o contexto político e económico que encontraram no final do período era muito diferente do inicial.

2.º – Recolha de dados

Nos hospitais, a informação é produzida maioritariamente para fins clínicos e não para fins administrativos ou de investigação científica; assim, “nunca ninguém tinha os dados de que precisavam na forma de que precisavam”.

3.º – Cada hospital era diferente dos restantes

Os autores desenharam o modelo para ser flexível, adaptável e preparado para responder a uma variedade de questões. Pretendiam desenvolver um modelo genérico e fácil de transportar entre hospitais, de tal modo que bastaria importar os dados assistenciais históricos e inserir certos elementos específicos, como o número de camas por serviço, para replicar o modelo em cada hospital. Na prática, verificaram que não seria possível, porque “cada instituição tinha uma combinação única de serviços, programas e de *subtilezas*”.

4.º – Stakeholders

O envolvimento dos profissionais em projectos de simulação é importante em qualquer sector de actividade, mas é incontornável nos hospitais, dada a cultura de grupo preponderante. Os médicos são o grupo preponderante e “guardam ciosamente o controlo dos horários”, porque estes determinam não apenas os

⁶ Green (2006) menciona a banca, linhas aéreas, telecomunicações e polícia como exemplos de áreas que utilizam modelos de fila de espera com regularidade para “responder oportunamente à procura”.

tempos de trabalho como, sobretudo, os vencimentos no final do mês. Na prática, os conselhos de administração decidem sobre questões globais, como a distribuição de tempos de bloco operatório pelas diferentes especialidades cirúrgicas, mas deixam a afectação dos tempos de cada médico ao critério dos próprios serviços.

Aplicar a simulação nos hospitais pode ser, assim, “mais fácil dizê-lo que fazê-lo⁷”. De qualquer forma, como referi na Introdução deste capítulo, assistimos a uma utilização crescente desta técnica na saúde, tanto nos hospitais como noutras unidades. No capítulo seguinte vou abordar alguns dos contributos que a simulação tem dado para melhorar o planeamento dos cuidados de saúde e para avaliar o desempenho dos serviços.

1.3. Objectivos de investigação

Apesar de todas as potencialidades, as técnicas de Investigação Operacional não estão muito divulgadas nos hospitais, como acabamos de ver. No caso português, como não encontrei literatura sobre o assunto, não posso documentar a percepção que tenho como gestor hospitalar há cerca de uma década e meia. A linha de argumentação que encontrei na literatura aponta para dificuldades como a complexidade das técnicas, pouco envolvimento dos profissionais no terreno e diferenças de linguagem entre estes mesmos profissionais e os académicos, entre outras razões. A minha experiência vai no mesmo sentido e tentar esbater algumas destas barreiras é particularmente atractivo, tanto do ponto de vista académico como profissional.

O objectivo principal da minha investigação é a especificação do fluxo cirúrgico num serviço de ortopedia com base na simulação, com o envolvimento activo da direcção do serviço. Pretendo, também, conhecer com bastante detalhe o funcionamento do Arena, o *software* de simulação mais popular do mercado, e fazer uma primeira aproximação à extracção de dados dos sistemas de informação dos hospitais e à importação de dados pelo Arena. Por fim, pretendo, ainda, aprofundar os meus conhecimentos sobre a gestão da actividade assistencial e compreender melhor a forma como a direcção de um serviço assistencial vê os problemas da gestão do fluxo de doentes, com todos os aspectos que lhe estão associados.

⁷ Título do artigo de Carter e Blake.

1.4. Estrutura da dissertação

Neste capítulo introdutório comecei por apresentar algumas das razões que justificam o interesse pela aplicação de técnicas de Investigação Operacional na saúde, sobretudo da simulação, e descrevi os objectivos que orientaram toda a investigação. Resumo, agora, as principais linhas dos restantes seis capítulos.

No capítulo seguinte, exponho, com base na revisão da literatura, algumas das áreas da saúde que têm registado maior interesse dos investigadores desta área. Para tornar a exposição mais clara, preparei uma tabela que reparte um considerável número de trabalhos por sete grandes dimensões: política de saúde, planeamento estratégico, planeamento operacional, recursos humanos, recursos materiais, desenho/gestão de operações e avaliação.

O terceiro capítulo é dedicado ao confronto entre duas técnicas de Investigação Operacional que poderiam concorrer, pelo menos em parte, para suportar este trabalho de investigação. Partindo, de novo, da revisão da literatura, explico as razões que deram vantagem à simulação e que me levaram a decidir por esta técnica. Termino o capítulo com uma ponte para a especificação em concreto do modelo, que farei no capítulo 5.

As questões metodológicas são muito relevantes numa dissertação de mestrado. No capítulo 4 procuro demonstrar que segui os métodos adequados aos objectivos de investigação e que tive presente os ensinamentos retirados da revisão da literatura, como o envolvimento activo da direcção do serviço de ortopedia na especificação do modelo.

O capítulo destinado à especificação em concreto do modelo está dividido em três partes, uma para caracterizar o serviço de ortopedia, outra para uma introdução ao *software* de simulação e a última para apresentar e explicar o modelo.

A dissertação prossegue com a discussão dos resultados, outro capítulo muito relevante no âmbito de uma dissertação de mestrado.

No último capítulo apresento as principais conclusões da investigação e deixo algumas pistas para investigação futura.

2. Aplicação da simulação na saúde

2.1. Áreas de aplicação

A saúde é uma área de actividade que mobiliza enormes recursos materiais e humanos. Representa um dos maiores empregadores no mundo ocidental, distribuindo os seus profissionais quer por órgãos de supervisão nacionais e regionais, quer por unidades de prestação de cuidados primários e diferenciados. Paralelamente, necessita de instalações sujeitas a condições de construção especiais, de equipamentos em constante evolução tecnológica e de novos medicamentos, técnicas cirúrgicas e consumíveis clínicos muito caros. Assim, as decisões tomadas neste âmbito têm repercussões directas sobre a qualidade de vida das populações, sobre as contas públicas e sobre as condições de trabalho de muitos profissionais, justificando o recurso às ferramentas de apoio à decisão disponíveis.

Para facilitar a exposição e a leitura deste ponto, elaborei uma tabela a partir de diversos trabalhos de investigação baseados na simulação que foram levados a cabo na esfera da saúde em áreas e temas muito distintos. Para o efeito, dividi os trabalhos em sete níveis de análise: política de saúde, planeamento estratégico, planeamento operacional, afectação de recursos humanos, afectação de recursos materiais, desenho de espaços e de fluxos de doentes e avaliação dos serviços prestados⁸.

Tabela 1. Trabalhos de investigação na saúde baseados na simulação

Nível	Tema	Artigo
Política de saúde	Avaliação dos benefícios da introdução de dois novos serviços no âmbito dos cuidados primários do NHS: <i>NHS Direct</i> – Aconselhamento telefónico 24 horas/dia e visitas domiciliárias de enfermagem	Ashton, Hague, Brandreth, Worthington e Cropper (2004)
	Reconfiguração da rede de serviços de urgência no Estado da Califórnia – aspectos legais e confronto entre medidas tomadas centralmente (articulação com cuidados primários, construções	Simonet (2008)

⁸ Esta tabela foi construída com o objectivo de incluir uma lista representativa dos temas que têm sido estudados na saúde com recurso à simulação; não se trata, portanto, de uma listagem exhaustiva dos trabalhos publicados nesta área de investigação.

	<p>hospitalares e co-pagamento de serviços) e medidas locais (reengenharia, gestão de operações)</p> <p>Necessidade de imposição central de limites ao tempo de espera no serviço de urgência</p>	<p>McCarthy et al. (2009)</p>
Planeamento estratégico	<p>Estudo das alternativas de expansão da capacidade cirúrgica instalada (construção de novas salas ou alargamento do período de funcionamento das salas actuais)</p> <p>Redimensionamento de uma rede de prestação de MCDT's</p> <p>Planeamento estratégico do funcionamento de um serviço de urgência a partir de uma visão integrada do hospital (o serviço de urgência tem muitas interdependências com outros serviços do hospital)</p> <p>Planeamento do n.º de camas de um serviço de cirurgia geral e da distribuição das camas pelas unidades que o compõem e pelo tipo de cirurgias (electivas/urgentes)</p>	<p>Lovejoy e Li (2002)</p> <p>Rohleder, Bischak e Baskin (2007)</p> <p>Vanderby e Carter (2009)</p> <p>VanBerkel e Blake (2007)</p>
Planeamento operacional	<p>Previsão da chegada de doentes e das medidas de desempenho de um serviço de urgência no futuro próximo como meio de gerir proactivamente a ocupação do serviço</p> <p>Estudo do aumento da utilização da capacidade instalada em equipamentos de diagnóstico que servem simultaneamente situações programadas e emergentes</p> <p>Previsão do desempenho de estratégias alternativas de funcionamento de uma sala de cateterismos (diferentes horários, abertura de salas adicionais e transferência de tarefas para o exterior da sala – antes e após a intervenção)</p> <p>Previsão das faltas de doentes às consultas marcadas e redefinição das agendas de consultas</p>	<p>Hoot et al. (2008)</p> <p>Patrick e Puterman (2006)</p> <p>Groothuis, van Merode e Hasman (2001)</p> <p>Glowacka, Henry e May (2009)</p>
Recursos humanos	<p>Dimensionamento da equipa médica</p> <p>Definição de escalas de enfermagem num serviço de urgência</p> <p>Ajustamento dos horários dos enfermeiros para evitar contratações adicionais</p> <p>Cálculo da necessidade de enfermeiros suplementares em unidades de cuidados intensivos</p>	<p>Jacobson, Hall e Swisher (2005)</p> <p>Yeh e Lin (2006)</p> <p>Yeh e Lin (2006)</p> <p>Griffiths, Price-Lloyd, Smithies e Williams (2004)</p>
Recursos materiais	<p>Dimensionamento de activos (camas e enfermarias) e de pessoal</p> <p>Determinação do n.º de camas e de cadeiras num</p>	<p>Jacobson, Hall e Swisher (2005)</p> <p>Huang (1998)</p>

	<p>serviço de urgência e distribuição das camas pelas especialidades</p> <p>Repartição do tempo de bloco operatório entre cirurgias electivas e urgentes</p> <p>Estudo dos <i>bottlenecks</i> e determinação da afectação óptima de camas num serviço de urgência cardíaco</p>	<p>Persson e Persson (2009b)</p> <p>de Bruin, Rossum, Visser e Koole (2007)</p>
Desenho/Gestão de Operações	<p>Desenho do espaço da sala de espera de um serviço de patologia clínica</p> <p>Desenho dos processos de triagem num serviço de patologia clínica</p> <p>Análise e optimização dos fluxos de doentes (aumento do <i>throughput</i>, redução do tempo de espera e aumento da utilização dos profissionais)</p> <p>Análise do impacto simultâneo de gestão de operações, escalas de pessoal e afectação de salas de consulta sobre o tempo de espera e a utilização de recursos num hospital de dia oncológico</p> <p>Abordagem do tratamento dos doentes sob uma “perspectiva de linha de produção”, utilizando os Grupos de Diagnóstico Homogéneos</p> <p>Modelação das prescrições informatizadas de medicamentos para doentes internados</p>	<p>Rohleder, Bischak e Baskin (2007)</p> <p>Rohleder, Bischak e Baskin (2007)</p> <p>Jacobson, Hall e Swisher (2005)</p> <p>Santibáñez, Chow, French, Puterman e Tyldesley (2009)</p> <p>Williams, Tai e Lei (2009)</p> <p>Carter e Blake (2006)</p>
Avaliação	<p>Análise do fluxo de doentes cirúrgicos, através da avaliação da coordenação entre as consultas externas e o bloco operatório</p> <p>Análise do fluxo de doentes e da relação entre as medidas de desempenho de um serviço de urgência e do n.º de doentes em fila de espera</p> <p>Avaliação do impacto da marcação de cirurgias electivas sobre a afectação de recursos</p> <p>Cálculo dos custos de tratamento de doentes com suspeita de fractura cervical com necessidade de diagnóstico pela imagem e comparação com o valor recebido</p> <p>Estudo dos custos de tratamento de doentes não urgentes em serviços de urgência, comparativamente com os cuidados primários</p> <p>Estudo de formas de reduzir custos de tratamento nos serviços de urgência</p>	<p>Cardoen e Demeulemeester (2008)</p> <p>Kolker (2008)</p> <p>Carter e Blake (2006)</p> <p>Glick, Blackmore e Zelman (2000)</p> <p>Simonet (2008)</p> <p>Simonet (2008)</p>

Apresento em seguida com um pouco mais de detalhe alguns dos contributos essenciais que a simulação tem dado a estas sete áreas. A divulgação desta ferramenta está em grande parte associada ao trabalho de académicos (Proudlove, Black e Fletcher, 2006) e

às potencialidades abertas pelos sistemas de informação, que disponibilizam os dados históricos utilizados pela simulação como “matéria-prima” para o retorno de medidas de desempenho históricas ou previsionais.

2.1.1. Política de saúde

Os serviços de urgência devem ser entendidos no quadro de uma rede de referência hospitalar, que contribua para uma distribuição equilibrada de meios e tenha em conta a realidade regional. No entanto, as políticas de saúde que interferem com esta área geram invariavelmente polémica. As explicações para este comportamento podem ter a ver com o interesse que despertam nos média e com questões éticas, relacionadas com o estado de fragilidade dos utentes (Simonet, 2008).

Este autor considera que a sobrelotação dos serviços de urgência dos hospitais dos Estados Unidos se deve, antes de mais, à falta de acesso aos cuidados primários. Como consequência, as pessoas recorrem aos serviços de urgência, apesar de o seu estado de saúde não requerer cuidados imediatos. A legislação que impõe a abertura dos serviços de urgência em permanência também concorre para esta utilização abusiva.

Neste contexto, argumenta ainda o autor, algumas medidas de política de saúde poderão ser implementadas com melhores resultados do que o agravamento da participação dos utentes nos custos⁹ dos cuidados de saúde, como a reorganização da rede hospitalar, a melhoria da articulação com os cuidados primários e a continuidade na prestação de cuidados¹⁰.

Noutra investigação desenvolvida nos Estados Unidos, McCarthy et al. (2009) concluem que o governo federal “poderá ter de intervir como fez o governo britânico e impor uma norma a determinar que 98% dos utentes tenham alta para casa, internamento ou transferência em menos de quatro horas depois da admissão”.

⁹ Simonet refere-se à “responsabilidade dos utentes”, i.e., ao co-pagamento dos cuidados de saúde por quem deles beneficia. De alguma forma, podemos estabelecer uma relação com as “taxas moderadoras” em Portugal, embora ténue, porque os valores em causa e os objectivos das medidas são diferentes.

¹⁰ Transportada para a realidade nacional, esta última medida corresponderia à marcação de uma consulta a partir de um episódio de urgência. Na prática, o doente passaria a ser seguido no serviço de consultas externas e deixaria de olhar para o serviço de urgência como “a única forma” de aceder ao hospital.

2.1.2. Planeamento estratégico

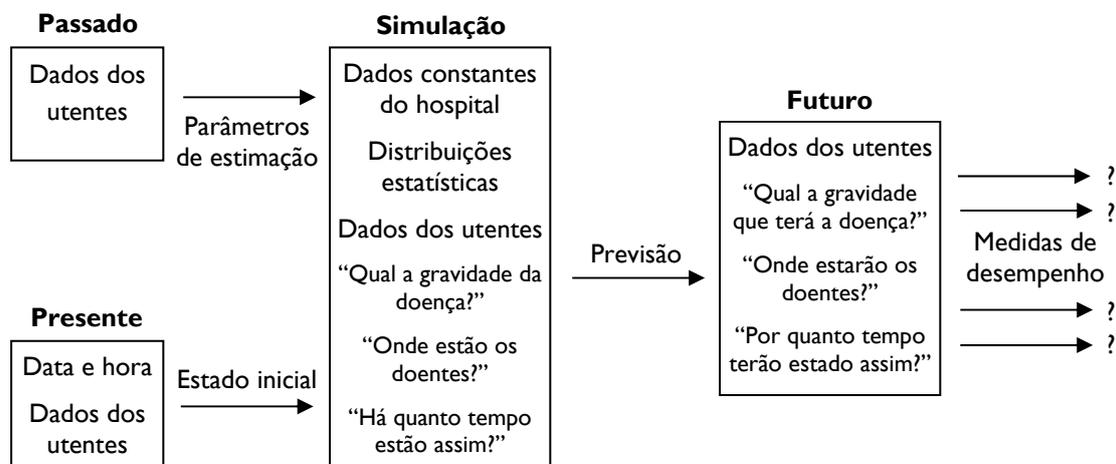
O planeamento estratégico é definido pela gestão de topo e exige uma visão abrangente e integrada das organizações. Para além desta perspectiva interna, a estratégia a seguir pelos hospitais públicos tem, também, de ser articulada com a tutela e com a política de saúde definida para o país e para a região.

O bom funcionamento do serviço de urgência depende da resposta atempada de outros serviços do hospital. O serviço de urgência é um grande consumidor de MCDT's e absorve uma parte significativa da produção da patologia clínica e da imagiologia, entre outros. Por outro lado, as altas para o internamento e as transferências para o bloco operatório dependem da disponibilidade destes serviços. Desta forma, no nível mais elevado de planeamento é necessário ter em conta estas interacções e “olhar para fora das fronteiras físicas do serviço de urgência”, porque os motivos para os atrasos e para a variabilidade dos tempos de espera e de tratamento nos serviços de urgência podem estar noutros locais (Vanderby e Carter, 2009).

2.1.3. Planeamento operacional

Hoot et al. (2008) utilizaram a simulação para, a partir de dados históricos, preverem os fluxos de chegada ao serviço de urgência. O esquema do início da página seguinte, retirado do trabalho destes autores, descreve o processo de previsão de cenários futuros a partir da informação retirada dos registos do hospital.

Figura 2. Processo conceptual de utilização de um modelo de simulação para prever as operações de um serviço de urgência



O modelo utiliza dados passados e presentes dos utentes como *input* e devolve dados previsionais futuros como *output*.

Fonte: Hoot et al., 2008

Um modelo deste tipo fornece indicações muito úteis para pensar a organização do espaço físico e dos equipamentos necessários para o bom funcionamento de um serviço de urgência. Dispondo de estimativas obtidas com um grande nível de confiança, alicerçadas em dados efectivos e em modelos baseados nos principais elementos do serviço, a gestão do hospital pode direccionar os seus investimentos para as principais necessidades identificadas. Paralelamente, a gestão pode utilizar as conclusões destes estudos para fundamentar as suas opções perante a tutela ou para obter apoios ao investimento.

Este raciocínio aplica-se, da mesma forma, aos recursos humanos. O trabalho no serviço de urgência implica um nível muito elevado de coordenação e de inter-relações entre pessoas e materiais (Rohleder, Bischak e Baskin, 2007). Por outro lado, como funciona 24 horas por dia, 7 dias por semana, o trabalho é distribuído por turnos, abrangendo dias e períodos em que as pessoas não têm uma grande apetência para trabalhar (Yeh e Lin, 2006).

Patrick e Puterman (2006) propõem um método para aumentar a utilização e reduzir os tempos de espera de um equipamento de Tomografia Axial Computorizada (TAC) com

base na simulação. O equipamento estudado é utilizado em simultâneo para realizar exames programados (pedidos pelo internamento e pelas consultas externas) e urgentes (pedidos pelo serviço de urgência). Como consequência, a variabilidade da procura é grande e há uma parte do tempo em que o equipamento fica reservado para uma procura “que se desconhece”. O problema advém da necessidade de agendar os exames não prioritários, deixando o equipamento livre para responder aos casos urgentes. Assim, quando surgem menos casos urgentes do que o esperado, há uma parte da capacidade instalada que fica por utilizar.

O método pode ser aplicado a outros equipamentos e serviços que respondam a situações urgentes e não urgentes, como o bloco operatório e a patologia clínica, por exemplo.

2.1.4. Recursos humanos

Yeh e Lin (2006) estudaram a redefinição das escalas de enfermagem num serviço de urgência com o objectivo de minimizar os tempos de espera dos doentes sem necessidade de recorrer a novas contratações. As conclusões a que chegaram permitiam reduzir o tempo médio total dos doentes no serviço em 43% sem custos adicionais, fazendo apenas ajustamentos nas escalas praticadas no hospital.

O estudo foi conduzido através da definição dos postos de atendimento de enfermagem e da recolha de dados estatísticos sobre a chegada de doentes ao serviço de urgência e dos tempos de tratamento em cada posto. A partir daí definiram a probabilidade de um doente necessitar dos cuidados de cada posto e as distribuições estatísticas que melhor se ajustavam ao trabalho do posto.

2.1.5. Recursos materiais

Huang (1998) estudou a distribuição de camas entre as especialidades que melhor respondesse às flutuações nas admissões de doentes a partir do serviço de urgência. O autor pretendia “construir uma ponte entre gestores e médicos, capaz de conduzir a consensos baseados mais em evidências do que em políticas”. Esta abordagem, com a tónica colocada nas reacções e comportamentos dos agentes envolvidos, difere um pouco das anteriores, talvez pelo facto de o autor pertencer aos quadros do hospital na

altura do estudo. Assim, Huang salienta as lições retiradas a partir do ponto de vista do profissional de Investigação Operacional:

- é necessário entender muito bem o problema;
- é necessário envolver os intervenientes com capacidade de decisão desde o primeiro momento;
- os modelos devem ser desenvolvidos em tempo oportuno;
- os resultados devem ser validados e disponibilizados a tempo de apoiarem as decisões;
- os profissionais de Investigação Operacional devem perceber que o seu papel é ajudar pessoas a tomar decisões fundamentadas e não decidir por elas;
- no final, são as pessoas que tomam decisões e não os computadores.

2.1.6. Desenho/Gestão de operações

O conceito de “experiência de serviço” tem vindo a adquirir uma importância crescente ao longo dos últimos anos¹¹. No essencial, este conceito significa que na maioria das situações os utilizadores de um dado serviço prestam tanta atenção a aspectos acessórios como ao próprio serviço em si. Por exemplo, a escolha de um restaurante pode ser determinada pela impressão que ficou das visitas anteriores, pela decoração ou pelo “ambiente” que as pessoas esperam encontrar e não tanto pela confecção dos pratos. A mesma coisa se passa na saúde, sobretudo quando os utentes têm oportunidade de escolha¹². Não admira, portanto, que os prestadores privados atribuam tanta importância ao design das instalações e ao conforto dos quartos como factores competitivos da maior importância e que também os serviços públicos comecem a despertar para esta realidade, como forma de captar outras fontes de financiamento para além do Orçamento de Estado.

¹¹ Para uma leitura mais aprofundada deste tema, cf., por exemplo, Bitner (1990).

¹² Em Portugal existem mecanismos de protecção complementares ao Serviço Nacional de Saúde, como os seguros, o “SAMS – Serviços de Assistência Médico Social” dos bancários e os “subsistemas de saúde”. Embora a maior parte destes últimos tenha desaparecido recentemente, mantém-se a “ADSE – Protecção Social aos Funcionários e Agentes da Função Pública”, o mais representativo de todos. Os beneficiários destes regimes de protecção recebem uma comparticipação muito significativa do custo dos cuidados de saúde privados.

Apresento no quadro seguinte alguns elementos com efeito positivo sobre a experiência que os utentes retiram da visita a uma unidade de saúde, a par de outros que induzem uma sensação de desagrado:

Quadro 1. Experiência de serviço – Visita a uma unidade de saúde

Experiência de Serviço Visita a uma Unidade de Saúde	
<p><u>Factores com efeito positivo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ conforto das instalações ▪ cores e sons que convidam ao relaxamento ▪ meios de distração – televisão, acesso à <i>Internet</i> ▪ meios de informação da unidade de saúde – sobre tempos de espera ou serviços disponíveis, entre outros 	<p><u>Factores com efeito negativo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ instalações degradadas, exíguas ou com pouca luz ▪ desrespeito pela ordem pré-estabelecida – hora marcada ou hora de chegada ▪ percepção de ineficácia no atendimento ▪ momentos de espera durante o atendimento

Utilizando a Simulação, Santibáñez et al. (2009) exploraram o impacto de parte destes factores sobre a experiência de serviço dos utentes e sobre as medidas de desempenho de um hospital de ambulatório canadiano e concluíram que tanto o atraso no início da consulta como aqueles momentos em que os utentes estavam apenas à espera (pelo resultado de um exame, por exemplo) deterioravam de forma significativa a experiência dos utentes e o desempenho do hospital.

Para contrariar estes efeitos perversos, os autores recomendaram maior flexibilidade na utilização dos espaços, fomentando a partilha dos gabinetes de consulta, a realização pela enfermagem de tarefas que não exigem a intervenção de um médico, promover o início pontual da primeira consulta do período e, ainda, obrigar o utente a esperar pela hora marcada para “garantir que quem chega à hora não é penalizado por outros doentes que estão marcados para mais tarde e chegam mais cedo”.

Na mesma linha de pensamento e como complemento ao trabalho principal de avaliação de medidas inovadoras de saúde através da Simulação, Ashton et al. (2005) formularam as três propostas seguintes no campo da Gestão de Operações:

1.^a – Publicitar os tempos com menos procura

Dar a conhecer os picos de procura, através de folhetos, da imprensa local ou de *placards* à entrada da própria unidade, pode ajudar a suavizar a afluência.

2.^a – Publicitar os serviços não disponíveis

As unidades de saúde públicas estão integradas em redes de prestação de cuidados e as unidades privadas prestam um determinado leque de serviços. Desta forma, uma comunicação adequada pode conduzir os utentes para os locais certos e descongestionar os serviços.

3.^a – Postos de informação

Os funcionários administrativos da recepção de utentes e familiares podem contribuir para o esforço de “educação” das pessoas para a utilização adequada dos serviços de saúde.

Estas ideias resultaram da observação local e da discussão com os profissionais e podem, na opinião dos autores, amplificar os efeitos benéficos de outras medidas mais “pesadas”.

2.1.7. Avaliação

O tempo que decorre, em média, entre a chegada dos utentes ao serviço de urgência e o momento da alta é uma das medidas mais utilizadas para quantificar o desempenho do serviço¹³. Quando se verifica a chegada de um número elevado de utentes num curto espaço de tempo, a fila de espera para atendimento e o tempo total dos episódios de urgência tendem a crescer acentuadamente. Neste contexto, Kolker (2008) procurou desenvolver uma metodologia assente na Simulação capaz de responder a três objectivos:

- ligar o tempo de espera e a variação no tempo de atendimento;

¹³ Cf., por exemplo, Hall, Belson, Murali e Dessouky (2006) e McCarthy et al. (2009)

- identificar o tempo máximo de espera que permita uma redução significativa desta variação;
- estimar o número de doentes em espera que não deverá ser excedido para manter a variação no tempo de atendimento num nível muito baixo.

A metodologia em causa deveria ser replicável noutros hospitais, bastando para isso inserir no programa informático os dados relativos à lotação (número de camas de internamento) e à afluência ao serviço de urgência. No caso do hospital estudado, Kolker apurou que a partir de onze utentes em espera a variação crescia muito rapidamente.

3. Escolha das técnicas de Investigação Operacional

3.1. Filas de espera

Basta pensarmos nos últimos dias para nos lembrarmos de situações em que tivemos de esperar para sermos atendidos. Provavelmente, quando passámos pelo café habitual, comprámos o jornal diário ou fizemos compras no supermercado, tivemos de aguardar pela nossa vez numa fila para sermos atendidos ou para pagar o serviço. Também é provável que tenhamos de esperar quando precisamos de uma informação da câmara municipal ou das Finanças e o mesmo acontece quando procuramos marcar uma consulta médica.

Situações como estas são recorrentes na nossa vida de todos os dias e acontecem sempre que as pessoas ou equipamentos que são disponibilizados para nos servirem se revelam insuficientes para fazer face à procura. Na maior parte das vezes, juntamo-nos à fila e aguardamos pelo atendimento, mas, por vezes concluímos que “não vale a pena” esperar e abandonamos o local.

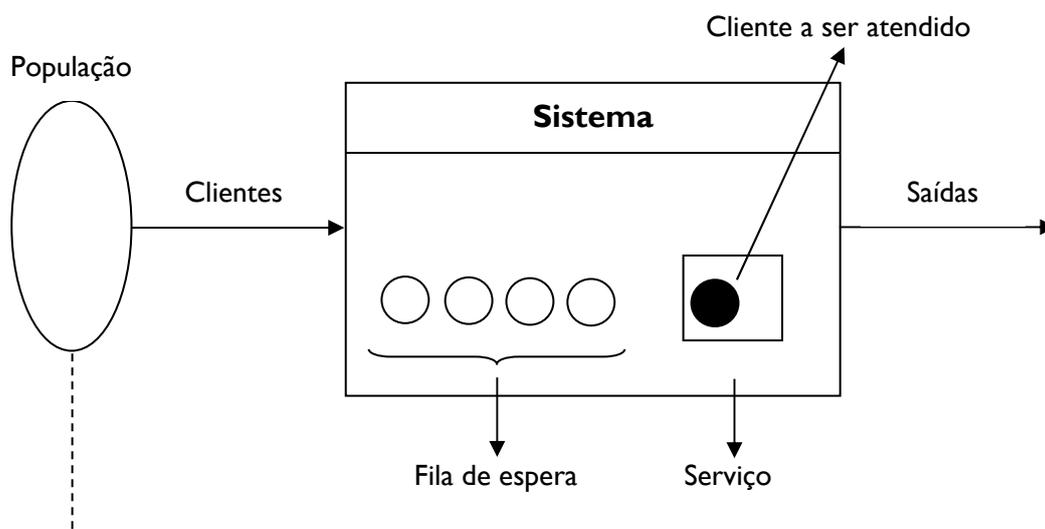
Claro que estas filas nem sempre são constituídas por pessoas. Por exemplo, no trabalho pioneiro desenvolvido por A.K. Erlang em 1904, as filas de espera eram compostas pelas chamadas que aguardavam por uma linha disponível na central telefónica (Tavares et al., 1996, pág. 267). Com o seu trabalho, Erlang pretendia ajudar a determinar os requisitos de capacidade que o sistema telefónico deveria ter para assegurar um nível de serviço adequado à procura (Green, 2006). Posteriormente, a Teoria das Filas de Espera foi aplicada em múltiplos sectores de actividade, como a banca, a exploração de linhas aéreas e as emergências hospitalares (Green, 2006).

Basicamente, um modelo de fila de espera representa um **sistema** de serviço onde um **cliente** se dirige a um ou mais **servidores** para ser atendido (Green, 2006). Se houver um servidor livre, o cliente poderá ser atendido de imediato, mas se todos estiverem ocupados terá de esperar numa fila pelo atendimento. Para compreendermos melhor o funcionamento de um modelo deste tipo apresento em seguida os principais conceitos, retirados de Tavares et al. (1996, páginas 268 e seguintes).

3.1.1. Estrutura de um sistema de fila de espera

A figura seguinte explica o funcionamento de um sistema de fila de espera: os clientes, originários de uma dada população, chegam ao sistema, formam uma fila enquanto o cliente anterior está a ser servido e regressam à população depois de atendidos. O sistema corresponde ao conjunto formado pela fila e pelo serviço.

Figura 3. Principais elementos de um sistema de fila de espera



Esquema de funcionamento de um sistema de fila de espera

Fonte: José Fernando Oliveira – Aulas de Sistemas de Apoio à Decisão, adaptado de Tavares et al., 1996

A fila pode ser **simples**, se todos os clientes se colocarem numa fila única (mesmo na presença de vários postos de atendimento), ou **múltipla**, se for criada uma fila separada para cada posto de atendimento (neste caso, cada conjunto fila/posto de atendimento constitui um sistema separado).

Por outro lado, os clientes podem ser atendidos por ordem de chegada (corresponde a um atendimento do tipo FIFO), aleatoriamente ou tendo em conta um dado factor de prioridade, como as reservas, a idade ou a emergência. A ordem de constituição das filas é designada por **disciplina** da fila. No caso concreto dos serviços de saúde, é usual organizar o atendimento de acordo com a gravidade do estado de saúde do utente.

3.1.2. Medidas de desempenho

Todavia, a grande vantagem que os modelos de filas de espera apresentam para a gestão de uma organização, como uma empresa de serviços ou uma unidade de saúde, decorre da capacidade de estabelecer *trade-offs* entre o custo do serviço (o custo é muito elevado quando os servidores ficam muito tempo desocupados) e o “custo” que representa para o cliente ter de esperar na fila. Para isso, é possível calcular uma série de indicadores de desempenho muito poderosos com recurso ao modelo (cf. Hillier e Lieberman, 2005, páginas 769 e 770):

Tabela 2. Medidas de desempenho

Medidas de Desempenho	
L	= Estado do sistema = Número médio de clientes no sistema
L_q	= Comprimento médio da fila = Número de clientes à espera do início do atendimento
W	= Tempo médio de espera no sistema
W_q	= Tempo médio de espera na fila
P	= Taxa média de ocupação (desocupação = $1-\rho$) do serviço = Percentagem de tempo durante o qual o serviço está ocupado
P_n	= Probabilidade de estarem exactamente n clientes no sistema
$P(n > k)$	= Probabilidade de estarem no sistema k ou mais clientes
$P(W_q = 0)$	= Probabilidade de o tempo de espera na fila ser zero
$P(W_q > t)$	= Probabilidade de o tempo de espera na fila exceder t
$P(W > t)$	= Probabilidade de o tempo gasto no sistema exceder t

Fonte: Hillier e Lieberman, 2005

Parte destes indicadores permite medir a produtividade dos servidores, como a taxa média de ocupação e de desocupação do serviço, enquanto outros dão uma perspectiva da qualidade do serviço, como os tempos médios de espera no sistema e na fila, ou a probabilidade de o tempo no sistema ou na fila exceder um dado tempo estabelecido como limite.

Com base nestes dois tipos de indicadores a gestão poderá decidir sobre dois tipos de problemas:

- configuração do serviço
 - colocar servidores em paralelo ou servidores direccionados para classes distintas de clientes?
- dimensionamento do serviço
 - qual o número total de servidores?
 - qual o número de servidores a afectar a cada classe de clientes?

Os gestores do serviço de ortopedia enfrentam precisamente problemas deste tipo. Perante os constrangimentos actuais com a contratação de médicos e os custos associados, têm de distribuir a sua carga horária por diversas unidades por forma a assegurar ao mesmo tempo níveis aceitáveis de qualidade do serviço e a realização profissional dos clínicos.

3.1.3. Distribuições estatísticas das chegadas e do atendimento

Para operacionalizar um modelo de fila de espera é necessário recolher dados sobre a chegada de doentes ao serviço. Os doentes chegam ao serviço de ortopedia através de duas “portas” principais: as consultas externas e o serviço de urgência. Nos dias de hoje, a tarefa da recolha de dados está muito facilitada, graças à utilização generalizada da plataforma electrónica que liga os centros de saúde aos hospitais e ao *software* de apoio à gestão da triagem dos doentes nos serviços de urgência. A partir desta informação real e utilizando técnicas estatísticas podemos construir um histograma experimental e “ajustar” uma distribuição estatística que descreva “adequadamente” a actividade do serviço (cf. Tavares et al., 1996).

A maior parte dos estudos realizados nestas duas unidades assumiu que as chegadas de utentes seguiam uma distribuição de Poisson¹⁴. Trata-se de um pressuposto realista, sempre que a população é grande e as chegadas não dependem umas das outras (Smet, 2007). Da mesma forma, esses estudos assumiram que o tempo de atendimento segue uma distribuição exponencial negativa. No caso particular dos serviços de urgência, Hillier e Lieberman (2005, pág. 776) notam que os médicos enfrentam situações clínicas

¹⁴ Cf., por exemplo, Williams, Tai e Lei, 2009 e Proudlove, Black e Fletcher, 2007.

muito distintas e que na maioria dos casos a observação é breve, embora, ocasionalmente, surjam doentes que necessitem de um acompanhamento mais demorado. Nestas circunstâncias, consideram, é muito plausível que a distribuição exponencial negativa descreva adequadamente o comportamento do tempo de atendimento.

3.1.4. Modelos de filas de espera

As filas de espera são normalmente agrupadas de acordo com quatro parâmetros¹⁵, apresentados da seguinte forma:

$$X/Y/Z/W$$

Os primeiros parâmetros, X e Y, referem-se às distribuições do intervalo de tempo entre chegadas e do tempo de serviço, respectivamente. A distribuição exponencial negativa é referenciada pela letra “M”.

O terceiro parâmetro, Z, identifica o número de servidores em paralelo, enquanto o quarto, W, corresponde a outras características do sistema, como o comprimento ilimitado da fila ou a população finita.

Os modelos de fila de espera mais utilizados são o **modelo básico com um servidor (M/M/1)** e o **modelo básico com S servidores (M/M/S)**.

Para cada um destes modelos é possível gerar um conjunto de fórmulas matemáticas, que correspondem às medidas de desempenho descritas na Tabela 2. As tabelas das páginas seguintes sintetizam as características destes dois modelos fundamentais e apresentam as fórmulas para as medidas de desempenho.

¹⁵ Com base na classificação proposta por Kendal (Tavares et al., 1996).

Tabela 3a. Características dos Modelos M/M/1 e M/M/S

Características	M/M/1	M/M/S
Chegada	Poissoniana	Poissoniana
Taxa	λ clientes/unidade tempo	λ clientes/unidade tempo
População	∞	∞
Fila máxima	∞	∞
Tempo atendimento	Exponencial negativo	Exponencial negativo
Taxa	μ clientes/unidade tempo e servidor	μ clientes/unidade tempo e servidor
N.º servidores	1	S
Taxa ocupação	P $\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \text{ com } \rho < 1$	P $\rho = \frac{\lambda}{S\mu}, \text{ com } \rho < 1$
Taxa desocupação	$= 1 - \rho$	$= 1 - \rho$

Fonte: Tavares et al., 2005

Tabela 3b. Medidas de desempenho dos Modelos M/M/1 e M/M/S

Medidas de Desempenho	M/M/1	M/M/S
L	$= \sum_{n=0}^{\infty} nP_n =$ $= L_q + \frac{\lambda}{\mu} =$ $= \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	$= \sum_{n=0}^{\infty} nP_n =$ $= L_q + \frac{\lambda}{\mu}$
L_q	$= \sum_{n=1}^{\infty} (n - 1)P_n =$ $= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$	$= \sum_{n=S}^{\infty} (n - S)P_n$ $= \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S \rho}{S!(1 - \rho)^2}$
W	$= W_q + \frac{1}{\mu} =$ $= \frac{L}{\lambda} =$ $= \frac{1}{\mu - \lambda}$	$= W_q + \frac{1}{\mu} =$ $= \frac{L}{\lambda}$
W_q	$= \frac{L_q}{\lambda} =$ $= \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$	$= \frac{L_q}{\lambda} =$
P_0	$= 1 - \rho$	$= \frac{1}{\sum_{n=0}^{S-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^S}{S!} \frac{1}{1 - \rho}}$
P_n	$= \rho^n P_0$	$= \begin{cases} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} P_0, & \text{se } 0 \leq n \leq S \\ \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{S! S^{n-S}} P_0, & \text{se } n \geq S \end{cases}$
$P(n > K)$	$= \rho^{K+1}$	
$P(W_q = 0)$	$= P_0$	$= \sum_{n=0}^{S-1} P_n$
$P(W_q > t)$	$= \rho e^{-\mu(1-\rho)t}, t \geq 0$	$= [1 - P(W_q = 0)] e^{-S\mu(1-\rho)t}$
$P(W > t)$	$= e^{-\mu(1-\rho)t}, t \geq 0$	$= e^{-\mu t} \left(1 + \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S}{S!(1-\rho)} \frac{1 - e^{-\mu t(S-1-\frac{\lambda}{\mu})}}{S-1-\frac{\lambda}{\mu}} \right)$

Fonte: Tavares et al., 2005

3.2. Simulação

Este ponto é composto por três partes; na primeira, com base na literatura existente nesta área, estabeleço o confronto entre os modelos analíticos de filas de espera e procuro demonstrar que apesar das vantagens destes modelos (fácil utilização, fórmulas poderosas e fácil entendimento por todos os interessados), eles não são a melhor técnica

para estudar o problema do fluxo dos doentes de um extremo ao outro de um serviço; nas duas partes restantes apresento os principais conceitos relacionados com a simulação e detenho-me mais demoradamente nos modelos de simulação discreta.

3.2.1. Simulação vs. modelos analíticos de filas de espera

As medidas das tabelas anteriores podem ser aplicadas às várias unidades de um serviço de ortopedia e fornecer à direcção do serviço e à administração do hospital indicadores extremamente relevantes sobre o nível de actividade e a capacidade de resposta do serviço às necessidades das populações da área de influência do hospital. Por exemplo, socorrendo-se das fórmulas de L_q e W_q , a direcção fica a conhecer o número médio de doentes e o tempo que esperaram em média por uma consulta e por uma cirurgia. Se pretendermos estudar isoladamente as consultas externas ou a actividade cirúrgica, então os modelos de filas de espera são um método perfeitamente adequado, porque são práticos, muito simples de utilizar, geram soluções exactas e não são dispendiosos (de Bruin, 2007).

Os modelos de filas de espera podem, assim, constituir uma ferramenta poderosa quando se pretende fundamentar importantes decisões estratégicas e táticas relacionadas com a dimensão de uma determinada unidade hospitalar (de Bruin, 2009). No entanto, há um conjunto de princípios básicos de filas de espera que é necessário ter em conta para conduzir este tipo de análises (Green, 2006).

O primeiro princípio tem a ver com a disponibilidade de recursos. No caso da unidade de consultas externas de ortopedia, por exemplo, o tempo dedicado pelos médicos às consultas e o número de gabinetes terão de ser suficientes para responder ao número de doentes que acorrem à consulta multiplicado pela duração média das consultas, caso contrário a fila de espera por uma consulta crescerá indefinidamente e o sistema não será estável¹⁶. Por outro lado, terá de haver correspondência entre os recursos, porque de nada vale ter médicos disponíveis sem gabinetes de consultas, ou a situação contrária.

¹⁶ Na prática, é socialmente aceite e tolerável que exista uma fila de espera para os actos médicos, desde que não acarrete prejuízos para a saúde dos utentes. Os observatórios de saúde costumam definir limiares máximos para estas esperas, correspondentes aos “tempos clinicamente aceitáveis”.

O segundo princípio está relacionado com a dimensão da unidade. Uma unidade muito pequena está limitada à partida e terá dificuldade em criar as condições para atender os doentes em tempo útil e, em simultâneo, proporcionar aos profissionais condições para actualizarem conhecimentos e progredirem na carreira. Este princípio significa que para um dado nível de procura, quanto menor for o serviço, maior será a espera dos utentes para receberem os cuidados médicos¹⁷.

Por último, a natureza específica da actividade clínica do serviço também tem uma palavra a dizer neste contexto. Uma unidade clínica que se especializa num pequeno número de actos médicos terá uma variabilidade muito reduzida, sobretudo quando comparada com a enorme diversidade dos serviços polivalentes. Como a ortopedia integra este último tipo de serviços e trata de patologias muito diversas, o tempo de consulta e, mais ainda, de bloco operatório pode variar muito de um caso para o outro (o tempo necessário para operar um túnel cárpico é muito inferior ao tempo necessário para realizar uma cirurgia pesada, como a colocação de uma prótese)¹⁸.

Para utilizar os modelos analíticos de fila de espera, é preciso, também, assumir alguns pressupostos acerca da natureza probabilística da chegada dos doentes ao serviço. O pressuposto mais comum é o de que as chegadas seguem um processo de Poisson (Green, 2006).

O processo de Poisson pode ser caracterizado pelo número de doentes que chegam ao serviço num determinado período de tempo, ou pelo intervalo de tempo que decorre entre chegadas consecutivas (Green, 2006). Por outras palavras, se o número de doentes que chega a um serviço seguir uma distribuição de Poisson, então o tempo entre essas chegadas segue uma distribuição exponencial negativa (a distribuição exponencial negativa é a distribuição dual da de Poisson). Então, se as chegadas se processarem a uma dada taxa λ o tempo entre essas chegadas corresponde a $1/\lambda$. Uma propriedade importante da distribuição exponencial negativa é a de que ela “não tem memória”, o que significa que a próxima chegada é independente da anterior (Green, 2006). Para

¹⁷ Traduz a existência de economias de escala nos serviços de saúde; esta questão é, por vezes, utilizada para justificar medidas de política de saúde, como a concentração de serviços em hospitais de maior dimensão ou a criação de centros hospitalares a partir da fusão de hospitais mais pequenos.

¹⁸ Para outros exemplos da influência destes três princípios básicos das filas de espera sobre o nível de serviço dos hospitais, consultar Green, 2006.

determinar se as chegadas seguem um processo de Poisson, é necessário, portanto, avaliar as três condições seguintes (Green, 2006):

- 1.^a – os doentes chegam um de cada vez;
- 2.^a – a probabilidade de um doente chegar em qualquer altura é independente do momento em que chegaram os restantes;
- 3.^a – a probabilidade de um doente chegar num dado momento é independente do tempo.

Vejam os se será realista considerar estas condições e, por conseguinte, a aplicação do modelo M/M/S às várias áreas que integram o serviço de ortopedia. Pegando na unidade por onde os doentes programados entram no serviço – as consultas externas –, verificamos que os pedidos de consulta que são recebidos são gerados pelos médicos de família à medida que vão observando os seus doentes e vão considerando necessária a avaliação pela ortopedia. Ora, estes doentes são atendidos pelos médicos de família pelo meio de muitos outros, com todo o tipo de patologias, pelo que é razoável assumir que durante o período de funcionamento dos centros de saúde da área de influência do hospital¹⁹ a chegada de um doente ao centro de saúde e o encaminhamento para o hospital é independente das chegadas e dos encaminhamentos anteriores.

Vejam os, agora, a situação dos doentes que se dirigem aos serviços de urgência. Na sua maioria, os autores que estudaram esta área consideraram que os doentes chegavam ao serviço seguindo um processo de Poisson, argumentando entre outros motivos que é razoável assumir que as pessoas residentes numa área geográfica mais ou menos vasta acorram ao serviço de urgência por causas não relacionadas entre si (Nahmias, citado em Smet, 2007, p. 16, e Glowacka, Henry e May, 2009). Mas há alguns autores que discordam desta leitura, como Kolker (2008), recordando que em certas circunstâncias os doentes chegam em simultâneo ou podem depender de chegadas anteriores. Embora Kolker não especifique essas circunstâncias, pode muito bem referir-se aos acidentes de viação que, sobretudo quando envolvem várias viaturas, trazem para os bancos de urgência várias pessoas ao mesmo tempo e pelo mesmo motivo. Este argumento ganha

¹⁹ Este é o período relevante, porque é durante o horário de abertura dos cuidados primários que os pedidos electrónicos podem ser emitidos e enviados para o hospital; as três condições descritas têm, portanto, de se verificar neste período.

força quando aplicado à ortopedia, porque é uma das especialidades normalmente envolvidas na observação e tratamento destes doentes traumatizados.

Parte dos doentes observados pelos ortopedistas nas consultas externas e na urgência segue depois para o bloco operatório e para o internamento. Como os responsáveis pelo agendamento dos tempos cirúrgicos têm em conta critérios de prioridade clínica e de rentabilização de recursos, acaba por se “perder” o carácter aleatório da distribuição de Poisson. Nestas circunstâncias, a aplicação do modelo M/M/S no bloco e no internamento não teria a mesma aderência à realidade que se verificava nas duas unidades anteriores.

Embora não seja particularmente adequado para estudar estas questões mais operacionais, o Modelo M/M/S mantém toda a sua utilidade para apoiar o planeamento estratégico, de longo prazo. O modelo pode não capturar os detalhes técnicos próprios do agendamento semanal, mas consegue reter as tendências de longo prazo, determinantes para apoiar a análise de novos investimentos (Lovejoy e Li, 2002) e para adequar a oferta à procura.

Para além destes aspectos relacionados com a possibilidade de utilizar o Modelo M/M/S há outras razões que pendem para o lado da simulação. Embora as filas de espera tenham menores exigências de recolha e tratamento de dados, menores custos e maior facilidade de implementação, a simulação ganha no que se refere à capacidade de captar a complexidade dos sistemas de saúde e de persuasão dos interfaces gráficos e, sobretudo, à maior potencialidade que revelam para analisar fluxos e criar cenários alternativos. Estas características tornam a simulação mais adequada aos objectivos do estudo do que as filas de espera.

Compreenderemos melhor as vantagens de cada técnica no contexto da saúde através da leitura do quadro apresentado nas páginas seguintes, elaborado a partir dos contributos de diversos autores.

Quadro 2. Comparação entre simulação e filas de espera

Nível	Simulação	Filas de espera	Artigo
Origem da técnica/ Abordagem	Matemática aplicada Investigação Operacional Simulação	Matemática aplicada Investigação Operacional Analítico	Kolker (2008) Kolker (2008) VanBerkel e Blake (2007)
Cálculo	Flexível e versátil Adapta-se a qualquer nível de complexidade Pode imitar praticamente todos os aspectos do comportamento do sistema real Livre de pressupostos quanto aos processos de chegada e de tempo de serviço Conseguem analisar o impacto das taxas de chegada que variam com diferentes intervalos de tempo	Facilidade de cálculo Fórmulas matemáticas fechadas Gera soluções exactas Os modelos M/M/1 e M/M/S implicam chegadas de acordo com processos de Poisson As distribuições de Poisson e exponencial negativa são muito usadas pela conveniência matemática e aparente simplicidade analítica Não conseguem analisar esse impacto	Cochran e Roche (2009) e Green (2006) Kolker (2008), Green (2006) e Robertson e Perera (2002) De Bruin (2007) Kolker (2008), Green (2006) e Mayhew e Smith (2008) Kolker (2008) Persson e Persson (2009) e Kolker (2008) De Bruin (2007)
Necessidade de dados	Necessidade de extrair grandes volumes de dados a partir dos sistemas de informação das unidades de saúde Custos elevados com a recolha e tratamento dos dados	Necessidade mínima de dados Custos baixos com a recolha e tratamento dos dados	Cardoen, Demeulemeester e Beliën (2010), Cochran e Roche (2009) e Green (2006) Cochran e Roche (2009), Jacobson, Hall e Swisher (2005), Cardoen, Demeulemeester e Beliën (2010),

			Green (2006) e de Bruin (2007)
Apresentação/ Software	<p>Software específico (aplicações comerciais de simulação)</p> <p>A implementação exige o domínio do funcionamento da aplicação</p> <p>Os custos do <i>software</i> são elevados</p> <p>Interfaces amigáveis</p> <p>Visa permitir modelos realistas</p> <p>Não impõe demasiados ajustamentos, simplificações e calibrações</p> <p>Modelação do sistema com maior precisão</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ permitindo variações mais fáceis nos processos e nos dados <p>São desenvolvidos modelos simples e com grande detalhe para atrair e convencer médicos e gestores</p>	<p>Fácil apresentação em folhas de cálculo</p> <p>A implementação não impõe a aprendizagem de uma aplicação específica</p> <p>Não implicam custos com <i>software</i> específico</p>	<p>Kolker (2008) vs. Cochran, Demeulemeester e Beliën (2010)</p> <p>De Bruin (2007), Robertson e Perera (2002) e Ahmed e Alkhamis (2009)</p> <p>Kolker (2008), de Bruin (2007) e Robertson e Perera (2002)</p> <p>Kolker (2008)</p> <p>Kolker (2008)</p> <p>VanBerkel e Blake (2007)</p> <p>VanBerkel e Blake (2007) e de Bruin (2007)</p>
Ajustamento à realidade	<p>Modelos complexos mas próximos da realidade</p> <p>Permitem estudar sistemas que não existem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ para prever consequências das decisões ▪ para realizar experiências 	<p>Só podem ser utilizados mediante pressupostos simplificadores</p> <p>Permitem estudar sistemas que não existem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ para prever consequências das decisões 	<p>Kolker (2008), Mayhew e Smith (2008), van Dijk (2008) e Robertson e Perera (2002)</p> <p>VanBerkel e Blake (2007)</p>
Aplicabilidade no sector da saúde	<p>Particularmente adequados para modelar unidades de saúde dada a complexidade destes sistemas</p>	<p>Usada tradicionalmente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ mas, a complexidade, 	<p>Jacobson, Hall e Swisher (2005)/ VanBerkel e Blake (2007)</p>

		<p>variabilidade e a possibilidade de desencontro entre oferta e procura dificulta a aplicação na saúde</p> <p>Por vezes são impraticáveis, perante a natureza complexa da saúde</p> <p>Por vezes, para serem tratáveis obrigam a simplificações que os tornam pouco realistas</p> <p>Podem ser aplicados a problemas de planeamento relativamente simples e bem definidos</p>	<p>VanBerkel e Blake (2007)</p> <p>VanBerkel e Blake (2007)</p> <p>Huang (1998)</p>
--	--	--	---

Procurei explicar neste ponto as razões que tornam a simulação mais adequada aos objectivos do estudo e à questão de investigação do que a alternativa, também ela válida dentro das restrições do quadro anterior, das filas de espera. Passo agora a expor alguns conceitos relacionados com a simulação, como as noções de sistema e de modelo, para me deter posteriormente com mais detalhe no método de simulação que utilizei no estudo: a simulação discreta ou dinâmica.

3.2.2. Modelos de simulação

3.2.2.1. Motivos para recorrer aos modelos de simulação

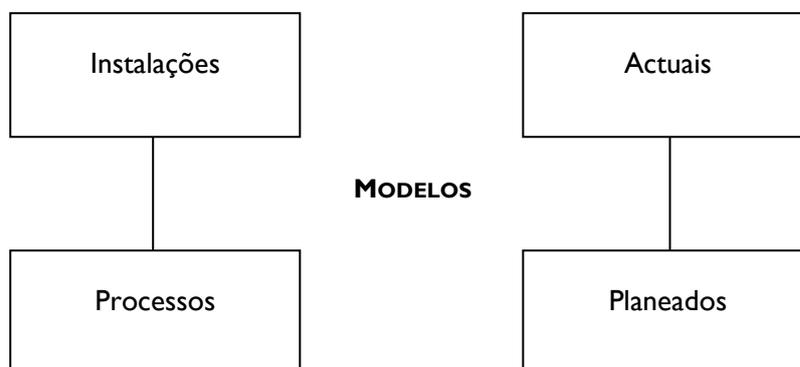
Imaginemos o caso de uma unidade de consultas externas que pretende introduzir um “quiosque” automático de atendimento ao público, com o objectivo de diminuir as filas dos utentes para efectivarem as consultas. Neste caso, basta colocar o quiosque no átrio do atendimento, informar as pessoas e observar durante os dias seguintes como reagem as filas. Ao fim de alguns dias, a equipa de gestão da unidade fica a conhecer o efeito real da inovação que criou e pode, ainda, melhorar algumas das características do quiosque sugeridas pelos próprios utentes.

Uma abordagem deste tipo capta o comportamento dos utentes e dos colaboradores da própria unidade, a par dos equipamentos testados. Os resultados obtidos são, assim, mais fiáveis do que aqueles que é possível obter através de um modelo, independentemente do cuidado colocado na sua construção e na recolha de dados. Mas nem sempre é assim tão simples. Consideremos, agora, outra alteração na unidade: a criação de balcões de atendimento e de salas de espera mais pequenas, localizadas junto das principais especialidades. Para testar as vantagens desta solução em contexto real, o hospital teria de realizar investimentos irreversíveis e de suportar uma degradação temporária do nível de serviço, mesmo sem saber à partida se a alteração traria vantagens acrescidas.

Provavelmente, uma boa parte das decisões que os gestores dos hospitais têm de tomar pertencem a este último grupo, com consequências sobre os resultados económicos e a qualidade do serviço. Nestas circunstâncias, é preferível construir um modelo que permita avaliar as vantagens das medidas, antes de avançar para o terreno. Sempre que os erros são evitados *a priori* (em fase de projecto) ou numa fase inicial de instalação, os custos inerentes são muito inferiores àqueles que se verificariam posteriormente.

Mas as vantagens dos modelos não se esgotam no planeamento de novos serviços. Os modelos podem ser, igualmente, utilizados para melhorar o desempenho dos serviços actuais, através da reformulação dos métodos de trabalho ou das instalações. O esquema seguinte faz a síntese destas ideias:

Figura 4. Abrangência dos modelos



Os modelos podem aplicar-se à reformulação de instalações e de processos de trabalho, tanto em serviços existentes como no planeamento de novos serviços.

Na maioria das vezes, quando os gestores e os demais responsáveis pela direcção dos serviços optam por desenvolver modelos de simulação têm em mente estimar medidas de desempenho, aumentar a eficiência dos processos ou desenhar novas funcionalidades. Há, no entanto, outras vantagens que se podem retirar desta técnica, como estabelecer planos de contingência (regras de actuação quando o sistema informático bloqueia, por exemplo) ou conhecer a fundo um determinado problema. Neste último caso, os gestores não estão sequer preocupados com os resultados do modelo, mas sim com os *insights*²⁰ que podem obter, uma vez que o desenvolvimento de um modelo pressupõe um trabalho prévio de análise, levado normalmente a cabo por uma equipa multidisciplinar (Kelton et al., 2004).

Antes de prosseguir para a classificação dos modelos, deixo uma palavra para o interesse crescente que têm despertado. Graças aos computadores, a popularidade e as vantagens da construção de modelos cresceram muito nos anos mais recentes. Recorrendo a folhas de cálculo ou a *software* específico de simulação, o desenvolvimento de modelos permite conduzir experiências numéricas dentro de um dado conjunto de recursos e de restrições, com a vantagem de se adaptar ao nível de complexidade da realidade em estudo (Kelton et al. 2004).

3.2.2.2. Sistemas e modelos

Nos exemplos anteriores, pretendíamos estudar a introdução de um quiosque electrónico e a criação de novos balcões. Cada um destes objectos de estudo traduz um sistema, caracterizado por um conjunto de pessoas e de máquinas (entidades), que interagem e se combinam tendo em vista determinados objectivos (Schmidt e Taylor, citado em Law, 2007, p. 3). Estes dois exemplos têm várias coisas em comum: têm a mesma unidade de consultas externas como pano de fundo e envolvem parcialmente as mesmas entidades (o utente que participa no estudo do quiosque pode integrar, também, o estudo dos novos balcões). No entanto, são sistemas distintos, porque têm âmbitos e objectivos diferentes.

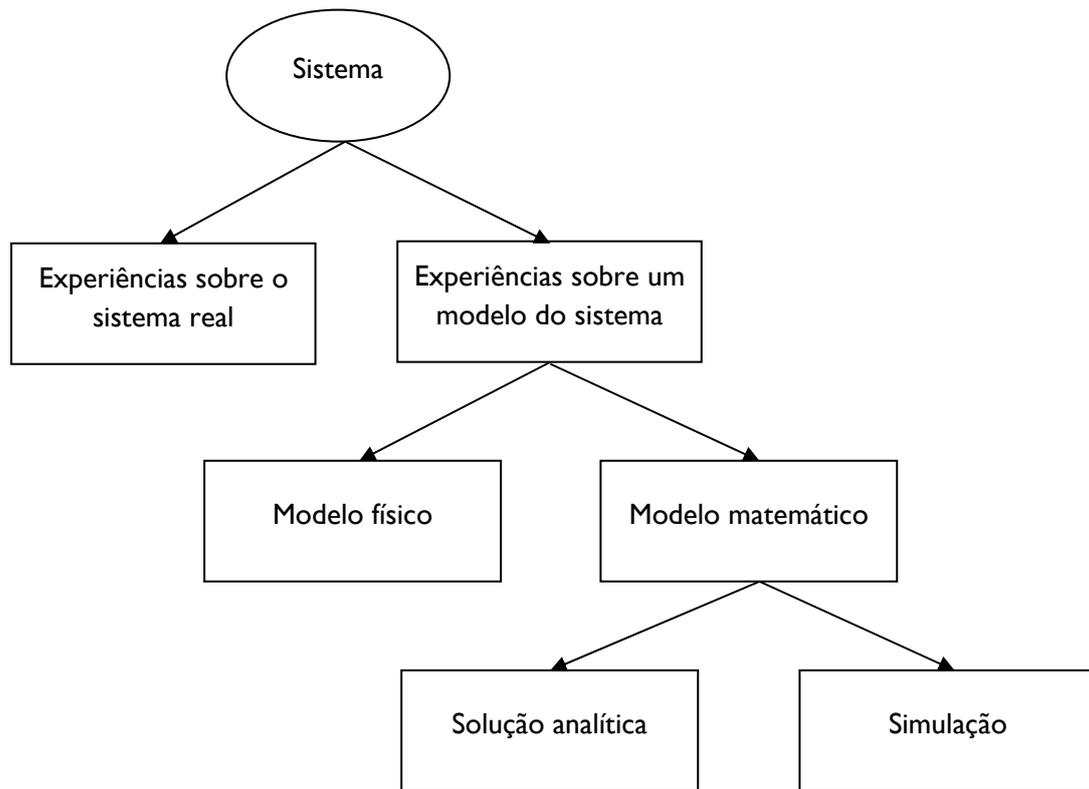
²⁰ Mantive a expressão original.

Os sistemas podem ser representados através de modelos. Para estes serem fiáveis, têm de captar os principais elementos que integram os sistemas e de reproduzir as relações dinâmicas que se estabelecem entre eles. Portanto, é necessário, antes de mais, conhecer em detalhe os sistemas e discutir com todos os colaboradores e peritos que possam ajudar a construir e a validar os modelos. Depois, é necessário escolher o tipo de modelo que melhor se adapta aos objectivos do estudo e avaliar com razoabilidade se o indivíduo ou a organização dispõem do tempo, dos conhecimentos técnicos e do acesso aos dados que suportam o estudo. Os estudos podem prolongar-se no tempo e exigir muitos dados para produzirem resultados relevantes e, se estes aspectos não forem acautelados de início e revistos periodicamente, podem conduzir à desmotivação dos participantes, depois de muito esforço e dedicação.

3.2.2.3. Tipos de modelos

Para a maioria das pessoas, a primeira imagem que surge associada à noção de “modelo” está ligada à construção de uma maquete daquilo que pretendem (Kelton et al., 2004). Este tipo de modelos, designado por modelos físicos ou de escala, substituem o sistema por uma versão mais reduzida (à escala) do próprio sistema. Embora sejam úteis para muitos fins, não têm tanto interesse para a Investigação Operacional como os modelos matemáticos ou conceptuais (Law, 2007). Os modelos matemáticos substituem o sistema por uma versão conceptual do seu funcionamento, traduzida em termos de relações lógicas e quantitativas, que são manipuladas e modificadas para ver como o modelo reage e, assim, estimar como o próprio sistema reagiria. O esquema do início da página seguinte, retirado de Law (2007), ilustra as diversas formas de estudar um sistema.

Figura 5. Formas de estudar um sistema



Formas de estudar um sistema e tipos de modelos

Fonte: Law, 2007

Podemos, ainda, classificar os modelos de simulação de acordo com outras dimensões (Law, 2007, e Kelton, 2004):

- modelos estáticos vs. dinâmicos: os modelos estáticos são uma representação do sistema num determinado momento, enquanto os modelos dinâmicos acompanham a evolução do sistema ao longo do tempo;
- modelos contínuos vs. discretos: nos modelos contínuos o estado do sistema pode mudar continuamente, ao passo que nos modelos discretos a mudança só ocorre em pontos separados no tempo;
- modelos determinísticos vs. estocásticos: os modelos determinísticos não contêm componentes aleatórios ou probabilísticos, ao contrário dos restantes, que são caracterizados por um conjunto de funções de probabilidade.

Para o meu estudo, é relevante reter que se trata de um modelo dinâmico, que procura apreender o comportamento de um serviço de ortopedia ao longo do tempo; discreto, porque o serviço prestado é medido em termos de doentes tratados; e estocástico, porque não é possível definir com exactidão o tempo de uma consulta, de uma cirurgia ou de um internamento.

3.2.3. Simulação discreta

O fluxo dos doentes cirúrgicos pode ser caracterizado desta forma: o pedido de consulta chega ao hospital e junta-se a uma fila – o doente é consultado e junta-se à fila para a intervenção cirúrgica – o doente é operado e ocupa uma cama de internamento – o doente tem alta para casa. Como vemos, o sistema avança apenas em determinados momentos do tempo: quando o doente chega, quando é intervencionado, quando ocupa uma cama, quando tem alta,... Nestes casos, em que a variável independente assume valores diferentes apenas em pontos separados no tempo, podemos recorrer aos modelos de simulação discreta (Law, 2007). Veremos adiante que cada acção que provoca uma mudança do estado do doente é designada por evento e que o mecanismo utilizado para fazer andar o modelo é o avanço para o próximo evento.

3.2.3.1. Elementos da simulação discreta

Os modelos de simulação discreta são organizados de forma lógica e coerente, recorrendo a um conjunto de elementos que encontramos na generalidade deste tipo de modelos. Para facilitar a leitura, reuni esses elementos no Quadro 3., preparado a partir dos livros de Kelton et al. (2004) e Tavares et al. (1996) e do material de apoio às aulas de José Fernando Oliveira de Sistemas de Apoio à Decisão (2008).

Quadro 3. Elementos dos modelos de simulação discreta

Elementos	Descrição
Entidades	<p>Actores presentes no sistema, que se movimentam, afectam e são afectados por outras entidades também presentes no sistema.</p> <p>São activas, se são elas a provocar as alterações nos estados do sistema e são passivas, quando alteram o seu estado por efeito da acção de outras entidades.</p> <p>São permanentes, quando estão presentes no sistema durante todo o processo de simulação e são temporárias quando são criadas, sofrem algum tipo de intervenção e em seguida deixam o sistema.</p>
Atributos	<p>Propriedades que caracterizam uma dada entidade; os seus valores variam de uma entidade específica para outra.</p> <p>Exemplo no âmbito hospitalar: o sistema de “Triagem de Manchester”²¹ é um atributo da entidade doente que ocorre ao serviço de urgência, mas a cor atribuída a cada doente pertence a esse doente em particular.</p>
Actividades	<p>Acções que movimentam o sistema e alteram os estados das entidades.</p> <p>São entidades vivas quando colocam o sistema num estado vivo e actividades mortas quando colocam o sistema num estado morto ou de espera.</p>
Eventos	<p>Qualquer acontecimento que possa mudar os atributos, as variáveis ou os apontadores estatísticos em qualquer instante (simulado).</p>
Filas de espera	<p>Quando as entidades não podem avançar são colocadas num local (numa fila) enquanto esperam pelo início da actividade viva seguinte.</p> <p>As entidades são colocadas na fila de espera de acordo com um critério pré-definido (disciplina da fila).</p>
Disciplina da fila	<p>Critério que define a ordem pela qual as entidades saem da fila de espera para serem submetidas à actividade viva seguinte.</p>
Variáveis	<p>Fragmento de informação que reflecte alguma característica do sistema.</p> <p>Ao contrário dos atributos, não estão ligadas a uma dada entidade, pertencendo, em vez disso, ao sistema como um todo.</p>
Recursos	<p>As entidades competem frequentemente por recursos limitados, sejam eles pessoas, máquinas ou camas hospitalares.</p> <p>Os recursos são capturados pelas entidades quando ficam disponíveis, sendo libertados depois da sua utilização.</p>

²¹ Sistema utilizado em Portugal e em muitos outros países para atribuir um nível de prioridade aos doentes que dão entrada nos serviços de urgência hospitalares. Cada doente recebe uma cor cuja graduação indica a gravidade da situação clínica do doente.

Apontadores estatísticos	Mecanismos de registo, utilizados para calcular medidas de desempenho à medida que decorre a simulação. Exemplos: n.º de pedidos de consulta a aguardar marcação e n.º de cirurgias realizadas.
Relógio da simulação	Ao contrário do tempo real, o relógio da simulação não avança continuamente. Acompanha o avanço da variável independente ao longo da simulação, marcando o início do próximo evento conhecido.

Compreenderemos melhor a importância de cada um destes elementos quando fizermos a especificação em concreto do modelo de simulação do fluxo cirúrgico dos doentes de ortopedia.

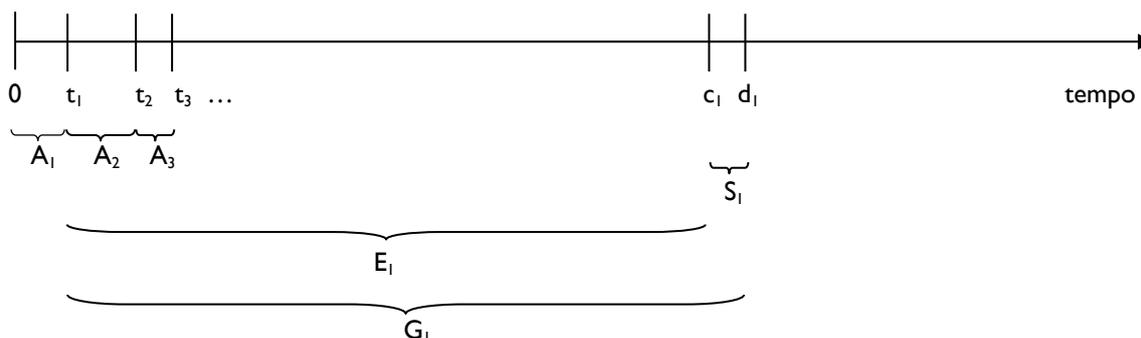
3.2.3.2. Técnicas de avanço no tempo

Para reproduzir a dinâmica do sistema o modelo tem de prever um mecanismo que faça avançar o tempo. O tempo desempenha um papel muito importante num modelo como aquele que pretendo especificar, porque uma parte das medidas de desempenho do serviço de ortopedia são expressas em termos de tempo (tempo médio de espera por uma consulta e tempo médio de internamento, por exemplo) e a parte restante (número de pedidos para primeira consulta ou número de doentes inscritos para cirurgia, entre outros indicadores) acaba por depender do tempo necessário para atender ou tratar os doentes que aguardam por uma consulta ou por uma cirurgia.

Historicamente, têm sido usadas duas técnicas principais para registar esse avanço, designadas por “avanço regular” e “avanço para o próximo evento” (Law, 2007). Com a primeira técnica, o modelo questiona o meio ambiente no final de cada período Δt , para verificar se houve alguma mudança do seu estado. Como não há sincronismo entre as transições do estado do sistema e o processo de amostragem, podemos estar a recolher amostras ao longo de muito tempo sem obter informação relevante. Este problema não se coloca com a técnica do “avanço para o próximo evento”, porque esta marca no relógio da simulação o próximo momento em que vale a pena ir verificar se aconteceu alguma coisa relevante.

Para ilustrar esta segunda abordagem, tomemos como exemplo a realização de primeiras consultas. Os momentos mais importantes deste processo correspondem à chegada do pedido de consulta e ao início e ao fim da consulta. Em termos esquemáticos, temos a seguinte fita do tempo:

Figura 6. Técnica de avanço para o próximo evento



Legenda:

- t_i = tempo de chegada do pedido de consulta do utente i
- $A_i = t_i - t_{i-1}$ = tempo entre chegadas consecutivas de pedidos de consulta
- c_i = início da consulta do utente i
- d_i = fim da consulta do utente i
- $= t_i + E_i + S_i = G_i$ = momento em que o utente i deixa o serviço
- S_i = tempo de duração da consulta do utente i
- E_i = tempo de espera do utente i pela consulta
- G_i = tempo de espera no sistema do utente i

Aplicação da técnica de avanço para o próximo evento no caso da realização de primeiras consultas

Fonte: Law, 2007, adaptado

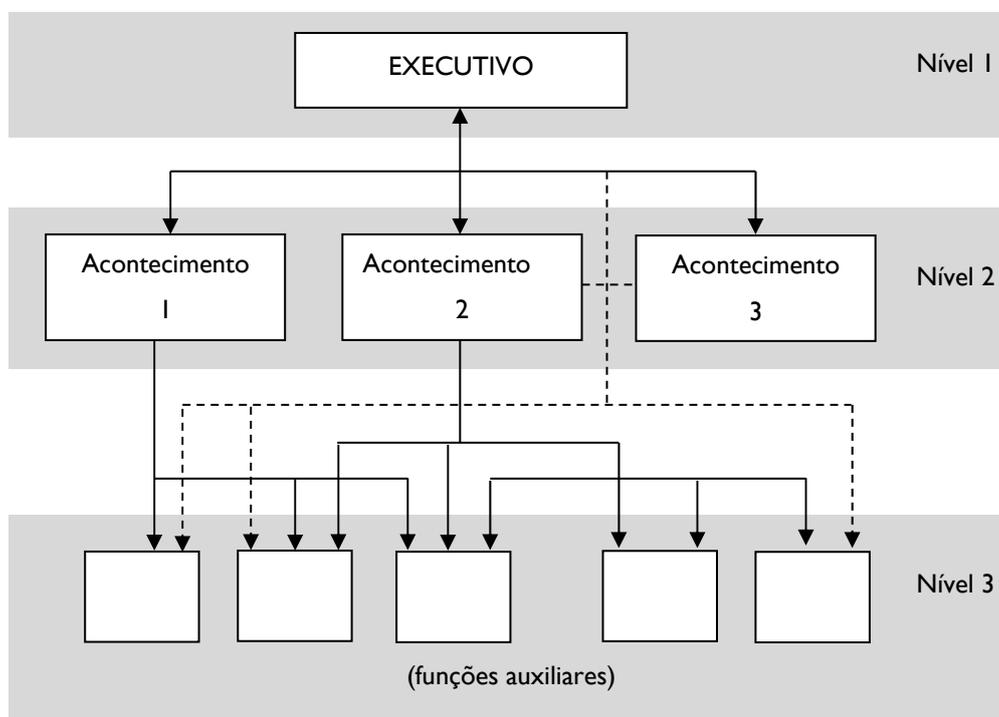
Se acompanharmos o percurso do doente i , ficamos a conhecer o tempo que tem de esperar para obter a consulta de ortopedia solicitada pelo seu médico de família (G_i). Correndo o modelo de simulação para um período suficientemente alargado, podemos avaliar o comportamento deste sistema, composto pelas consultas externas de ortopedia e pela sua interligação com os cuidados de saúde primários, e obter alguns dos principais indicadores da Tabela 2, como o estado do sistema, o comprimento médio da fila ou a taxa média de ocupação do serviço.

3.2.3.3. Estrutura de um simulador discreto

Os modelos de simulação devem ser construídos com base numa estrutura assente nos três níveis hierárquicos seguintes²²:

- nível 1: executivo de simulação;
- nível 2: operações;
- nível 3: rotinas auxiliares²³.

Figura 7. Estrutura hierárquica de um modelo de simulação



Articulação entre os três blocos que compõem os modelos de simulação

Fonte: Tavares et al., 1996

A simulação “corre” desta forma: o bloco executivo dirige todo o processo, controlando a evolução do tempo e determinando momento a momento as operações a executar; são

²² Cf. Tavares et al., 1996.

²³ Também designado por “utilidades”.

estas operações que provocam as alterações dos estados do sistema (Tavares et al., 1996). Para isso, apoia-se em dois elementos²⁴:

- relógio de simulação: marca a hora actual da simulação;
- calendário de acontecimentos (futuros): regras e condições que regem o início, a duração e o fim de acontecimentos que apenas terão lugar no futuro.

Tavares et al. (1996) comparam o calendário de acontecimentos com uma agenda onde são registados os compromissos futuros do bloco executivo.

Descendo na hierarquia, passamos ao bloco das operações. Como este bloco contém toda a informação relevante sobre as entidades e a forma como se relacionam, consegue executar as rotinas, marcando a cadência da simulação.

Por último, o terceiro nível da hierarquia permite importar para o modelo de simulação dados históricos (estatísticos) recolhidos a partir de aplicações informáticas, calcular números aleatórios, manipular entidades (registando ou alterando os seus atributos) e criar relatórios da simulação.

3.2.3.4. Abordagem por processos

Depois de entendermos o problema e de identificarmos as entidades e as actividades que desenvolvem, precisamos de um método que nos ajude a construir o nosso modelo de maneira lógica e consistente. Há diversos métodos ou abordagens, amplamente usados na construção de modelos:

- abordagem por actividades;
- abordagem por eventos;
- método das três fases (combinação de actividades e eventos);
- abordagem por processos.

Como vou seguir este último método, farei apenas uma breve referência aos restantes, para explicar os motivos que estiveram na origem da minha escolha.

²⁴ Cf. Tavares et al., 1996 e Kelton et al., 2004.

No primeiro método, o foco é colocado sobre a identificação das actividades que têm lugar no sistema. Estas actividades são, então, detalhadas em acções que, quando forem executadas, farão avançar as entidades passivas através do sistema.

No segundo, a dinâmica é captada através dos eventos, que, como sabemos, marcam as transições entre os estados do sistema. Sempre que um evento corresponde ao início de uma actividade viva, marca-se no relógio da simulação o fim dessa actividade, fazendo a simulação avançar no tempo²⁵.

O terceiro método divide os acontecimentos em dois grupos²⁶:

1. Acontecimentos B (não condicionados) – o instante da ocorrência pode ser predeterminado;
2. Acontecimentos C (condicionados) – o instante da ocorrência não pode ser predeterminado porque depende da verificação de algum factor (normalmente, a existência de recursos disponíveis).

Em relação aos acontecimentos B, para além de ser possível determinar o momento do início de uma dada actividade, também é possível determinar o fim, ou porque tem uma duração constante, ou através do recurso a uma distribuição de probabilidades.

Desta forma, o executivo corre a simulação em três fases²⁷:

- A. Avanço no tempo;
- B. Execução dos acontecimentos B;
- C. Tentativa de execução dos acontecimentos C.

Estas abordagens permitem controlar a simulação e são exequíveis mesmo para cálculos “à mão” quando estão em causa poucos passos. No entanto, à medida que os modelos se tornam mais complexos, com muitos tipos de entidades, recursos, actividades e eventos, torna-se complicado realizar todos os cálculos (Kelton et al., 2004).

²⁵ Ver 2.3.2.2.

²⁶ Cf. Tavares et al.

²⁷ Daí a designação do modelo.

O método dos processos adopta uma abordagem substancialmente diferente (Tavares et al., 1996), porque coloca as entidades temporárias no centro das atenções. Para construir o modelo, devemos pensar nos trajectos que uma entidade “típica” pode encontrar dentro do sistema (Kelton et al., 2004). No caso do fluxo dos doentes cirúrgicos no serviço de ortopedia, por exemplo, devemos procurar identificar todas as situações que poderá enfrentar quando precisar de uma consulta de ortopedia, quando sair da consulta, quando forem marcados exames complementares, quando for agendada a cirurgia e por aí fora.

O método deve a sua designação à sequência de operações (ou **processos**) que cada uma das entidades temporárias segue dentro do sistema. Cada entidade é um caso único (o doente, por exemplo, é único), mas é através da interacção entre todas elas que o sistema evolui ao longo do tempo (Tavares et al., 1996).

Por sua vez, “as entidades activas cujo ciclo de actividades se reduza a dois estados (vivo/ocupado ou morto/disponível) são modeladas como recursos”²⁸.

O executivo da simulação tenta levar cada uma destas entidades o mais longe possível dentro do sistema.

Porém, elas são obrigadas a parar sempre que se verifica uma das duas situações seguintes, denominadas “atrasos”:

- atrasos não condicionais – a entidade é retida por um período de tempo bem determinado, findo o qual retoma o seu trajecto;
- atrasos condicionais – a entidade fica retida por um período indeterminado, enquanto não são reunidos todos os recursos necessários para realizar a próxima actividade.

Estamos perante um atraso não condicional, por exemplo, quando o doente está a ser consultado pelo ortopedista. Neste caso, a entidade temporária está parada apenas porque está a ser alvo de uma operação realizada por uma entidade permanente. Imaginemos, agora, que o ortopedista decide submeter o doente a uma cirurgia; neste caso, a situação

²⁸ José Fernando Oliveira, material de apoio às aulas de Sistemas de Apoio à Decisão, 2008.

é diferente, uma vez que o doente terá de se juntar a uma fila de espera, enquanto aguarda pela disponibilidade de um tempo de bloco operatório.

Tavares et al. (1996) avança um argumento em favor deste método, ao considerar que se trata de “uma forma *natural*²⁹ de descrever o funcionamento do sistema e especificar o modelo”, sendo a noção de *processo* “intuitivamente atraente”.

Na mesma linha, Kelton et al. (2005) recorda que este método se assemelha muito a uma ferramenta de modelação muito divulgada: o fluxograma. Como um dos requisitos fundamentais para o sucesso do desenho e, sobretudo, da implementação de modelos passa pela capacidade de reunir profissionais de diversas áreas, as ferramentas que todos consigam entender devem ser valorizadas³⁰. No início da especificação do modelo, ocorreu um facto que dá razão a este argumento: quando pedi um primeiro esboço do funcionamento do serviço, recebi um esquema que se aproximava de um fluxograma e que seguia, precisamente, o percurso dos doentes³¹. O esquema foi preparado intuitivamente pelos responsáveis pelo serviço de ortopedia, sem qualquer tipo de orientação da minha parte.

²⁹ Itálico no original.

³⁰ Ver capítulo seguinte – Metodologia.

³¹ Trata-se do esquema em anexo.

4. Metodologia

4.1. Introdução

Este projecto de investigação foi desenvolvido tendo por base um serviço de ortopedia concreto, com o objectivo fundamental de criar um modelo de simulação capaz de ajudar a caracterizar a situação prevalecente e a avaliar os impactos de medidas futuras. Os métodos de investigação que melhor se adequam a estes objectivos são o estudo de caso e o método experimental. Na fase inicial, para conhecer em detalhe o contexto e perceber as condições de sucesso do projecto, foram também particularmente úteis a observação, a análise de documentos e as entrevistas. Estas últimas foram determinantes para acompanhar o projecto e validar os resultados parciais entretanto obtidos.

Neste capítulo, vou expor um pouco estes métodos e explicar as razões que justificam a sua escolha.

4.2. Métodos utilizados

Logo após o contacto inicial e a adesão do director do serviço de ortopedia ao projecto, analisei aprofundadamente a organização interna do serviço e os seus dados estatísticos. Pretendia, nessa altura inicial, conhecer o contexto que envolve o serviço e demonstrar ao director o meu empenhamento no estudo e a consideração que tinha pelo serviço e por ele próprio.

Para além de permitir contextualizar o investigador, o método de análise de documentos permite-lhe clarificar algumas ideias que tem à partida e preparar convenientemente as entrevistas exploratórias que deverá fazer (Mason, 2002). Tive facilmente acesso aos relatórios de gestão do centro hospitalar e aos documentos produzidos pelo serviço de apoio à gestão, responsável pela compilação estatística e pela divulgação interna dos dados relativos aos recursos e à actividade assistencial.

Na entrevista exploratória, para além do director do serviço esteve também presente o responsável pela gestão da lista de inscritos para cirurgia, ou seja, os dois profissionais que melhor conheceriam o percurso dos doentes e os aspectos críticos de todo o circuito.

Nesta entrevista tive a oportunidade para apresentar o projecto e os objectivos que tinha em mente. Para além de procurar conhecer melhor o problema e de delimitar o âmbito do estudo, pretendia ainda averiguar a disponibilidade que demonstrariam para acolher um estudo simultaneamente demorado e “intrusivo” na vida interna do serviço. Tive a agradável percepção de que estavam receptivos e mantenho até hoje a ideia de que as direcções dos serviços clínicos estão mais receptivas a novas abordagens de gestão do que se supõe à partida.

A vertente não estruturada é a mais apropriada para as entrevistas exploratórias, porque a sua natureza aberta dá “carta-branca para levantar um sem número de tópicos, com aparente interesse para o projecto” (Brewerton e Millward, 2001, pág. 70). Com efeito, a entrevista demorou mais do que o esperado e revelou um interesse recíproco no projecto. Ficou, então, acordado que o responsável pela gestão dos doentes inscritos para cirurgia me entregaria em breve um esquema do funcionamento do serviço, documento que viria a servir de base a todo o trabalho desenvolvido posteriormente.

Nos meses seguintes, reuni de novo com os mesmos responsáveis, por diversas vezes. No entanto, estas entrevistas já eram dirigidas a assuntos específicos e já levava comigo questões concretas para colocar. Estas entrevistas, designadas por “semi-estruturadas” ajustam-se muito bem a esta fase do trabalho, porque são mais convenientes quer para o investigador, quer para os peritos entrevistados. Para o investigador, têm a vantagem de permitir discutir os problemas que encontrou durante o desenvolvimento do projecto e para os peritos não implicam tanto tempo como as entrevistas abertas (Flick, 2002).

Os contributos dos peritos são muito relevantes, pelo conhecimento que têm do terreno. Os peritos têm uma ideia muito razoável não apenas dos circuitos mas também do tempo que os doentes esperam em cada local (Cochran e Roche, 2009). Para tirar o máximo partido desta colaboração activa, o investigador deve ir validando quer a metodologia, quer os resultados parciais, apresentando-os aos peritos para *feedback* e discussão.

Tendo em conta os objectivos da minha investigação, a abordagem do estudo de caso é particularmente apropriada, porque me deu a oportunidade de estudar um problema com

o nível de profundidade pretendido, dentro do tempo limitado de que disponho como estudante trabalhador³².

Por outro lado e em paralelo, os objectivos da investigação remetem, também, para o método experimental. Com efeito, as sucessivas versões do modelo que desenvolvi no *software* de simulação foram reiteradamente testadas, em conjunto quer com o meu orientador, quer com os peritos do serviço de ortopedia.

Um dos aspectos que mais me agradou ao longo deste trabalho está ligado à excelente receptividade que encontrei nos responsáveis mencionados, ao ponto de se referirem sempre à investigação como “o nosso projecto”. Numa das vezes em que testávamos o modelo na sala de reuniões do serviço, senti a curiosidade de todos os médicos que foram entrando; todos se colocavam por detrás de nós a seguir atentamente o que fazíamos.

Foi interessante notar que os médicos envolvidos, com funções clínicas e de gestão em simultâneo, perceberam que uma vez construído o modelo seria muito fácil manipulá-lo. Perceberam que com uma ferramenta deste tipo poderiam em pouco tempo estimar as consequências das decisões tomadas pelo serviço, mas não só. Um dos melhores exemplos que me ocorre tem a ver com as interdependências entre os serviços: se alterassem os parâmetros relativos à actividade de outros serviços³³, que a ortopedia não controla, poderiam estimar os efeitos sobre as medidas de desempenho da ortopedia; para isso, bastaria mudar um único parâmetro, deixando todos os outros constantes.

Este raciocínio, que os médicos demonstraram na hora, poderia estender-se à participação de outros serviços no atendimento/tratamento dos doentes. Por exemplo, com o modelo a ortopedia poderia estimar as consequências sobre a demora média e a taxa de ocupação provocadas por um atraso na referenciação dos doentes para os cuidados continuados por parte da equipa de gestão de altas.

É verdade que o contexto em que a investigação foi desenvolvida proporcionou este ambiente agradável de cooperação. Provavelmente, se o contexto fosse de imposição, a

³² Cf., a este respeito, Bell (1999).

³³ Por exemplo, a anestesiologia ou a medicina física e de reabilitação.

reacção do serviço seria diferente. São muitos os exemplos relatados na literatura em relação aos conflitos que acabam por se estabelecer e que limitam os resultados obtidos³⁴. Para evitar essas tensões e conseguir os melhores resultados é melhor envolver os profissionais, criando uma equipa multidisciplinar que se sinta **dona** do projecto (Robertson e Perera, 2002³⁵).

Por outro lado, constata-se que a maioria dos trabalhos deste tipo foram levados a cabo por académicos, com alguns problemas inerentes. Proudlove, Black e Fletcher (2007) referem a tensão existente entre o rigor académico e o valor prático dos estudos. Estes autores consideram que os académicos precisam de conhecer melhor os destinatários e de lhes fazer chegar o seu trabalho. Consideram, também, que a Investigação Operacional pode facultar ferramentas úteis para os gestores e para os médicos, mas terá de haver um esforço acrescido para explicar e persuadir o público alvo.

³⁴ Cf., por exemplo, Carter e Blake (2006).

³⁵ Ênfase minha.

5. Especificação do modelo de simulação

Entramos agora no capítulo da especificação em concreto do modelo de simulação do fluxo cirúrgico dos doentes de ortopedia. O modelo foi desenvolvido tendo por base um serviço de ortopedia real e contou com a participação activa do director do serviço e do médico responsável pela gestão das inscrições para cirurgia, pelo que faz sentido começar por apresentar alguns dos principais dados do serviço. Sem pretender escrever um “manual” do Arena, procuro em seguida dar a conhecer o ambiente gráfico e o modo de funcionamento do *software* que utilizei na especificação do modelo. Não me detenho muito tempo neste ponto de introdução ao programa, porque é preferível explicar as opções que tomei à medida que se vão justificando (por exemplo, explicar porque numa dada actividade escolhi um módulo do tipo *delay* e noutra um módulo do tipo *seize-delay*). Por fim, apresento a especificação do modelo, acompanhada das explicações para as escolhas que fiz.

5.1. Breve caracterização do serviço de ortopedia estudado

O serviço de ortopedia que serviu de base à especificação do modelo integra um centro hospitalar localizado no Norte de Portugal. Com cerca de vinte e cinco especialidades e um serviço de urgente polivalente, o centro hospitalar tem uma área de influência directa que cobre mais de meio milhão de habitantes. Por sua vez, o serviço de ortopedia conta com mais de 50 camas de internamento e dispõe de 11 períodos de bloco operatório convencional e 3 períodos de bloco operatório de ambulatório por semana, a par de 26 gabinetes de consulta. O corpo clínico do serviço é composto por mais de 15 especialistas e por cerca de 10 internos de especialidade.

Para caracterizar a actividade do serviço e dar uma ideia aproximada da sua dimensão apresento no quadro seguinte alguns dados estatísticos, referentes ao ano de 2011. Para preservar o anonimato do serviço e do centro hospitalar, os dados são arredondados, umas vezes por defeito e outras por excesso.

Quadro 4. Produção do serviço de ortopedia durante o ano de 2011

Rubrica	Valor
N.º cirurgias programadas – BO convencional	2.500
N.º cirurgias programadas – BO ambulatório	700
N.º cirurgias urgentes	1.100
N.º primeiras consultas	16.000
N.º consultas subsequentes	14.000
N.º doentes saídos	3.000
N.º dias internamento	17.000
Demora média (dias)	5
Taxa ocupação	90%
N.º doentes tratados/cama	65

5.2. Introdução ao *software* Arena

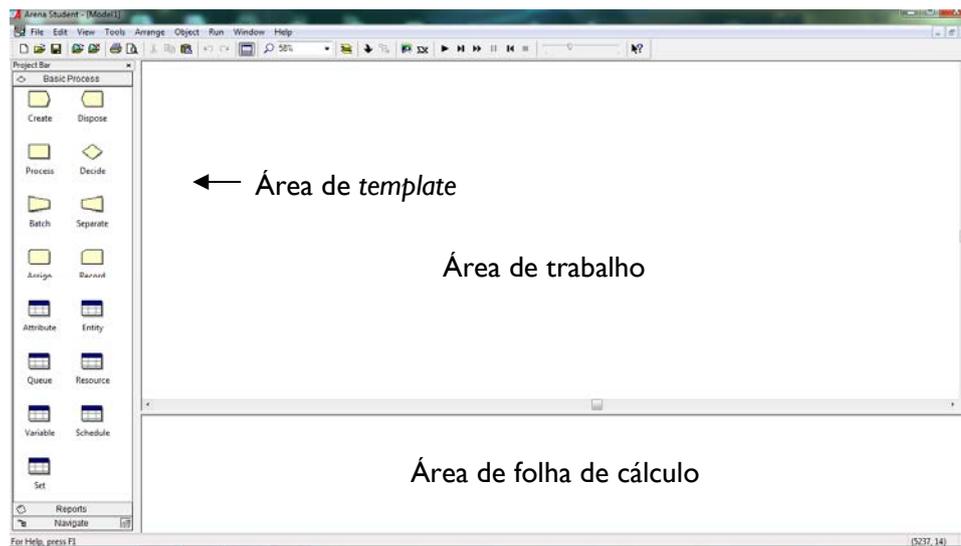
5.2.1. Primeiro contacto com a aplicação

Como o Arena corre em ambiente *Microsoft Windows*, o primeiro contacto com a aplicação é agradável e intuitivo. Os botões habituais estão lá, como criar, abrir ou guardar um ficheiro e a “arrumação” das barras de ferramentas é semelhante àquela que conhecemos dos programas do *Microsoft Office*.

O ambiente de trabalho está dividido em três partes. À esquerda, disposta numa coluna, encontramos a “área de *template*”. É aqui que encontramos os módulos necessários para construir o modelo, repartidos entre o painel de “processos básicos” e o painel de “processos avançados”. A parte central é ocupada pela “área de trabalho”, na parte superior, e pela “área de folha de cálculo”, na parte inferior. Os modelos são construídos na área de trabalho e sempre que activamos um bloco do modelo vemos o seu conteúdo na área de folha de cálculo.

Para conhecermos o ambiente de trabalho, apresento no início da página seguinte um *screenshot* do primeiro contacto que temos quando abrimos a aplicação.

Figura 8. Ambiente de trabalho do Arena



Os módulos da área de *template* estão agrupados em dois conjuntos: processos básicos e avançados. O conjunto de processos básicos inclui os seguintes módulos:

- create
- dispose
- process
- decide
- batch
- separate
- assign
- record
- attribute
- entity
- queue
- resource
- variable
- schedule
- set

Por sua vez, o conjunto de processos avançados é composto pelos módulos de:

- delay
- dropoff
- hold
- match
- pickup
- read write
- release
- remove
- seize
- advanced set
- expression
- failure
- file
- state set
- statistic
- storage

- search
- signal
- store
- unstore
- adjust variable

Por último, a barra de ferramentas *standard* contempla as seguintes funções:

- new
- open
- save
- template attach
- template detach
- print preview e print
- cut, copy e paste
- undo e redo
- toggle split screen
- view region e zoom
- layers

5.2.2. Como construir um modelo

Antes de avançarmos para o *software* é necessário um demorado trabalho prévio, de conhecimento profundo do problema e da realidade em estudo. A primeira dificuldade não está no domínio do programa informático, mas sim do problema em si.

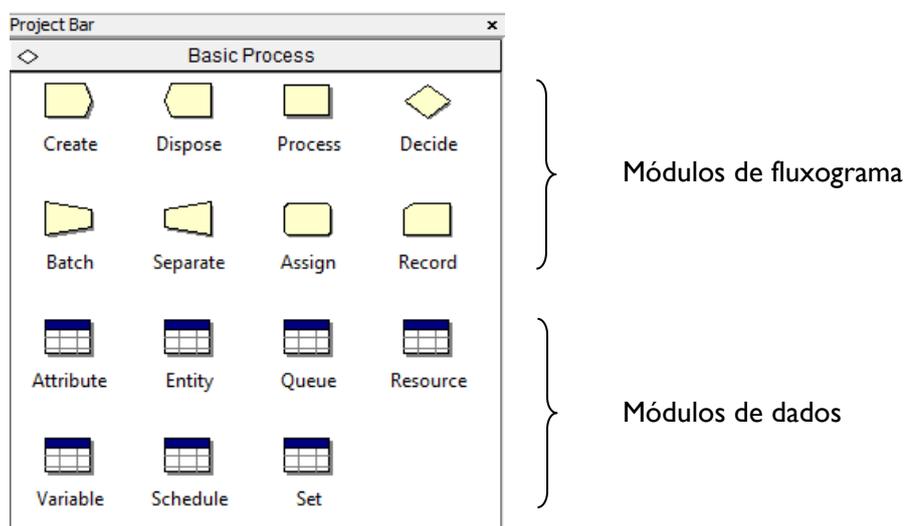
No Arena, os modelos são construídos com recurso a fluxogramas. Como os fluxogramas são uma ferramenta de modelação de processos muito divulgada (Kelton et al., 2004), os utilizadores do programa depressa se sentem confortáveis e se familiarizam com o modo como funciona.

Os fluxogramas são construídos na área de trabalho, com recurso aos diversos módulos disponíveis na área de *templates*. O procedimento é bastante fácil: basta escolher o módulo pretendido, arrastá-lo para a área de trabalho e todas as funcionalidades

comportadas pelo módulo ficam activas. Neste momento é necessário, então, conhecer quais são as funcionalidades de cada um dos módulos.

Os módulos dividem-se em duas categorias, de acordo com o seu papel no programa: módulos de fluxograma e módulos de dados. Os primeiros descrevem a dinâmica do modelo e podem ser vistos como nós ou locais onde as entidades são geradas ou por onde têm de passar (Kelton et al., 2004). Cada um destes módulos tem a sua própria forma, semelhante à dos fluxogramas tradicionais, que os distingue entre si e sugere qual a sua função no modelo (por exemplo, o módulo *create* tem a forma de uma seta apontada para a frente). Por sua vez, os módulos de dados servem para definir as características dos diversos elementos do processo, como as entidades, recursos e filas (Kelton et al., 2004) e servem, também, para definir variáveis ou outros valores numéricos pertencentes ao modelo no seu todo. Podem ser vistos ou alterados na área de folha de cálculo e têm a forma sugestiva, precisamente, de pequenas folhas de cálculo. A figura seguinte mostra a organização do *template* de processos básicos, com tudo o que disse até aqui sobre estes módulos:

Figura 9. Módulos de fluxograma e de dados

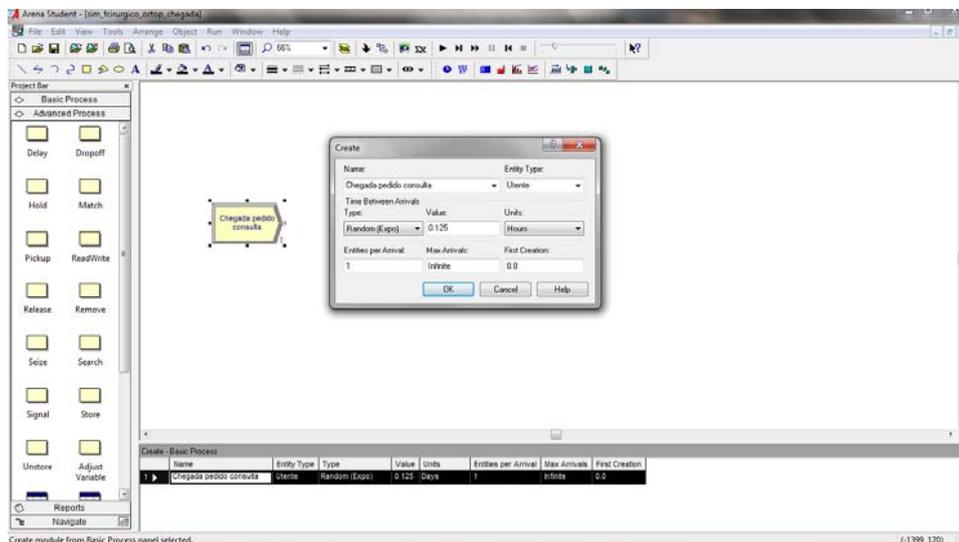


Os dois tipos de módulos relacionam-se entre si através dos nomes dos objectos (como as filas, recursos, tipos de entidade e variáveis) que têm em comum (Kelton et al., 2004).

Depois de arrastar um tipo de módulo para dentro da área de trabalho, o utilizador deve atribuir-lhe um nome e definir as suas características. Posteriormente, pode vê-las ou

alterá-las directamente na área de folha de cálculo ou clicando duas vezes sobre o módulo:

Figura 10. Criar ou alterar um módulo



Para realizar operações com valores, o programa prevê três possibilidades:

- variáveis: pertencem ao modelo e estão disponíveis para qualquer entidade;
- atributos: pertencem especificamente a uma entidade;
- expressões: definem uma fórmula que é activada pela passagem de uma entidade.

Criar um modelo no Arena com base numa orientação por processos pressupõe, como disse anteriormente, identificar as entidades e os recursos relevantes, explicitar como se movem através do modelo (construindo um fluxograma “no papel” para o efeito) e encontrar no programa o tipo de módulo que melhor representa cada passo do processo.

Depois deste primeiro contacto com o ecrã da aplicação e de uma breve explicação dos tipos de módulos disponíveis, passo agora para a especificação do modelo. Penso que será mais vantajoso explicar as opções que tomei à medida que forem surgindo do que procurar expor exhaustivamente as potencialidades do Arena.

5.3. Especificação do modelo de simulação do fluxo cirúrgico dos doentes de ortopedia

5.3.1. Entidades e recursos

Para definir as entidades intervenientes e os recursos necessários para conceber o modelo, tomei por base o esquema do fluxo dos doentes de ortopedia em anexo, elaborado e explicado pelos próprios responsáveis pelo serviço. Como teremos oportunidade de verificar, o fluxograma criado no Arena segue de muito perto o esquema inicial, com algumas correcções introduzidas entretanto, na sequência dos testes feitos ao modelo e das análises feitas quer com o meu orientador, quer com o serviço.

Os médicos do serviço, especialistas e internos, constituem as entidades permanentes, enquanto os doentes programados e emergentes, que entram, percorrem um caminho mais ou menos longo e abandonam o sistema correspondem às entidades temporárias.

Simultaneamente, os médicos são recursos do serviço, a par dos gabinetes para realizarem as consultas, das salas de bloco operatório convencional³⁶ e das camas de internamento.

5.3.2. Fluxograma do circuito dos doentes ortopédicos

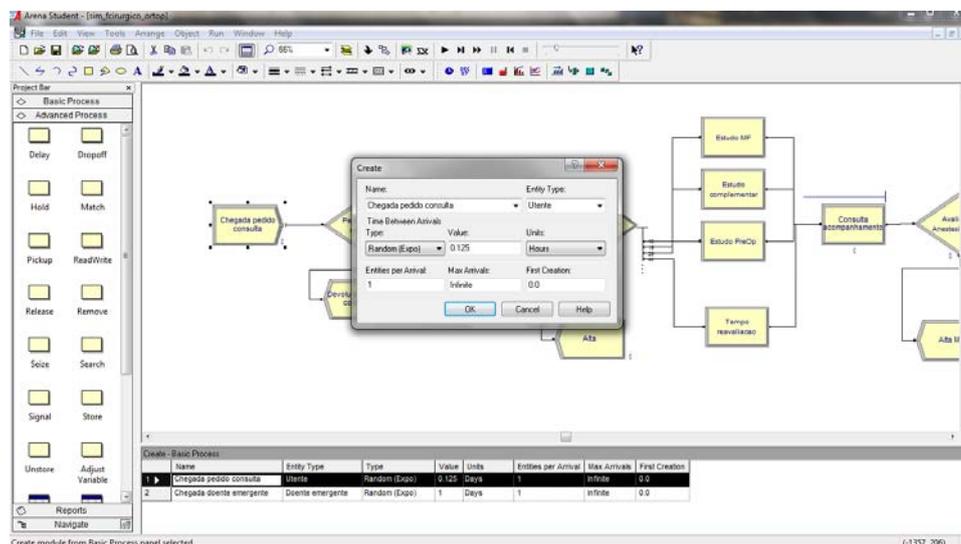
O modelo de simulação está expresso nas duas páginas seguintes. Como veremos, é possível distinguir três grandes etapas no percurso dos doentes ao longo do serviço de ortopedia, coincidentes com as áreas em que se divide o serviço: entre a chegada do pedido de primeira consulta até à sua realização, entre a avaliação da cirurgia e a sua realização e entre o internamento e a alta para consulta. Poderia ter optado por criar três submodelos, um para cada etapa, mas considerei que apresentar todo o fluxograma ajudaria a compreender melhor o problema no seu todo e a debater as soluções com os responsáveis pelo serviço de ortopedia.

³⁶ Nota: o modelo tem em conta, apenas, os doentes intervencionados em regime convencional, com internamento.

O processo inicia-se com a referência dos cuidados primários para o hospital da área de residência do doente. Este aspecto tem uma importância fundamental, porque traduz a eficiência (ou não) da articulação entre os dois níveis de cuidados³⁷. Na prática, o tempo de espera por uma consulta de especialidade e o número de doentes a aguardar por essa consulta são indicadores do acesso dos doentes aos serviços hospitalares.

Para dar início ao processo, recorreremos ao módulo *create*. Considerei que os pedidos de primeiras consultas seguem um processo de Poisson com uma taxa $\lambda = 8$ pedidos/hora (o mesmo é dizer que os pedidos chegam separados por 7,5 minutos, i.e., seguem uma distribuição exponencial negativa com parâmetro $1/\lambda = \frac{1}{8} = 0,125 \times 60 = 7,5 \text{ min.}$).

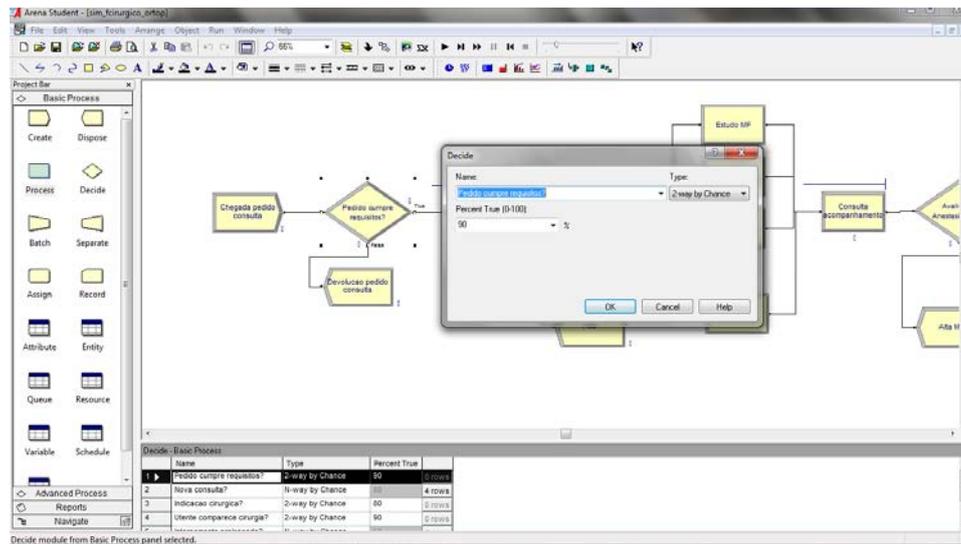
Figura 12. Módulo *create*: chegada do pedido de consulta



³⁷ Os conselhos de administração dos hospitais são desde há longa data incentivados a promover o acesso dos cidadãos aos cuidados hospitalares através das consultas externas. Para o efeito, são negociados em sede de contrato-programa (o documento que estabelece o financiamento público dos hospitais) rácios entre primeiras consultas e consultas subsequentes e são definidos incentivos financeiros para quem os cumprir.

Caso o pedido cumpra os requisitos necessários, o processo prossegue e o pedido é colocado numa fila de espera; caso não cumpra, é devolvido para o centro de saúde. O módulo que permite definir caminhos alternativos é o *decide*, sendo necessário indicar ao modelo qual a probabilidade de a entidade seguir por cada um dos caminhos possíveis.

Figura 13. Módulo *decide*: o pedido cumpre os requisitos?

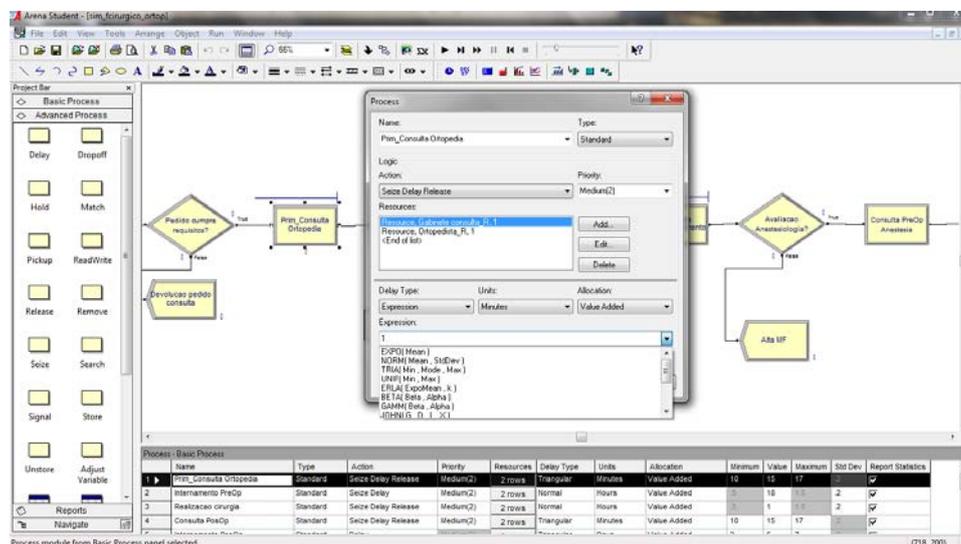


Continuando com o percurso para a consulta, recorri ao primeiro módulo de processo. Estes módulos podem ser de quatro tipos diferentes, consoante a acção que realizam: *delay*, *seize-delay*, *seize-delay-release* e *delay-release*. O aspecto que têm em comum é o de determinarem a utilização de recursos, prolongando uma utilização que já vem de trás (*delay*); capturando e mantendo em utilização (*seize-delay*); capturando, utilizando e libertando em seguida (*seize-delay-release*); ou prolongando a utilização e libertando o(s) recurso(s) no fim de um período especificado. A linha que surge sobre este módulo indica precisamente a possibilidade de ocorrer uma fila de espera pelo(s) recurso(s) em causa.

O período durante o qual os recursos são utilizados pelos processos pode ser constante ou seguir uma determinada distribuição ou expressão. Accionando uma caixa de diálogo do tipo *combo box* acedemos às distribuições disponibilizadas pelo programa: normal, triangular, uniforme, exponencial negativa, poisson, erlang, beta, gamma, log normal e weibull. A caixa seguinte e os campos de preenchimento permitem introduzir os parâmetros da distribuição em causa. Defini que o tempo de duração da consulta seguia

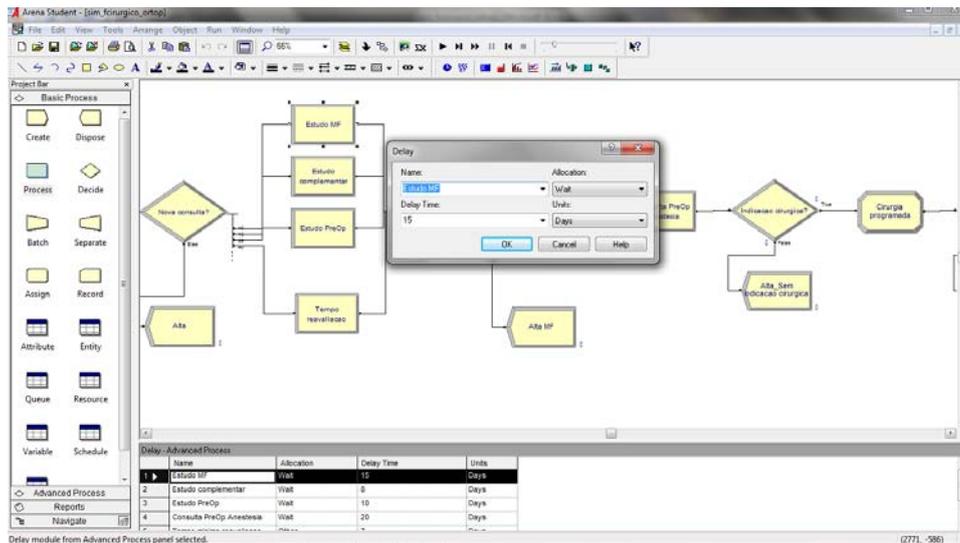
uma distribuição triangular, com o valor mais provável de 15 minutos, um mínimo de 10 e um máximo de 17 minutos, baseando-me na opinião dos peritos.

Figura 14. Módulo de processo *seize-delay-release*: realização da primeira consulta de ortopedia e distribuições disponíveis no programa



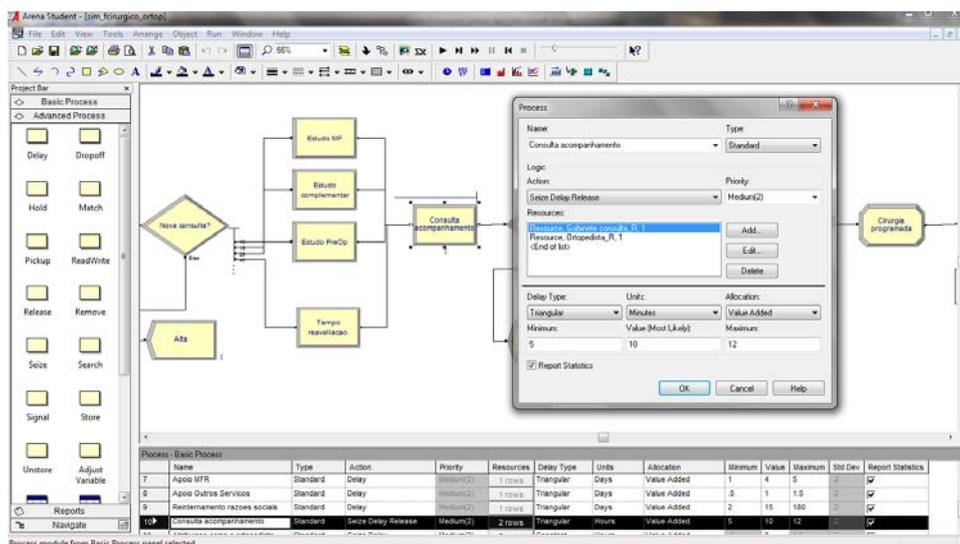
No final da consulta, o ortopedista pode considerar que não é necessária uma nova consulta para aquele fim ou que o utente não tem indicação para cirurgia e, nestes casos, o utente terá alta da consulta. Poderá, no entanto, considerar que é necessário prosseguir com o estudo do doente, para avaliar numa consulta subsequente se o doente terá ou não indicação cirúrgica. O módulo utilizado é, de novo, do tipo *decide*, desta vez com mais opções (cinco): reencaminhamento do utente para o médico de família, para realizar o estudo nesse âmbito; pedido de estudo complementar para doentes referenciados; pedido de estudo pré-operatório; alta para casa (já mencionado) e, por fim, esperar apenas para a nova consulta para reavaliação do problema. Cada uma destas opções tem uma probabilidade associada, que foi obtida junto do serviço de ortopedia com base na percepção dos peritos (director do serviço e médico responsável pela gestão da lista de inscritos para cirurgia ortopédica). Todos estes módulos são do tipo *delay*, uma vez que se limitam a atrasar o avanço do doente enquanto espera por diagnóstico adicionais, sem “empatarem” os recursos do próprio serviço de ortopedia (que ficam livres para observar ou tratar outros doentes).

Figura 15. Módulo *delay*: realização de exames adicionais no âmbito dos cuidados primários ou de outras especialidades



O módulo relativo à consulta de acompanhamento (ou subsequente) volta a ser do tipo processo e, de novo, para realizar uma acção *seize-delay-release*, porque estão em causa recursos do serviço, que a entidade temporária vai capturar e utilizar antes de prosseguir o seu caminho, libertando os recursos para outros utilizadores. Ainda de acordo com os peritos, desta vez os parâmetros da distribuição triangular foram de 10 minutos para o valor mais provável, 5 para o mínimo e 12 para o máximo.

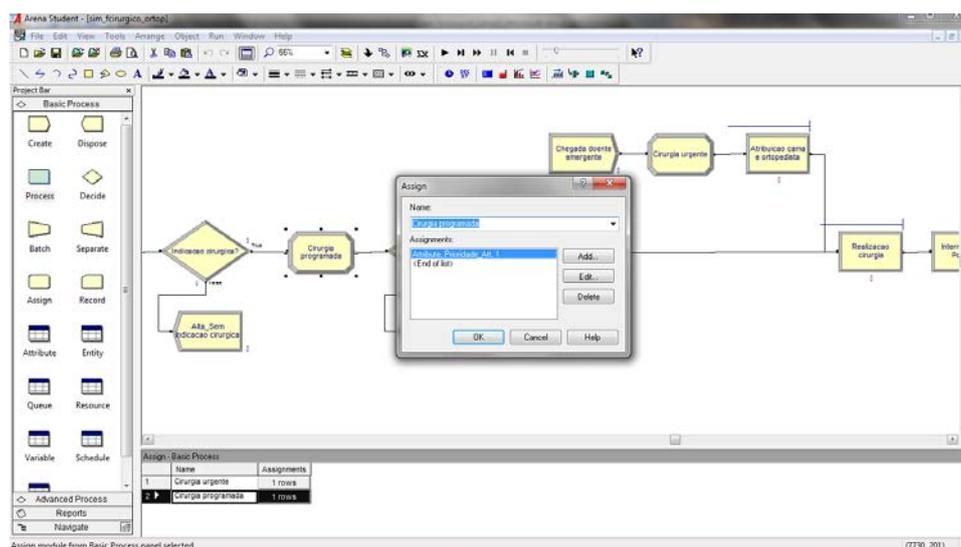
Figura 16. Módulo de processo *seize-delay-release*: realização da consulta de acompanhamento



O próximo passo do doente volta a decorrer fora do âmbito estrito do serviço de ortopedia, desta vez para ser avaliado pela anestesiologia. Se o anestesista considerar que o doente não reúne as condições para ser induzido, então sairá nesta altura; caso contrário, seguirá para a cirurgia programada. Uma vez mais, as percentagens indicadas foram sugeridas pelos peritos.

O módulo que aparece agora pela primeira vez é designado por *assign* e tem como função atribuir um determinado nível de prioridade à entidade utente³⁸. Esta atribuição de um nível de prioridade baixo tem como objectivo permitir que o doente que chegue ao serviço de urgência a requerer uma intervenção imediata possa ocupar a sala de bloco operatório prevista para o doente programado. Como veremos em breve, em contraste, o doente emergente recebe um nível de prioridade alto, para esse efeito.

Figura 17. Módulo *assign*: atribuição de nível de prioridade ao doente



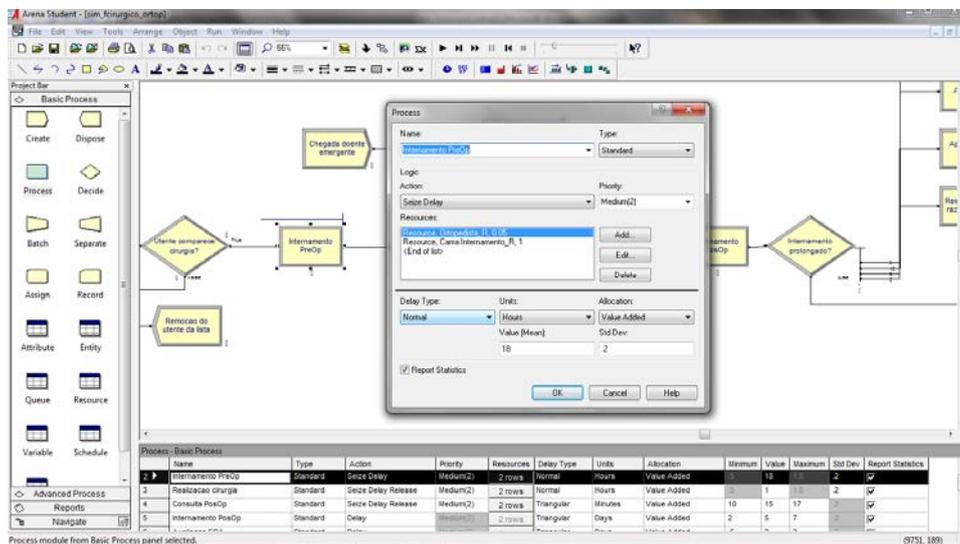
O próximo módulo *decide* visa retirar do fluxo os doentes que não comparecem à cirurgia por sua iniciativa. Segundo a opinião dos peritos, esse abandono acontece em cerca de 10% dos casos.

Em regra, o doente intervencionado no bloco operatório convencional é internado na véspera da cirurgia. Nessa altura, é-lhe atribuída uma cama do internamento de ortopedia e há lugar a uma breve conversa com o médico que vai realizar a cirurgia. Considerarei

³⁸ Tenho vindo a usar indistintamente as expressões “utente” e “doente” como equivalentes, para os fins deste trabalho.

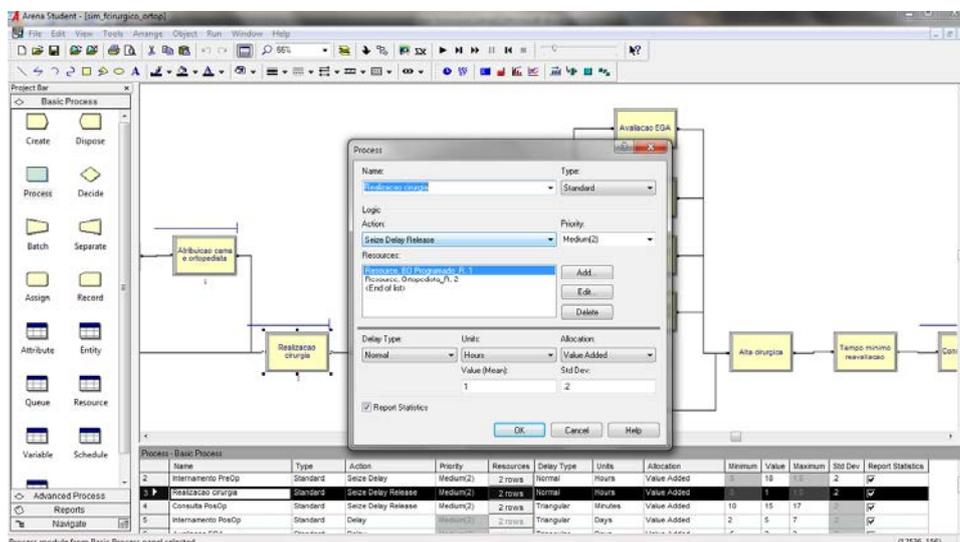
que o tempo do internamento que antecede o início da cirurgia segue uma distribuição normal, com média de 18 horas e desvio padrão de 0,2 horas.

Figura 18. Módulo de processo *seize-delay*: internamento pré-operatório



Nesta altura pode surgir uma outra entidade temporária, que irá competir pelos recursos do serviço com os doentes inscritos para cirurgia. Com efeito, se surgir um doente emergente, a próxima intervenção programada será adiada. Convém notar, no entanto, que estes casos não são tão frequentes como noutros serviços cirúrgicos, uma vez que os doentes ortopédicos podem esperar, nas circunstâncias que descrevi no ponto 1.2., pelo que estes casos se circunscrevem, em geral, a situações associadas a acidentes, como as fracturas expostas. Considerei que o tempo de duração de uma cirurgia segue uma distribuição normal, com média de uma hora e desvio padrão de 0,2 horas. Tal como em relação aos restantes, são atribuídos a estes doentes uma cama de internamento e um período destinado à visita médica diária.

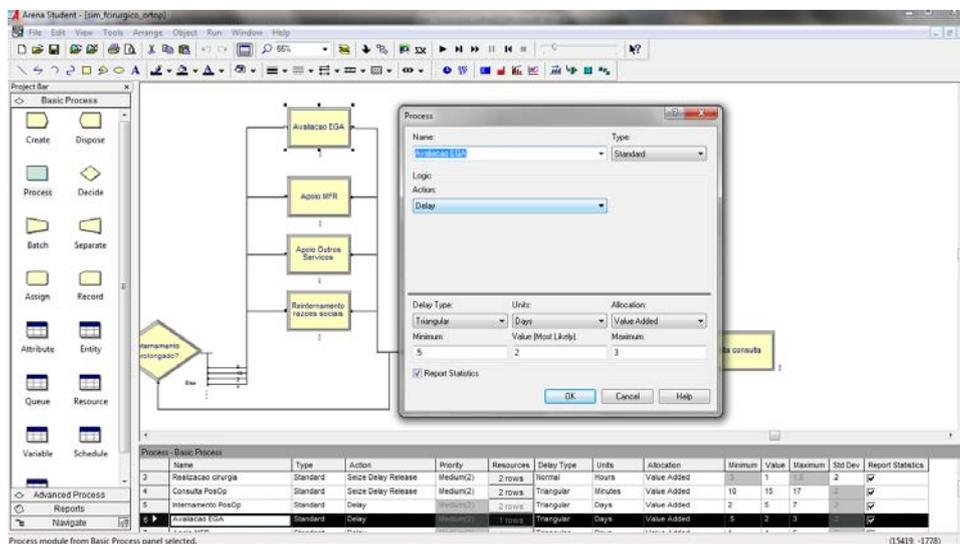
Figura 19. Módulo de processo *seize-delay-release*: realização da cirurgia



Importa agora fazer um ponto de situação quanto à utilização dos recursos do serviço: por um lado, desde que se verificou o internamento pré operatório, há uma cama de internamento afecta ao doente e um período diário de 5 minutos para visita médica; por outro, os dois ortopedistas e a sala de bloco operatório foram entretanto libertados. Assim, basta um módulo de processo do tipo *delay* para prolongar a afectação da cama e do médico até à alta para consulta.

Em certas circunstâncias, o doente vê o seu internamento prolongado para além do tempo estritamente necessário para o tratamento da situação aguda que o levou ao hospital. São os casos em que a equipa de gestão de altas demora a referenciar o doente para os cuidados continuados, em que outras especialidades intervêm na recuperação do doente ou no tratamento de outras patologias (medicina física e de reabilitação e medicina interna, por exemplo), ou em que os doentes não têm alta apenas porque é impossível contactar os seus familiares. Todos os módulos criados para capturar este efeito são do tipo *delay*, porque a sua acção se limita a manter os recursos anteriormente atribuídos.

Figura 20. Módulo *delay*: internamento prolongado por motivos alheios ao serviço



Finalmente, a alta cirúrgica é dada, em termos de modelo de simulação, através de um módulo de processo do tipo *release*, porque são libertados os recursos que continuavam atribuídos aos doentes internados.

Já depois da alta, há ainda um último módulo *delay*, criado para fazer transcorrer uma semana entre a alta cirúrgica e a consulta pós operatória. Depois desta, que tem uma duração de acordo com a mesma distribuição e os mesmos parâmetros da primeira consulta, o fluxo dos doentes fica concluído com a alta da consulta (módulo do tipo *dispose*).

Apresento agora uma tabela e um quadro, com a síntese dos recursos e dos parâmetros considerados no modelo:

Tabela 5. Recursos considerados no modelo

Recursos
Gabinete Consulta_R
Ortopedista_R
Cama Internamento_R
BO Programado_R
Interno Ortopedia_R
BO Urgente_R

A notação R no final da designação de cada recurso tem como finalidade distinguir os elementos do modelo, porque um elemento pode ser simultaneamente uma entidade e um recurso (caso do ortopedista: entidade permanente e recurso). Os dois últimos recursos foram incluídos para possibilitar cenários com médicos com privilégios³⁹ e custos diferentes, e com a abertura de uma sala dedicada às intervenções urgentes.

³⁹Expressão utilizada no meio hospitalar para definir o tipo de actos médicos que cada clínico está autorizado a fazer; a autonomia de um interno é, obviamente, limitada em relação ao especialista.

Quadro 5. Parâmetros das distribuições consideradas no modelo

Módulo	Distribuição	Parâmetros	Unidade
Chegada pedido consulta	Exponencial negativa	(0,125)	Horas
Prim_Consulta Ortopedia	Triangular	(10, 15, 17)	Minutos
Consulta acompanhamento	Triangular	(5, 10, 12)	Minutos
Internamento PreOp	Normal	(18, 0,2)	Horas
Chegada doente emergente	Exponencial negativa	(1)	Dias
Realizacao cirurgia	Normal	(1, 0,2)	Horas
Internamento PosOp	Triangular	(2, 5, 7)	Dias
Consulta PosOp	Triangular	(10, 15, 17)	Minutos

Estes parâmetros foram indicados, na sua maioria, pelos peritos do serviço de ortopedia. Na impossibilidade de inferir as distribuições e os respectivos parâmetros a partir de dados históricos do serviço, esta alternativa mostra-se adequada, sobretudo dentro dos objectivos de investigação definidos à partida. Porém, a versão utilizada do Arena (versão para estudantes) não permitiu correr a simulação, porque parava sempre que se geravam filas de espera com 150 entidades. No contexto dos serviços de saúde é muito fácil atingir estes números, o que obrigou a alterar a frequência das chegadas para um valor irrealista, muito inferior ao apresentado no quadro. Mesmo alterando o parâmetro da distribuição para 0,125/dia (i.e., 8 pedidos de consulta por dia), a simulação continuava a parar; todavia, considerando menos chegadas, 5/dia, já foi possível correr a simulação até ao final.

As imagens seguintes mostram a mensagem inicial da versão do Arena para estudantes e a simulação a correr. Como o número de pedidos de primeiras consultas foi drasticamente reduzido em relação aquilo que se passa na prática (5 pedidos por dia correspondem a cerca de 1.800 pedidos por ano, contra 16.000 primeiras consultas feitas em 2011 pelo serviço de ortopedia, cerca de 9 vezes menos), o relatório gerado pelo Arena perante estes pressupostos não permite grandes análises, nem faria muito sentido estar a criar cenários

alternativos dentro desta limitação⁴⁰; de qualquer forma, apresento o relatório em anexo⁴¹, como ilustração do tipo de *output* gerado pelo Arena.

Figura 21. Mensagem inicial da versão para estudantes do Arena

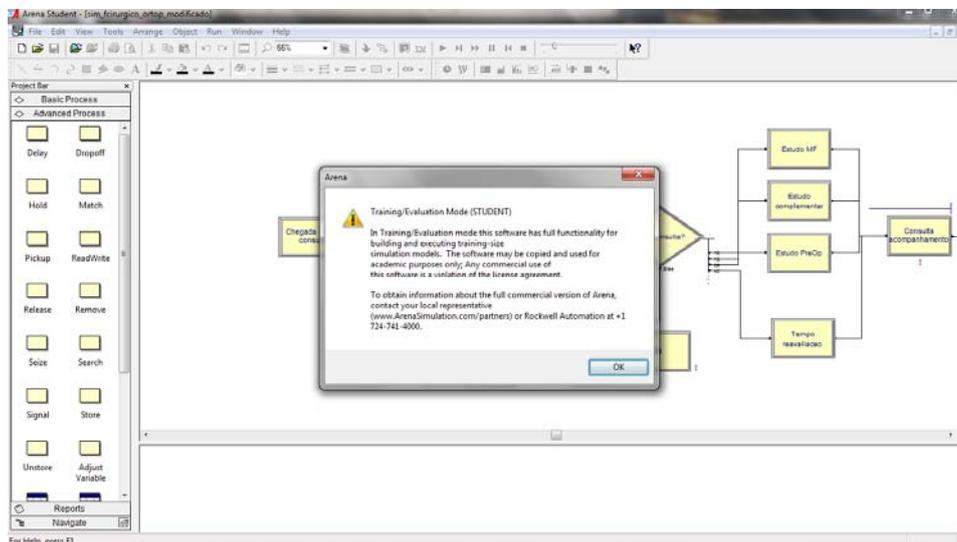
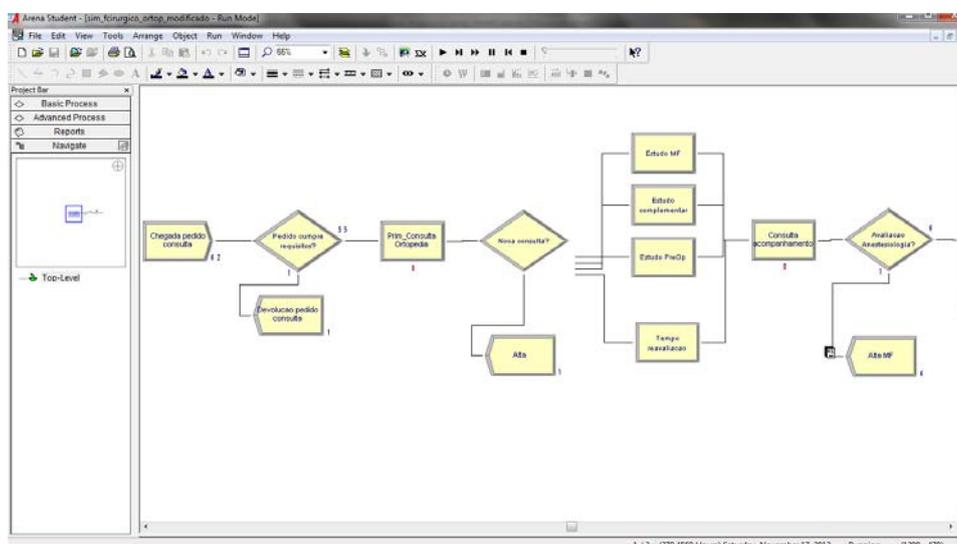


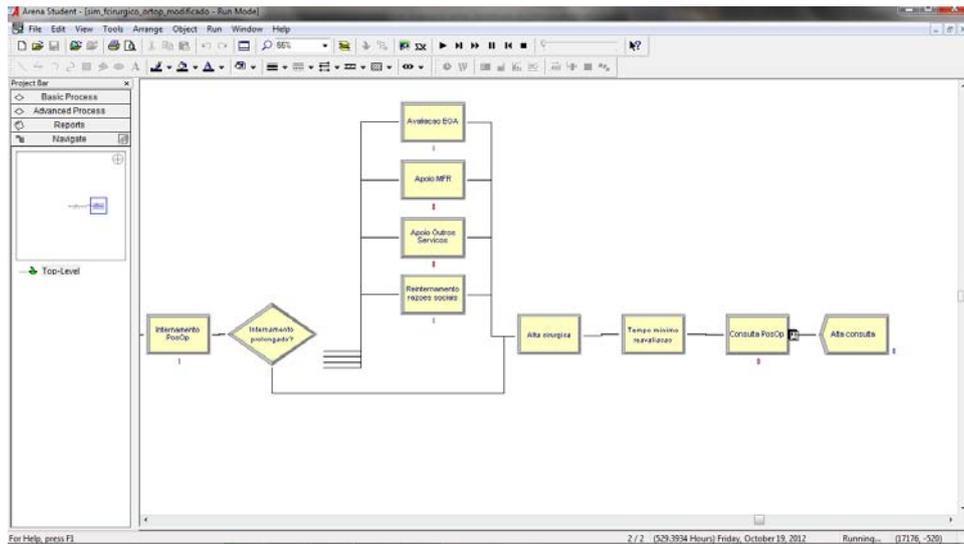
Figura 22. Imagem da simulação a correr



Nesta imagem, o utente (entidade temporária) recebe alta para os cuidados primários.

⁴⁰ Podemos verificar que para um nível de procura tão reduzido não se chegam a formar filas de espera em nenhum ponto do processo (página 7 do relatório).

⁴¹ Anexo II.

Figura 23. Nova imagem da simulação a correr

Nesta imagem, o utente atravessou todo o fluxo cirúrgico e recebe alta para casa.

6. Discussão

O fluxo cirúrgico dos doentes ortopédicos está distribuído ao longo das três grandes áreas que integram o serviço de ortopedia: consultas externas, bloco operatório e internamento. Estas áreas estão interligadas e daí resultam dois efeitos imediatos:

1. A distribuição dos médicos pelas várias áreas interfere directamente com as medidas de desempenho do serviço;
2. O desempenho de uma área é afectado pelo comportamento (ou pelos recursos) das restantes.

Como consequência, o *bottleneck* pode estar em qualquer uma das áreas, ou mesmo fora do serviço de ortopedia. No primeiro caso, o serviço de ortopedia poderá ter autonomia para implementar as medidas necessárias para o remover, mas, no segundo caso, terá de exercer a sua pressão junto do conselho de administração, porque o *bottleneck* está localizado fora do serviço (nos prestadores internos ou externos).

O modelo representado, depois de receber os dados estatísticos do serviço e do hospital e de ver melhorados os parâmetros das distribuições dos tempos de espera e de serviço, pode ser usado para avaliar os efeitos sobre o desempenho do serviço de medidas como:

- transferir horas de médicos da consulta externa para o bloco operatório...
 - ... quando a lista de espera para cirurgia é muito grande e há tempos de bloco operatório disponíveis;
- abrir uma nova sala de bloco para cirurgia programada...
 - ... redistribuindo as horas dos médicos...
 - ... ou contratando novos profissionais;
- abrir uma sala de bloco dedicada à cirurgia urgente...
 - ... perante a casuística...
 - ... e as perturbações causadas na cirurgia programada;
- redistribuir camas de internamento entre as especialidades...
 - ... aumentando o número de camas atribuídas à ortopedia...
 - ... quando há lista de espera para cirurgia significativa...
 - ... e períodos de bloco disponíveis;

- reforçar a capacidade instalada ou avaliar o desempenho dos prestadores internos:
 - serviços de anestesiologia, imagiologia, medicina física e de reabilitação, medicina interna e patologia clínica;
 - equipa de gestão de altas.

Esta intervenção poderia ter efeitos sobre:

- o tempo de observação/tratamento dos doentes pela ortopedia no serviço de urgência;
 - o número de dias de espera por consultas subsequentes;
 - o número de dias de espera por uma cirurgia programada;
 - o número de horas de espera por uma cirurgia urgente;
 - o número de dias de internamento no serviço.
- avaliar o tempo de resposta dos prestadores externos actuais...
 - ... e renegociar os contratos existentes, ou abrir novos procedimentos de aquisição.

Da mesma forma, o modelo pode servir para avaliar num hospital concreto os efeitos das medidas tomadas em diversos países europeus referidas no Capítulo 1, como a obrigação de realizar a cirurgia programada dentro de noventa dias e a “sessão de trauma”.

Os médicos envolvidos directamente no estudo captaram de imediato estas potencialidades do modelo de simulação, tanto como um mecanismo de apoio à organização interna e à redistribuição de recursos, como (talvez com maior enfoque ainda) uma forma de conhecer e estimar as repercussões que a acção dos serviços prestadores têm sobre a actividade e o desempenho da ortopedia.

Paralelamente, o modelo foi ocasionalmente mostrado a outros médicos do serviço, que mostraram curiosidade e quiseram ver o modelo a correr.

Embora todos os aspectos que tenho vindo a referir correspondam a acções que podem ser, eventualmente, feitas a partir daqui, aproveitando e valorizando o trabalho realizado com a representação do modelo, é importante notar que os objectivos de investigação estiveram centrados nessa representação e no trabalho conjunto com os médicos e não tanto na exploração das potencialidades do modelo.

Expliquei, no início, que a minha motivação para desenvolver um projecto deste tipo tinha a ver quer com o interesse académico, quer com o interesse profissional. Estava convencido, pela experiência na gestão hospitalar e pela aprendizagem académica anterior, que a gestão tem de conciliar aspectos técnicos com questões comportamentais. Uma ferramenta de Investigação Operacional orientada ao *core* ou “razão de ser” da actividade assistencial seria uma excelente oportunidade para mim para adquirir conhecimentos técnicos relevantes e para testar no terreno a articulação com os médicos. Como resultado, reforcei a convicção de que é possível aproximar médicos e gestores, criando linguagens e competências comuns⁴².

Muitos autores alertam para as dificuldades próprias das técnicas de Investigação Operacional e vêem aqui uma oportunidade para uma aproximação entre o mundo académico e o mundo das unidades de saúde. Na revisão da literatura que fiz, não consegui identificar trabalhos realizados em Portugal dentro deste âmbito e com estes objectivos, pelo que creio que se trata, efectivamente, de uma oportunidade a promover por qualquer das partes.

Penso que a abordagem escolhida foi feliz por um aspecto não menosprezável: segundo Santibáñez et al. (2009), nos estudos iniciais o tempo dos médicos era considerado mais valioso do que o dos doentes; ora, esta abordagem e o método escolhido colocam, precisamente, o doente no centro do modelo. A manipulação pode estimar consequências sobre as medidas de desempenho e ter efeitos financeiros, por exemplo, mas não deixa de salientar que uma determinada decisão agravaria o tempo de espera pela primeira consulta de 1 para 3 meses, ou que o número de doentes inscritos para cirurgia passaria de 400 para 800⁴³.

Outra vantagem advém dos passos iniciais do trabalho de criação de um modelo de simulação. Muito antes de nos sentarmos frente ao computador para procurarmos os módulos mais adequados do Arena, precisamos de “andar às voltas” com fluxogramas em folhas de papel, de procurarmos respostas para perguntas que ainda não nos tinham ocorrido e de tirar dúvidas junto dos colegas e de profissionais de outras áreas. Foi,

⁴² Kurunmäki (2004) concluiu que os médicos finlandeses se tinham tornado “híbridos” após adquirirem conhecimentos e competências na área da contabilidade de gestão.

⁴³ A técnica de estimar os resultados de medidas alternativas, mudando de forma controlada alguns valores das variáveis designa-se por *what-if modeling*.

também, o que se passou com este projecto, que me permitiu colocar, por momentos, do lado dos clínicos e perceber como encaram a observação dos doentes e os efeitos financeiros das suas acções.

Embora não conheça as outras aplicações do mercado, o Arena revelou-se um *software* agradável e intuitivo. Mesmo com algumas “aflições” pelo meio e sem formação, foi possível ultrapassar em sessões com o meu orientador todas as dificuldades que foram surgindo, até vermos o modelo a correr até ao final.

Pelo lado do que ficou por fazer, ficou a impressão de que o trabalho está, apenas, a meio. Seria muito difícil ambicionar o passo seguinte no âmbito de uma dissertação de mestrado, de trabalhar os dados do sistema de informação do centro hospitalar e de alimentar com eles o modelo especificado⁴⁴. Penso que é esta a ideia que permanece na mente dos responsáveis do serviço de ortopedia, embora estejamos todos conscientes das dificuldades que iremos sentir se tivermos oportunidade para avançar. Fica a ideia, como uma pista para investigação futura.

⁴⁴ Até mesmo porque, como referi anteriormente, a versão do Arena para estudantes limita a sua utilização a um pequeno número de entidades temporárias geradas pelo modelo.

7. Conclusões

7.1. Principais conclusões da investigação

Os modelos de simulação mostraram ser uma ferramenta adequada quando se pretende acompanhar o fluxo dos doentes através de um serviço hospitalar e estimar os efeitos das decisões a tomar pela administração do hospital e pela direcção do serviço.

Como exigem troca de ideias e um trabalho inicial considerável, contribuem para aprofundar o conhecimento que os responsáveis têm em relação ao seu próprio serviço, para aproximar os níveis de decisão (administração e direcção) e os profissionais de diferentes áreas (médicos, gestores e informáticos) e, ainda, para aproximar o mundo académico e o mundo profissional.

Com os modelos de simulação é possível estimar um grande número de medidas de desempenho, reportadas à actividade do serviço, à ocupação de recursos, aos custos inerentes e às consequências sobre a vida das pessoas. É possível estimar, também, as alterações dessas medidas em resultado das decisões tomadas quer pela direcção do serviço (decisões internas do serviço), quer pelo conselho de administração (decisões com âmbito mais alargado, abrangendo os serviços prestadores internos ou externos).

O *software* Arena adapta-se particularmente à abordagem por processos e tem muitas semelhanças com outras técnicas de modelação, como o fluxograma. Por seu turno, a abordagem por processos atribui um lugar de destaque aos doentes, porque são estas entidades temporárias que fazem avançar os modelos de simulação.

Os responsáveis pelo serviço de ortopedia revelaram interesse no projecto e tiveram uma participação activa e muito relevante. Este trabalho conjunto deixa boas indicações quanto aos resultados dos conselhos deixados por muitos autores, de aproximação entre profissionais de diversas áreas.

7.2. Limitações da investigação

Como não tive oportunidade de receber formação, é possível que nem sempre tenha feito as melhores opções, em termos de organização do modelo e da utilização dos módulos do Arena. Procurei compensar esta limitação com a consulta frequente de um dos manuais mais utilizados⁴⁵ em relação a este *software* e, sobretudo, com a realização de muitas sessões de trabalho com o meu orientador.

Por outro lado, como não recorri a dados estatísticos do centro hospitalar para alimentar e correr o modelo de simulação, não tive a oportunidade de testar o modelo em contexto real. Os parâmetros foram indicados com base na opinião dos peritos, salvo algumas excepções; embora a opinião dos peritos seja uma forma válida de recolher informação, sobretudo para suprir a falta de um ou outro elemento estatístico, não tem o mesmo rigor nem a adesão à realidade que têm os dados históricos recolhidos directamente do sistema de informação do hospital e integrados no Arena através do *Input Analyser*⁴⁶.

Há ainda outra limitação que decorre da versão utilizada: a versão autorizada para fins académicos pára a simulação quando as filas atingem as 150 entidades, número muito fácil de atingir no contexto estudado.

7.3. Pistas para investigação futura

Uma das possíveis pistas para investigação futura já foi referida no capítulo anterior e corresponde à continuidade da presente investigação. Outra pista passa pela realização do mesmo tipo de estudos noutros serviços do hospital, como a urgência.

⁴⁵ Trata-se do livro de Kelton et al. (2004); é o manual que mais vezes vi citado nos artigos que utilizei e é recomendado pelo próprio fabricante do *software*.

⁴⁶ Aplicativo do Arena que analisa os dados recolhidos tendo em vista identificar a distribuição estatística que melhor se adapte a eles; a informação sobre a distribuição e os seus parâmetros é depois inserida no Arena.

Bibliografia

- Ashton, R. et al. (2005), A Simulation-Based Study of a NHS Walk-In Centre, *Journal of the Operational Research Society*, 56, 153-161.
- Ahmed, M. e Alkhamis, T. (2009), Simulation Optimization for an Emergency Department Unit in Kuwait, *European Journal of Operational Research*, 198, 936-942.
- Bell, J. (1999), *Doing Your Research Project – A Guide for First-time Researchers in Education and Social Science*, Third Edition, Buckingham: Open University Press.
- Bitner, M. (1999), Evaluating Service Encounters: The Effects of Physical Surroundings and Employee Responses, *Journal of Marketing*, 54, 69-82.
- Brenner, S. Zeng, Z., Liu, Y., Wang, J., Li, J., Howard, P. (2009), Modeling and Analysis of the Emergency Department at University of Kentucky Chandler Hospital Using Simulations, *Journal of Emergency Nursing*, ..., 1-8.
- Brewerton, P. e Millward, L. (2001), *Organizational Research Methods – A Guide for Students and Researchers*, London: Sage Publications.
- Bowers, J. e Mould, G. (2004), Managing Uncertainty in Orthopaedic Trauma Theatres, *European Journal of Operational Research*, 154, 599-608.
- Bowers, J. e Mould, G. (2005), Ambulatory Care and Orthopaedic Capacity Planning, *Health Care Management Science*, 8, 41-47.
- Cardoen, B. e Demeulemeester, E. (2008), Capacity of Clinical Pathways – A Strategic Multi-level Evaluation Tool, *Journal of Medical Systems*, 32, 443-452.
- Cardoen, B., Demeulemeester, E. e Beliën, J. (2010), Operating Room Planning and Scheduling: a Literature Review, *European Journal of Operational Research*, 201, 921-932.
- Carter, M. e Blake, T. (2006), “Using Simulation in an Acute-Care Hospital: Easier Said than Done”, em M. Brandeau & F. Perskalla (Eds.), *Operations Research and Health Care: A Handbook of Methods and Applications*, pp. 191-215, Wolters Kluwer.
- Ceglowski, R., Churilov, L. e Wasserthiel, J. (2007), Combining Data Mining and Discrete Event Simulation for a Value-Added View of a Hospital Emergency Department, *Journal of the Operational Research Society*, 58, 246-254.

- Cochran, J. e Roche, K. (2009), A Multi-Class Queuing Network Analysis Methodology for Improving Hospital Emergency Department Performance, *Computers & Operations Research*, 36, 1497-1512.
- De Bruin, A., Bekker, R., van Zanten, L. e Koole, G. (2009), Dimensioning Hospital Wards Using the Erlang Loss Model, *Annals of Operations Research*.
- De Bruin, A., van Rossum, A., Visser, M. e Koole, G. (2007), Modeling the Emergency Cardiac In-Patient Flow: an Application of Queuing Theory, *Health Care Management Science*, 10, 125-137.
- Dekking, M. e Kraaikamp, H. (2005), "Simulation", em Dekking, M., Kraaikamp, H, Lopuhaä, H. e Meester, L. (Eds.), *A Modern Introduction to Probability and Statistics: Understanding Why and How*, pp. 71-87, Springer-Verlag.
- Flick, U. (2002), *An Introduction to Qualitative Research*, Second Edition, London: Sage Publications.
- Glick, N., Blackmore, C. e Zelman, W. (2000), Extending Simulation Modeling to Activity-Based Costing for Clinical Procedures, *Journal of Medical Systems*, 24, 2, 77-89.
- Glowacka, K., Henry, R. e May, J. (2009), A Hybrid Data Mining/Simulation Approach for Modelling Outpatient No-Shows in Clinic Scheduling, *Journal of the Operational Research Society*, 60, 1056-1068.
- Green, L. (2006), "Queuing Analysis in Healthcare", em Hall, R. (Ed.), *Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery*, pp. 281-307, Springer-Verlag.
- Griffiths, J. et al. (2005), Modelling the Requirement for Supplementary Nurses in an Intensive Care Unit, *Journal of Operational Research Society*, 56, 126-133.
- Groothuis, S., van Merode, G. e Hasman, A. (2001), Simulation as Decision Tool for Capacity Planning, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 66, 139-151.
- Hall, R., Belson, D., Murali, P. e Dessouky, M. (2006), "Modeling Patient Flows through the Healthcare System", em Hall, R. (Ed.), *Delay Management in Health Care Systems*, pp. 1-44, Springer-Verlag.
- Hillier, F. e Lieberman, G. (2005), *Introduction to Operations Research*, Eight Edition, New York: McGraw-Hill.
- Hoot, N. et al. (2008), Forecasting Emergency Department Crowding: A Discrete Event Simulation, *Annals of Emergency Medicine*, 52, 2, 116-125.
- Huang, X. (1998), Decision Making Support in Reshaping Hospital Medical Services, *Health Care Management Science*, 1, 165-173.

- Jacobson, S., Hall, S. e Swisher, J. (2005), “Discrete-Event Simulation of Healthcare Systems”, em Hall, R. (Ed.), *Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery*, pp. 211-252, Springer-Verlag.
- Kelton, W., Sadowski, R. e Sturrock, D. (2004), *Simulation with Arena*, Third Edition, New York: McGraw-Hill.
- Kurunmäki, L. (2004), A Hybrid Profession – The Acquisition of Management Accounting Expertise by Medical Professionals, *Accounting, Organizations and Society*, 29, 327-347.
- Kolker, A. (2008), Process Modeling of Emergency Department Patient Flow: Effect of Patient Length of Stay on ED Diversion, *Journal of Medical Systems*, 32, 389-401.
- Law, A. (2007), *Simulation Modeling & Analysis*, Fourth Edition, New York: McGraw-Hill.
- Lovejoy, W. e Li, Y. (2002), Hospital Operating Room Capacity Expansion, *Management Science*, Vol. 48, N. ° 11, pp. 1369-1387.
- Marcon, E. e Dexter, F. (2006), Impact of Surgical Sequencing on Post Anesthesia Care Unit Staffing, *Health Care Management Science*, 9, 87-98.
- Marcon, E., Kharraja, S., e Simonnet, G. (2003), The Operating Theatre Planning by the Follow-Up of the Risk of No Realization, *International Journal of Production Economics*, 85, 83-90.
- Mason, J. (2002), *Qualitative Researching*, Second Edition, London: Sage Publications.
- Mayhew, L. e Smith, D. (2008), Using Queuing Theory to Analyse the Government’s 4-h Completion Time Target in Accident and Emergency Departments, *Health Care Management Science*, 11, 11-21.
- McCarthy, M. et al. (2009), Crowding Delays Treatment and Lengthens Emergency Department Length of Stay, Even Among High-Acuity Patients, *Annals of Emergency Medicine*, 54, 4, 492-503.e4.
- Patrick, J. e Puterman, M. (2007), Improving Resource Utilization for Diagnostic Services through Flexible Inpatient Scheduling: A Method for Improving Resource Utilization, *Journal of the Operational Research Society*, 58, 235-245.
- Persson, M. e Persson, J. (2009a), Health Economic Modeling to Support Surgery Management at a Swedish Hospital, *Omega – The International Journal of Management Science*, 37, 853-863.
- Persson, M. e Persson, J. (2009b), Analysing Management Policies for Operating Room Planning Using Simulation, *Health Care Management Science*.

- Proudlove, N., Black, S. e Fletcher, A. (2007), OR and the Challenge to Improve the NHS: Modelling for Insight and Improvement in In-Patient Flows, *Journal of the Operational Research Society*, 58, 145-158.
- Robertson, N. e Perera, T. (2002), Automated Data Collection for Simulation?, *Simulation Practice and Theory*, 9, 349-364.
- Rohleder, T., Bischak, D. e Baskin, L. (2007), Modeling Patient Service Centers with Simulation and System Dynamics, *Health Care Management Science*, 10, 1-12.
- Santibáñez, P., Chow, V., French, J. Puterman, M. e Tyldesley, S. (2009), Reducing Patient Wait Times and Improving Resource Utilization at British Columbia Cancer Agency's Ambulatory Care Unit Through Simulation, *Health Care Management Science*, 12, 392-407.
- Simões, J. (2005), Retrato Político da Saúde – Dependência do Percurso e Inovação em Saúde: Da Ideologia ao Desempenho, Coimbra: Almedina.
- Simonet, D. (2009), Cost Reduction Strategies for Emergency Services: Insurance Role, Practice Changes and Patients Accountability, *Health Care Anal*, 17, 1-9.
- Smet, M. (2007), Measuring Performance in the Presence of Stochastic Demand for Hospital Services: an Analysis of Belgian General Care Hospitals, *Journal of Production Analysis*, 27, 13-29.
- Tavares, L. et al. (1996), *Investigação Operacional*, Lisboa: McGraw-Hill.
- Testi, A., Tanfani, E. e Torre, G. (2007), A Three-Phase Approach for Operating Theatre Schedules, *Health Care Management Science*, 10, 163-172.
- VanBerkel, P. e Blake, J. (2007), A Comprehensive Simulation for Wait Time Reduction and Capacity Planning Applied in General Surgery, *Health Care Management Science*, 10, 373-385.
- Vanderby, S. e Carter, M. (2009), An Evaluation of the Applicability of System Dynamics to Patient Flow Modelling, *Journal of the Operational Research Society*, 1-10.
- Van Dijk, N. e van der Sluis, E. (2008), Practical Optimization by OR and Simulation, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16, 1113-1122.
- Williams, P., Tai, G. e Lei, Y. (2009), Simulation Based Analysis of Patient Arrival to Health Care Systems and Evaluation of an Operations Improvement Scheme, *Annals of Operations Research*.
- Wullink, G. et al. (2007), Closing Emergency Operating Rooms Improves Efficiency, *Journal of Medical Systems*, 31, 543-546.

- Yeh, J. e Lin, W. (2006), Using Simulation Technique and Genetic Algorithm to Improve the Quality Care of a Hospital Emergency Department, Expert Systems with Applications, 32, 1073-1083.

ANEXOS

Anexo I – Fluxograma do circuito dos doentes ortopédicos

Obs.	População	Início de episódio - programado	Marcação consulta	Serviço Ortopedia	Consulta Externa	Inscrição Siglic	Internamento para cirurgia	Bloco	Adicional	Pós operatório	Consulta pós-op.
	Área populacional > 500 000 hab.	ALERT P1 Pedido de colab. outras especialidades	--> Dr. A Dr. B	--> Especialistas Internos	--> Max 26 (normalmente ultrapassado)	--> Lista de espera cirúrgica	--> > 50 camas	--> 11 salas /semana	--> ?	--> MFR EGA	--> MFR M Família
Obs.				Recursos humanos médicos	Estudo dos doentes no M Família Pedido de estudo complementar a doentes referenciados	Gestão informatizada	Repartido com doentes SU Co-morbilidades	Equipa cirúrgica/ anestesista Equipa enfermagem		EGA MFR	MFR M Família
Obs.					Consulta pré-op. de anestesia			Lista operatória			
Obs.					Pedido de estudo pré-op.			Esterilização			
Obs.					Funcionamento do software/ hardware			Equipamentos			
Obs.								Stock/aquisição			
Obs.								Limpeza de sala			
Obs.								Registo de inter-ocorrências			
Obs.								RX			

Anexo II – Relatório de simulação do Arena

Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2

Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

88

Values Across All Replications

Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Doente emergente	112.78	39,56	109.67	115.90	60.6163	210.09
Utente	0.2480	0,17	0.2349	0.2611	0.00	0.4594
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Doente emergente	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Utente	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Doente emergente	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Utente	80.0417	114,38	71.0400	89.0435	0.00	672.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Doente emergente	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Utente	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Doente emergente	168.00	0,00	168.00	168.00	168.00	168.00
Utente	43.3878	67,44	38.0800	48.6957	0.00	168.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Doente emergente	280.78	39,56	277.67	283.90	228.62	378.09
Utente	123.68	181,98	109.35	138.00	0.00	672.42

Other

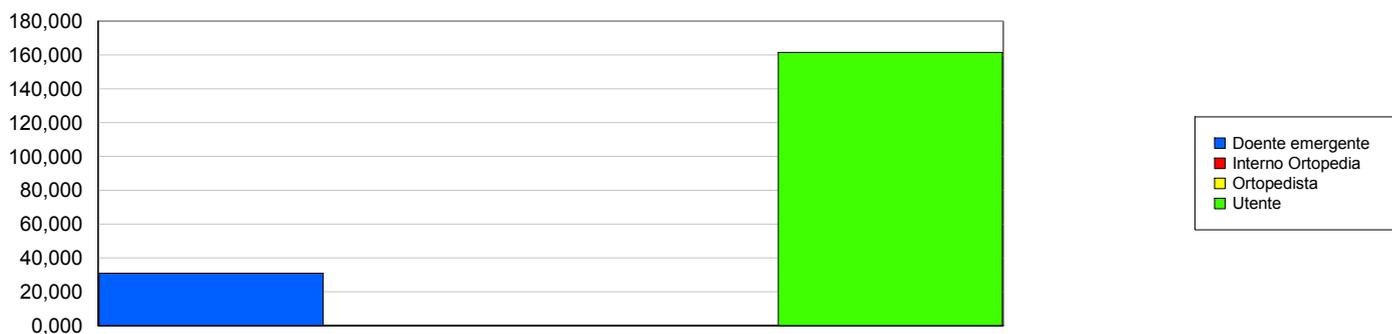
Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2 Time Units: Hours

Entity

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Doente emergente	31.0000	38,12	28.0000	34.0000
Interno Ortopedia	0.00	0,00	0.00	0.00
Ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00
Utente	161.50	31,77	159.00	164.00



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Doente emergente	16.0000	25,41	14.0000	18.0000
Interno Ortopedia	0.00	0,00	0.00	0.00
Ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00
Utente	72.0000	38,12	69.0000	75.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Doente emergente	10.3191	2,23	10.1437	10.4944	0.00	22.0000
Interno Ortopedia	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Utente	49.1971	2,68	48.9859	49.4082	0.00	90.0000

Values Across All Replications

Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2 Time Units: Hours

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Apoio MFR	55.7724	61,35	50.9439	60.6009	43.7270	60.6009
Apoio Outros Servicos	9.5016	120,73	0.00	19.0032	0.00	19.0032
Atribuicao cama e ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avaliacao EGA	40.5098	51,47	36.4589	44.5607	36.4589	44.5607
Consulta acompanhamento	0.1495	0,01	0.1491	0.1500	0.08737117	0.1964
Consulta PosOp	0.2499	0,01	0.2492	0.2506	0.2414	0.2581
Internamento PosOp	109.04	20,72	107.41	110.67	59.1115	165.22
Internamento PreOp	17.8990	0,90	17.8279	17.9702	17.8279	18.0773
Prim_Consulta Ortopedia	0.2322	0,01	0.2312	0.2332	0.1704	0.2805
Realizacao cirurgia	0.9360	0,15	0.9239	0.9480	0.4880	1.4711

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Apoio MFR	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apoio Outros Servicos	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Atribuicao cama e ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avaliacao EGA	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consulta acompanhamento	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consulta PosOp	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Internamento PreOp	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prim_Consulta Ortopedia	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizacao cirurgia	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Apoio MFR	55.7724	61,35	50.9439	60.6009	43.7270	60.6009
Apoio Outros Servicos	9.5016	120,73	0.00	19.0032	0.00	19.0032
Atribuicao cama e ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avaliacao EGA	40.5098	51,47	36.4589	44.5607	36.4589	44.5607
Consulta acompanhamento	0.1495	0,01	0.1491	0.1500	0.08737117	0.1964
Consulta PosOp	0.2499	0,01	0.2492	0.2506	0.2414	0.2581
Internamento PosOp	109.04	20,72	107.41	110.67	59.1115	165.22
Internamento PreOp	17.8990	0,90	17.8279	17.9702	17.8279	18.0773
Prim_Consulta Ortopedia	0.2322	0,01	0.2312	0.2332	0.1704	0.2805
Realizacao cirurgia	0.9360	0,15	0.9239	0.9480	0.4880	1.4711

Accumulated Time

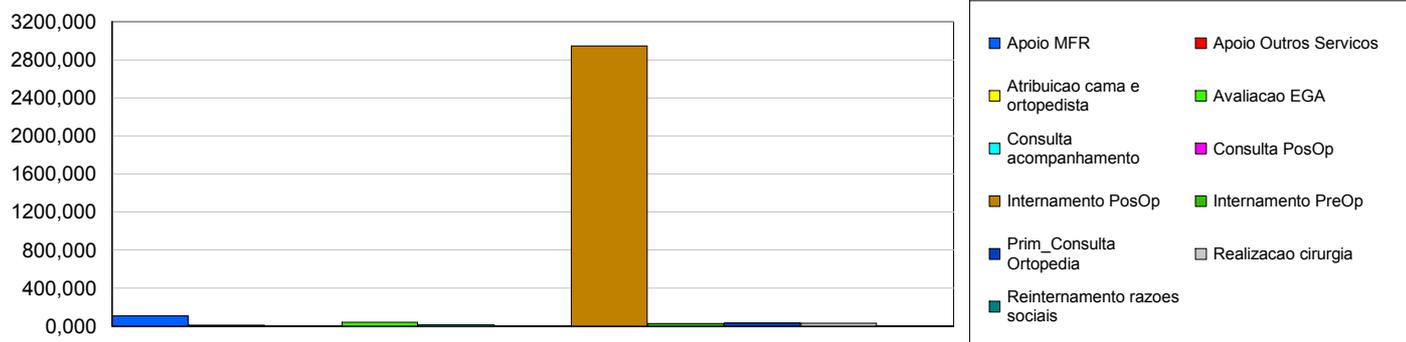
Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2 Time Units: Hours

Process

Accumulated Time

Accum VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Apoio MFR	106.72	585,94	60.6009	152.83
Apoio Outros Servicos	9.5016	120,73	0.00	19.0032
Atribuicao cama e ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00
Avaliacao EGA	40.5098	51,47	36.4589	44.5607
Consulta acompanhamento	12.7849	1,41	12.6740	12.8958
Consulta PosOp	3.9971	6,22	3.5079	4.4864
Internamento PosOp	2945.73	1.944,93	2792.66	3098.80
Internamento PreOp	26.8841	115,07	17.8279	35.9403
Prim_Consulta Ortopedia	33.3205	0,43	33.2864	33.3545
Realizacao cirurgia	30.4489	34,71	27.7174	33.1805
Reinternamento razoes sociais	0.00	0,00	0.00	0.00



Accum Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Apoio MFR	0.00	0,00	0.00	0.00
Apoio Outros Servicos	0.00	0,00	0.00	0.00
Atribuicao cama e ortopedista	0.00	0,00	0.00	0.00
Avaliacao EGA	0.00	0,00	0.00	0.00
Consulta acompanhamento	0.00	0,00	0.00	0.00
Consulta PosOp	0.00	0,00	0.00	0.00
Internamento PreOp	0.00	0,00	0.00	0.00
Prim_Consulta Ortopedia	0.00	0,00	0.00	0.00
Realizacao cirurgia	0.00	0,00	0.00	0.00
Reinternamento razoes sociais	0.00	0,00	0.00	0.00

Other

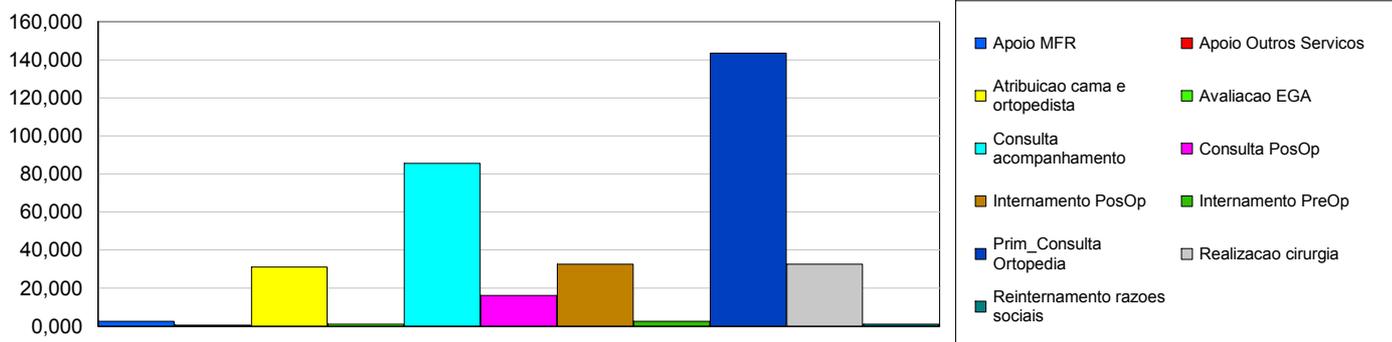
Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2 Time Units: Hours

Process

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Apoio MFR	2.5000	19,06	1.0000	4.0000
Apoio Outros Servicos	0.5000	6,35	0.00	1.0000
Atribuicao cama e ortopedista	31.0000	38,12	28.0000	34.0000
Avaliacao EGA	1.0000	0,00	1.0000	1.0000
Consulta acompanhamento	85.5000	6,35	85.0000	86.0000
Consulta PosOp	16.0000	25,41	14.0000	18.0000
Internamento PosOp	32.5000	31,77	30.0000	35.0000
Internamento PreOp	2.5000	6,35	2.0000	3.0000
Prim_Consulta Ortopedia	143.50	6,35	143.00	144.00
Realizacao cirurgia	32.5000	31,77	30.0000	35.0000
Reinternamento razoes sociais	1.0000	0,00	1.0000	1.0000



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Apoio MFR	2.0000	12,71	1.0000	3.0000
Apoio Outros Servicos	0.5000	6,35	0.00	1.0000
Atribuicao cama e ortopedista	31.0000	38,12	28.0000	34.0000
Avaliacao EGA	1.0000	0,00	1.0000	1.0000
Consulta acompanhamento	85.5000	6,35	85.0000	86.0000
Consulta PosOp	16.0000	25,41	14.0000	18.0000
Internamento PosOp	27.0000	12,71	26.0000	28.0000
Internamento PreOp	1.5000	6,35	1.0000	2.0000
Prim_Consulta Ortopedia	143.50	6,35	143.00	144.00
Realizacao cirurgia	32.5000	31,77	30.0000	35.0000
Reinternamento razoes sociais	0.00	0,00	0.00	0.00

Values Across All Replications

Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Apoio MFR.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apoio Outros Servicos.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Atribuicao cama e ortopedista.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avaliacao EGA.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consulta acompanhamento.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consulta PosOp.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Internamento PreOp.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prim_Consulta Ortopedia.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizacao cirurgia.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinternamento razoes sociais.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Apoio MFR.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apoio Outros Servicos.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Atribuicao cama e ortopedista.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avaliacao EGA.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consulta acompanhamento.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consulta PosOp.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Internamento PreOp.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prim_Consulta Ortopedia.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizacao cirurgia e Recobro.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizacao cirurgia.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinternamento razoes sociais.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Values Across All Replications

Fluxo Cirurgico Ortopedia

Replications: 2 Time Units: Hours

Resource

Usage

Instantaneous Utilization

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
BO Programado_R	0.00384456	0,00	0.00349967	0.00418945	0.00	0.1818
BO Urgente_R	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cama Internamento_R	0.1397	0,16	0.1269	0.1525	0.00	0.3462
Gabinete consulta_R	0.00173967	0,00	0.00172535	0.00175399	0.00	0.07500000
Interno Ortopedia_R	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ortopedista_R	0.01766557	0,02	0.01634249	0.01898864	0.00	0.1896

Number Busy

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
BO Programado_R	0.04229020	0,05	0.03849640	0.04608399	0.00	2.0000
BO Urgente_R	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cama Internamento_R	7.2658	8,45	6.6011	7.9305	0.00	18.0000
Gabinete consulta_R	0.06958681	0,01	0.06901392	0.07015969	0.00	3.0000
Interno Ortopedia_R	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ortopedista_R	0.4240	0,40	0.3922	0.4557	0.00	4.5500

Number Scheduled

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
BO Programado_R	11.0000	0,00	11.0000	11.0000	11.0000	11.0000
BO Urgente_R	5.0000	0,00	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000
Cama Internamento_R	52.0000	0,00	52.0000	52.0000	52.0000	52.0000
Gabinete consulta_R	40.0000	0,00	40.0000	40.0000	40.0000	40.0000
Interno Ortopedia_R	3.0000	0,00	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
Ortopedista_R	24.0000	0,00	24.0000	24.0000	24.0000	24.0000

Fluxo Cirurgico Ortopedia

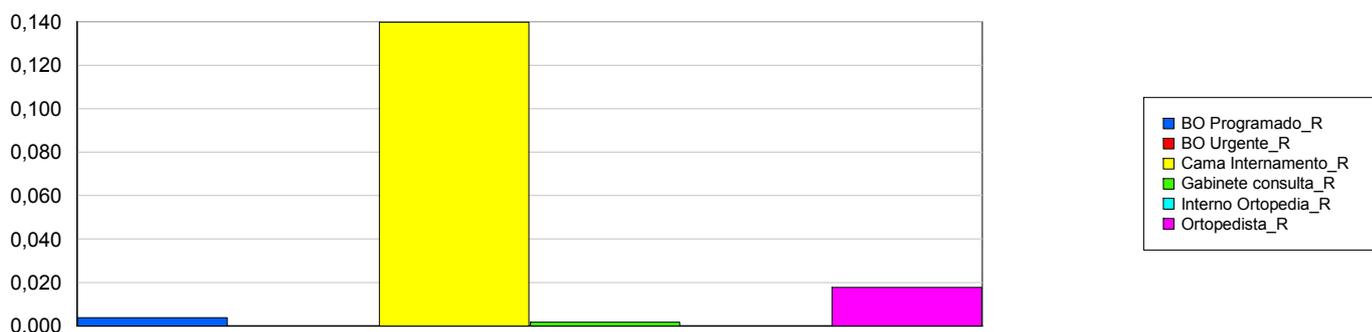
Replications: 2 Time Units: Hours

Resource

Usage

Scheduled Utilization

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
BO Programado_R	0.00384456	0,00	0.00349967	0.00418945
BO Urgente_R	0.00	0,00	0.00	0.00
Cama Internamento_R	0.1397	0,16	0.1269	0.1525
Gabinete consulta_R	0.00173967	0,00	0.00172535	0.00175399
Interno Ortopedia_R	0.00	0,00	0.00	0.00
Ortopedista_R	0.01766557	0,02	0.01634249	0.01898864



Total Number Seized

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
BO Programado_R	32.5000	31,77	30.0000	35.0000
BO Urgente_R	0.00	0,00	0.00	0.00
Cama Internamento_R	38.5000	69,88	33.0000	44.0000
Gabinete consulta_R	245.00	12,71	244.00	246.00
Interno Ortopedia_R	0.00	0,00	0.00	0.00
Ortopedista_R	311.68	53,05	307.50	315.85

