

# **Melhoria do Processo de Distribuição de Medicamentos dos Serviços Farmacêuticos do Hospital Beatriz Ângelo**

**Pedro Águia Soares**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

## **Engenharia e Gestão Industrial**

Orientadores: Prof.<sup>a</sup> Tânia Rodrigues Pereira Ramos

Prof.<sup>a</sup> Maria Inês dos Santos Mendonça Padre-Eterno

### **Júri**

Presidente: Prof.<sup>a</sup> Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Maria Inês dos Santos Mendonça Padre-Eterno

Vogal: Prof. Amílcar José Martins Arantes

**Outubro 2020**

**Declaração**

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

**Declaration**

I declare that this document is an original work of my own authorship and that it fulfills all the requirements of the Code of Conduct and Good Practices of the Universidade de Lisboa.

*Calma Águia, não sejas eletrão.*

José Guerra

## Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço à professora Tânia Ramos que se mostrou sempre disponível para me acompanhar nesta mais recente etapa da minha vida académica. Apesar de todas as dificuldades de disponibilidade, esteve sempre pronta a oferecer o seu apoio e orientação. À professora Inês Mendonça também dirijo o meu agradecimento. Desde o estágio, em 2018, foi sempre um suporte incansável sem o qual esta dissertação não teria sido possível.

Quero agradecer a toda a equipa dos Serviços Farmacêuticos do Hospital Beatriz Ângelo. A sua ajuda, orientação e disponibilidade foram cruciais no desenvolvimento desta dissertação. Agradeço particularmente à Dr.<sup>a</sup> Cláudia Santos, ao Dr. Luís França e à Rosana Gonçalves. Todos foram inestimáveis no seu apoio.

Uma palavra de agradecimento também para os meus amigos do secundário, que me acompanham há mais de 10 anos. De uma forma ou de outra, influenciaram positivamente a minha vida pessoal e académica, fazendo com que grande parte do que hoje sou, a eles se deva. Deixo também uma palavra especial para o professor Jorge Mira, que é a referência da minha vida escolar e que me mostrou que desistir nunca é uma opção.

Queria também deixar um agradecimento à “Malta de Naval”, que me acompanhou e apoiou na fase mais difícil da minha vida. Para os mecânicos, barqueiros, tagus, aero-especiais e maestrinas por termos ultrapassado isto tudo, sempre juntos.

Um agradecimento também para a Dr.<sup>a</sup> Teresa Aleixo, por me ter acompanhado durante estes últimos anos e por me ter ajudado e orientado em momentos menos favoráveis.

Por último, mas seguramente não menos importante, agradeço à minha família. Ao tio Fausto que me ofereceu a leitura atenta da presente dissertação e palavras de encorajamento para este trabalho. À Ana Lourenço que esteve sempre presente e que é uma segunda mãe para mim. Finalmente, ao Jorge que no seu stress e preocupação, me mostrou sempre o caminho a seguir, à Ninha que nunca me mostrou outra coisa que não carinho, compreensão e sabedoria durante toda a minha vida e à Rom que não só me ajudou nesta dissertação como também é o meu “pónei predileto”. Vocês são tudo para mim, os vossos conselhos, apoio, paciência e amor não têm igual.

Obrigado a todos por estarem sempre presentes e fazerem parte de mim.

## Resumo

A distribuição de medicação em ambiente hospitalar é uma das maiores responsabilidades dos Serviços Farmacêuticos e é essencial no processo de atendimento às necessidades dos pacientes. Esta assegura a validação das prescrições, necessidades de ajuste de dose, alterações de medicamento, entre outros. Adicionalmente, esta atividade prevê a entrega dos medicamentos nos serviços em que são necessários e a recolha dos que não foram utilizados.

Os Serviços Farmacêuticos do Hospital Beatriz Ângelo consideram que a distribuição de medicamentos em dose unitária é um sistema que pode ser melhorado de forma a garantir o uso de medicação de uma forma segura e eficaz. É importante para este serviço, e de forma global para o hospital, a otimização de processos que reduzem custos e que melhoram a satisfação dos utentes.

Criou-se um modelo de simulação conceptual em que foram definidas as entidades envolvidas no sistema e as respetivas atividades. Posteriormente, criou-se o modelo computacional em Simul8 que permite a análise do efeito de certas alterações.

Conclui-se que algumas alterações no funcionamento dos Serviços Farmacêuticos têm impactos na utilização dos recursos e na segurança do circuito dos medicamentos. A alteração de número de entregas diárias para três, mostra-se como uma alteração na distribuição de medicamentos, que aumenta a utilização dos Técnicos de Farmácia em 2% e dos Auxiliares em 2,5%, levando a que o circuito de medicamentos enviados seja mais seguro. Essa segurança verifica-se na redução de 60% do tempo que cada medicamento passa fora dos serviços farmacêuticos.

**Palavras-chave:** Medicação, Distribuição, Dose unitária, Logística hospitalar, Simulação de eventos discretos, Simulação na saúde.

## Abstract

The medication distribution in a hospital environment is one of the most important responsibilities of the Pharmaceutical Services and it is essential in the process of meeting patients' needs. This process ensures the validation of prescriptions, dose adjustment, drug changes, among others. Additionally, this activity also guarantees the delivery of drugs in the services where they are needed and the retrieval of those that were not used.

The Pharmaceutical Services of Hospital Beatriz Ângelo consider that the distribution of medication in unit dose can be improved to ensure the use of medication in a safe and effective way. It is important for this service, and globally for the hospital, the optimization of processes that reduces costs and improve the satisfaction.

A conceptual simulation model was constructed in which the entities involved in the system and their respective activities were defined. Later, a computer model was created in *Simul8*, which allows the analysis of the effect of certain alterations.

Some changes in the process have direct impacts on the use of their resources and the safety of the drug circuit. In particular, the change in the number of daily deliveries from one to three, shows itself as a structural change in the drug distribution, which increases the use of Pharmacy Technicians by 2% and Pharmacy Assistants by 2.5%, but it makes the circuit much safer. This safety is confirmed by the reduction of 60% of the time that each unit spends outside the pharmaceutical services.

**Keywords:** Medication, Distribution, Unit dose, Hospital logistics, Discrete-event simulation, Healthcare simulation.

# Índice

Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Acrónimos e Siglas.....	xi
1. Introdução.....	1
1.1 Contextualização do problema.....	1
1.2 Objetivos da dissertação.....	2
1.3 Metodologia da dissertação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Caso de estudo.....	5
2.1 Grupo Luz Saúde.....	5
2.2 Hospital Beatriz Ângelo.....	6
2.3 Serviços Farmacêuticos do HBA.....	7
2.3.1 Estrutura e funcionamento.....	7
2.3.2 Distribuição de medicamentos.....	7
2.4 Identificação do problema.....	12
2.5 Conclusões do capítulo.....	16
3. Revisão bibliográfica.....	17
3.1 Logística hospitalar.....	17
3.2 Distribuição de medicamentos.....	18
3.3 Simulação.....	22
3.3.1 Simulação de eventos discretos.....	22
3.3.2 Simulação na saúde.....	25
3.3.3 Metodologia de modelação com participação iterativa para entendimento.....	28
3.4 Conclusões do capítulo.....	30
4. Metodologia e modelo conceptual.....	31
4.1 Metodologia de modelação aplicada ao problema.....	31
4.2 Elaboração do modelo conceptual.....	34
4.2.1 Entidades do sistema.....	35
4.2.2 Diagramas de ciclo de vida e de atividade.....	36
4.3 Recolha de dados.....	39
5. Desenvolvimento do caso de estudo.....	42
5.1 Tratamento de dados relevantes.....	42

5.2 Modelo computacional .....	45
5.2.1 Construção do modelo em <i>Simul8</i> .....	45
5.2.2 Verificação e validação do modelo .....	54
6. Análise e discussão de resultados .....	61
6.1 Planeamento de experiências .....	61
6.2 Resultados e discussão .....	64
6.2.1 Experiência 1 – Combinação de serviços .....	64
6.2.2 Experiência 2 – Redução de atrasos da Medicação urgente.....	66
6.2.3 Experiência 3 - Redução de medicamentos pedidos por dia .....	68
6.2.4 Experiência 4 – Alteração entre Uma, Três e Seis entregas diárias .....	69
6.3 Resumo e comparação de experiências.....	72
7. Conclusões.....	75
Referências.....	78
Anexo A – Primeira versão do modelo conceptual .....	84
Anexo B – Terceira versão do modelo conceptual.....	85
Anexo C – Diagrama de Ciclo de Atividades.....	86
Anexo D – Registos de dados utilizados nos Serviços Farmacêuticos.....	87
Anexo E – Ilustrações da construção do modelo .....	89
Anexo F – Verificação e Validação.....	91
Anexo G – Exemplo de gráfico retirado do simulador para validação .....	92
Anexo H – Definição do Período de <i>warm-up</i> .....	93
Anexo I – Calendário de entregas do estágio de 2018.....	95

# Lista de Figuras

Figura 1 - Unidades Hospitalares do Grupo Luz Saúde (Adaptado: Luz Saúde, 2019a) .....	6
Figura 2 – Distribuição de medicamentos nos Serviços Farmacêuticos do HBA (Fonte: Hospital Beatriz Ângelo, 2019a) .....	9
Figura 3 - Processo de Distribuição da Dose Unitária do HBA (Fonte: Disponibilizado pelos Serviços Farmacêuticos do HBA) .....	10
Figura 4 – Calendário de Reposição de Stocks Nivelados (Fonte: Disponibilizado pelos Serviços Farmacêuticos do HBA) .....	11
Figura 5 – Medicação revertida de uma dispensa da DU (Fonte: Disponibilizado pelos Serviços Farmacêuticos do HBA) .....	14
Figura 6 – Razões de revertência de medicamentos para o Serviço de Internamento 2.1 (Fonte: Autor) .....	15
Figura 7 – Número de Artigos Revistos por ano (Adaptado: (Volland et al., 2017) .....	18
Figura 8 – Evolução de sistemas com validação prévia (Adaptado: Schneider et al., 2018) .....	19
Figura 9 – Percentagem de hospitais com cada tipo de distribuição (Adaptado: Schneider et al., 2018) .....	20
Figura 10 – Processo de distribuição de medicamentos em dose unitária (Adaptado: SEFH, 2002) .....	21
Figura 11 – Método de Estudo de Simulação (Adaptado: Law e Kelton, 1991) .....	24
Figura 12 - Número de artigos sobre Simulação de Eventos Discretos na Saúde (Adaptado: Zhang, 2018) .....	25
Figura 13 - Metodologia de modelação MAPIU (Adaptado: Baldwin et al., 2004) .....	29
Figura 14 - Diagrama de ciclo de vida do Medicamento .....	36
Figura 15 - Diagrama do ciclo de vida da Medicação Urgente .....	37
Figura 16 - Diagrama do ciclo de vida do Farmacêutico .....	37
Figura 17 - Diagrama do ciclo de vida do Técnico .....	38
Figura 18 - Diagrama do ciclo de vida do Auxiliar .....	38
Figura 19 - Diagrama do ciclo de vida do Carrossel .....	39
Figura 20 - Preenchimento do registo de validações .....	40
Figura 21 - Preenchimento do registo de distribuições .....	40
Figura 22 - Preenchimento do registo de troca de gavetas .....	41
Figura 23 – Preenchimento do registo de pedidos de medicação urgente .....	41
Figura 24 - Configurações iniciais do Simul8 .....	45
Figura 25 - Partição do modelo computacional em Simul8 .....	47
Figura 26 - Configuração da entrada de medicamentos .....	48
Figura 27 - Configuração da atividade Validação .....	48
Figura 28 - Configuração da atividade Entrega Mapa .....	49

Figura 29 - Configuração da atividade Preparação do carro .....	49
Figura 30 - Configuração atividade fictícia Separar dispensa .....	50
Figura 31 - Configuração dos recursos da atividade Picking 1 Serviço 1 .....	51
Figura 32 - Configuração da atividade Conferência.....	51
Figura 33 - Configuração da saída da atividade No Serviço .....	52
Figura 34 - Desenho da saída de medicamentos quando são administrados no serviço .....	52
Figura 35 - Configuração das atividades Envio e Regresso .....	53
Figura 36 - Configuração das atividades Retirada e Reintrodução .....	53
Figura 37 - Configuração das pseudo-atividades de Atraso da medicação urgente .....	54
Figura 38 - Configuração das atividades Validação urgente e Dispensa urgente .....	54
Figura 39 - Verificação da atividade fictícia Separar validações .....	55
Figura 40 - Verificação da atividade Entrega Mapa .....	55
Figura 41 - Verificação de funcionamento do Picking.....	56
Figura 42 - Verificação da atividade Conferência .....	57
Figura 43 - Criação da atividade Esquecidos .....	57
Figura 44 - Verificação da atividade Regresso .....	58
Figura 45 - Período Warm-up para Utilização do recurso Técnico.....	60
Figura 46 - Período Warm-up para Tempo médio de medicamento tomado no sistema.....	60
Figura 47 – Cenários da Experiência 2 – Redução de atrasos da Medicação Urgente .....	62
Figura 48 – Utilização dos recursos (Experiência 1).....	65
Figura 49 - Utilização dos recursos (Experiência 2) .....	66
Figura 50 - Utilização dos recursos (Experiência 3) .....	68
Figura 51 - Utilização dos recursos (Experiência 4 - uma e três entregas).....	69
Figura 52 - Tempo médio no sistema de cada tipo de medicamento (Experiência 4 - uma e três entregas) .....	70
Figura 53 - Utilização dos recursos (Experiência 4 - uma e seis entregas) .....	70
Figura 54 - Tempo médio no sistema de cada tipo de medicamento (Experiência 4 - uma e seis entregas) .....	71
Figura 55 - Primeira versão do modelo conceptual com alterações.....	84
Figura 56 - Terceira versão do modelo conceptual com alterações .....	85
Figura 57 - Diagrama de ciclo de atividades.....	86
Figura 58 - Registo de Validações .....	87
Figura 59 - Registo de Distribuição .....	88
Figura 60 - Registo de Troca de Gavetas e Revertências.....	88
Figura 61 - Registo de Medicação Urgente .....	88
Figura 62 - Implementação do Time Travel igual a zero .....	89
Figura 63 - Configuração da atividade Puxar serviço .....	89
Figura 64 - Configuração das atividades Picking Estante e Externo .....	89

Figura 65 - Configuração das atividades de Picking C1 e Picking C2.....	90
Figura 66 - Resultados retirados para validação da atividade fictícia Separar de Dispensa .....	91
Figura 67 - Resultados retirados para verificação do modelo computacional .....	91
Figura 68 - Gráfico retirado do simulador da fila de espera Espera envio.....	92
Figura 69 - Período Warm-up para Utilização do recurso Farmacêutico.....	93
Figura 70 - Período Warm-up para Utilização do recurso Auxiliar.....	93
Figura 71 - Período Warm-up para Tempo médio de medicamento revertido no sistema.....	94
Figura 72 - Período Warm-up para Tempo médio de medicamento urgente no sistema.....	94
Figura 73 - Calendário de entregas implementado no estágio para 3 entregas diárias .....	95

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Definição de Decisores, Especialistas e Modelador .....	32
Tabela 2 - Tipos de comunicação entre entidades do trabalho .....	33
Tabela 3 - Tipos de informação do sistema .....	33
Tabela 4 - Caracterização das atividades do sistema de dose unitária.....	44
Tabela 5 – Caracterização das atividades do sistema de medicação urgente.....	45
Tabela 6 - Verificação da atividade Separar distribuição.....	56
Tabela 7 - Validação do modelo computacional .....	59
Tabela 8 - Cenários da Experiência 4 - Alteração entre Uma, Três e Seis entregas diárias .....	64
Tabela 9 - Tempo médio de filas de espera (Experiência 1) .....	65
Tabela 10 - Tempo médio no sistema com retirada de atrasos (Experiência 2) .....	67
Tabela 11 – Variação da utilização de recursos (Experiência 4).....	68
Tabela 12 - Resumo de resultados das experiências de simulação.....	72
Tabela 13 - Resumo da influência das experiências no sistema.....	73

# Lista de Acrónimos e Siglas

**OCDE** – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

**HBA** – Hospital Beatriz Ângelo

**JCI** – *Joint Comission International*

**DU** – Dose Unitária

**SDA** – Sistemas de Distribuição Automatizados

**MAPIU** - *Modelling Approach that is Participatory Iterative for Understanding*

# 1. Introdução

Este capítulo pretende introduzir a presente dissertação. Na secção 1.1 contextualiza-se o problema de forma geral dando particular atenção à realidade da saúde em Portugal. Na secção seguinte definem-se os objetivos da dissertação e do problema que se pretende resolver. A secção 1.3 descreve a metodologia utilizada para desenvolver a dissertação e, seguidamente, a secção 1.4 detalha a estrutura da dissertação e descreve o conteúdo de cada capítulo.

## 1.1 Contextualização do problema

De 2007 a 2017, a percentagem do produto interno bruto gasto na indústria da saúde por países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) subiu quase 12%, sendo que para Portugal, esses gastos mantêm-se na média dos países da OCDE, em aproximadamente 9%. Em 2013, os indicadores da OCDE mostravam que os centros hospitalares são responsáveis por 29% dos gastos totais com a saúde (OECD Health at a Glance, 2013) sendo que aproximadamente 30% desses gastos estão diretamente associados às atividades logísticas (Dacosta-Claro, 2002).

A distribuição de medicação no meio hospitalar, enquanto atividade logística, é uma das maiores responsabilidades dos Serviços Farmacêuticos e é um fator essencial no processo de atendimento às necessidades do paciente. Este processo é composto por várias atividades e envolve um elevado número de recursos-humanos o que aumenta o risco de erros na medicação e, conseqüentemente, reações adversas (Noparatayaporn *et al.*, 2017).

Os Serviços Farmacêuticos do Hospital Beatriz Ângelo são responsáveis pela execução de atividades cruciais para o bom funcionamento do Hospital. Estas incluem, entre outras, a validação e distribuição diária de medicamentos a cerca de 435 doentes internados e o acompanhamento e dispensa de medicamentos para aproximadamente 1000 doentes por mês na Farmácia Hospitalar de Ambulatório. Tendo em conta esta infraestrutura complexa, os Serviços Farmacêuticos pretendem adotar um sistema de distribuição de medicamentos adequado e otimizado que se traduza numa utilização segura e eficaz da medicação.

Esta dissertação surge no seguimento de um estágio no âmbito do programa de estágios IST *Summer Internship*, promovido pela Direção de Organização e Processos e pela Direção de Farmácia do grupo Luz Saúde em parceria com a Entidade Formadora do grupo, Hospital da Luz *Learning Health*. Este estágio foi realizado nos meses de julho e agosto de 2018 e, após a sua conclusão, houve interesse por parte da Direção de Farmácia em continuar o projeto que estava a ser desenvolvido.

## 1.2 Objetivos da dissertação

O objetivo dos Serviços Farmacêuticos do Hospital Beatriz Ângelo é melhorar a distribuição de medicamentos para os diferentes serviços do Hospital de forma a garantir o uso de medicação de uma forma segura e eficaz. Assim, o objetivo da dissertação foi o de propor e analisar alternativas ao processo atual de dispensa de medicamentos no Hospital Beatriz Ângelo, utilizando uma metodologia que se adequa à análise deste problema. Neste sentido, a dissertação, teve como objetivos:

- descrever as operações de dispensa de medicamentos dos Serviços Farmacêuticos e identificar as suas ineficiências atuais;
- rever estudos e metodologias científicas com base na literatura, de forma a compreender que métodos estão disponíveis para resolver o problema em causa;
- construir um modelo que seja uma imagem próxima da realidade dos Serviços Farmacêuticos do HBA;
- analisar possíveis alterações ao processo de distribuição atual.

## 1.3 Metodologia da dissertação

Com o propósito de garantir que os objetivos descritos na secção anterior seriam cumpridos, o desenvolvimento da presente dissertação divide-se em duas partes.

Na primeira fase, diretamente relacionada com os capítulos 2 e 3, faz-se uma abordagem teórica ao tema, descrevendo o caso de estudo, identificando as entidades interessadas e apresentando os problemas que se pretende resolver. De seguida, a revisão bibliográfica em que se recolhe, analisa e destaca trabalhos académicos com valor para o tema em estudo.

Na segunda fase, relacionada com os capítulos 4 e 5, desenhou-se o modelo conceptual do sistema de simulação, auxiliado pelas entidades dos Serviços Farmacêuticos, utilizando a estrutura identificada na revisão bibliográfica e recolhe-se os dados importantes para a análise do problema em causa.

Por último, constrói-se o modelo no *software* pretendido, valida-se e verifica-se a aproximação do modelo ao sistema real e definem-se as alterações necessárias a fazer ao modelo para executar as experiências que se pretende fazer para estudar o funcionamento atual do sistema as possíveis alterações. Com as fases anteriores terminadas, tiram-se conclusões em relação às experiências feitas.

## 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está estruturada em 7 capítulos: Introdução; Caso de Estudo; Revisão Bibliográfica; Metodologia e modelo conceptual; Desenvolvimento do caso de estudo; Análise e discussão de resultados; Conclusões.

### **1. Introdução**

Neste capítulo pretende-se contextualizar os motivos que levaram ao desenvolvimento da presente dissertação. Definem-se também os objetivos finais, a metodologia utilizada no seu desenvolvimento e, finalmente, a estruturação da mesma. Concluído este capítulo deve ser claro o que se vai fazer, o porquê e a forma como vai ser executado.

### **2. Caso de estudo**

Este capítulo é dedicado à apresentação do grupo Luz Saúde, ao Hospital Beatriz Ângelo, à descrição dos seus Serviços Farmacêuticos e à identificação das principais dificuldades que estes enfrentam no que respeita à distribuição de medicamentos. No final deste capítulo estarão identificadas as entidades envolvidas no problema, os indicadores que identificaram o problema e como se pretende abordar o mesmo.

### **3. Revisão bibliográfica**

O objetivo do terceiro capítulo é fazer uma revisão dos estudos científicos que serão úteis no desenvolvimento da dissertação. Trabalhos científicos estes que abordam o funcionamento da logística hospitalar, as características e importância da distribuição de medicamentos no meio hospitalar e, finalmente, a simulação como metodologia e a sua aplicabilidade na área da saúde. No fim deste capítulo, deve ser claro que bibliografia foi analisada para o desenvolvimento da dissertação.

### **4. Metodologia e modelo conceptual**

O quarto capítulo serve o propósito de apresentar a implementação da metodologia identificada e a construção do modelo conceptual do sistema de distribuição de medicamentos do Hospital Beatriz Ângelo. Apresentam-se a estruturação do problema, os diagramas de ciclo de vida, desenvolvidos em conjunto com a equipa dos Serviços Farmacêuticos e o método de recolha de dados.

### **5. Desenvolvimento do caso de estudo**

Este capítulo descreve o tratamento dos dados recolhidos assim com detalha a construção do modelo computacional. Apresenta-se também a validação e verificação do modelo computacional.

### **6. Análise e discussão de resultados**

No sexto capítulo, são descritas as experiências desenvolvidas com o modelo computacional, explicando o seu propósito e os potenciais efeitos no sistema de distribuição de medicamentos.

Seguidamente, analisam-se os resultados retirados do software e estuda-se o seu impacto nos recursos dos Serviços Farmacêuticos e no circuito dos medicamentos.

## **7. Conclusões**

Por último, o capítulo 7 apresenta as conclusões finais da presente dissertação, as limitações e dificuldades encontradas durante o seu desenvolvimento, e o trabalho futuro que se pretende desenvolver.

## 2. Caso de estudo

O presente capítulo é dedicado à apresentação do grupo Luz Saúde, o Hospital Beatriz Ângelo (HBA), bem como à descrição do funcionamento dos seus Serviços Farmacêuticos e à identificação das principais dificuldades que estes enfrentam no que respeita à distribuição de medicamentos. A secção 2.1 relata brevemente a história e o estatuto do grupo no mercado português da saúde. Seguidamente, a secção 2.2 descreve o Hospital onde se vai desenvolver este trabalho e onde se refere a sua dimensão e espaço de serviço. Na secção 2.3 é apresentada a estrutura e funcionamento dos Serviços Farmacêuticos do HBA, assim como são descritos pormenorizadamente os métodos de distribuição de medicamentos. Finalmente, na secção 2.4 são enumeradas e descritas as ineficiências detetadas na distribuição de medicamentos, identificando-se o problema que a presente dissertação pretende resolver.

### 2.1 Grupo Luz Saúde

O Grupo Luz Saúde foi criado no ano 2000 (então denominado Espírito Santo Saúde), afirmando-se na atualidade como um dos maiores grupos de saúde no mercado português. Especificamente, no ano 2017, o Grupo registou um resultado líquido de 17,3 milhões de euros que corresponde a um aumento de 1,6% em relação ao ano anterior. Os rendimentos operacionais consolidados aumentaram 7,3%, em relação ao ano anterior, totalizando 483,8 milhões de euros (Luz Saúde, 2019a).

O Grupo desde cedo adquiriu e geriu diferentes centros hospitalares tendo, em 2003, iniciado a construção do Complexo Integrado de Saúde da Luz, que inclui Hospital da Luz e Casas da Cidade. Em 2014, tornou-se a primeira empresa privada do setor da Saúde cotada em bolsa e, em outubro do mesmo ano, a seguradora Fidelidade Companhia de Seguros S.A. passou a ser acionista maioritária alterando o nome do grupo para Luz Saúde (Luz Saúde, 2019b).

Desde então, o Grupo construiu uma rede integrada em várias regiões do país (ver Figura 1) num total de 30 unidades onde se incluem 14 hospitais privados, 1 hospital do Serviço Nacional de Saúde, explorado pelo grupo em regime de parceria público-privada – o Hospital Beatriz Ângelo, que será o objeto de estudo deste trabalho, 13 clínicas privadas a operar em regime de ambulatório e 2 residências sénior (Luz Saúde, 2019b).



Figura 1 - Unidades Hospitalares do Grupo Luz Saúde (Adaptado: Luz Saúde, 2019a)

## 2.2 Hospital Beatriz Ângelo

Localizado na Quinta da Caldeira em Loures, o Hospital Beatriz Ângelo é um hospital público integrado no Serviço Nacional de Saúde desde 2012. A unidade é objeto de uma parceria público-privada entre o Estado Português, a SGHL - Sociedade Gestora do Hospital de Loures S.A. (subsidiária do grupo Luz Saúde) e a HL - Sociedade Gestora do Edifício S.A. (Hospital Beatriz Ângelo, 2019a).

O projeto do HBA foi desenvolvido de raiz tendo sido assinado o contrato de gestão do hospital no final do ano 2009 e realizada a cerimónia de lançamento da primeira pedra em janeiro do ano seguinte. A abertura dos serviços do HBA foi faseada, tendo sido iniciada em janeiro de 2012 com os serviços de Dermatologia e Pediatria, terminando um mês depois com a abertura de todos os outros serviços (Luz Saúde, 2019c).

O HBA tem como missão “Prestar cuidados de saúde à população da sua área de influência, (...) e baseados em princípios de eficácia, qualidade e eficiência; contribuir para o desenvolvimento da investigação e para a formação de profissionais na sua área de atividade”. A visão do hospital é “ser um operador de referência na prestação de cuidados de saúde, pela prática de uma medicina de elevada qualidade e pela excelência na coordenação e integração com os vários níveis de cuidados” (Hospital Beatriz Ângelo, 2019b).

Apostando na qualidade, o HBA procurou e obteve acreditação pela *Joint Commission International* (JCI) em novembro de 2013 (Hospital Beatriz Ângelo, 2019c). Esta acreditação de reconhecimento internacional foi atingida após um processo de avaliação e auditoria que confirmou que o HBA respeita, a todos os níveis, elevados padrões de qualidade e segurança dos seus doentes

relativamente a todos os serviços clínicos e não clínicos. No total, foram avaliados cerca de 1300 parâmetros de qualidade e segurança, tendo o HBA obtido 98% de conformidade com os padrões internacionais estabelecidos.

O HBA serve agora cerca de 278.000 habitantes dos concelhos de Loures, Odivelas e Sobral de Monte Agraço, dispondo, para este efeito, de 424 camas de internamento, 44 gabinetes de consulta externa, 8 salas de bloco operatório, 64 postos em hospital de dia com o envolvimento de cerca de 1200 colaboradores (Hospital Beatriz Ângelo, 2019c).

## 2.3 Serviços Farmacêuticos do HBA

Os Serviços Farmacêuticos do HBA são responsáveis pela execução de atividades cruciais para o bom funcionamento do Hospital. Estas incluem, entre outras, a validação e distribuição diária de medicamentos a cerca de 435 doentes internados, o acompanhamento e dispensa de medicamentos para aproximadamente 1000 doentes por mês na Farmácia Hospitalar de Ambulatório e 280 doentes em Hospital de Dia Médico (Hospital Beatriz Ângelo, 2019d).

### 2.3.1 Estrutura e funcionamento

Estes serviços estão situados no piso -1 do HBA e têm uma área aproximada de 840 m<sup>2</sup>. Nesta área estão incluídos: Unidade de Farmacotecnia onde se preparam compostos necessários às atividades e reembalagem de formas orais sólidas; Área de Distribuição onde se encontram 2 armazéns rotativos verticais e uma mesa de *sorting*, utilizados nos diferentes processos de distribuição de medicamentos; 3 armazéns de medicamentos ou outros. A equipa é composta por 3 membros Administrativos, 14 Técnicos Superiores de Diagnóstico e Terapêutica (doravante referido como Técnico de Farmácia), 8 Auxiliares de Ação Médica (doravante referido como Auxiliar de Farmácia) e 16 Farmacêuticos, que são a equipa necessária ao bom funcionamento dos Serviços Farmacêuticos. Na secção seguinte, será descrita em detalhe a distribuição de medicamentos que será o foco da presente dissertação.

### 2.3.2 Distribuição de medicamentos

A distribuição de medicamentos é a atividade dos Serviços Farmacêuticos que mais visibilidade tem perante os diferentes Serviços Hospitalares. Ela assegura a validação das prescrições com verificação de interações medicamentosas, necessidades de ajuste de dose por insuficiência renal ou hepática, alterações de medicamento ou de via de administração, entre outros. Assegura também a entrega de medicamentos aos pacientes sendo que a preparação dos medicamentos validados é executada por Técnicos de Farmácia. Os objetivos desta distribuição são de disponibilizar os medicamentos à equipa de enfermagem para que esta possa proceder à administração dos mesmos de acordo com as prescrições, permitindo reduzir o tempo de manipulação de medicamentos e, como

tal, o risco de erros de preparação e de administração, assim como a racionalização de custos (Infarmed, 2019).

Com efeito, este é um sistema complexo para os serviços farmacêuticos que exige um nível elevado e constante de controlo e gestão. Esse controlo é realizado sobre três tipos de distribuição:

- Distribuição a Doentes em regime de Internamento:
  - Sistema de Distribuição em Dose Unitária (DU) e/ou individual
  - Sistema de Reposição de *Stocks* Nivelados
- Distribuição a Doentes em regime de Ambulatório;
- Distribuição de medicamentos sujeitos a legislação restritiva, como:
  - Estupefacientes e Psicotrópicos
  - Hemoderivados

Para os efeitos deste trabalho, vão apenas ser estudadas as distribuições a doentes em regime de internamento. Adicionalmente, será descrito o processo de Medicação Urgente que serve de auxiliar aos acima referidos.

### 2.3.2.1 Sistema de distribuição em Dose Unitária e/ou individual

A distribuição de medicamentos envolve a sua entrega em dose individualizada e em dose unitária. A dose individualizada está relacionada com a quantidade de medicamentos que existe numa embalagem individual com a informação necessária, enquanto a dose unitária corresponde à dose de medicamento prescrita para um dado doente, a ser administrada de uma só vez e a determinada hora (Ordem dos Farmacêuticos, 2019). De forma sucinta, trata-se de distribuir medicamentos para cada doente, sendo os medicamentos distribuídos unitariamente e em intervalos de tempo definidos.

Para que este sistema funcione, é necessária a distribuição diária de medicamentos, em dose individual unitária, para um período de 24 horas. Dado que os Serviços Farmacêuticos do HBA não funcionam aos fins-de-semana para a DU, a medicação enviada à sexta-feira terá de ser distribuída para um período de 72 horas. No caso do HBA, para alguns serviços, é preparada dose unitária também ao sábado, ou seja, para um período de 48 horas. Analogamente, em feriados durante a semana, a medicação deve ser distribuída de acordo com as necessidades (Infarmed, 2019).

O sistema de distribuição em DU destina-se fundamentalmente a serviços com doentes em regime de internamento. Dos 37 serviços hospitalares abertos aos utentes do HBA, 16 são de internamento e, conseqüentemente, servidos pela DU. A frequência com a qual é enviada medicação depende das exigências do serviço e de uma estrutura estabelecida pelos Serviços Farmacêuticos. Como exemplo, esses 16 serviços recebem DU todos os dias da semana. No entanto, além da dispensa de DU durante a semana, os serviços de Internamento 3.1 a 3.3 e Internamento 4.1 a 4.3, exigem dispensa de medicação ao sábado.

O processo da DU está representado na Figura 2. De forma a facilitar a explicação e posterior análise da DU, o referido processo está dividido em 4 sub-processos com o objetivo de isolar as atividades que são executadas por um só elemento da equipa: 1) Validação, 2) Distribuição, 3) Transporte e 4) Revertências.

### Validação

O Processo da DU inicia-se com a geração do Mapa de Dose Unitária que, para cada serviço, indica todas as novas prescrições feitas para os doentes desse serviço. O Farmacêutico dedicado a esse serviço validará a prescrição com o objetivo de garantir que toda a medicação prescrita está de acordo com o contexto clínico do doente. Esta atividade inicia-se da parte da manhã e até à hora de fecho das validações de determinado serviço, todas as prescrições têm de ter o parecer do Farmacêutico responsável desse serviço. Após estar terminado, o mapa para dispensa da medicação será enviado para ser devidamente preparado. Para os 16 serviços que têm DU, há entre 7 e 8 Farmacêuticos responsáveis por esta tarefa.

### Distribuição/Preparação

Após a receção do mapa para distribuição dos medicamentos, os carros da DU são preparados para o serviço ao qual vão ser entregues. Estes carros consistem em conjuntos de gavetas que são recebidos pelos serviços. Cada gaveta é atribuída a um doente e devidamente identificada com a sua informação. Em hora definida, é dispensada a medicação para as gavetas. Para executar esta tarefa, os Técnicos de Farmácia têm ao seu dispor dois carrosséis verticais coordenados por um sistema informático que agiliza o *picking* de medicamentos, podendo ser utilizados em simultâneo. Existem alguns medicamentos que não podem ser acondicionados nos carrosséis verticais e, por isso, são colocados, pelo sistema informático, numa zona denominada por Estante. A distribuição de medicamentos deve ser executada por dois Técnicos de Farmácia (ver Figura 3). Se for executada apenas por um, a medicação terá de ser conferida por um outro de forma a minimizar a probabilidade de ocorrência de erros de distribuição.



Figura 2 – Distribuição de medicamentos nos Serviços Farmacêuticos do HBA (Fonte: Hospital Beatriz Ângelo, 2019a)

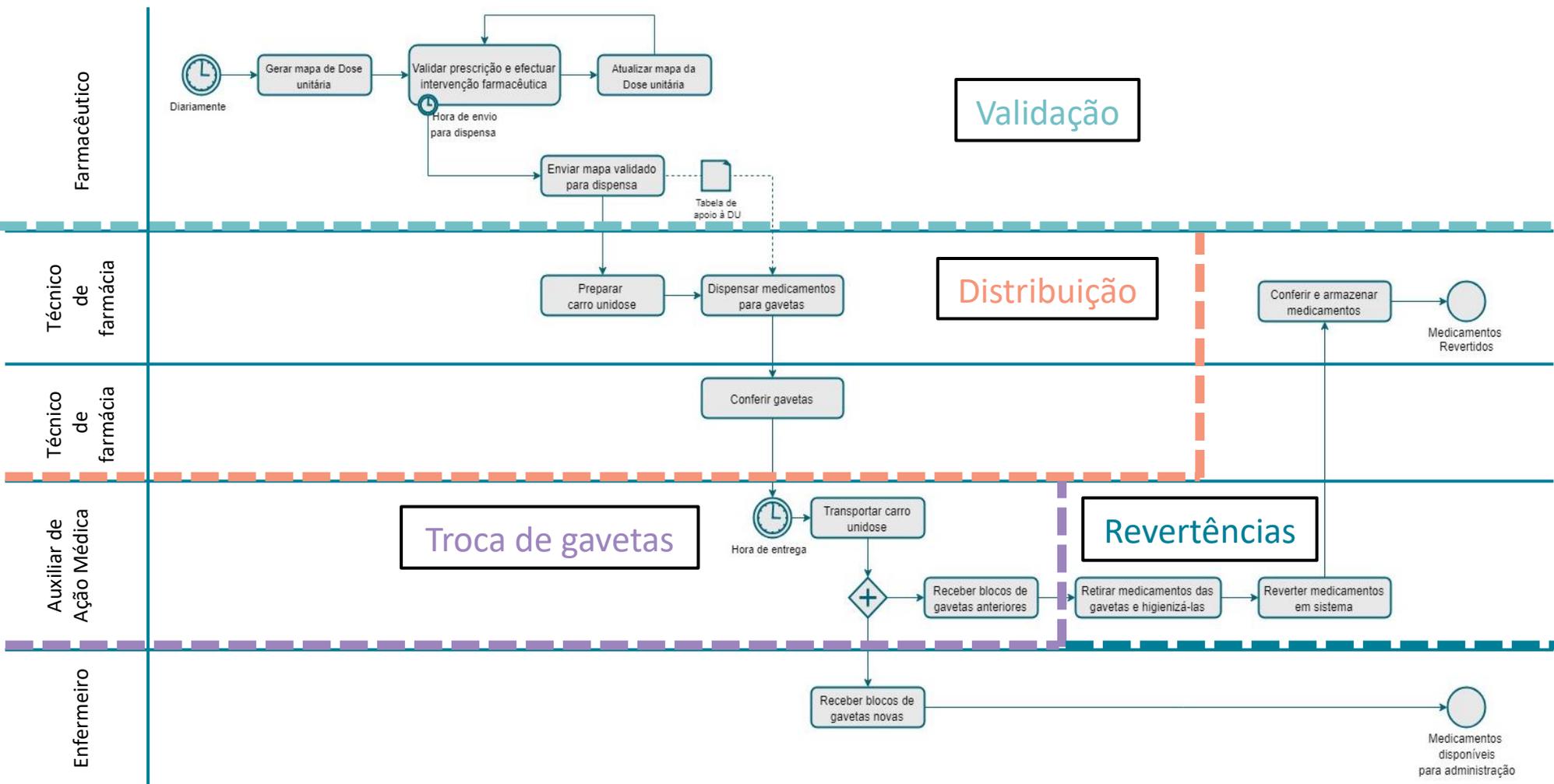


Figura 3 - Processo de Distribuição da Dose Unitária do HBA (Fonte: Disponibilizado pelos Serviços Farmacêuticos do HBA)

## Transporte

Chegada a hora de entrega da medicação, um Auxiliar de Farmácia irá transportar os carros da DU para o serviço, processo este que tem duração dependente da distância entre os serviços hospitalares e os Serviços Farmacêuticos. De seguida, são recolhidos os carros do dia anterior e transportados de volta aos Serviços Farmacêuticos. Para executar esta fase, é necessário um único Auxiliar de Farmácia.

## Revertências

Já nos Serviços Farmacêuticos, a medicação não administrada é retirada das gavetas dos carros da DU do dia anterior e estas são limpas e higienizadas. Os medicamentos revertidos são contabilizados, organizados num carro auxiliar e introduzidos no sistema informático por um Auxiliar de Farmácia. No fim do dia de trabalho, quando as entregas a todos os serviços estiverem cumpridas, a medicação deles revertida é reintroduzida nos carrosséis verticais por um Técnico de Farmácia.

### 2.3.2.2 Sistema de reposição de stocks nivelados

Neste processo de distribuição faz-se a reposição de *stocks* nivelados de medicamentos sendo que os níveis de *stock* e periodicidade de reposição estão claramente definidos. Os *stocks* presentes nos serviços são utilizados para medicamentos que não são enviados por outras vias internas do hospital ou para utilizações de emergência do serviço (Infarmed, 2019).

Dependente da taxa de utilização de medicamentos em *stock* de cada serviço, a periodicidade de verificação de *stocks* difere. Como se pode ver na Figura 4, o Serviço de Urgência exige reposição diária, enquanto o Serviço de Psiquiatria necessita apenas de uma reposição semanal. A entrega de medicação ocorre sempre de manhã até às 12 horas.

PHARMACY DELIVERY SCHEDULE				
MON	TUE	WED	THU	FRI
URGÊNCIA	URGÊNCIA	URGÊNCIA	URGÊNCIA	URGÊNCIA
MED 4.2	UCI E UCINT	MED 4.3	BLOCO CENTRAL	IMAGIOLOGIA
CE OBST/GINEC	URG PEDIÁTRICA	INFECCIOLOGIA	MED 3.4	MFR
BLOCO CENTRAL	MED. 3.2	NEONATOLOGIA	MED 4.1 E CIRC. 2.3	UCI E UCINT
MED NUCLEAR	CIR. 2.1 E 2.2	ESTERILIZAÇÃO	PEDIATRIA 2.4	OBSTETRICIA (INTERNAMENTO)
MED 3.3 E CE 2/3/4	BLOCO DE PARTOS	ANATOMIA PATOLÓGICA	PSIQUIATRIA	
HDC		HDM - ONCOLOGIA	PSIQUIATRIA HOSPITAL DE DIA	
		HDM - DIÁLISE	BLOCO DE PARTOS	
		CE PEDIATRIA		
		UNIDADE DE DOR		
		MED 3.1		

Figura 4 – Calendário de Reposição de Stocks Nivelados (Fonte: Disponibilizado pelos Serviços Farmacêuticos do HBA)

No dia em que se dá a reposição, o *stock* é contabilizado pelo Enfermeiro de serviço que regista no sistema informático do Hospital as quantidades existentes. Essa informação é automaticamente recebida pelos Serviços Farmacêuticos e é gerada a lista de reposição. Os grandes volumes são preparados pelos

Auxiliares e os outros medicamentos e produtos farmacêuticos pelos Técnicos de Farmácia que adicionam os produtos recolhidos em caixas próprias para o efeito. Quando a distribuição dos medicamentos estiver concluída, um Auxiliar de Farmácia transporta a medicação e outros para o serviço e recolhe as caixas da entrega anterior. Para executar esta tarefa, os Serviços Farmacêuticos têm ao seu serviço dois carrosséis verticais com medicamentos (os mesmos utilizados na DU), uma mesa de *sorting*, as caixas utilizadas para entrega das reposições de *stock* e estante com medicamentos e outros de grande volume.

### 2.3.2.3 Medicação urgente

A dispensa de medicação urgente é um processo auxiliar aos descritos anteriormente sendo que não se encontra descrito no Manual da Farmácia Hospitalar publicado pelo Ministério da Saúde (Infarmed, 2019). Este processo é utilizado para colmatar necessidades extraordinárias de medicação que, por determinada razão, não se encontra disponível no serviço. Estes pedidos ocorrem em casos como entrada de novo doente no serviço após entrega da DU, necessidade de medicação que não se encontra disponível em *stock* ou reposições de *stock* não colmatadas, sendo que este último não é desejável que aconteça.

Para fazer a requisição de medicação urgente, o enfermeiro de serviço faz um pedido por escrito (em documento próprio) com dados do doente e medicação necessária na sequência de uma prescrição médica, quando o medicamento em causa não se encontra disponível e o início do medicamento está agendado para um horário prévio à chegada da próxima DU. Este pedido é entregue em mão nos Serviços Farmacêuticos ou chega via sistema de transporte pneumático em tubo (Woodford, 2019) presente em vários serviços do Hospital. Este pedido, tal como para todos os casos anteriores, exige validação de um Farmacêutico e, é preparado pelo Técnico de Farmácia ou Auxiliar de Farmácia dependendo das características do medicamento. Se validado, é enviado pelo sistema de vácuo ou, se as dimensões não o permitirem, é entregue em mão ao Enfermeiro do serviço que fez o pedido tendo este de se deslocar pessoalmente aos Serviços Farmacêuticos. Este pedido pode acontecer em qualquer altura do dia, em simultâneo com outras atividades da Farmácia sendo que, por vezes, é necessário parar, momentaneamente, as atividades regulares para atender estes pedidos urgentes.

Os Serviços Farmacêuticos têm ao seu dispor, o já referido sistema de transporte pneumático em tubo que serve todo o Hospital. Alguns medicamentos, pelas suas características, não podem ser enviados por este sistema, como são exemplo os medicamentos citotóxicos, proteínas, medicamentos termolábeis, entre outros. Por não ser exclusivo para pedidos de medicação urgente, este sistema pode ter tempos de espera demasiados longos para o efeito. Além deste sistema, todos os equipamentos já referidos nas secções anteriores estão disponíveis para utilização.

## 2.4 Identificação do problema

Tendo em conta que os processos descritos anteriormente funcionam no HBA para vários serviços hospitalares, é clara a sua complexidade e a exigência de recursos humanos. É do interesse dos Serviços

Farmacêuticos encontrar os procedimentos que melhor se adequem às necessidades de todo o Hospital e que minimizem erros e custos relacionados com medicação, assim como otimizem a utilização dos seus recursos humanos.

Atualmente, o horário de preparação de medicamentos nos Serviços Farmacêuticos é composto por Reposições de *Stock* das 09:30 h às 12:00 h, seguido da distribuição da DU até ao encerramento dos serviços farmacêuticos às 20:00 h. Das 20:00 h às 22:00 h procede-se a revertências e carregamento de carrossel. Ao longo deste horário, é possível preparar pedidos de medicação urgente para qualquer Unidade que deles necessite. Ao sábado, os Serviços Farmacêuticos funcionam entre as 11:00 h e as 18:00 h sendo que, entre outras atividades, são preparados pedidos de medicação urgente e dispensada a DU para 6 serviços.

Ao analisar a distribuição de medicação por DU, identificam-se ineficiências que não estão em linha com os objetivos dos Serviços Farmacêuticos nesta atividade, objetivos estes que são:

- Aumentar a segurança no circuito do medicamento;
- Conhecer melhor o perfil farmacoterapêutico do doente;
- Diminuir o risco de interações;
- Racionalizar melhor a terapêutica;
- Atribuir mais corretamente os custos;
- Reduzir o desperdício.

De seguida, identificam-se essas ineficiências separando a distribuição da DU nos sub-processos identificadas na secção 2.3.2.1.

## Validação

Neste sub-processo, o Farmacêutico assegura que o medicamento é utilizado de acordo com as indicações aprovadas e de forma ajustada a cada doente, permitindo assim uma otimização da terapêutica. Deste modo, reduz-se o número de reações adversas à medicação e, conseqüentemente, o tempo de permanência do doente no hospital e o seu custo (Hepler e Strande, 1990).

Pretende-se que a terapêutica do doente tenha um acompanhamento constante por parte dos Farmacêuticos e uma única dispensa diária não permite esse controlo. Foi efetuado um teste-piloto em um Serviço de Internamento 2.1 (Serviço de Pós-Operatório), onde se aumentou o número de dispensas diárias para 3 vezes ao dia (às 11:00, às 15:00 e às 20:00 de cada dia). Este teste teve a duração de 2 meses (julho e agosto de 2018), que coincidiu com o período em que autor deste trabalho estagiou e desenvolveu um projeto que pretendia aferir a situação atual da distribuição por DU. Para isso, foram recolhidos dados durante o período do estágio em que se observou um aumento de 22% no número médio de validações diárias quando se passou de 1 dispensa diária (média diária de 58 validações) para 3 dispensas diárias (média diária de 71 validações). Este aumento é desejado dado que mais prescrições

foram validadas o que comprova um acompanhamento mais rigoroso. É também de notar que estas 3 dispensas aumentaram o tempo despendido pelo farmacêutico em apenas 6%.

### Distribuição/Preparação

No caso da distribuição, o sistema informático associado aos carrosséis verticais e estantes é a fonte de ineficiência mais clara. Quando é pedido ao sistema que prepare um serviço, todo o sistema fica retido, o que leva à interrupção de qualquer atividade que esteja a ser executada nesse momento que utilize os carrosséis. É também importante referir que, para um só serviço hospitalar, o tempo de espera é em média de 3 minutos o que é significativo quando se verifica que este se estende a todos os 16 serviços com DU.

A quantidade de medicação distribuída é também um fator a ter em conta. Para serviços com uma elevada rotatividade de doentes (como são os serviços de internamento pós-operatório), a preparação da terapêutica para as 24 horas seguintes pode não se adequar à sua necessidade real. Para o caso de um doente que tem alta hospitalar logo após a chegada da medicação ao serviço, essa medicação já não será administrada e tem de ser devolvida aos Serviços Farmacêuticos. Isto implica que foi feito trabalho que não traz utilidade ao processo.

### Revertências

Como referido anteriormente, é regular o envio de medicação para doentes que acabam por ter alta num determinado serviço durante o período para o qual foi preparada a DU, e essa medicação deve ser devolvida aos Serviços Farmacêuticos. Isto acontece porque não é possível ter conhecimento absolutamente seguro acerca das altas que se irão efetivar durante o período para o qual foi preparada a DU. A medicação que não é administrada é verificada e reintroduzida no sistema e é do interesse da Farmácia que a quantidade revertida seja a mais baixa possível visto que é evidência de trabalho executado por Técnicos e Auxiliares de Farmácia que não acrescenta valor ao processo. Mais uma vez, para os testes do serviço de internamento referentes aos meses de julho e agosto, 26% dos medicamentos que eram enviados (2589 medicamentos enviados nos testes de uma distribuição diária) eram revertidos no dia seguinte (Figura 5). Estas observações foram feitas *in loco*, contabilizando e registando os diferentes medicamentos que eram devolvidos aos Serviços Farmacêuticos. Estes números são mais expressivos quando se analisam os fins-de-semana (880 medicamentos enviados num fim-de-semana) em que ocorreram mais de 50% de revertências.



Figura 5 – Medicação revertida de uma dispensa da DU (Fonte: Disponibilizado pelos Serviços Farmacêuticos do HBA)

Foram também estudadas as razões da medicação ter sido revertida, tendo-se verificado que em 33% dos casos (ver Figura 6), o sistema assinalava que a medicação tinha sido administrada, o que leva à hipótese da utilização desnecessária do *stock* disponível no serviço. Esta utilização é indesejada visto que escapam ao controlo dos Serviços Farmacêuticos, o que aumenta o risco de erros de administração e de outros problemas relacionados com o medicamento. Para fazer a análise das razões de revertência, foram recolhidas as informações do paciente ao qual não foi administrada a medicação e identificada a razão com o auxílio da equipa de Farmacêuticos, Técnicos de Farmácia e sistema informático do hospital.

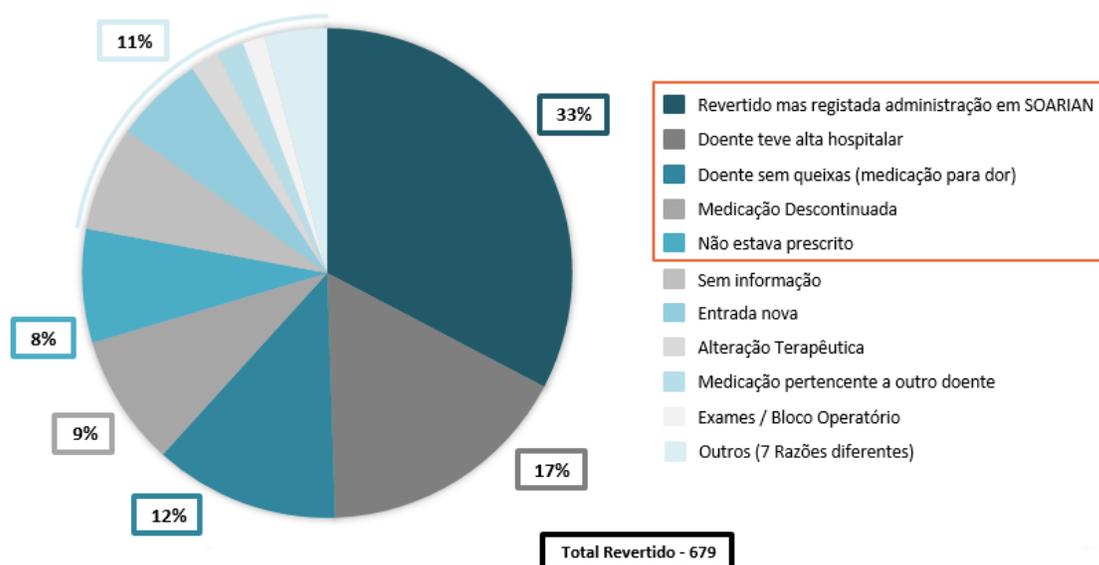


Figura 6 – Razões de revertência de medicamentos para o Serviço de Internamento 2.1 (Fonte: Autor)

## Medicação urgente

Pretende-se que este processo não seja utilizado com regularidade, sendo apenas auxiliar à DU. Para o Serviço de Internamento 2.1, e durante o período de análise à distribuição única diária, verificou-se que há, em média, 4 pedidos de medicação urgente por dia, totalizando 76 pedidos no período em análise. Entre os pedidos de medicação urgente para doentes individuais, este processo estava a ser utilizado para reposições de *stock*. Este número mostra que há uma utilização indesejada deste processo e que a DU diária pode não se adequar a todo o tipo de serviços. Verificou-se, também, que para 3 dispensas diárias, o número de pedidos de medicação urgente descia para metade. Para os Serviços Farmacêuticos, é desejável que este processo seja utilizado apenas em último recurso, uma vez que provoca disrupção nas atividades dos farmacêuticos, dos técnicos e, muitas vezes dos auxiliares da farmácia e dos serviços clínicos.

## 2.5 Conclusões do capítulo

Neste capítulo foram caracterizados o Grupo Luz Saúde, o Hospital Beatriz Ângelo e foram retratadas a estrutura e funcionamento dos Serviços Farmacêuticos do HBA. Em particular, foram descritos o funcionamento dos diferentes tipos de distribuição de medicamentos e as suas ineficiências, em que a dissertação se foca.

Atualmente, os Serviços Farmacêuticos consideram que a DU é um sistema que pode ser alterado e melhorado de forma a garantir o uso de medicação de uma forma segura e eficaz, otimizando as ineficiências detetadas. O desafio passa por aferir se o sistema atual é o mais adequado para o efeito (1 dispensa diária) ou se os Serviços Farmacêuticos do HBA o devem alterar, qual o processo a implementar e se todos os serviços devem funcionar segundo o mesmo sistema. O teste-piloto em um serviço permitiu concluir que 3 dispensas diárias aumentam o tempo que os recursos-humanos dos Serviços Farmacêuticos estão ocupados com o processo da DU. No entanto, o número de medicamentos enviados em DU e o número de pedidos de medicação urgente diminuem. Esta situação é desejada pois torna o circuito do medicamento mais seguro e uma terapêutica mais adequada. Torna-se necessário estudar qual o número ótimo de dispensa diárias, testando o limite de dispensa por hora de toma de medicação.

## 3. Revisão bibliográfica

Este capítulo é dedicado à revisão dos trabalhos científicos no que diz respeito ao funcionamento da logística hospitalar, às características e importância da distribuição de medicamentos no meio hospitalar e, finalmente, à simulação como metodologia e a sua aplicabilidade na área da saúde. A secção 3.1 identifica a importância do estudo da logística hospitalar, começando ao nível mundial e particularizando até a uma única unidade hospitalar. A secção 3.2 detalha a distribuição de medicamentos no meio hospitalar e refere as suas complexidades e desafios. Finalmente, a secção 3.3 descreve a simulação como ferramenta a ser utilizada na presente dissertação, explicando os seus componentes, o seu funcionamento, a sua aplicabilidade na área da saúde e metodologias de modelação a aplicar.

### 3.1 Logística hospitalar

A Logística Hospitalar envolve o processo de manuseamento de bens físicos (e.g. medicamentos, materiais cirúrgicos, equipamentos médicos, roupa, refeições, etc.) e os respetivos fluxos de informação, desde a receção dos bens vindos do exterior do hospital até à entrega aos pacientes que se encontram nos diferentes serviços hospitalares (Moons, Waeyenbergh, e Pintelon, 2019). No passado, comparando com outras indústrias, a logística e gestão dos fluxos internos do hospital não tem tido a prioridade exigida pelas estatísticas já identificadas. As razões que explicam esta falta de preocupação estão relacionadas com a complexidade inerente às cadeias de abastecimento hospitalar e com a menor importância que tem sido atribuída em relação ao principal objetivo do hospital que é o tratamento dos seus pacientes (Beier, 1995).

No entanto esta tendência tem vindo a mudar. A figura 7 mostra o crescimento do número de publicações ocorrido nos últimos anos (Volland *et al.*, 2017). Os autores classificam a literatura identificada em 4 tópicos que são considerados os temas principais de investigação na área: *Supply and Procurement*; *Inventory Management*; *Distribution and Scheduling*; *Holistic Supply Chain Optimization*. Chama-se a atenção do leitor para o terceiro tema, *Distribution and Scheduling*, sobre o qual incidirá esta dissertação.

Segundo a nomenclatura usada por Volland *et al.* (2017), as categorias que têm maior crescimento nos últimos anos são *Distribution and Scheduling* e *Inventory Management*. Em conjunto e em comparação com o período 2009 - 2011, registam uma subida para mais do dobro no período 2012 - 2014. Apesar desta tendência, os autores identificam uma lacuna evidente na literatura que está relacionada com a aplicação de casos de estudo e investigação conceptual no tema *Distribution and Scheduling*.

Chama-se a atenção para alguns trabalhos em *Inventory Management* que podem ser interessantes para o desenvolvimento da dissertação. Os autores Danas *et al.* (2002) conceptualizam a existência de uma Farmácia Hospitalar onde se armazenariam todos os produtos farmacêuticos para servir uma determinada área geográfica de forma a tornar o armazenamento destes produtos mais eficiente. Esta possibilidade exigiria mudanças consideráveis na logística interna hospitalar e os autores assinalam como trabalho futuro

a modelação e simulação deste sistema. Pasin *et al.* (2002) estudam o impacto de centralizar o inventário farmacêutico usando a simulação para estudar vários cenários propostos.

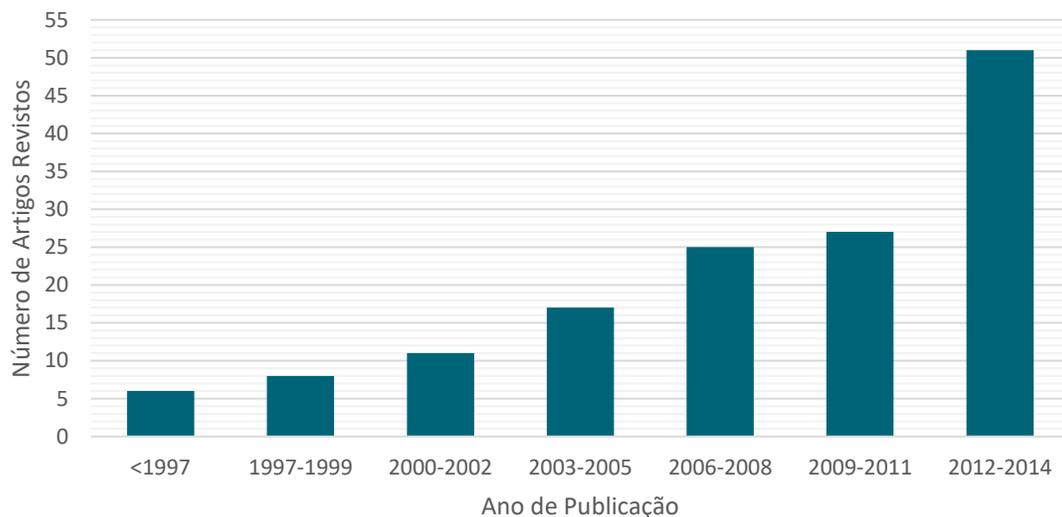


Figura 7 – Número de Artigos Revisados por ano (Adaptado: (Volland *et al.*, 2017))

Para os profissionais de saúde e investigadores da área, o potencial de otimização da logística interna de um hospital é significativo, sendo que a principal vantagem é que a diminuição de custos não afeta diretamente a qualidade de serviço ao paciente (Jarrett, 1998). Consequentemente, a meta principal de um centro hospitalar é a de ter um sistema coordenado que atenta aos seus pacientes com grande eficiência e qualidade, a um custo razoável disponibilizando os recursos hospitalares quando e onde são precisos (Hall, 2012).

Constata-se, finalmente, que as atividades diretamente associadas à Logística Hospitalar são críticas para garantir a segurança, disponibilidade e custo reduzido dos produtos hospitalares (Moons, Waeyenbergh e Pintelon, 2019). A excelência nas atividades operacionais é alcançada através de uma boa gestão de inventários e sistemas de distribuição combinada com constantes melhorias na cadeia de abastecimento interno e uma melhor integração com a qualidade de serviço ao paciente (Denton, 2013).

## 3.2 Distribuição de medicamentos

A distribuição de medicação é uma das maiores, se não a maior, responsabilidade dos Serviços Farmacêuticos sendo uma parte essencial no processo de atendimento às necessidades do paciente e que tem um impacto claro sobre a efetividade do tratamento dos mesmos. Este processo é composto por várias atividades e envolve um elevado número de recursos-humanos o que aumenta o risco de erros na medicação e, consequentemente, reações adversas (Noparatayaporn *et al.*, 2017).

A tecnologia continua a dar a oportunidade de melhoria na eficiência e segurança da administração de medicação. O acesso dado aos Farmacêuticos dos pedidos de medicação e da informação clínica do

paciente (sem este se ter de deslocar ao serviço) torna este processo menos moroso e reduz a necessidade de haver um Farmacêutico 24 horas por dia no serviço onde a medicação será administrada (Schneider, Pedersen e Scheckelhoff, 2018). Estes autores realizaram um estudo transversal no qual identificaram a percentagem de hospitais em que existia validação antes da administração de medicamentos. Como consequência do acesso à informação dos doentes à distância disponibilizada aos Farmacêuticos, houve uma melhoria clara na eficiência do Farmacêutico na validação (também referido como revisão) da medicação (ver Figura 8).

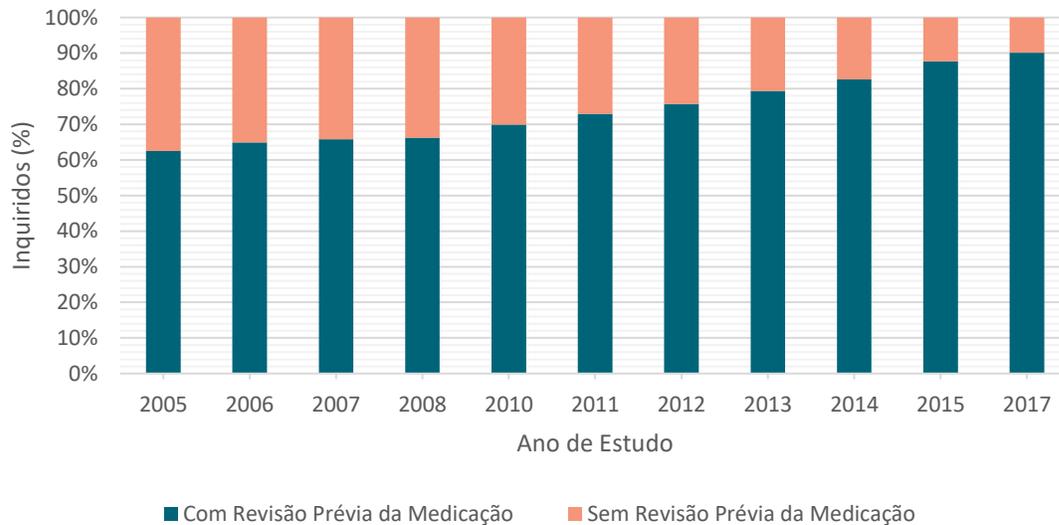


Figura 8 – Evolução de sistemas com validação/revisão prévia (Adaptado: Schneider et al., 2018)

Desde que se desenvolveram sistemas seguros para a distribuição e dispensa de medicação com a possibilidade de os colocar com segurança fora dos Serviços Farmacêuticos, tem havido uma tendência de descentralizar o sistema de distribuição, ou seja, a utilização de armários automatizados disponíveis nos serviços hospitalares, como mostra a figura 9 (Schneider, Pedersen e Scheckelhoff, 2018).

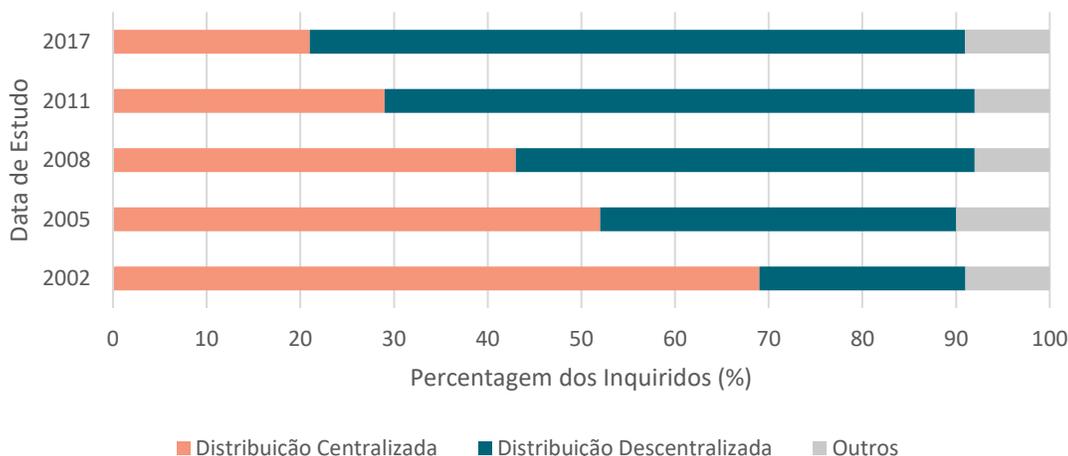


Figura 9 – Percentagem de hospitais com cada tipo de distribuição (Adaptado: Schneider et al., 2018)

Os estudos supramencionados são referentes aos hospitais dos Estados Unidos da América no ano de 2017. Adicionaram-se estes estudos à revisão bibliográfica dado que o estudo mais recente relativo a países europeus é de 2010 permitindo assim tirar algumas conclusões. Um inquérito feito pela *European Association of Hospital Pharmacists* em 2010 mostra que, até à data, os países europeus ainda estavam longe da realidade americana, havendo alguns pontos a notar. À data deste inquérito, aproximadamente 70% (n=1024) dos hospitais europeus tinham distribuição centralizada e 23% usavam dose unitária. Em particular, dos hospitais inquiridos, 50% dos hospitais portugueses já usavam dose unitária como processo de distribuição e medicação. É também de notar que a automação ainda não era frequentemente utilizada apesar de se ter registado um crescimento nesta área. Os resultados do inquérito mostram também que Portugal era dos países com maior crescimento em automação no processo de distribuição.

Ao rever a bibliografia sobre os processos de distribuição de medicação, rapidamente se identificam algumas discrepâncias na classificação que se dá às diferentes estruturas. Pereira *et al.* (2016) diferencia os sistemas como *singular* ou *conjunto* dependente da quantidade de circuitos existentes no Hospital para um determinado serviço. Com mais detalhe, Noparatayaporn *et al.* (2017) divide os sistemas entre *Sistemas de Dispensa Manuais*, *Sistemas de Dispensa Automatizados* e *Sistemas de Dispensa Automatizados Modificados*, em que este último é um sistema que envolve parte manual e parte automatizada. Outro exemplo é o de Schneider *et al.* (2018) em que a divisão é feita entre *Sistemas Centralizados* e *Sistemas Descentralizados* e em cada um divide entre manual e automatizado. Adicionalmente, os autores fazem diferentes classificações da Dose Unitária, considerando que é centralizado ou não. Torna-se claro que não há uma classificação unânime e sistematizada para este processo. No entanto, surge a necessidade de dividir os diferentes tipos de distribuição que permita uma análise mais clara. Após apresentar a situação aos decisores deste problema, estes identificaram (SEFH, 2002) como referência para as farmácias hospitalares da Península Ibérica publicado pela *Sociedad*

*Española de Farmacia Hospitalaria*. Vai então ser utilizada a classificação dos processos de distribuição de medicação segundo este documento.

No que respeita à dispensa e distribuição de medicamentos, define-se primeiramente a *distribuição com intervenção prévia* do farmacêutico com o objetivo principal de conhecer a história farmacoterapêutica dos pacientes. Promove-se a intervenção farmacêutica antes da dispensa e administração dos medicamentos colaborando ativamente na diminuição de erros de medicação, interações e reações adversas. O sistema de distribuição por dose unitária é o que melhor representa a situação descrita. O objetivo que impulsionou a implementação da DU em meados do século XX foi a melhoria na segurança da terapêutica do doente e a diminuição de erros que surgiam com outras metodologias (Barker, 1969). Outros objetivos da DU são: racionalizar a distribuição; garantir o cumprimento da prescrição médica; garantir a correta administração da medicação pela equipa de enfermagem; potenciar o papel do farmacêutico na segurança do doente. O circuito de distribuição de medicamentos em DU é apresentado na figura 10 com a seguinte estrutura:

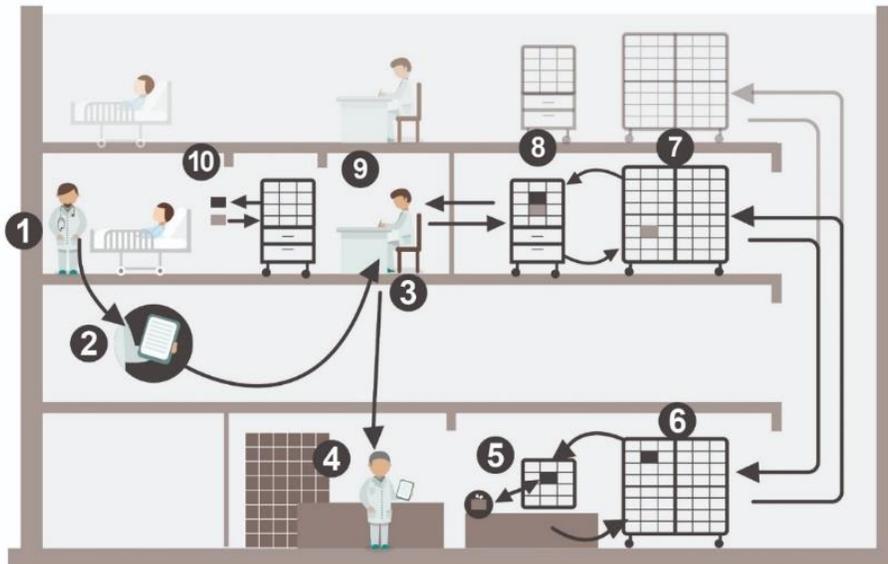


Figura 10 – Processo de distribuição de medicamentos em dose unitária (Adaptado: SEFH, 2002)

1. Diagnóstico – Médico de Serviço
2. Prescrição médica – Médico de Serviço
3. Registo da Prescrição médica na Unidade Hospitalar – Equipa de Enfermeiros
4. Validação da Prescrição nos Serviços Farmacêuticos – Farmacêutico
5. Distribuição de medicamentos pelas gavetas – Técnico de Farmácia
6. Carro pronto para entrega na Unidade Hospitalar – Auxiliar de Farmácia
7. Transporte dos carros para o piso da Unidade Hospitalar – Auxiliar de Farmácia
8. Entrega dos carros na Unidade Hospitalar e devolução dos carros usados – Auxiliar de Farmácia
9. Controlo de medicação antes de administração – Equipa de Enfermeiros

## 10. Administração da medicação – Equipa de Enfermeiros

Paralelamente à DU, as unidades hospitalares têm *stock* disponível no serviço que consiste em criar armazenamentos de medicamentos controlados pela equipa de enfermeiros com quantidades estabelecidas que são dependentes da taxa de utilização do serviço. Para receber os medicamentos no serviço deve-se executar os seguintes passos: 1 – Solicitação de reposição de *stock* de medicamentos aos Serviços Farmacêuticos; 2 – Distribuição dos medicamentos solicitados, com validação prévia do Farmacêutico encarregue da atividade; 3 – Armazenamento dos medicamentos no *stock* do serviço pela equipa de enfermeiros.

Este método tem como vantagens a menor necessidade de tempo por parte dos Serviços Farmacêuticos, sendo um sistema simples e rápido. Como inconvenientes, tem-se as numerosas oportunidades de ocorrência de erros no processo, a equipa de enfermeiros despende tempo em trabalho burocrático passando menos tempo no atendimento ao doente, inventários descentralizados e a dificuldade de utilizar os Farmacêuticos como entidade de segurança na distribuição e validação dos medicamentos.

### 3.3 Simulação

Vários estudos demonstram a importância de usar simulação na área da saúde em termos gerais e nos Serviços Farmacêuticos em particular (Barnes *et al.*, 1997; Wong *et al.*, 2003; Spry e Lawley, 2005; Yurtkuran e Emel, 2008). Na maioria destes, a simulação computacional foi usada para aferir os benefícios e limitações de diferentes cenários, em particular de *design* de *layout* e processos. Bhattacharjee e Ray (2014) enunciam algumas vantagens da utilização de simulação:

- Melhor entendimento do sistema em estudo;
- Possível comparação de diferentes técnicas e processos;
- Auxílio na melhoria da eficiência dos sistemas em estudo;
- Influência positiva na conduta das entidades envolvidas no sistema;

Segundo Pidd (2006), a tendência de modelar sistemas surgiu como ferramenta que ajuda decisores a explorar facilmente um conjunto de possíveis opções num conjunto ainda maior de soluções para o mesmo problema. Apesar disto, Jun, Jacobson, e Swisher (1999) identificam desvantagens como a necessidade de utilização de muitos dados e de tempo despendido no processo de modelação.

#### 3.3.1 Simulação de eventos discretos

Várias metodologias de simulação poderiam ser escolhidas para resolver o problema descrito no capítulo 2. Nesta dissertação será utilizada simulação de eventos discretos, sendo que, está identificado na literatura como uma boa ferramenta para este tipo de problema (Dean *et al.*, 2001; Gray *et al.*, 2013; Wong *et al.*, 2003). Law e Kelton (1991) explicam que para o sistema poder ser simulado, deve ser:

- Discreto, tendo variáveis de estado que variam em momentos discretos;
- Representativo de um sistema dinâmico que varia ao longo do tempo;
- Estocástico, em vez de determinístico, tendo variáveis aleatórias;
- Estuda problemas operacionais que podem ser analisados quantitativamente.

Com isto, nas próximas subsecções vão-se definir os componentes de uma simulação de eventos discretos, as fases de um estudo de simulação e finalmente as vantagens e desvantagens desta ferramenta.

### 3.3.1.1 Componentes da simulação

Apesar de a simulação ser aplicada numa grande diversidade de sistemas reais, todos os modelos têm componentes comuns e uma organização lógica que promove a programação, depuração de erros e futuras alterações do modelo (Law e Kelton, 1991). A simulação reproduz contextos reais graças a dois componentes principais (Sachidananda, Erkoyuncu, Steenstra, e Michalska, 2016): as *entidades* que representam as entradas dinâmicas do sistema e os *recursos* do sistema. As *entidades* representam unidades de fluxo (e.g., clientes ou produtos) enquanto os recursos simulam tudo o que tem capacidade limitada (e.g., máquinas ou trabalhadores) tendo em conta tempos de operação, desempenho e turnos (Sachidananda *et al.*, 2016).

As *entidades* têm *atributos* individuais que é importante medir para aferir o desempenho de um determinado sistema, dado que estes retratam todas as interações entre *atividades* e *entidades*. Estas interações resultam em *acontecimentos* que alteram o *estado* do sistema. Adicionalmente, visto que existe mais do que um *acontecimento* planeado, um *calendário de acontecimentos futuros* calendariza todos os *acontecimentos* e a altura concreta em que estes se realizam para cada execução de uma simulação (White e Ingalls, 2009).

Durante o seu percurso, uma dada *entidade* pode passar por cinco estados diferentes. Quando a entidade se move pelo sistema, é classificada como *ativa* e está *condicionalmente atrasada* quando se encontra numa fila de espera. Diz-se que a entidade está *pronta* quando está disponível para ser processada e *atrasada* quando está a ser processada por uma determinada quantidade de tempo. Finalmente, pode estar em estado *dormente* quando não está restringida nem por tempo, nem por condição, tornando-se *pronta* a um determinado momento da simulação (Rossetti, 2015). Posto isto, deve ser claro que a *entidade* se assume *ativa* até chegar a uma *atividade*, e esta interação vai alterar o estado do sistema.

### 3.3.1.2 Passos num estudo de simulação

Definida a estrutura que compõe um modelo de simulação, é importante estruturar como se executa um estudo de simulação. Deve-se ter em atenção uma variedade de questões, como por exemplo, validar a aleatoriedade de alguns componentes do sistema e análises estatísticas dos resultados da simulação (Law e Kelton, 1991). Law (2004) propõe o método presente na figura 11 como os passos detalhados para

executar um estudo de simulação sólido e completo. É de notar que vários autores utilizam esta metodologia sendo que, por vezes, aparece na literatura com outras estruturas esquemáticas (Baldwin, Eldabi e Paul, 2004).

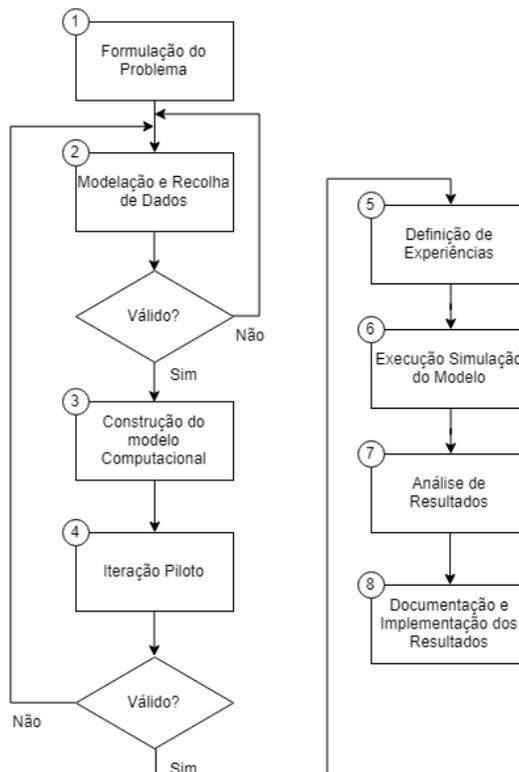


Figura 11 – Método de Estudo de Simulação (Adaptado: Law e Kelton, 1991)

Law (2004) define o primeiro passo por *formulação do problema* que tem como objetivo estipular o cenário que os decisores pretendem estudar e as especificidades do mesmo. Nesta fase, devem também ser identificados os recursos disponíveis para o projeto. Pegden, Shannon e Sadowski (1990) afirmam ainda a importância de clarificar outras situações a considerar (e.g. problemas operacionais). Adicionalmente, devem-se definir as medidas de desempenho do sistema.

Define-se o passo seguinte como *estruturação do problema*. Pidd (2006) sugere que este passo extrai do “caos” um consenso sobre o que é o problema e o que se vai fazer para o resolver. Seguidamente, dá-se a *recolha de dados* em que se agrega a informação necessária sobre as entidades relevantes para o problema. A maioria dos autores dão elevada importância a este passo (Baldwin, Eldabi e Paul, 2004) e realçam a importância de *validar* esses dados, que é o terceiro passo.

O quarto passo trata a *construção do modelo computacional* baseado no *modelo conceptual*. Posteriormente, uma *execução piloto* é feita no quinto passo. No passo seis, deve-se *validar o modelo* confirmando se este se comporta como o sistema real. Se não se comportar como pretendido, deve-se voltar à *definição do modelo*. Os passos sete a dez são: *delinear experiências* para definir as diferentes

alternativas de experimentação; execuções para obter dados de desempenho do sistema; análise de resultados que consiste na utilização de técnicas estatísticas para avaliar os resultados obtidos; implementação dos resultados em que se aplica os resultados da modelação ao sistema real.

### 3.3.2 Simulação na saúde

Decisões baseadas em factos reais são essenciais para garantir que mudanças de políticas na área da saúde proporcionam programas e serviços de qualidade que são ao mesmo tempo economicamente eficientes. No entanto, a maior barreira é a utilização de informação real para tomar decisões (Armstrong, Pettman e Waters, 2014).

Apesar da simulação e modelação já ter sido utilizada com sucesso no setor da saúde, esta metodologia não é utilizada com a regularidade de outros setores tais como o militar, o da logística e o de produção (Jun *et al.*, 1999; Sanchez, Ogazon, Ferrin, Sepulveda, e Ward, 2000).

Desde o início do século XXI (ver Figura 12), houve uma expansão clara de publicações sobre a implementação de simulação de eventos discretos na área da saúde (Zhang, 2018).

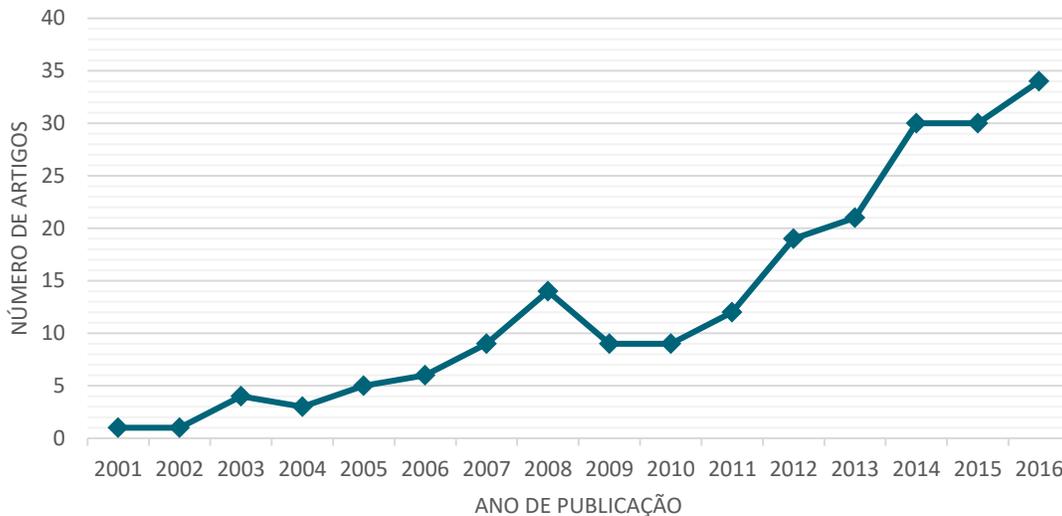


Figura 12 - Número de artigos sobre Simulação de Eventos Discretos na Saúde (Adaptado: Zhang, 2018)

Baseado nas propriedades dos modelos de simulação de eventos discretos, a bibliografia é dividida em quatro categorias seguindo a estrutura proposta por Fone *et al.* (2003), Mielczarek e Uziako-Mydlikowska (2012):

- *Health and care systems operation;*
- *Disease progression modeling;*
- *Screening modeling;*
- *Health behavior modeling;*

Zhang (2018) identifica que 65% da bibliografia revista pelo autor estão identificados como *Health and care systems operation*, tema sobre o qual a dissertação incide. O autor identifica também que este é o tema com maior crescimento no número de publicações ao longo dos últimos anos.

A utilização de simulação de eventos discretos auxilia a administração do hospital a entender melhor os mecanismos subjacentes ao funcionamento dos sistemas hospitalares, compreender interações complexas entre as entidades desses sistemas e, conseqüentemente, tomar decisões administrativas e operacionais devidamente fundamentadas (Lagergren, 1998; Mielczarek e Uziatko-Mydlikowska, 2012). Jun, Jacobson e Swisher (1999), Günal e Pidd (2010) identificam que os sistemas de saúde em simulação de eventos discretos estão normalmente confinados a uma única unidade hospitalar com tentativas raras de abordar cenários com modelos mais amplos, desprezando assim os efeitos que entidades externas podem ter sobre o sistema. Zhang (2018) confirma esta hipótese mostrando que 68% (n=93) da bibliografia de *Health and care systems operation* trata a aplicação de simulação a microssistemas.

É também importante notar que grande parte dos sistemas modelados envolve unicamente os departamentos de urgências e de cuidados intensivos (Günal e Pidd, 2010; Carmen, Defraeye e Nieuwenhuys, 2015; Zhao *et al.*, 2015). No entanto, desde 2010, a tendência de modelar complexos hospitalares com mais unidades tem crescido (Zhang, 2018).

Os processos de distribuição dos Serviços Farmacêuticos são estudados por vários autores, dando importância a diferentes fatores desta atividade. Augusto e Xie (2009) estudam o problema da utilização de recursos-humanos na distribuição de medicamentos no meio hospitalar. O objetivo principal deste trabalho é equilibrar a utilização entre Auxiliares de Farmácia e Técnicos de Farmácia garantindo o abastecimento de medicamentos nos serviços hospitalares. Para definir os turnos de trabalho das entidades da Farmácia, foi usada programação linear inteira que, seguidamente foi combinada com a simulação do sistema de distribuição para testar diferentes configurações do processo. Michelon, Cruz e Gascon (1994) comparam dois sistemas de distribuição com carros de entrega diferentes usando *tabu search*. Os resultados indicam que pode ser importante estudar a distribuição em dias de semana e ao fim-de-semana, dado que existem necessidades de entrega diferentes. Neste problema, os autores concluíram que seria proveitoso modificar o processo de segunda-feira a sexta-feira, mantendo o processo inicial ao fim-de-semana. Com o objetivo de analisar o sistema de distribuição de um hospital na Turquia, Yurtkuran e Emel (2008) desenvolveram um modelo de simulação em que se testaram dois cenários. Este estudo pretendia minimizar o tempo médio de distribuição de medicamentos, sendo que a melhor opção registou uma diminuição no tempo médio do processo de aproximadamente 35%.

Alguns autores focam a sua atenção nas novas tecnologias a utilizar na Farmácia Hospitalar, em particular, a utilização de Sistemas de Distribuição Automatizados, Fitzpatrick *et al.* (2005) e Franklin *et al.* (2008) avaliam os efeitos da implementação de SDA em Farmácias Hospitalares realçando a redução de erros de distribuição e o aumento da satisfação das entidades dos Serviços Farmacêuticos. Novek (2000) e Granlund e Wiktorsson (2013) abordam ainda problemas associados à implementação destes sistemas,

em particular, a curva de aprendizagem das entidades envolvidas e o investimento necessário. Faz-se ainda referência a Gray *et al.* (2013) que analisou o problema de um hospital em que 64% da distribuição de medicamentos era com carros de Dose Unitária (semelhante à realidade do HBA) e 36% utilizando SDA. Os autores definiram cenários envolvendo diferentes combinações de utilização de carros da DU e de SDA e usaram simulação chegando à conclusão de que a mudança pretendida pelos Serviços Farmacêuticos (alterar a distribuição unicamente para SDA) não era proveitosa em termos de custos e de utilização de recursos-humanos.

Os modelos criados são convenientes e importantes para a administração do hospital visualizar e tomar decisões baseadas em ineficiências detetadas no sistema. Permite também a criação e estudo de novas configurações para o sistema abordado (Jahn *et al.*, 2010; Fialho, Oliveira e Sá, 2011). Importa então verificar, quais são as mais-valias que a simulação de eventos discretos providencia ao estudo de sistemas na área da saúde. Davies e Davies (1994) e Karnon (2003) comparam a simulação de eventos discretos a outras metodologias como, por exemplo, a análise de cadeias de *Markov*, análise de *input-output* e análise de filas de espera. Os autores concluem que a simulação de eventos discretos é uma metodologia ajustada à modelação de sistemas de saúde devido à sua complexidade. Pelo contrário, algumas técnicas de otimização, como programação linear, são limitadas no que respeita a caracterização dessas complexidades.

Karnon (2003) afirma ainda que as técnicas de otimização poderão precisar de uma quantidade significativa de suposições, sendo estas pouco realistas e tornando as soluções inválidas ou pouco úteis. Para ilustrar esta afirmação, o autor usa como exemplo a impossibilidade de usar modelos de otimização no estudo detalhado do funcionamento diário de uma clínica hospitalar, devido à aleatoriedade inerente do sistema. Em particular, marcação de consultas, atividades prioritárias ou distribuição de medicamentos que facilmente são resolvidos por simulação de eventos discretos.

Outra utilidade deste tipo de simulação identificada por Finès *et al.* (2016) e Igarashi *et al.* (2016) é a sua “heterogeneidade individual”, que significa que a cada entidade do sistema são atribuídas propriedades estocásticas no início da simulação. Hartz *et al.* (2012) argumentam que esta característica que é normalmente negligenciada por alguns autores, pode ter impacto nos resultados previstos a longo prazo.

Apesar das claras vantagens, há também algumas desvantagens a ter em conta quando se utiliza esta metodologia. Uma revisão de literatura feita por Wilson (1981), que envolveu 200 artigos que apresentavam resultados usando simulação na área da saúde, mostrou que apenas 16 projetos foram implementados com sucesso. O autor apresenta algumas recomendações para aumentar a probabilidade de implementação bem-sucedida:

- Apenas estudar sistemas em que há decisões a tomar sobre possíveis alterações;
- O projeto deve ser terminado dentro do prazo estabelecido;
- Informação e dados sobre o sistema em estudo devem ser disponibilizados;

- O decisor deve ter um papel ativo no projeto;

Lowery (1998) aborda outras barreiras presentes na implementação de soluções obtidas e propõe os seguintes pontos como sugestões para ultrapassar estas barreiras:

- Tornar a execução da simulação visual para comunicar mais facilmente com os decisores;
- Manter as entidades pertinentes envolvidas durante o projeto;
- Evitar demasiadas suposições assim como evitar tornar o modelo demasiado complexo;

Segundo Eldabi, Irani e Paul (2002), uma questão fundamental no sucesso de estudos de simulação na área da saúde é uma cuidada formulação do problema com integração constante com as partes interessadas do projeto. A abordagem descrita por Baldwin, Eldabi e Paul (2004), pretende minimizar os impactos negativos já identificados. Importa agora definir o seu funcionamento e vantagens da sua utilização.

### 3.3.3 Metodologia de modelação com participação iterativa para entendimento

Dadas as vantagens de usar simulação na área da saúde já descritas nas secções anteriores, é claro que a simulação é uma metodologia que valoriza consideravelmente o estudo de diferentes sistemas. Como referido na secção anterior, devido à complexidade dos sistemas hospitalares (Beier, 1995) os resultados obtidos da simulação podem não ser tão próximos da realidade como desejado. A maioria das metodologias de modelação atenta, com a devida importância, à formulação e estruturação do problema (Baldwin, Eldabi e Paul, 2004). Como demonstrado na secção 3.3.1.2, este passo é realizado fora do desenvolvimento do modelo. Adicionalmente, fazer a recolha de dados numa fase inicial é também um problema resultante da falta de suporte científico e justificação para a inclusão dos mesmos numa fase mais avançada do projeto.

Baldwin, Eldabi e Paul (2004) propõem uma metodologia que pretende controlar e atenuar as desvantagens já identificadas. Esta metodologia visa utilizar a simulação para melhorar o entendimento dos decisores e a comunicação entre estes e com o modelador, necessidade que foi identificada por Sanchez *et al.* (2000). Os autores identificaram três problemas principais: *recolha de dados* como um passo complexo; a falta de entendimento por parte dos decisores; os objetivos divergentes dos *stakeholders*. Dada a clara necessidade de envolver as partes interessadas no problema, o objetivo principal desta metodologia é a de abordar a modelação como uma discussão entre o modelador e os *stakeholders*, melhorando a comunicação entre estes. O maior envolvimento e autoridade das partes interessadas no processo de modelação aumenta a probabilidade de implementação do projeto dado que os decisores sentem que são proprietários do problema, e conseqüentemente, dos resultados que a simulação produz, sem esquecer a necessidade de ser um processo iterativo (Baldwin, Eldabi e Paul, 2004).

Os autores chamam a este processo *Modelling Approach that is Participatory Iterative for Understanding* (MAPIU) que em português traduz-se por Metodologia de Modelação com Participação Iterativa para Entendimento. A figura 13 apresenta a estrutura global simplificada da MAPIU sendo que o processo é composto por dois passos principais: *inicialização* que identifica os componentes da metodologia; *processamento* que avalia como estes componentes interagem entre si para a resolução do problema (Baldwin, Eldabi e Paul, 2004).

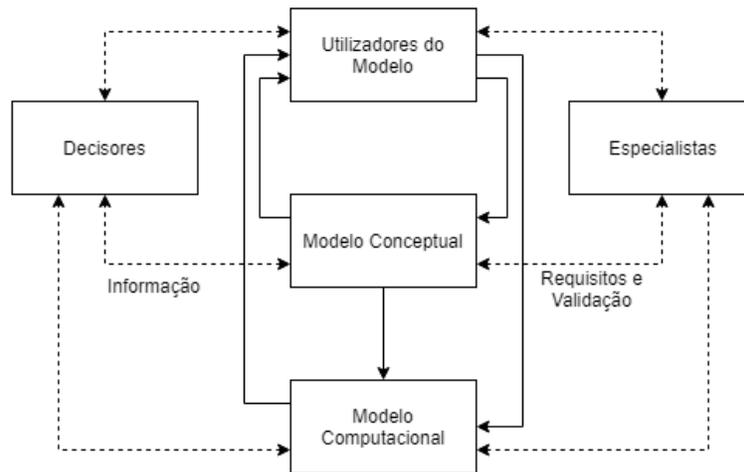


Figura 13 - Metodologia de modelação MAPIU (Adaptado: Baldwin et al., 2004)

Segundo esta metodologia, o primeiro passo a aplicar é a *inicialização* que envolve identificar e classificar os *stakeholders*. Nesta fase identifica-se: 1) *Decisores* - quem vai usar os resultados do modelo para tomar decisões; 2) *Especialistas* – quem tem um entendimento detalhado e claro dos processos a modelar, dando atenção ao facto de poderem não ser decisores do problema; 3) *Utilizadores do Modelo* – quem vai utilizar diretamente o modelo para analisar resultados e tirar conclusões.

Seguidamente, executa-se o *processamento* que analisa quais as interações dos *stakeholders* entre eles e com o modelo. Adicionalmente, é nesta fase que se deve construir o modelo conceptual e computacional com a contribuição das entidades identificadas no passo anterior. Justificado pela ausência de estruturação presente no problema inicial, os autores aconselham a utilização de modelos conceptuais (e.g. diagramas de ciclo de vida) com o objetivo de auxiliar o entendimento de todas as partes. Durante a modelação devem ser discutidas as características e particularidades do modelo assim como as experiências a fazer computacionalmente. Dado que esta metodologia é iterativa, estes passos são iniciados e alterados ao longo do processo.

A recolha das informações presentes nos passos referidos anteriormente é também um processo iterativo visto que, durante o desenvolvimento do projeto, podem existir alterações alheias ao modelador. Nesta metodologia, deve ser dada ênfase à comunicação e verificação da informação partilhada entre *stakeholders*. Relembra-se que esta metodologia pretende maximizar a probabilidade de implementação das soluções encontradas, problema identificado por Wilson (1981) e Lowery (1998).

### 3.4 Conclusões do capítulo

Esta revisão permitiu avaliar a logística hospitalar globalmente, e como resolver problemas na área da saúde. Foi descrito o funcionamento da distribuição segundo a documentação tida como referência na Península Ibérica que tem a classificação mais adequada e mais próxima da realidade portuguesa. Identificou-se posteriormente que a simulação, em particular a simulação de eventos discretos, é uma ferramenta adequada para avaliar estes sistemas e testar processos diferentes em particular, utilizando os projetos desenvolvidos por Yurtkuran e Emel (2008) em que foi desenvolvido um modelo de simulação no qual se testaram dois cenários diferentes de distribuição de medicamentos, Novek (2000) e Granlund e Wiktorsson (2013) que se referem à implementação de sistemas de distribuição automática como um processo com dificuldades a considerar e, finalmente, Gray *et al.* (2013) que analisaram o problema de um hospital, definindo cenários com diferentes combinações de utilização de carros da DU e de SDA e simulando para tirar as suas conclusões.

Um dos pontos que os autores identificam como sendo desvantagem da utilização da simulação é a comunicação com os decisores. Regularmente não se implementa o resultado do estudo por falta de entendimento entre as partes interessadas e o modelador. Para colmatar esse problema, foi identificada uma metodologia direcionada para a modelação e simulação de sistemas na área da saúde. Identificou-se também, que na generalidade dos estudos, as interações do sistema em análise com o exterior são muitas vezes desprezadas, o que torna os resultados obtidos pouco realistas. Pretende-se com a esta dissertação estudar o sistema de distribuição de DU do hospital para todos os serviços, colmatando assim uma das principais lacunas identificadas por Jun, Jacobson e Swisher (1999), Günal e Pidd (2010) que se referem à modelação de sistemas que não têm em conta todo o hospital.

## 4. Metodologia e modelo conceptual

Neste capítulo é descrita a metodologia que será aplicada, de acordo com a revisão da literatura efetuada. A secção 4.1 apresenta a metodologia intitulada *Modelling Approach that is Participatory Iterative for Understanding*, resumindo a sua importância e destacando os passos necessários à sua execução. Seguidamente, a secção 4.2 refere-se à construção do modelo conceptual de simulação em que se inclui a identificação das entidades do sistema e o desenho dos diagramas de ciclo de vida e atividade. Por último, a secção 4.3 detalha a recolha de dados efetuada no Hospital Beatriz Ângelo.

### 4.1 Metodologia de modelação aplicada ao problema

Esta dissertação pretende utilizar uma metodologia que envolve os decisores e os especialistas deste sistema no processo de modelação e simulação. Assim e de acordo com a revisão da literatura, será aplicada a metodologia intitulada *Modelling Approach that is Participatory Iterative for Understanding* (Baldwin, Eldabi e Paul, 2004). Recorda-se que o objetivo principal desta metodologia é o de abordar a modelação como uma discussão entre o modelador e os *stakeholders*, permitindo:

- Entendimento detalhado do modelo;
- Melhor perceção do funcionamento das suas componentes;
- Contribuição mais especializada na sua construção e de possíveis alterações.

Esta metodologia permite também estruturar o problema e os seus atores de uma forma clara que reduz consideravelmente a sua complexidade e dificuldade de abordagem. Para isso, seguiu-se o procedimento sugerido por Baldwin, Eldabi e Paul (2004) que está estruturado nos seguintes passos:

- Inicialização (detalhada na secção 4.1.1)
- Processamento (detalhado na secção 4.1.2)
- Modelação (detalhada na secção 4.2)

Dada a característica iterativa deste processo e no sentido de implementar esta metodologia da melhor forma, foram feitas reuniões regulares com os decisores e especialistas do Hospital Beatriz Ângelo. Demonstrado pelas intervenções e feedback regulares das entidades do sistema, é opinião do autor que as reuniões e apresentações feitas tornaram o processo de modelação num problema conjunto em que foi claro o conforto sentido ao fazer propostas que acrescentaram valor.

#### Inicialização

Antes de fazer a modelação do sistema, é necessário definir as entidades que melhor conhecem as suas características e que tomam decisões sobre o mesmo. Com esse objetivo, a *inicialização* pretende identificar e classificar todas as entidades envolvidas. Estas estão divididas segundo a sua influência no processo:

- Decisores
  - Diretora dos Serviços Farmacêuticos do HBA
  - Coordenador dos Farmacêuticos do HBA
- Especialistas
  - Farmacêuticos do HBA
  - Técnicos de Farmácia do HBA
  - Auxiliares de Ação Médica do HBA
- Modelador
  - Autor da dissertação

Após a sua categorização, foram identificadas as características de cada um (ver tabela 1), ficando assim claro, a quem recorrer para resolver determinados detalhes do modelo. Fica também evidente o que se espera de cada uma das entidades, encarregando-as do que ficou definido em reunião.

*Tabela 1 - Definição de Decisores, Especialistas e Modelador*

<b>Classificação</b>	<b>Características</b>
<b>Decisores</b>	Interesse em otimizar o processo de distribuição de medicamentos. Visualizar o funcionamento do sistema sem perturbar a atividade do Hospital. Utilizar resultados da simulação para implementar alterações no sistema. Criar uma ferramenta que pode ser utilizada por outros hospitais.
<b>Especialistas</b>	Conhecimento detalhado do processo de distribuição de medicamentos. Conhecimento de pormenores que passam despercebidos aos cargos de chefia. Influência direta nos resultados da implementação de novos sistemas. Conhecimento de interações do sistema em estudo com entidades externas.
<b>Modelador</b>	Trabalha diretamente com o modelo. Analisa e interpreta resultados da simulação. Testa possíveis configurações definidas pelos stakeholders.

Apesar da estrutura iterativa que a metodologia apresenta, é de notar que não existiram alterações no que respeita às entidades envolvidas ao longo das reuniões.

## Processamento

Para os autores desta metodologia, após definir “quem” está envolvido na construção do modelo, deve-se definir e categorizar a ligação entre estes. Esta ligação é a *comunicação* que é manifestamente importante num processo iterativo em que se pretende o envolvimento e entendimento de todos. Do ponto de vista

dos autores, a clarificação do tipo de comunicação entre *stakeholders* deu às entidades a responsabilidade de, além de falarem entre si, partilharem estas informações com o modelador (ver tabela 2).

Tabela 2 - Tipos de comunicação entre entidades do trabalho

Tipo de Comunicação	Caraterísticas
<b>Stakeholders com Stakeholders</b>	Definir as variáveis a estudar. Definir limites do sistema a estudar. Partilhar informação sobre detalhes do sistema pouco clara para todas as entidades.
<b>Stakeholders com Modelador</b>	Comunicação entre os decisores e especialistas com o modelador com o intuito de debater as possíveis experiências a fazer com a simulação. Perceber com o modelador se há outras experiências possíveis de fazer com os dados adquiridos.

O facto desta comunicação ter sido maioritariamente presencial, gerou discussões que levaram a definir mais claramente pontos de interesse que os decisores queriam que fossem avaliados. Por exemplo, o efeito nos pedidos diários de medicação urgente. Por último, é imperativo clarificar que informação é importante para os decisores na sua tomada de decisão. De forma a categorizar a informação que pode ser recolhida, tanto das reuniões como da simulação, os autores dividem a informação em: *tangível* que é a informação que pode ser retirada diretamente dos resultados da simulação e sobre os quais se pode fazer uma análise quantitativa; *intangível* que se refere a pormenores sobre os quais a simulação não dá informações. Este passo foi identificado pelos especialistas como tendo extrema importância. Chama-se particular atenção à informação intangível que os *stakeholders* pretendiam que fosse tida em conta.

Tabela 3 - Tipos de informação do sistema

Tipo de Informação	Caraterísticas
<b>Tangível</b>	Taxa de ocupação dos recursos. Atraso do processo de distribuição. Tempo de medicamentos revertidos no sistema. Tempo de pedidos em fila de espera.
<b>Intangível</b>	Segurança do circuito do medicamento. Alteração na produção de resíduos. Alteração nos pedidos de medicação urgente.

## 4.2 Elaboração do modelo conceptual

No seguimento da descrição do problema do capítulo 2 e da metodologia implementada nas secções anteriores, importa agora construir o modelo que representa o sistema de distribuição de medicamentos do HBA. Este modelo, quando simulado, permitirá avaliar o funcionamento atual das operações dos serviços farmacêuticos.

Ainda antes de construir o modelo conceptual, importa definir os pontos seguintes:

- Os limites do sistema pois não é possível estudar o funcionamento de todas as operações dos serviços farmacêuticos;
- Quais os dados a recolher *in loco* e quais são disponibilizados informaticamente;
- Quais os cenários a estudar para possível implementação.

Para isso, os autores Baldwin, Eldabi e Paul (2004) estipularam que se deve dividir as características do modelo da seguinte forma:

- Especificações
- Incorporação
- Experimentação

### Especificações

Inicialmente, definiram-se os dois circuitos paralelos a estudar. A partir deste ponto, o **circuito do medicamento** refere-se unicamente a todos os medicamentos que são prescritos por um médico com o objetivo de serem enviados pela dose unitária (com uma hora definida). O **circuito de medicação urgente** refere-se a todos os medicamentos que são prescritos por um médico fora da dose unitária que se pretende que sejam enviados com rapidez para o serviço requisitante. Esta distinção ficará mais clara na secção 4.2.2 com os diagramas de ciclo de vida e de atividade.

Posteriormente, definiram-se os limites do sistema a estudar. Para este modelo, interessa estudar o circuito do medicamento desde que chega a prescrição aos serviços farmacêuticos até que é tomado pelo paciente ou devolvido aos serviços farmacêuticos. No que ao circuito de medicação urgente diz respeito, interessa, desde que chega a prescrição aos serviços farmacêuticos até que é enviado para o serviço. Assume-se, neste caso, que quando o pedido é feito para medicação urgente, não há devolução do mesmo.

Pretende-se que o modelo represente o funcionamento dos circuitos descritos em dias de semana (segunda a sexta-feira) pois durante o fim-de-semana, o funcionamento é diferente e essa análise não é de utilidade para decisão.

## Incorporação

Das possíveis representações do sistema, os Diagramas de Ciclo de Atividades são os que mais se adequam pela sua simplicidade e facilidade de aprendizagem (Kang e Choi, 2011). Pelas características enunciadas e pelo conhecimento prévio do modelador nesta ferramenta, decidiu-se que este seria o método de construção do modelo conceptual.

Utilizando como base a revisão bibliográfica do capítulo 3, estipulou-se que a simulação de eventos discretos seria uma boa ferramenta para analisar este problema. Em reunião ficou claro que era crucial para os decisores que o funcionamento normal do hospital não fosse influenciado por este estudo. Escolheu-se o *Simul8* como software a utilizar pelo conhecimento que o modelador tinha de unidades curriculares frequentadas anteriormente.

Como dados necessários para o modelo, definiu-se que seriam necessários: os tempos das várias atividades do sistema e a taxa de chegada de prescrições. Na secção 4.3 descreve-se detalhadamente a recolha de dados efetuada. Como resultado espera-se perceber: i) como varia a taxa de utilização dos recursos envolvidos, ii) os possíveis atrasos nas várias fases do processo, e iii) o tempo de espera de validação dos medicamentos.

## Experimentação

Por fim, decidiu-se que cenários estudar. Além da situação atual que será utilizada não só para validar os *inputs* da simulação como também para investigar o funcionamento atual, serão testadas diferentes estruturas de distribuição que, do ponto de vista dos decisores, podem ser adotadas no futuro. Estes cenários, que serão explicados na secção 6.1, são:

- 1) Processo com distribuições paralelas com exigências iguais/diferentes;
- 2) Alterações nos tempos de espera na medicação urgente;
- 3) Redução de medicamentos pedidos por dia;
- 4) Processo com uma, três ou seis entregas por dia.

### 4.2.1 Entidades do sistema

Para criar o modelo do sistema de distribuição de medicamentos é necessário definir as entidades que nele estão envolvidas. Estas entidades são os elementos básicos que influenciam diretamente o funcionamento e a eficiência deste sistema podendo processar ou ser processadas (Ferreira, 2012) e estão categorizadas em: *permanentes* que indicam que estes recursos estão constantemente presentes no sistema durante a simulação; *temporários* que entram e saem do sistema.

- Permanentes
  - Farmacêutico
  - Técnico
  - Auxiliar
  - Carrossel

- Temporárias
  - Medicamento
  - Medicação urgente

## 4.2.2 Diagramas de ciclo de vida e de atividade

Para cada uma das entidades enunciadas anteriormente, foi contruído um diagrama de ciclo de vida. Estes diagramas representam a seqüência de estados ativos e passivos das várias entidades (Oliveira, 2019). Tal como referido, este processo de modelação foi iterativo passando por seis versões (ver exemplos nos anexos A e B) até todos os *stakeholders* acordarem com a sua estrutura.

### Medicamento

Esta é a entidade temporária com mais importância no estudo deste sistema. Como se pode ver pela figura 14, o circuito do medicamento passa pelas quatro fases descritas no segundo capítulo (ver figura 3):

- *validação;*
- *distribuição;*
- *troca de gavetas;*
- *revertências.*

Note-se as que o circuito tem duas saídas possíveis. A primeira é a toma do medicamento por parte do doente a quem foi prescrito e a segunda é quando o medicamento, não sendo tomado, é devolvido aos serviços farmacêuticos. A “Toma de Medicamento” é considerada uma atividade fictícia neste modelo pois não é processada, logo, não demora tempo. É também importante notar que a fila de espera “Medicamento Fora” inclui medicamentos que foram consumidos (deixam de existir fisicamente) e que foram devolvidos aos Serviços Farmacêutico. Por último, os relógios assinalados nas atividades “Envio Mapa” e “Transporte p/ serviço” indicam que estas atividades acontecem a uma hora específica definida pelos Serviços Farmacêuticos (ver figura 14).

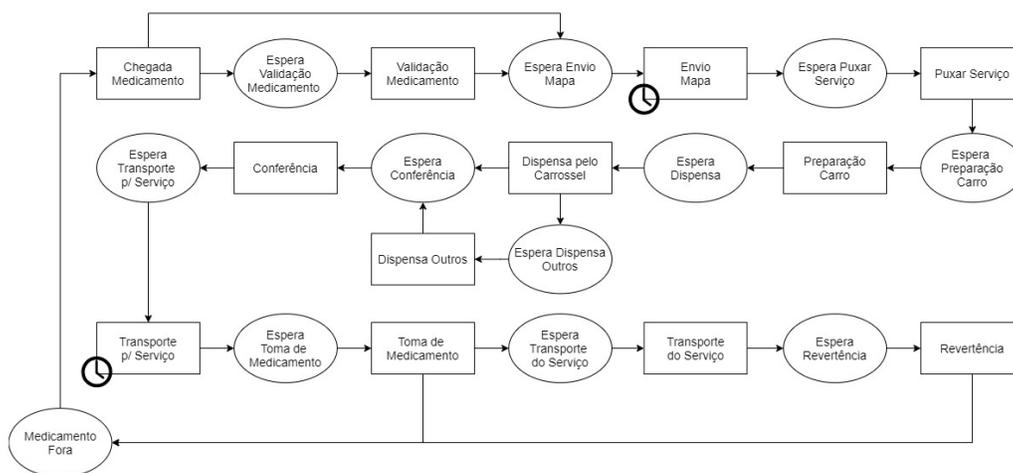


Figura 14 - Diagrama de ciclo de vida do Medicamento

## Medicação urgente

Como circuito paralelo, tem-se o de medicação urgente. Este nunca se cruza com o anterior, mas necessita dos mesmos recursos (com exceção do Carro). As prescrições médicas são entregues em papel por vácuo ou pessoalmente e a medicação urgente é entregue da mesma forma, mas no sentido contrário (ver figura 15).

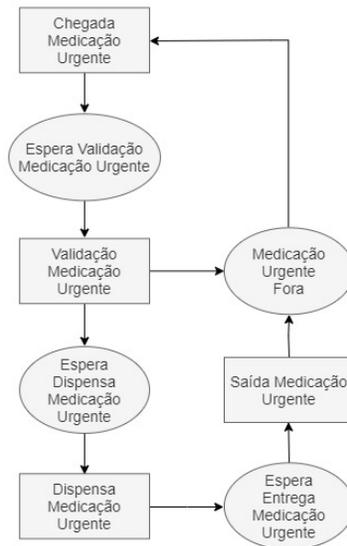


Figura 15 - Diagrama do ciclo de vida da Medicação Urgente

## Farmacêutico

O Farmacêutico faz a validação das prescrições médicas, independentemente do circuito que tomaram. Em iterações anteriores, estudou-se a hipótese de adicionar “Outras atividades” a este diagrama. No entanto, como não seria possível medir o impacto destas atividades no tempo do farmacêutico, decidiu retirar-se esta componente (ver figura 16).

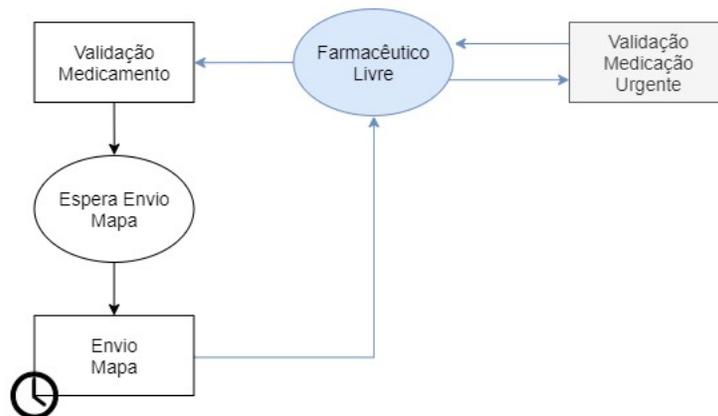


Figura 16 - Diagrama do ciclo de vida do Farmacêutico

## Técnico de Farmácia

Esta entidade é a que mais influência tem no tempo de processamento deste processo. Note-se que, no diagrama de ciclo de atividades no anexo C está separado para simplicidade de leitura. A forma correta de representação é a que se apresenta na figura 17.

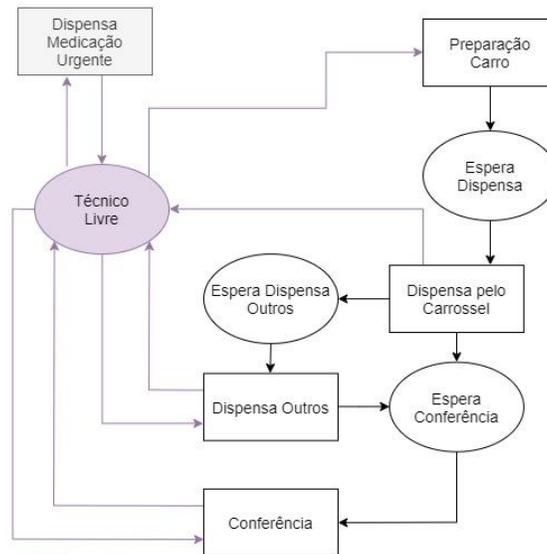


Figura 17 - Diagrama do ciclo de vida do Técnico

## Auxiliar de Ação Médica

O Auxiliar faz o transporte da dose unitária para os serviços utilizando os carros para a transportar. Também é esta entidade que trata das “Revertências” que são executadas já nos Serviços Farmacêuticos. Nesta atividade, os medicamentos são retirados e organizados, colocados na plataforma informática do hospital e arrumados em local próprio (ver figura 18).

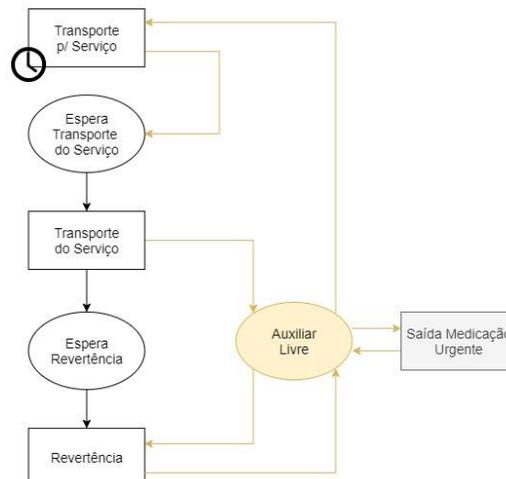


Figura 18 - Diagrama do ciclo de vida do Auxiliar

## Carrossel

O Carrossel foi considerado como um recurso pois está dividido em duas partes. Estas duas partes têm medicamentos diferentes, mas podem ser utilizados ao mesmo tempo para fazer dose unitária e distribuição de medicação urgente. Este é a única entidade permanente cuja quantidade não pode ser alterada pois faz parte das infraestruturas do hospital (ver figura 19).

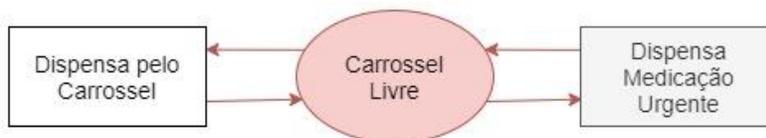


Figura 19 - Diagrama do ciclo de vida do Carrossel

## Diagrama de ciclo de atividade

Por último, o diagrama de ciclo de atividade traduz-se na combinação de todos os diagramas de ciclo de vida de todas as entidades envolvidas (ver Anexo C). A figura 3 demonstra a complexidade deste processo hospitalar que está de acordo com a observação de Beier (1995).

## 4.3 Recolha de dados

Como referido na secção 4.2, a recolha de dados foi um dos pontos discutidos nas reuniões com os Serviços Farmacêuticos. Foi estabelecido com os decisores que a melhor forma de abordar esta fase seria definir, em conjunto, as datas e os serviços em que se iria recolher os dados, produzir folhas de registo para os dados que não são informatizados e preparar uma apresentação para expor a todos os membros dos Serviços Farmacêuticos o que iria ser desenvolvido.

Definiu-se que a recolha de dados no HBA seria realizada no mês de novembro de 2019 por ser um mês representativo do funcionamento normal do hospital segundo os colaboradores do HBA. A seleção de serviços foi feita pelos decisores de forma a gerar uma quantidade representativa do hospital sem influenciar o normal funcionamento do mesmo. Os serviços escolhidos foram:

- Internamento 2.1 – Medicina interna;
- Internamento 2.2 – Cirurgia geral;
- Internamento 3.1 – Medicina interna;
- Internamento 3.2 – Medicina interna;
- Internamento 4.1 – Medicina interna;
- Internamento 4.2 – Medicina interna;
- Internamento 4.3 – Medicina interna;
- Unidade de cuidados intermédios.

## Prescrição

A recolha destes dados foi feita pelo sistema informático do HBA recaindo sobre o serviço em que foi feita a prescrição, a data e hora em que foi pedida, o início e fim da terapêutica e a quantidade de medicamentos pedidos. Estes permitem aferir a taxa de chegada de pedidos ao sistema.

## Validação

Para estudar os tempos de validação, foi pedido aos Farmacêuticos que registassem os tempos e número de validações que faziam por dia assim como o serviço para que essas validações foram feitas. Este registo foi feito tanto para a validação da dose unitária como para a medicação urgente. Foi criada uma folha de registo para o efeito (ver Anexo D). A figura 20 apresenta um exemplo de preenchimento destes registos (preenchido pelo autor como amostra da recolha real).

Data: 2/03/2020 Farmacêutico: Fernando Simões

		Início	Fim	Nº de novas prescrições Alterações de prescrição	Observações	
Serviço	2.3	Bloco 1	9:10	9:50	52	Paragem de 1 minuto para medicação urgente.
		Bloco 2	10:20	10:22	3	
		Bloco 3	10:50	10:55	2	
		Bloco 4				
		Bloco 5				
		Bloco 6				
50		Bloco 1				
		Bloco 2				

Figura 20 - Preenchimento do registo de validações

## Distribuição

Este registo foi pedido aos Técnicos de Farmácia permitindo estudar os tempos de todas as atividades envolvidas no processo de distribuição, desde que se prepara o carro até estar conferido. O registo permite também recolher o número de picks feito em cada carrossel, na estante e nos externos. Cada um tem diferentes tipos de medicamentos o que justifica os tempos diferentes que serão estudados no capítulo seguinte. A figura 21 apresenta um exemplo de preenchimento do registo de distribuição.

Recolha de dados - Distribuição

Data: 2/03/2020

		Início	Fim	Nº de Picks	Observações		
Serviço	2.1	Preparação do Carro	16:40	16:45	—		
		Puxar Carrossel	16:46	16:49	230		
		Distribuição de medicamentos	C1	17:01	17:25	120	Paragem de 1 minuto para puxar 22
			C2	17:25	17:40	102	
			Estante	17:03	17:10	7	
		Externos	17:02	17:05	1		
Conferência	18:01	18:20	—				

Figura 21 - Preenchimento do registo de distribuições

## Troca de Gavetas

Para a troca de gavetas foi criado um registo que acompanha os Auxiliares de Ação Médica no transporte para os serviços e na retirada dos medicamentos quando devolvidos. Note-se que o registo (ver figura 22) tem espaço para a limpeza dos carros e gavetas. Este não foi contabilizado pois esta limpeza é feita noutras circunstâncias que não são importantes para os decisores. O número de revertências é registado no sistema informático do HBA sendo adquirido automaticamente.

Data: 2/03/2020

		Início	Fim	Observações	
Serviço(s)	2.2				
		Entrega e Recolha de gavetas	18:31	18:52	
		Retirada de medicação das gavetas	18:40	18:42	2 medicamentos inutilizáveis
		Introdução na plataforma de revertências	18:55	19:00	
	Limpeza de gavetas	—	—		

Figura 22 - Preenchimento do registo de troca de gavetas

## Medicação Urgente

Os pedidos de medicação urgente chegam aos Serviços Farmacêuticos numa folha em que estão registadas todas as informações referentes ao pedido. Foi requisitado a quem recebesse estes pedidos, que agrafasse o registo (ver figura 23) para serem registados os tempos pelas diferentes entidades por quem esta folha passava.

Os registos anteriormente referidos foram preenchidos pelos colaboradores do HBA sendo recolhidos pelo autor todas as manhãs ao longo do mês de novembro.

— Medicação urgente	
Vácuo ou Auxiliar	
Hora de Chegada	9:10
Início da Validação	10:01
Fim da Validação	10:02
Início da Dispensa	11:31
Fim da Dispensa	11:35
Hora de Entrega	11:36
Notas:	Entregue por Vácuo.

Figura 23 – Preenchimento do registo de pedidos de medicação urgente

## 5. Desenvolvimento do caso de estudo

Este capítulo aborda o procedimento que leva à construção do modelo utilizado para estudar o sistema de distribuição de medicamentos do HBA. A secção 5.1 descreve o tratamento de todos os dados recolhidos, passando por cada fase do modelo conceptual. Seguidamente, a secção 5.2 detalha a construção do modelo computacional abordando o desenho do sistema na secção 5.2.1 e a sua verificação e validação na secção 5.2.2 para garantir que se produziu um modelo que representa a realidade de forma rigorosa.

### 5.1 Tratamento de dados relevantes

Com as folhas preenchidas pelos colaboradores recolhidas, os dados foram introduzidos, tratados e analisados utilizando as capacidades de cálculo do *Excel*. Com o objetivo de a simulação produzir resultados fidedignos e com valor real, procurou-se escolher distribuições que se ajustem aos dados recolhidos.

#### Horário de funcionamento dos Serviços Farmacêuticos

Como referido na descrição do problema (secção 2.4) os serviços farmacêuticos funcionam de segunda-feira a sexta-feira das 9:30 h às 22:00 h, sendo que são feitas reposições de stocks nivelados das 9:30 h às 12:00 h e distribuição da DU das 12:00 h às 20:00 h. Durante o funcionamento dos Serviços farmacêuticos, os pedidos de medicação urgente são tratados de acordo com a disponibilidade de recursos.

Apesar deste horário, o HBA funciona 24 horas por dia, 7 dias por semana nas operações que envolvem o tratamento e acompanhamento de doentes. Isto leva a que sejam necessários medicamentos a qualquer hora do dia, situação que os Serviços Farmacêuticos têm de garantir. Ao sábado os serviços farmacêuticos funcionam em horário reduzido que não será tido em conta nesta dissertação.

#### Chegada de medicamentos e validações

A necessidade de medicamentos é dependente do serviço que o prescreve por terem terapêuticas mais ou menos regulares e intensivas. Nos serviços em que foram recolhidos dados, verificou-se que o serviço que necessitava de menos medicamentos por cada 24 horas, necessitava de aproximadamente 150 (serviço de Unidade de cuidados intermédios) e o que mais necessitava, rondava os 400 medicamentos (serviço 4.1 – Medicina Interna) (n=176). Esta necessidade é aproximadamente homogénea ao longo do dia, ou seja, a necessidade de medicamentos de madrugada é semelhante à necessidade da parte da tarde pelo que se fez a simplificação de que não há alturas do dia em que são necessários mais medicamentos do que noutras. Por esta razão, assume-se que a taxa de chegada mínima de medicamentos é de 150 por dia (intervalo de 9,6 minutos entre chegadas) e a máxima de 440 por dia (intervalo de 3,6 minutos entre chegadas).

Em relação à validação de medicamentos, todos os que são enviados para o serviço são previamente validados pela equipa de Farmacêuticos. No entanto, são enviados na Dose unitária medicamentos que

foram validados em dias anteriores e que a terapêutica se prolonga por vários dias. Logo, é importante definir qual a percentagem de medicamentos enviados nesse dia, que são novos pedidos que necessitam de ser validados.

Na recolha de dados pelos Farmacêuticos, foi contemplado o número de validações feitas (que pode corresponder a várias unidades de medicamento), e não o número de unidades de medicamentos validados. Dado que era necessário para a simulação individualizar o tempo de validação de cada unidade de medicamento, calculou-se que 25% (n=176) dos medicamentos têm de passar por validação e os outros 75% não necessitam, e passam para a fila de espera que aguarda distribuição. Este valor não indica que apenas 25% das prescrições são validadas, trata-se de uma aproximação que permite simular a realidade operacional dos Serviços Farmacêuticos.

### Separação de Dispensa

O *picking* dos medicamentos é feito em 4 locais diferentes. Esta diferenciação existe por motivos de capacidade do carrossel (ver figura 2) e tipo de medicamento possível de armazenar nestes locais por serem líquidos, sólidos ou refrigerados. Com os dados recolhidos na distribuição calculou-se a percentagem de recolha de medicamentos em cada uma das localizações supramencionadas (n=160). Apesar de existirem ligeiras diferenças entre os serviços analisados, por simplificação, assume-se pelo que os valores seguintes se aplicam para todos os serviços. Esta separação é importante dado que o tempo que cada *pick* demora depende da localização em que este ocorre:

- *Picking* em Carrossel 1 – 65%
- *Picking* em Carrossel 2 – 35%
- *Picking* em Estante – 4,5%
- *Picking* em Externo – 0,5%

### Medicamentos tomados e revertidos

Para os medicamentos, a saída do sistema pode acontecer de duas formas distintas. O medicamento pode ser tomado pelo doente a quem foi prescrito, ou pode ser devolvido aos Serviços Farmacêuticos. Com recurso aos dados informatizados disponibilizados pelo HBA, conclui-se que, em percentagem, 20% dos medicamentos que são enviados, são mais tarde devolvidos aos Serviços Farmacêuticos. Este valor é justificado pela frequência com que é feita a dispensa de medicamentos neste momento (uma entrega por dia).

### Medicação urgente

Para o sistema paralelo de medicação urgente, verifica-se que são feitos no mínimo 3 pedidos (por dia, por serviço), no máximo 8 e moda 5. Analisou-se também os tempos de cada atividade deste sistema e o tempo entre cada atividade. Os tempos de espera entre atividades são os que mais impacto têm neste

subsistema pelo que devem ser analisados neste modelo. O desvio padrão elevado (ver tabela 5) é justificado pela situação em que estes atrasos ocorrem.

### Tabela de atividades

Para identificar quais as distribuições que mais se adequam às atividades deste sistema, utilizou-se o *Simul8 Help Center* que tem informação sobre o funcionamento deste *software*. Em particular, utilizou-se a secção *Distributions* (*Simul8 Corporation*, 2019) no qual estão identificadas as distribuições usualmente utilizadas para cada situação, com o intuito de criar um modelo o mais próximo da realidade possível.

Para a chegada de entidades temporárias ao sistema, a *Simul8 Corporation* (2019) propõe a distribuição “Exponencial” que “representa os tempos entre chegadas aleatórias, (...) onde estas chegadas são independentes umas das outras e aleatoriamente distribuídas...”. Com os dados recolhidos no hospital, verificou-se que as chegadas de medicamentos (tanto para a dose unitária como para medicação urgente) se comportavam desta forma, logo, utilizou-se esta distribuição para simular as suas chegadas.

Para a escolha das distribuições das atividades, a *Simul8 Corporation* (2019) propõe a distribuição “Normal” como a “geralmente usada para gerar tempos de processamento”. No entanto, acrescentam que “é mais provável que seja representada por uma distribuição assimétrica, como a Log-Normal”. Logo, esta foi a escolhida para simular as atividades do sistema. Importa referir que, para as pseudo-atividades de espera da medicação urgente, utilizou-se a distribuição. As tabelas 4 e 5 apresentam as distribuições, médias e desvios padrão de cada uma das atividades.

Tabela 4 - Caracterização das atividades do sistema de dose unitária

Atividade	Unidade ou conjunto de medicamentos	Entidade Permanente	Distribuição	Média	Desvio Padrão
Validação	Unidade	Farmacêutico	Log-Normal	1,73	2,03
Preparação do carro	Conjunto	Técnico	Log-Normal	6,77	3,6
Puxar serviço	Conjunto	Técnico	Fixa	3,02	-
Picking C1	Unidade	Técnico	Log-Normal	0,11	0,04
Picking C2	Unidade	Técnico	Log-Normal	0,16	0,08
Picking Estante	Unidade	Técnico	Log-Normal	1,03	0,54
Picking Externo	Unidade	Técnico	Log-Normal	1,55	1,44
Conferência	Unidade	Técnico	Log-Normal	0,07	0,02
Envio e Regresso do Serviço	Conjunto	Auxiliar	Log-Normal	16,35	7,66
Retirada do carro	Unidade	Auxiliar	Log-Normal	0,11	0,06
Reintrodução no sistema	Unidade	Auxiliar	Log-Normal	0,22	0,23

Tabela 5 – Caracterização das atividades do sistema de medicação urgente

Atividade	Unidade ou conjunto de medicamentos	Entidade Permanente	Distribuição	Média	Desvio Padrão
Validação Urgente	Unidade	Farmacêutico	Log-Normal	2,41	3,76
Dispensa Urgente	Unidade	Técnico	Log-Normal	3,81	3,66
Atraso Validação Urgente	Unidade	-	Normal	20,53	25,79
Atraso Dispensa Urgente	Unidade	-	Normal	39,46	42,63
Atraso Saída Urgente	Unidade	-	Normal	19,85	54,70

## 5.2 Modelo computacional

Tendo em conta os dados recolhidos e analisados na secção anterior e os diagramas de ciclo de atividade e de vida (secção 4.2.2) é possível transpor esta estrutura para o *software* a partir do qual se pretende retirar informação que permite estudar o funcionamento do sistema. Então, nesta secção, é descrito o procedimento relativo à construção do modelo de simulação, explicando detalhadamente as características e especificações das atividades com pormenores que exigem maior atenção. De seguida, descreve-se o processo de verificação e validação do modelo.

### 5.2.1 Construção do modelo em *Simul8*

#### Configurações iniciais

Antes de se iniciar a construção do modelo, foi necessário definir as condições sob as quais o sistema vai atuar. Primeiramente, definiu-se as propriedades do relógio do simulador (*Clock Properties*) em que se decidiu a unidade de tempo a utilizar no simulador, em que dias da semana o sistema funciona e durante que horas do dia. Então, definiu-se que a hora de início do dia é às 00:00 h e do fim do dia às 24:00 h e que o sistema funciona unicamente em dias úteis, como na figura 24. Recorda-se que, apesar dos Serviços Farmacêuticos funcionarem entre as 9:30 h e as 22:00 h, são necessários medicamentos fora deste horário cuja entrega atempada deve ser garantida, pelo que foi necessário definir que o sistema funciona durante 24 horas.

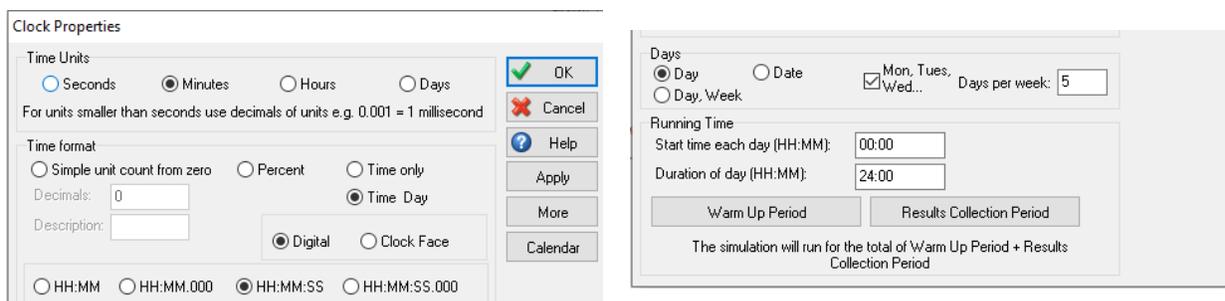


Figura 24 - Configurações iniciais do *Simul8*

Outra propriedade a ter em conta no simulador é o *Travel Time*. Este software assume que, para cada *work item*, a distância entre cada ícone (atividade e/ou fila de espera) tem de ser percorrida e, conseqüentemente, esse trânsito demora tempo. Para os efeitos deste modelo, este tempo não será tido em conta desta forma, pelo que é necessário neutralizar o seu efeito. Então, foi definido que esta distância era zero nas preferências do *software*.

### Modelo em Simul8

Como se pode observar na figura 25, os ícones de algumas atividades foram alterados. Esta alteração pretende tornar a visualização do sistema mais simples, tanto para o modelador como para os decisores, que é um dos principais objetivos desta dissertação.

Durante a construção do modelo, houve tentativas de criar um só circuito em que a diferenciação de serviços acontecia com *labels*. No entanto, chegada à fase de *picking*, a modelação tornou-se demasiado complexa, levando a que não fosse possível descobrir e solucionar os erros que surgiam. Logo o modelo foi desenhado com dois circuitos em paralelo, que solucionou esta questão.

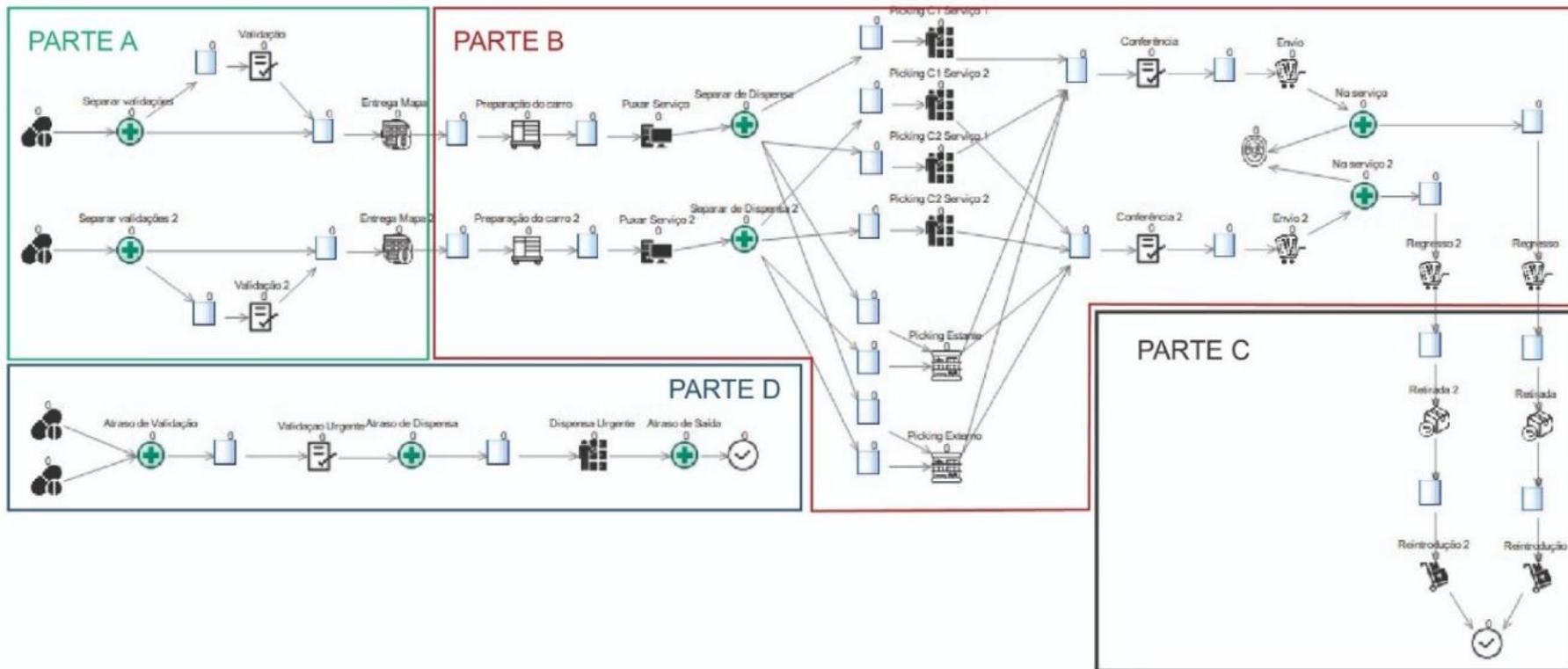


Figura 25 - Partição do modelo computacional em Simul8

## Parte A - Validação

Esta é a parte do modelo onde os medicamentos dão entrada no circuito da farmácia. Estes, entram no sistema com um *start point* em que foi definida uma taxa de chegada de aproximadamente 315 medicamentos para ser dispensados por dia, que equivale à chegada de um medicamento a cada 4,6 minutos. Surgiu também a necessidade de criar *labels* que iriam diferenciar os serviços mais à frente, pelo que, os medicamentos do serviço 1 e 2 têm *label* com o mesmo valor.

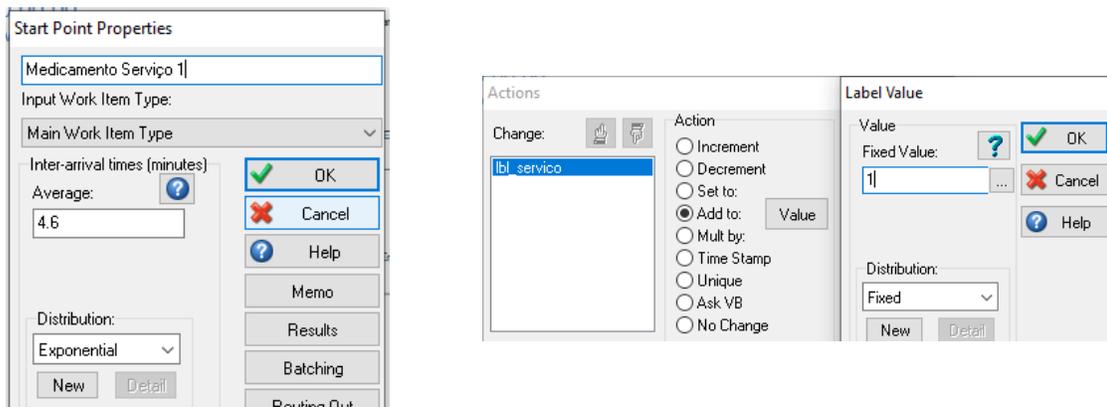


Figura 26 - Configuração da entrada de medicamentos

Seguidamente o modelo diferencia os medicamentos que precisam de passar pelo processo de validação e os que já foram validados em dias anteriores. Para executar essa separação, foi criada uma atividade fictícia chamada “Separar validações” em que 25% dos medicamentos são enviados para a fila de espera “Espera Validação” e 75% vão diretamente para a fila de espera “Espera Envio Mapa”. A atividade seguinte “Validação” necessita de um Farmacêutico disponível e, a sua distribuição, média e desvio padrão são as apresentadas na figura 27.

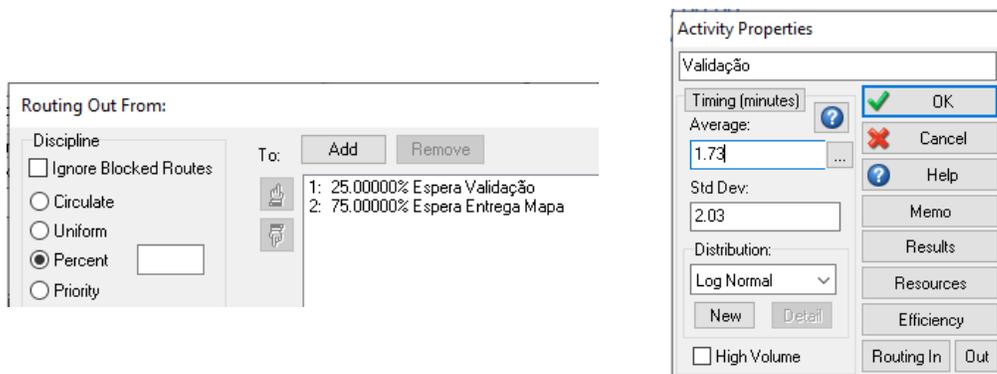


Figura 27 - Configuração da atividade Validação

Para finalizar esta parte, a atividade “Entrega Mapa” passa a responsabilidade da Dose Unitária para os Técnicos de Farmácia. Este envio em *batch* acontece a uma hora definida para um determinado serviço que, para a modelação da situação atual, assume-se que ambos os serviços são enviados às 16:30 todos os dias.

Para o seu funcionamento, definiu-se que esta atividade tem tempo fixo nulo, e selecionou-se a opção *use batching* com limite máximo suficiente para que sejam sempre enviados todos os medicamentos pedidos e para que todos os medicamentos entrem ao mesmo tempo. Adicionalmente, foram criados os recursos “Mapa S1” e “Mapa S2” que servem como *token* e que apenas funcionam entre as 16:30 e as 16:31. Desta forma, às 16:30 os medicamentos desse dia são enviados para distribuição (ver figura 28).

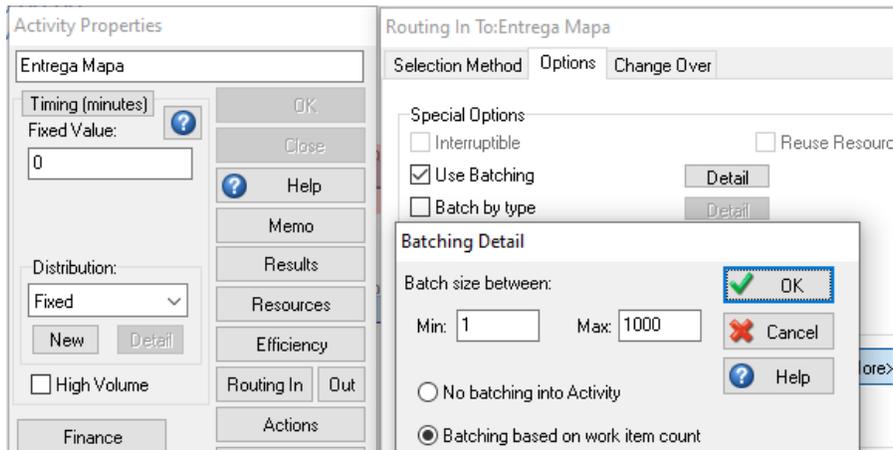


Figura 28 - Configuração da atividade Entrega Mapa

## Parte B – Distribuição

Na parte B, que está associada à distribuição por parte dos Técnicos de farmácia, abordam-se as atividades que têm contacto direto com o medicamento. Primeiramente dá-se a “Preparação do carro” que é enviado para o serviço. Esta atividade implica a impressão das etiquetas com as informações dos doentes e verificação de que o carro está em condições de prosseguir. Para todo o carro ser preparado uma vez (por simplificação não depende do número de medicamentos), os medicamentos são recebidos em *batch* sendo que o tempo de processamento e o desvio padrão foram introduzidos de acordo com a figura 29.

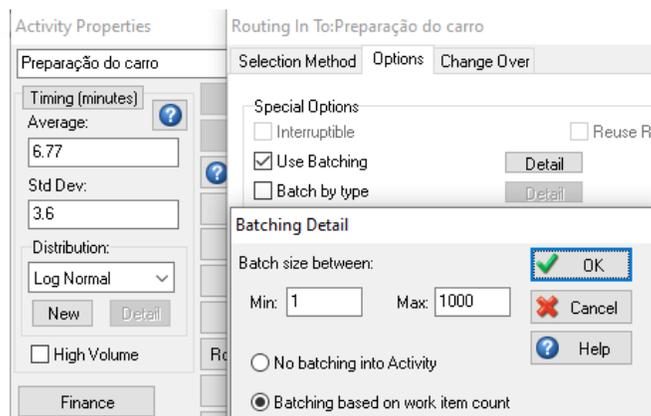


Figura 29 - Configuração da atividade Preparação do carro

Segue-se a atividade “Puxar Serviço” que se encontra ilustrada em anexo (ver Anexo E), dado que não apresenta nenhuma nuance que necessite de uma explicação mais aprofundada.

Fazer *picking* dos medicamentos pode demorar mais ou menos tempo dependendo de onde se encontram. Na Farmácia do HBA existem quatro espaços com medicamentos para a dose unitária, que são:

- Carrossel 1 – Doravante designado por C1
- Carrossel 2 – Doravante designado por C2
- Estante
- Externo

Como identificado na secção 5.1, a quantidade de medicamentos que é retirado do C1 é maior que a do C2, seguido da estante e, por último, o externo. Esta separação foi feita com a atividade fictícia “Separar dispensa”, com tempo nulo, como se pode ver pela figura 30.

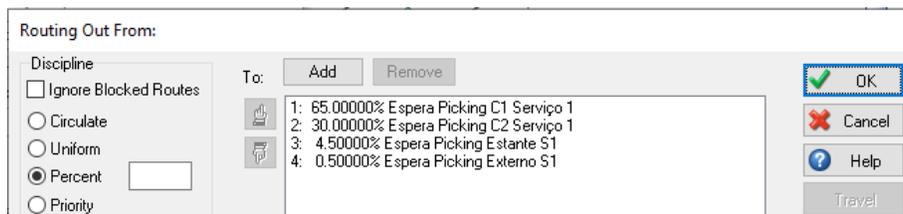


Figura 30 - Configuração atividade fictícia Separar dispensa

Após concluído este passo, foi necessário definir o comportamento do *picking* dos medicamentos. Os medicamentos em “Estante” e em “Externo” podem ser recolhidos em qualquer momento, sendo apenas necessário um Técnico de Farmácia para o fazer. Os valores de tempo de processamento e desvio padrão implementados no simulador encontram-se no anexo E.

Os dois carrosséis (C1 e C2) podem ser utilizados em simultâneo, mas para serviços diferentes. No entanto, o *picking* nos carrosséis deve respeitar algumas condições. Como exemplo, o C1 está a ser utilizado para a distribuição do Serviço X e o C2 para o Serviço Y. Numa situação em que o Serviço X termina o *picking* no C1, o *picking* do C2 deve aguardar até que o Serviço Y esteja completo. Nunca pode haver *picking* de dois serviços em simultâneo num só carrossel.

Para que o modelo cumpra esta condição, foram criados recursos que funcionam como *tokens* para o Serviço 1, Serviço 2, Carrossel 1 e Carrossel 2. Estes recursos foram adicionados a cada atividade, como ilustrado na figura 31 para o caso de “Picking C1 Serviço 1”.

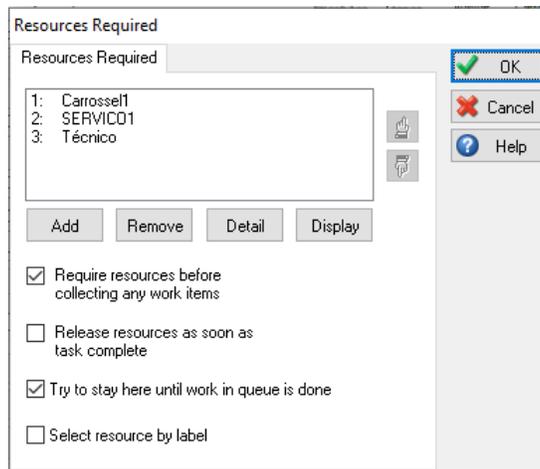


Figura 31 - Configuração dos recursos da atividade Picking 1 Serviço 1

Seguidamente, é necessário fazer a conferência dos medicamentos antes de serem enviados para o serviço. No entanto, a conferência só começa quando o *picking* termina, ou seja, não há nenhum medicamento à espera de ser retirado e não há medicamentos a ser retirados nesse momento. Para garantir esta condição, utilizou-se a opção *batch by condition*, com as seguintes condições iguais a zero (para a conferência do Serviço 1):

- *Picking C1 Serviço 1.Count Contents*
- *Picking C2 Serviço 1.Count Contents*
- *Picking Estante Serviço 1.Count Contents*
- *Picking Externo Serviço 1.Count Contents*
- *Espera Picking C1 Serviço 1.Count Contents*
- *Espera Picking C2 Serviço 1.Count Contents*
- *Espera Picking Estante Serviço 1.Count Contents*
- *Espera Picking Externo Serviço 1.Count Contents*

Quando esta condição é cumprida, a conferência é processada de acordo com a figura 32.

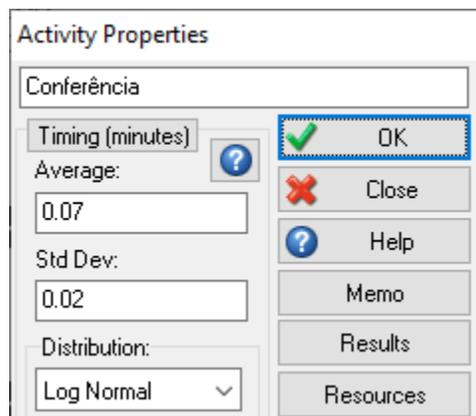


Figura 32 - Configuração da atividade Conferência

Finalmente, o Envio dos carrinhos é executado pelos Auxiliares. Esta atividade só ocorre quando a conferência está terminada, não há nenhum medicamento à espera de conferência e o recurso “Hora de envio” está disponível. Este recurso só está disponível a hora determinada para funcionar como o sistema real. De seguida, os medicamentos são enviados para a atividade “No Serviço” que tem dois propósitos. O primeiro é de separar os medicamentos que são tomados dos que não são tomados e que necessitam de voltar à farmácia (ver figura 33).

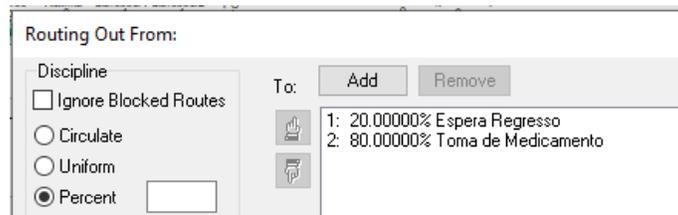


Figura 33 - Configuração da saída da atividade No Serviço

O segundo é de reter provisoriamente os medicamentos para que estes não sejam logo enviados de volta para a farmácia. O recurso “Hora de envio” está ativo durante o Envio e o Regresso do Auxiliar, no entanto, quando os Auxiliares vão ao serviço, levam os medicamentos para as 24 horas seguintes, e regressam com os das 24 horas anteriores. Então esta atividade garante que a fila de espera seguinte (ver figura 34) tem os medicamentos que foram revertidos no dia anterior.

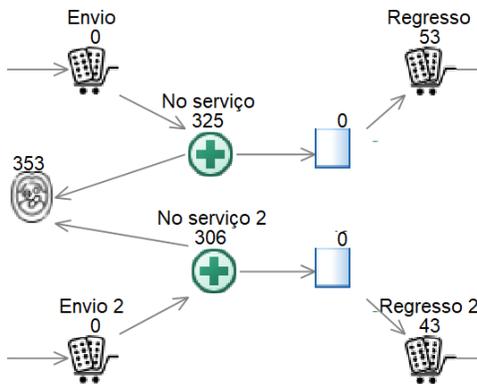


Figura 34 - Desenho da saída de medicamentos quando são administrados no serviço

As atividades “Envio” e “Regresso” de medicamentos funcionam da mesma forma, com distribuição, média e desvio padrão iguais, sendo que a única diferença é que o “Envio” tem uma prioridade maior que o “Regresso” para garantir que o sistema não funciona ao contrário (ver figura 35).

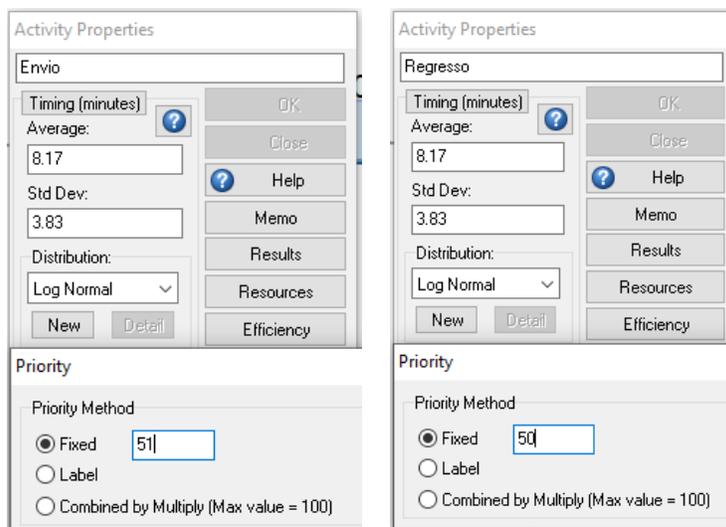


Figura 35 - Configuração das atividades Envio e Regresso

## Parte C – Revertências

Após a devolução dos medicamentos à farmácia, estes têm de ser retirados dos carros de dose unitária pelos Auxiliares e, posteriormente reintroduzidos no sistema informático. Estas atividades, tal como a “Conferência” e o “Envio”, só poderão ocorrer quando a atividade exatamente anterior estiver terminada. Logo, foi imposto que a atividade só dá início quando a que a antecede e a respetiva fila de espera estão livres (ver figura 36).

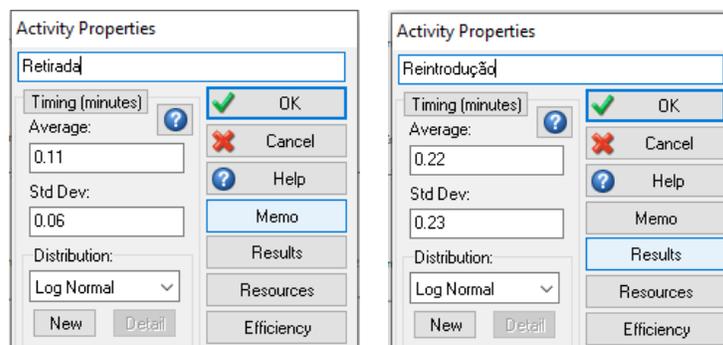


Figura 36 - Configuração das atividades Retirada e Reintrodução

Por último, o medicamento termina o seu percurso no *end point* “Medicamento revertido”.

## Parte D – Medicação Urgente

Esta parte do sistema existe paralelamente à dose unitária e é consideravelmente mais linear. Os pedidos de medicação urgente chegam com os dois *start points*, cada um representando um serviço. Estes serviços chegam em papel e ficam a aguardar recolha por um Farmacêutico. A zona da farmácia a que estes pedidos chegam é longe do percurso de todos os funcionários da farmácia, pelo que a sua recolha não depende unicamente da disponibilidade de recursos. Para ter em conta esta característica, foi criada a atividade “Atraso Validação”, sem recursos necessários, com tempo e desvio padrão apresentados na figura 37. Este

atraso acontece antes da dispensa urgente e da saída, pelo que estas pseudo-atividades foram também criadas como se vê na figura 37. Em todas estas, implementou-se um valor elevado de *replicate* da atividade que permite ter vários medicamentos na pseudo-atividades de atraso.

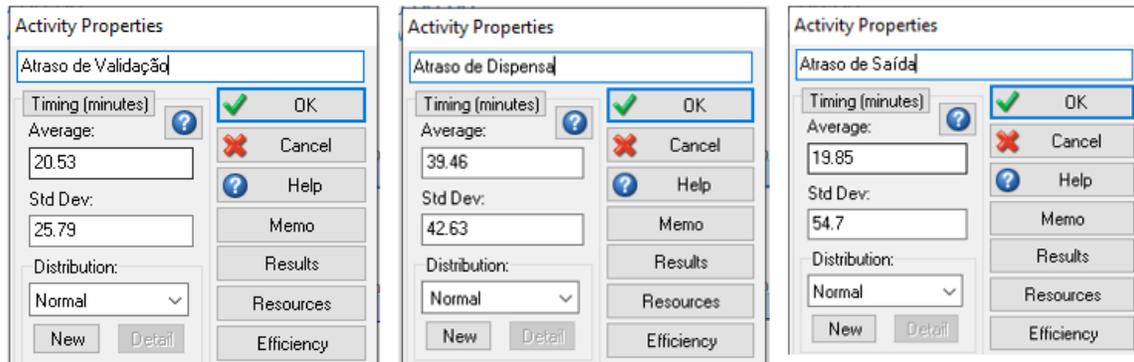


Figura 37 - Configuração das pseudo-atividades de Atraso da medicação urgente

Por último, as atividades “Validação urgente” e “Dispensa urgente” exigem um Farmacêutico e um Técnico respetivamente e foram definidas como ilustrado na figura 38.

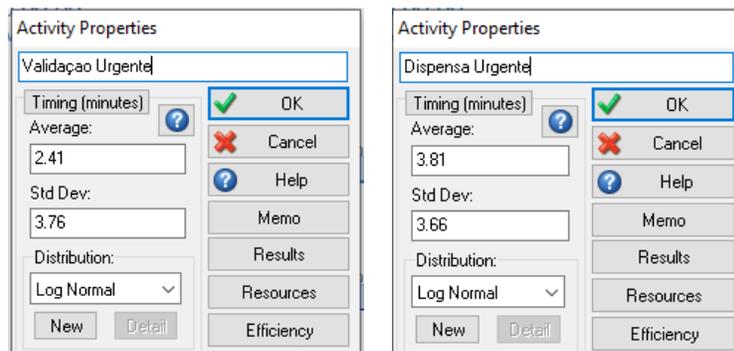


Figura 38 - Configuração das atividades Validação urgente e Dispensa urgente

## 5.2.2 Verificação e validação do modelo

Após a construção do modelo em Simul8 descrito na secção anterior, importa confirmar que o modelo é uma representação próxima da realidade da Farmácia do HBA. Para isso, procedeu-se à verificação e validação do modelo. Na verificação, analisam-se as atividades com características complexas, ou que criam dificuldades podendo levar a erros de implementação. Nesta fase, utilizaram-se valores fixos que facilitam a análise do seu funcionamento. Foram analisadas as atividades: “Separar Validações”; “Entrega Mapa”; “Separar Distribuição”; seis atividades de *picking*. Na fase da validação, implementaram-se os dados referidos na secção anterior e foi analisada a estabilidade do sistema e se as chegadas ao sistema correspondiam com as desejadas. Por fim, definiram-se o período de *Warm up*, o tempo de simulação e o número de *runs* necessários.

## Verificação do modelo

A primeira atividade fictícia verificada foi a de “Separar validações” que ocorre logo após a prescrição de medicamento enviada aos Serviços Farmacêuticos. Como explicado anteriormente, parte das prescrições precisa passar pela validação de um Farmacêutico por ser uma nova prescrição. Todas as prescrições que já foram validadas noutro dia não precisam de o ser novamente. A percentagem de medicamentos que precisam de ser validados é de 25% e, como se pode ver pela figura 39, num caso particular em que chegam 5674 *work items* ao sistema, 1459 (aproximadamente 25,7%) destes aguardam validação, como esperado.

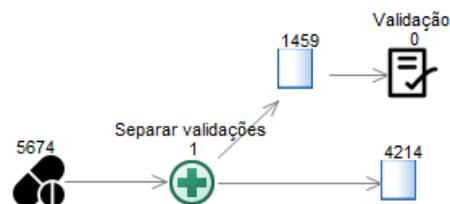


Figura 39 - Verificação da atividade fictícia Separar validações

A atividade fictícia “Entrega Mapa” define a passagem da responsabilidade do processo dos Farmacêuticos para os Técnicos de Farmácia. Esta atividade tem tempo fixo nulo e acontece a uma determinada hora do dia. No caso em exemplo na figura 40, o envio do mapa acontece às 16:30 e todos os medicamentos são enviados em conjunto para a próxima fila de espera. Adicionalmente, foi imposto à atividade que só pode ser executada se a fila de espera anterior estiver vazia. A verificação deste último ponto foi feita com o simulador a correr lentamente durante 22 dias pela impossibilidade de verificar isso com resultados numéricos.

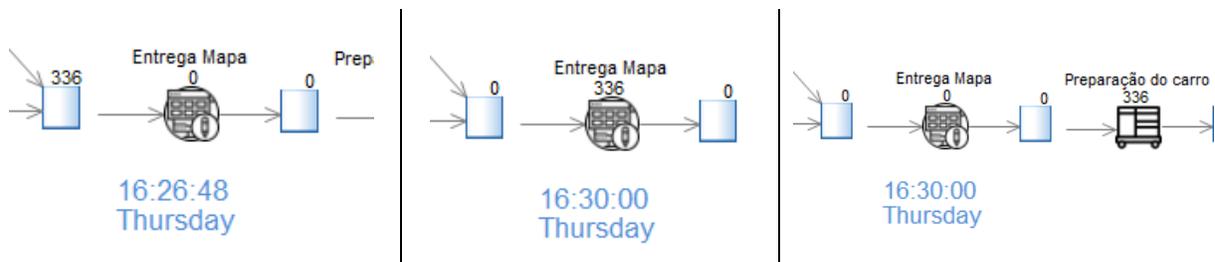


Figura 40 - Verificação da atividade Entrega Mapa

Seguidamente, analisou-se a atividade fictícia “Separar distribuição” que acontece exatamente antes de se iniciar o *picking* dos *work items*. Esta atividade funciona de forma semelhante à “Separar validações” tendo tempo fixo nulo e percentagens de saída diferentes para as 4 filas de espera possíveis:

- Espera Picking C1 (65%)
- Espera Picking C2 (30%)
- Espera Estante (4,5%)
- Espera Externo (0,5%)

Para garantir o bom funcionamento desta atividade, o modelo foi corrido só com estas quatro filas de espera como saídas para verificar se os *work items* estavam a ser corretamente divididos pelas diferentes atividades. Desta análise foram retirados os dados da tabela 6, em que se verifica que a divisão funciona como desejado (resultados do simulador no Anexo F).

Tabela 6 - Verificação da atividade Separar distribuição

	Total	C1	C2	Estante	Externo
<b>Modelo (Quantidade)</b>	6254	4012	1915	295	32
<b>Modelo (Porcentagem)</b>		64,15%	30,62%	4,72%	0,51%
<b>Esperado (Porcentagem)</b>		65%	30%	4,50%	0,50%

Chegado ao *picking*, a verificação desta parte do modelo foi a mais complexa por se ter de confirmar constantemente o que é que estava a acontecer primeiro e o que era permitido acontecer ao mesmo tempo. Os pontos de verificação mais importantes são:

- O Serviço 1 começa pelo Carrossel 1 e não pode passar para o Carrossel 2 antes de terminar;
- O Serviço 2 começa pelo Carrossel 2 e não pode passar para o Carrossel 1 antes de terminar;
- O mesmo serviço não pode estar a funcionar nos dois carrosséis ao mesmo tempo;
- Se um dos serviços terminar o seu carrossel primeiro, tem de aguardar que o outro serviço termine para que o outro carrossel fique disponível.

Para estas condições serem cumpridas, foram criados os recursos descritos na secção anterior que apenas permitem que os carrosséis funcionem ao mesmo tempo quando para serviços diferentes. Na figura 41 apresentam-se as três fases que demonstram o funcionamento acima descrito. Importa notar que as prioridades impostas ao “Picking C1 Serviço C1” e “Picking C2 Serviço 2” existem para evitar que um técnico faça algumas vezes uma atividade e, depois, salte para outra, sem justificação.

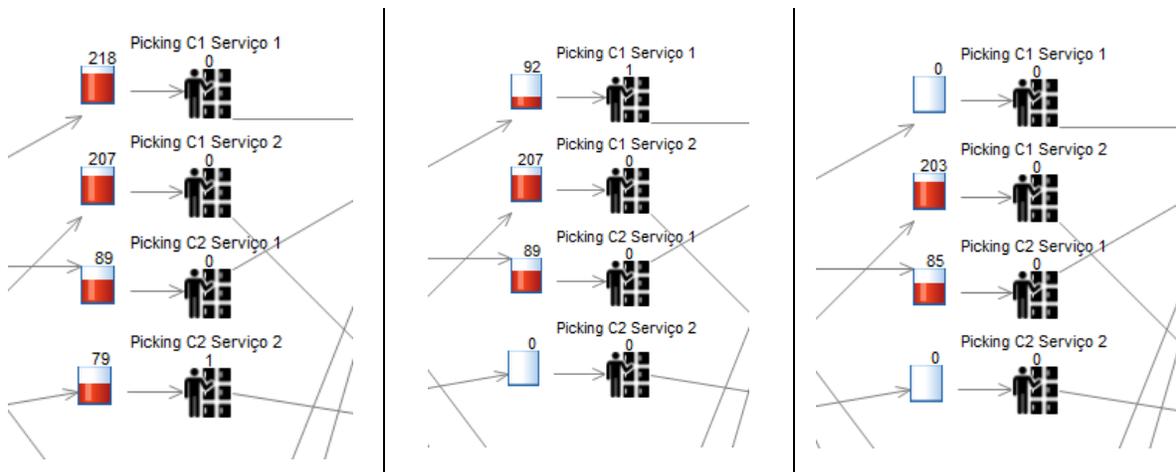


Figura 41 - Verificação de funcionamento do Picking

A “Conferência” foi a seguinte atividade a verificar. Esta só pode ser iniciada quando o *picking* termina, ou seja, todos os medicamentos que vão ser enviados mais tarde têm de ser processados. Para isto acontecer, foi imposto que a atividade só podia ser iniciada quando as atividades e filas de espera exatamente anteriores estão libertas. Isto aplica-se para um determinado serviço, ou seja, se o Serviço 1 estiver completo, mas o Serviço 2 ainda não estiver pronto, o Serviço 1 pode iniciar a “Conferência” se existirem recursos suficientes. Como se pode verificar pela figura 42, estas condições são respeitadas.

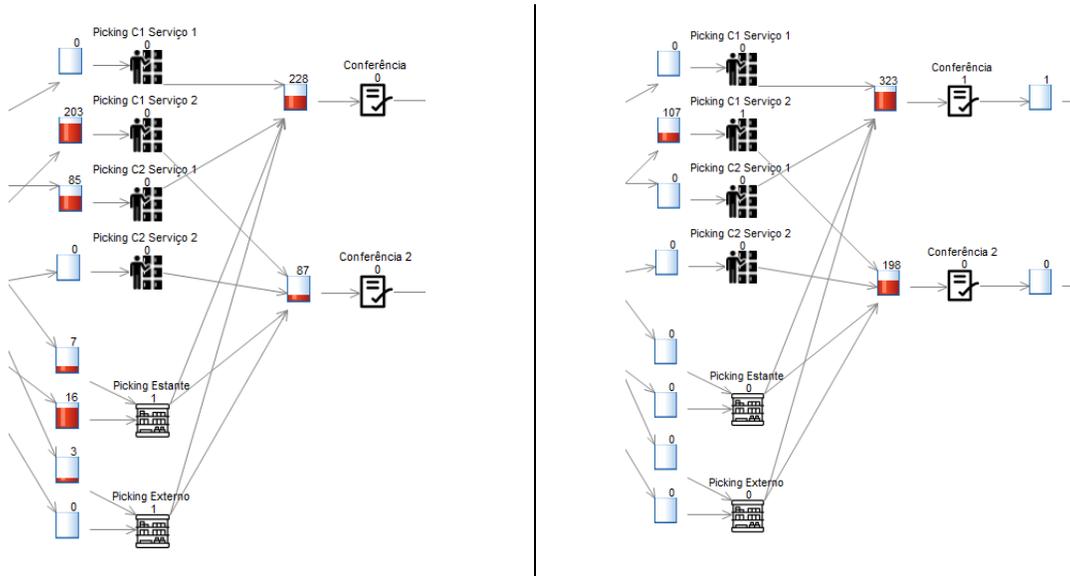


Figura 42 - Verificação da atividade Conferência

Nas atividades em que há uma restrição temporal, foi necessário confirmar que nenhum *work item* ficava por processar, por exemplo, iniciar-se o “Envio” dos medicamentos para o serviço sem que todos estejam conferidos não é uma possibilidade. Para confirmar que esta situação não acontecia foi criada a estrutura ilustrada na figura 43.

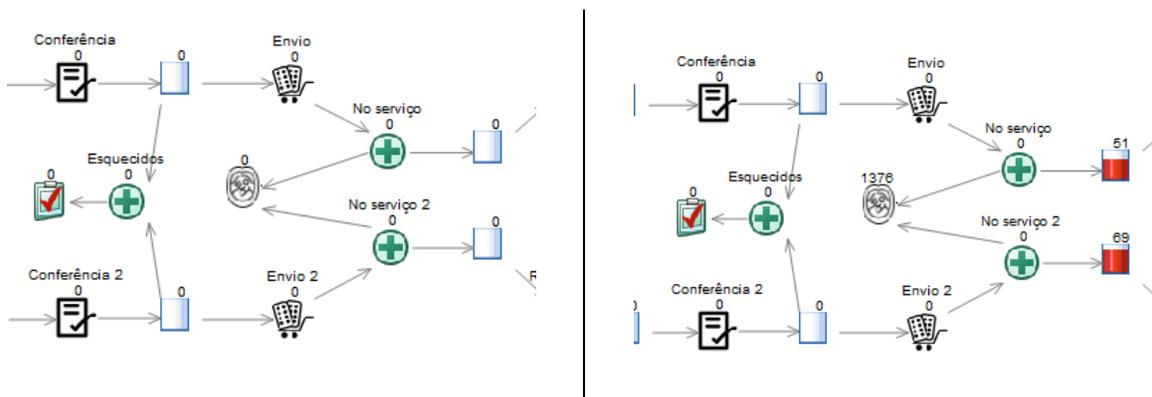


Figura 43 - Criação da atividade Esquecidos

Nas filas de espera anteriores a estas atividades críticas, definiu-se que os *work items* têm validade de 12 horas e que, caso a validade expire, são enviados para a atividade “Esquecidos”. Assim, esta atividade foi criada em todas as situações em que os medicamentos poderiam ficar retidos na fila de espera. Além desta

forma de verificar esta situação, foi útil verificar também os gráficos de número de *work items* na fila de espera ao longo do tempo, que permitiu verificar se, após acontecer a atividade seguinte, a fila de espera fica completamente vazia, com é exemplo o anexo G.

Por último, foi verificada a atividade “No serviço”. Esta serve principalmente para reter os *work items* do dia enquanto os *work items* do dia anterior passam para a atividade “Regresso”. Como se pode ver pela figura 44, há medicamentos a aguardar na fila de espera “Espera envio” que, depois de passarem pelo “Envio”, vão para “No serviço”. Enquanto estes estão no serviço, os medicamentos que não foram administrados, aguardam na fila “Espera regresso” e logo de seguida são processados na atividade “Regresso”. O tempo que os medicamentos passam na atividade “No serviço” é grande o suficiente para que a hora de envio e regresso passe, sem que estes sejam devolvidos à Farmácia.

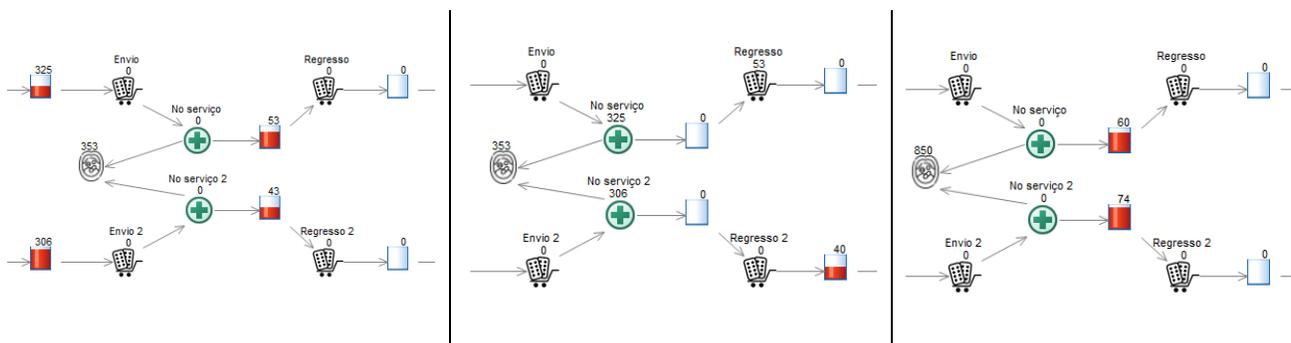


Figura 44 - Verificação da atividade Regresso

## Validação do modelo

Terminada a verificação das atividades críticas do modelo, e confirmado o bom funcionamento de todas elas, passa-se para a validação do modelo. Nesta fase, utilizam-se as distribuições com médias e desvios padrão calculadas na secção 5.1 para assegurar que os resultados fazem sentido com o que é esperado do sistema e que o modelo não tem congestionamentos.

Para confirmar que a distribuição de chegada dos *work items* do sistema principal é a correta, fez-se uma simulação durante 1 mês para comparar com os dados reais retirados na farmácia. Então, para este teste, analisou-se dois serviços com intervalo de chegada entre *work items* de aproximadamente 4,6 minutos, ou seja, num mês, foram enviados para esses serviços aproximadamente 12522 medicamentos. Pela tabela 7, pode se observar que o erro relativo é baixo entre os resultados da simulação e do que foi registado na Farmácia para dois serviços reais. O erro ligeiramente mais elevado do total de medicamentos tomados e total de medicamentos revertidos acontece porque, quando a simulação terminou, existiam medicamentos que ainda estavam no sistema (identificado na tabela 7 como Trabalho em Curso). Considera-se então que a validação da chegada de medicamentos do modelo é uma imagem realista do que acontece na farmácia do HBA. O mesmo teste foi feito para a chegada de Medicação urgente, tendo erros relativos igualmente baixos.

Tabela 7 - Validação do modelo computacional

	Esperado	Simulado	Real	Erro
<b>Serviço 1</b>	6261	6291	6230	0,98%
<b>Serviço 2</b>	6261	6204	6267	1,01%
<b>Total Enviado</b>	12522	12495	12497	0,02%
<b>Trabalho em curso</b>	0	318	0	
<b>Total Medicamentos tomados</b>	10017,6	9855	10112	2,54%
<b>Total Medicamentos Revertidos</b>	2504,4	2322	2385	2,64%

A maior preocupação de congestionamento neste sistema está relacionada com *work items* esquecidos em filas de espera, ou seja, quando a atividade começa a uma determinada hora, nenhum medicamento pode ficar esquecido. Esta análise foi feita na verificação em que se garantiu que os tempos de “Entrega mapa” e “Envio” funcionam como desejado, garantindo assim que não há congestionamentos.

#### *Warm up, tempo de simulação e número de runs*

Após garantido o bom funcionamento do modelo e da sua aproximação à realidade do HBA, importa definir o período *Warm up*. Este período, é o intervalo de tempo em que o sistema está em fase transiente. Logo, impõe-se ao sistema este intervalo sem recolha de resultados para que estes não enviesem os resultados que realmente se pretende. Para definir este parâmetro, analisou-se certos indicadores de desempenho do sistema e o seu desenvolvimento ao longo do tempo. Estes indicadores são:

- Tempo médio do Medicamento revertido no sistema;
- Tempo médio do Medicamento tomado no sistema;
- Tempo médio do Medicamento urgente no sistema;
- Percentagem de utilização do recurso Farmacêutico;
- Percentagem de utilização do recurso Técnico;
- Percentagem de utilização do recurso Auxiliar;

Esta análise foi feita definindo o tempo de simulação 1 semana, e aumentando uma semana por cada retirada de resultados. Pela análise das figuras 45 e 46 verifica-se que os indicadores aparentam estar estabilizados a partir da quarta semana de simulação (ver os restantes indicadores no anexo H). Logo, definiu-se que o período de *Warm up* é de 28800 minutos (4 semanas x 5 dias x 24 horas x 60 minutos).

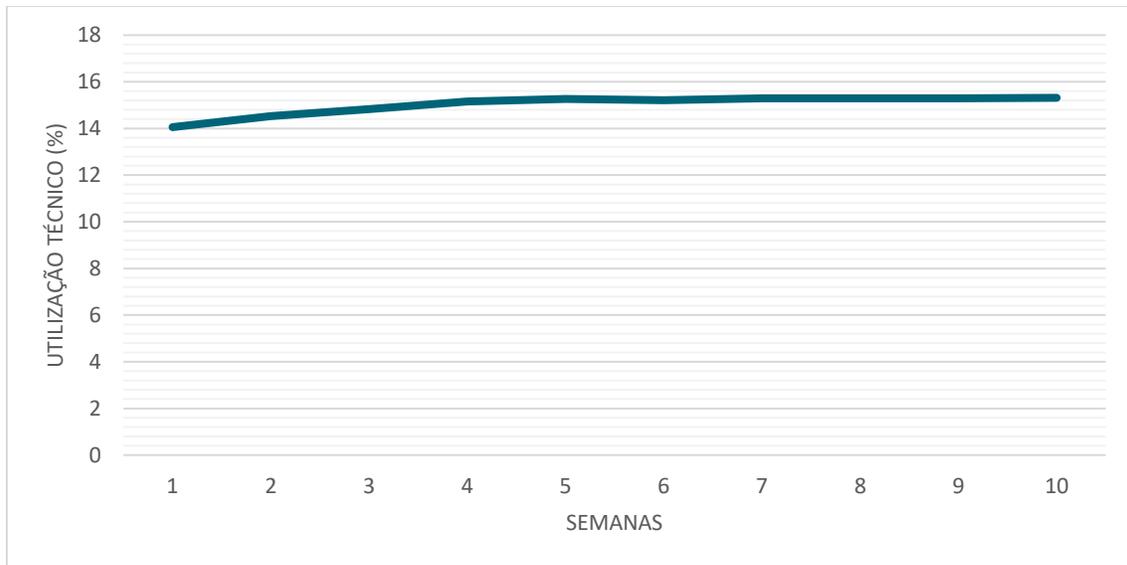


Figura 45 - Período Warm-up para Utilização do recurso Técnico



Figura 46 - Período Warm-up para Tempo médio de medicamento tomado no sistema

De seguida, foi tomada a decisão do tempo de simulação tendo em conta o número de meses em que a quantidade de medicamentos que são pedidos à farmácia é semelhante. Por esta razão, decidiu-se que na retirada de resultados, o tempo de simulação seria 3 meses. Por último, para decidir quantas *runs* são feitas por cada *trial*, foi utilizado o *trial calculator* do software em que se identificou 10 runs como o número a utilizar para a retirada de resultados das soluções.

## 6. Análise e discussão de resultados

Este capítulo é dedicado à análise crítica dos resultados tirados das simulações feitas com o modelo desenvolvido. A secção 6.1 identifica as experiências a ser feitas e a justificação para as mesmas. Na secção 6.2 apresentam-se os resultados das experiências executadas e discute-se a sua possível implementação nos serviços farmacêuticos do HBA.

### 6.1 Planeamento de experiências

Após a verificação e validação do modelo, e confirmado o seu funcionamento e a sua aproximação à realidade do sistema de distribuição de medicamentos do HBA, importa agora utilizar esta ferramenta para testar soluções que possam melhorar o seu funcionamento. Estas soluções foram geradas, não só pela discussão frequente com os especialistas e decisores, mas também pela possibilidade de observar o sistema e o seu funcionamento durante mais de 3 meses *in loco*. Todas as soluções seguintes, são de implementação possível, sem exigência de grandes investimentos.

Com estas possíveis alterações ao funcionamento atual do sistema, pretende-se pesar tanto as mais valias quantitativas que o simulador reproduz, como as mais valias qualitativas que os especialistas e decisores preveem com estas mudanças. As vantagens qualitativas são de grande importância para os decisores pois incluem temas como a segurança do circuito do medicamento, a garantia de entrega dos medicamentos, validação de todas as prescrições e impacto das alterações na estrutura organizacional da distribuição.

A explicação de cada experiência vai detalhar o porquê do seu estudo, os impactos que esta alteração poderá trazer ao sistema e, por último, as alterações feitas no modelo de simulação para obter os resultados pretendidos.

#### *Experiência 1 – Combinação de serviços*

Como já explicado anteriormente, os serviços do HBA tem exigências diferentes no que toca à quantidade de medicamentos para enviar. Dos serviços analisados neste estudo, verificou-se que, para o serviço com um fluxo menor, eram enviados aproximadamente 150 medicamentos por dia, contudo, para o serviço com maior necessidade, eram enviados aproximadamente 400 medicamentos por cada 24 horas. Logo, esta experiência pretende fazer o estudo do funcionamento de certos serviços em conjunto.

Mostra-se então necessário verificar se o funcionamento em conjunto de serviços muito diferentes tem um considerável impacto negativo no processo. Verificando-se este impacto, poderá ser vantajoso para os Serviços Farmacêuticos fazer uma análise a todos os serviços a que se faz entrega de DU e, possivelmente, reajustar os pares de forma a que este impacto seja anulado. Para isso, foram implementadas as seguintes taxas de chegada para a análise:

- Cenário 1 - 2 serviços com a mesma taxa de chegada (4,6 minutos);
- Cenário 2 - 2 serviços com taxas de chegada ligeiramente diferentes (3,2 e 5,2 minutos);
- Cenário 3 - 2 serviços com taxas de chegada muito diferentes (2,8 e 9,6 minutos);

Estes três casos foram escolhidos com base nos dados reais do HBA e emparelhados de forma a ter uma solução em que são aproximadamente iguais, outra opção em que são próximos e uma última com extremos, garantindo que a soma de medicamentos enviados se mantém igual.

### Experiência 2 – Redução de atrasos da Medicação urgente

A segunda experiência envolve o estudo do sistema de medicação urgente, paralelo ao sistema principal de dispensa da dose unitária. Neste caso, a preocupação dos serviços farmacêuticos está relacionada com o tempo que este tipo de pedido passa nos Serviços Farmacêuticos. Para analisar este subsistema, criou-se atividades fictícias que simulam a espera que ocorre antes da validação, antes da dispensa e antes da saída. A retirada destas três esperas, é de implementação complexa, mas possível. Então estudou-se, para dois serviços semelhantes, o subsistema de medicação urgente (ver figura 47):

- Atual - Com todos os atrasos;
- Cenário 1 - Sem o atraso de validação;
- Cenário 2 - Sem o atraso de dispensa;
- Cenário 3 - Sem o atraso de saída;
- Cenário 4 - Sem qualquer atraso.

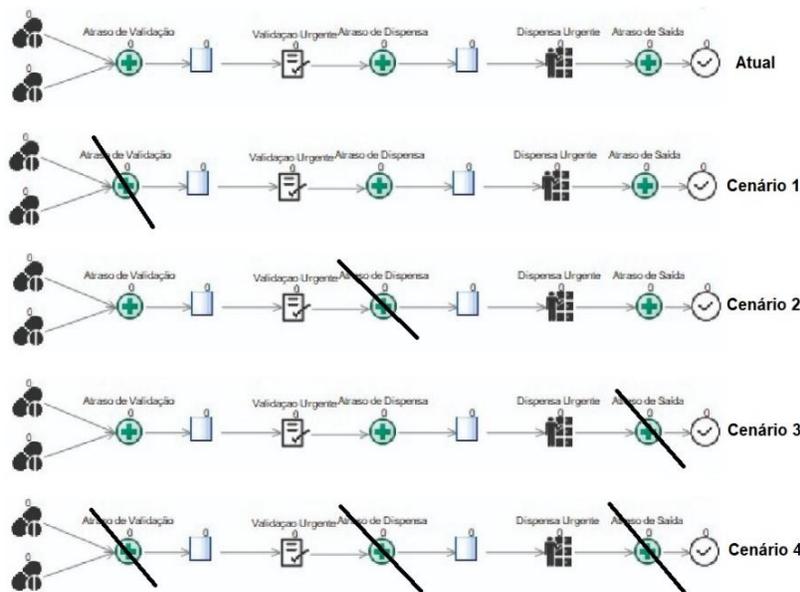


Figura 47 – Cenários da Experiência 2 – Redução de atrasos da Medicação Urgente

É importante para os Serviços Farmacêuticos que este subsistema seja eficiente, pois serve de apoio à dose unitária. Este resolve insuficiências da dispensa da dose unitária, como por exemplo, a chegada de um paciente ao serviço logo a seguir à entrega da dose unitária para as seguintes 24h. Não existindo medicação urgente, o paciente não recebe medicamentos até ao dia seguinte, situação que não está de acordo com o pretendido.

### *Experiência 3 - Redução de medicamentos pedidos por dia*

Esta experiência pretende estudar a influência da redução da quantidade de medicamentos enviados por dia. Apesar de o número de medicamentos enviados para o serviço não ser uma decisão dos serviços farmacêuticos, há alterações que podem levar a uma redução do número de enviados. Durante o estágio realizado em julho e agosto de 2018, verificou-se que a maioria dos medicamentos revertidos era constituída por analgésicos e antieméticos pelas suas características terapêuticas. Estudou-se então a possibilidade de retirar esses medicamentos do circuito de dose unitária, tornando-os presentes no armazém que se situa no serviço.

Esta situação pode ocorrer noutros serviços com outros tipos de medicamento, o que remete para a importância desta experiência. Caso se identifique que há uma influência significativa nos resultados, poderá ser vantajoso fazer este estudo para todos os serviços do hospital com distribuição em DU. Para isso, analisaram-se as diferenças para as seguintes reduções de medicamentos enviados:

- Atual - Sem redução;
- Cenário 1 - Redução de 5%;
- Cenário 2 - Redução de 10%;
- Cenário 3 - Redução de 15%.

Caso os resultados mostrem que estas reduções têm uma grande influência nos resultados do sistema, poderá ser proveitoso estudar se pode haver uma redução dos medicamentos enviados por terem características que justifiquem essa mudança.

### *Experiência 4 – Alteração entre Uma, Três e Seis entregas diárias*

Por último, a quarta experiência pretende estudar uma alteração estrutural da dispensa de medicamentos em dose unitária. Até à data da presente dissertação, os serviços farmacêuticos do HBA enviam a dose unitária todos os dias, uma vez por dia. Foi pedido pelos decisores, o estudo do possível aumento de distribuições diárias. Durante o estágio já referido, foi testado durante um mês uma distribuição com 3 entregas por dia (ver anexo I) cujos resultados mostraram um aumento da ocupação dos recursos. No entanto, as grandes vantagens das várias entregas por dia são a segurança do circuito do medicamento e a redução do número de revertências. Então, para esta experiência foram analisadas as estruturas representadas na tabela 8.

Tabela 8 - Cenários da Experiência 4 - Alteração entre Uma, Três e Seis entregas diárias

Uma Entrega		Três Entregas		Seis Entregas	
Envio de Mapa	16:30	Envio de Mapa	10:00	Envio de Mapa	07:00
Entrega	20:00	Entrega	11:00	Entrega	08:00
		Envio de Mapa	14:00	Envio de Mapa	11:00
		Entrega	15:00	Entrega	12:00
		Envio de Mapa	19:00	Envio de Mapa	15:00
		Entrega	20:00	Entrega	16:00
				Envio de Mapa	19:00
				Entrega	20:00
				Envio de Mapa	23:00
				Entrega	00:00
				Envio de Mapa	03:00
				Entrega	04:00

Para esta experiência, foi necessário alterar o horário de funcionamento dos recursos “Hora de Entrega” e “Mapa”, criando os turnos apresentados na tabela 8. Durante a implementação destas alterações foi também necessário verificar se existiam medicamentos que ficavam esquecidos na fila de espera, não seguindo com o resto do grupo para a atividade seguinte. Para garantir essa situação, fez-se novamente a verificação desta componente, tal como a secção 5.2.2. descreve. Importa também referir que se definiu que os recursos Farmacêutico, Técnico e Auxiliar passaram a funcionar durante as 24 horas do dia, para garantir o funcionamento do sistema, possibilidade posta pelos serviços farmacêuticos.

Pretende-se com esta experiência estudar a viabilidade desta alteração. Importa também fazer uma análise de sensibilidade para estas opções pois espera-se que um aumento de entregas por dia produza uma redução da percentagem de medicamentos revertidos e também do número de medicamentos enviados. Como já referido, esta possibilidade é importante para os decisores por criar um circuito mais seguro e com menos desperdícios para o hospital.

## 6.2 Resultados e discussão

Nesta secção, são apresentados os resultados obtidos com as experiências previamente definidas, analisados e discutidos de acordo com as características e limitações dos Serviços Farmacêuticos do HBA.

### 6.2.1 Experiência 1 – Combinação de serviços

Observando os resultados ilustrados na figura 48, verifica-se primeiramente que existem variações na utilização dos recursos. Pode-se observar que o emparelhamento de serviços ligeiramente diferentes (cenário 2) leva a um aumento ligeiro na percentagem de utilização de todos os recursos. No sentido

inverso, o cenário com serviços bastante diferentes (cenário 3) leva a uma redução da utilização de todos os recursos da farmácia em relação aos dois cenários anteriores. Esta diferença é mais notória para o Farmacêutico e para o Técnico de farmácia que reduzem 40 minutos e 15 minutos respectivamente, do cenário 1 para o cenário 3. O comportamento do tempo médio da Medicação urgente segue a mesma tendência que a percentagem de utilização.

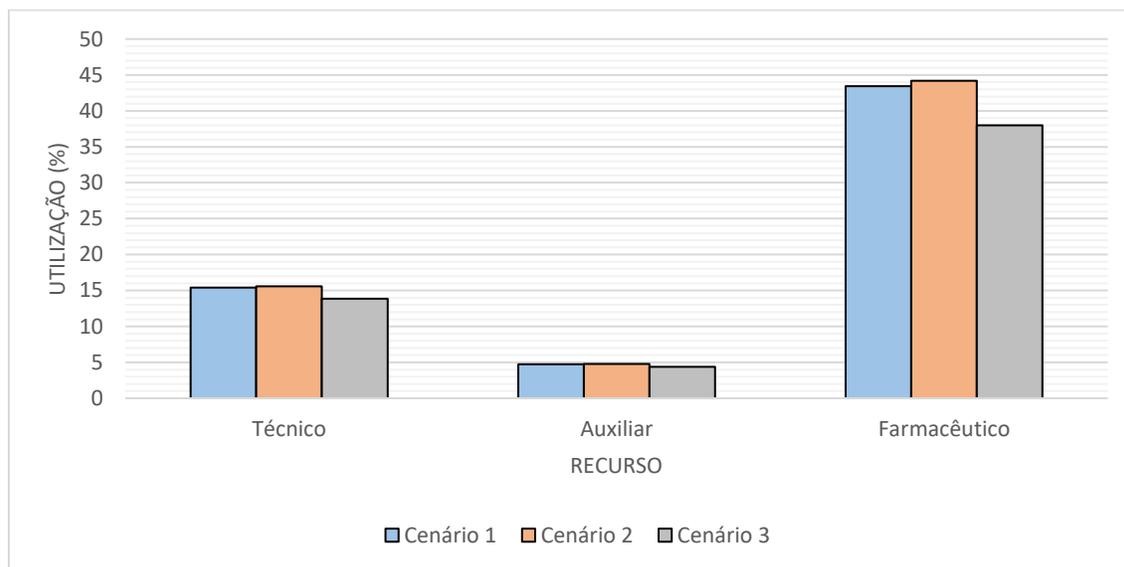


Figura 48 – Utilização dos recursos (Experiência 1)

Relativamente ao tempo médio no sistema dos medicamentos do circuito de dose unitária, confirma-se a não existência de alteração. Como é definida a hora de envio de mapa e de envio dos medicamentos, estas alterações não poderiam influenciar a média final. No entanto, faz sentido que estas alterações tenham influência nas filas de espera que antecedem o *picking* dos medicamentos. Para avaliar este pormenor, foram retirados os tempos de espera médios que antecedem a utilização dos carrosséis. Verifica-se então que há uma redução de aproximadamente 6,5 minutos se os serviços emparelhados forem consideravelmente diferentes (ver tabela 9). Esta redução na espera torna-se ainda mais aparente considerando que a farmácia faz este processo para 8 pares de serviços.

Tabela 9 - Tempo médio de filas de espera (Experiência 1)

Objeto	Performance	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Espera Picking C1 Serviço 1	Tempo médio em fila de espera (min)	13,744	15,454	16,363
Espera Picking C1 Serviço 2	Tempo médio em fila de espera (min)	47,740	47,867	39,432
Espera Picking C2 Serviço 1	Tempo médio em fila de espera (min)	39,127	42,997	42,600
Espera Picking C2 Serviço 2	Tempo médio em fila de espera (min)	11,632	10,699	7,360
Espera Picking (Total)	Tempo médio em fila de espera (min)	112,243	117,017	105,754

Conclui-se então que, contra as expectativas iniciais, o emparelhamento de serviços bastante diferentes pode ser vantajoso para o funcionamento da distribuição. A diminuição da percentagem de utilização associada ao menor tempo em fila de espera demonstra que esta alteração leva a uma maior eficiência do trabalho dos colaboradores. Com o objetivo de estudar esta possibilidade, propõe-se fazer uma análise de todos os serviços do hospital e estudar o emparelhamento de serviços com necessidades bastante diferentes. A alteração de horários regulares dos serviços pode ser uma das dificuldades de implementação desta alteração.

## 6.2.2 Experiência 2 – Redução de atrasos da Medicação urgente

Esta experiência focou-se principalmente no circuito de medicação urgente paralelo à dose unitária. Como referido anteriormente, pretende mostrar a influência de reduzir ou retirar os atrasos da validação, dispensa e saída do medicamento urgente. Com base na figura 49, verifica-se que retirar estes atrasos não tem qualquer influência nos tempos médios de saída dos medicamentos do sistema principal (DU). Na mesma figura 49, observa-se que a percentagem de utilização dos colaboradores não varia, o que aponta para a pequena influência operacional que o circuito de medicação urgente tem sobre o circuito de dose unitária.

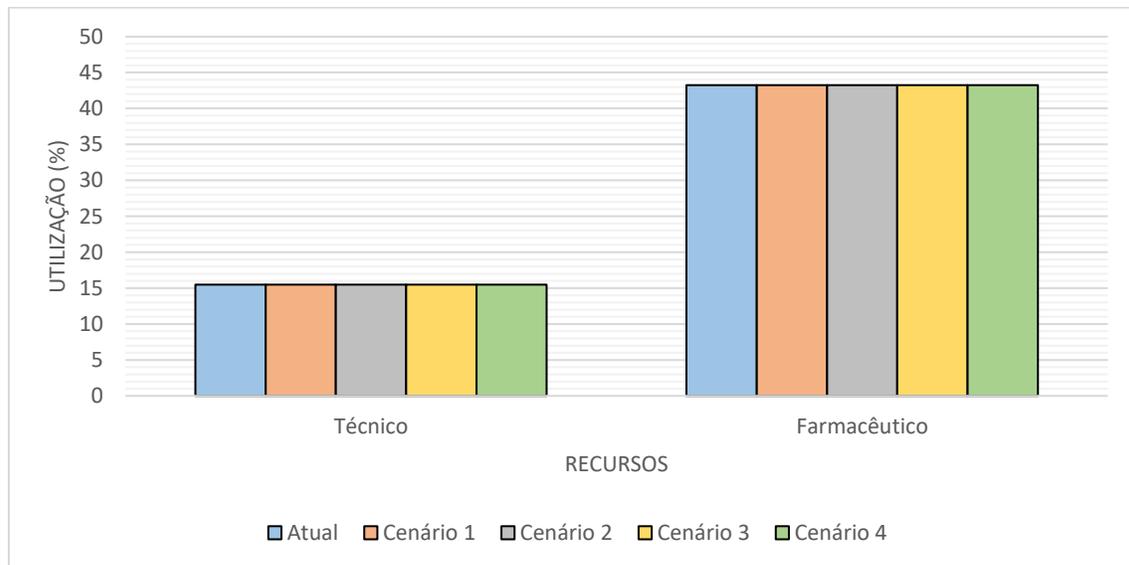


Figura 49 - Utilização dos recursos (Experiência 2)

Verifica-se também que desde o pedido de medicação urgente (entrada no sistema) até ser enviado (saída do sistema), o processo dura em média aproximadamente 7 horas. Este valor elevado deve-se à impossibilidade de tratar estes pedidos fora do horário de trabalho dos colaboradores. Não obstante, verifica-se que a retirada destes atrasos tem influência considerável no tempo que o processo demora, que está diretamente relacionado com o nível de serviço deste circuito.

A retirada do atraso da validação (cenário 1) reduz o tempo no sistema em aproximadamente 19 minutos por medicamento (ver tabela 10). Esta redução é justificada pelo local onde é recebido a maioria dos

pedidos. Estes chegam à farmácia via sistema de transporte pneumático que se encontra fora do circuito de todos os colaboradores, fazendo com que muitas vezes fiquem a aguardar validação mesmo existindo Farmacêuticos disponíveis. Sabendo que a alteração do sistema pneumático não é possível, por estar incorporado nas infraestruturas do hospital, propõe-se que o envio dos pedidos de medicação urgente pelos serviços seja alterado. Passar a fazer os pedidos de forma informática para os serviços farmacêuticos, não só garante a redução do tempo de espera, como também torna o circuito mais seguro.

*Tabela 10 - Tempo médio no sistema com retirada de atrasos (Experiência 2)*

Objeto	Performance	Atual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Medicamento urgente entregue	Tempo médio no sistema (min)	430,493	411,632	371,290	411,0998	331,8988
	Diferença de tempo para situação atual (min)	-	<b>18,861</b>	<b>59,204</b>	<b>19,394</b>	<b>98,595</b>

No que se refere ao atraso da dispensa (cenário 2), verifica-se que alterações implementadas para minimizar este atraso teriam um efeito considerável no tempo médio do medicamento urgente no sistema (ver tabela 10). Este cenário estima uma redução de aproximadamente uma hora em relação à situação atual, resultado este bastante considerável em relação ao caso anterior. Este atraso deve-se a uma de duas razões: os pedidos ficam a aguardar na sala dos farmacêuticos até serem levados até à zona de dispensa; os pedidos ficam a aguardar na zona de distribuição junto ao carrossel. Para reduzir o impacto deste tempo de espera, propõe-se que exista um Técnico que fique afeto ao pedido (ou conjunto de pedidos) para garantir a celeridade do processo, logo após a validação. Poderá ser necessário avaliar se o medicamento é de facto urgente pois, apesar de estar neste circuito, não indica que o medicamento seja necessário o mais rápido possível.

Do mesmo modo, a retirada do atraso de saída (cenário 3), reduz o tempo médio no sistema em aproximadamente 19 minutos em relação ao processo atual (ver tabela 10). Esta situação não depende unicamente dos serviços farmacêuticos por existir duas formas de saída: sistema pneumático e recolha por um funcionário do serviço. Uma forma de reduzir ou eliminar esta espera seria passar a entrega do medicamento no serviço para a responsabilidade dos serviços farmacêuticos.

Finalmente, o estudo da retirada de todos os atrasos (cenário 4), tornando-se o sistema só dependente da disponibilidade de recursos, mostra que há uma redução de aproximadamente uma hora e quarenta minutos no tempo médio do medicamento urgente no sistema, em relação à situação atual (ver tabela 10). Este valor é considerável tendo em conta que representa 23% do tempo total que o medicamento se encontra no sistema. Todas as alterações propostas anteriormente fazem com que este tempo seja atenuado ou eliminado, tornando também o circuito mais seguro.

### 6.2.3 Experiência 3 - Redução de medicamentos pedidos por dia

A terceira experiência envolve a retirada de alguns medicamentos do circuito de dose unitária. Esta retirada leva a uma diminuição da taxa de chegada de medicamentos aos serviços farmacêuticos. Esta redução resultará na diminuição do número de medicamentos consumidos no serviço assim como os revertidos. No entanto, importa verificar qual é a alteração na percentagem de utilização dos colaboradores. Este resultado permite verificar se a diminuição da carga justifica esta alteração. Como se pode observar pela figura 50, a diminuição de utilização é aparente para qualquer um dos recursos. Esta diminuição tem principal impacto da utilização dos Farmacêuticos e dos Técnicos.

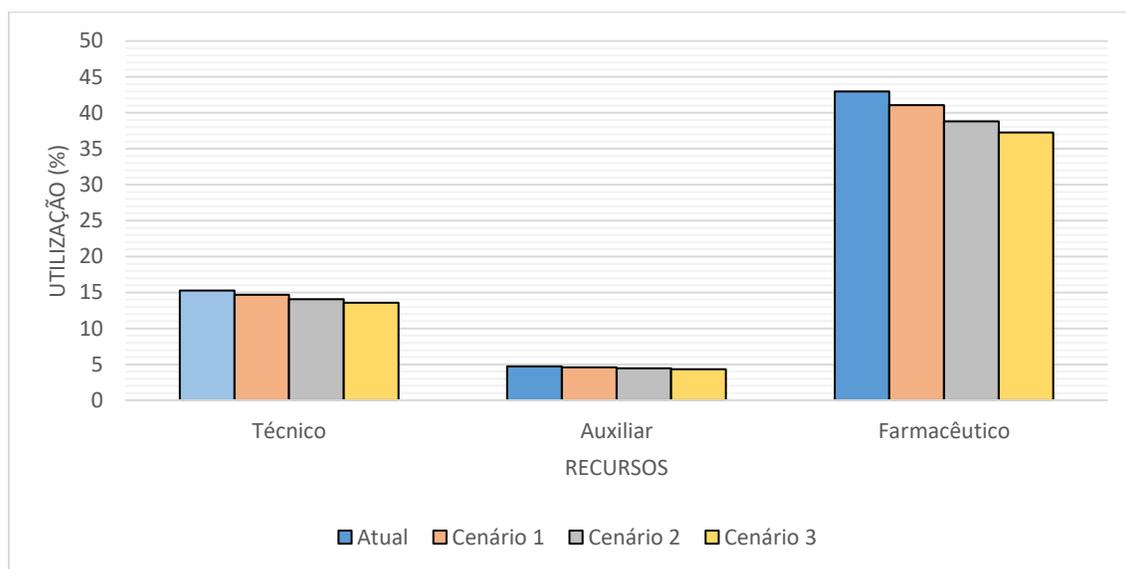


Figura 50 - Utilização dos recursos (Experiência 3)

Tabela 11 – Variação da utilização de recursos (Experiência 4)

Objeto	Performance	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Técnico	Diferença para situação atual (%)	4%	8%	12%
Auxiliar	Diferença para situação atual (%)	3%	6%	8%
Farmacêutico	Diferença para situação atual (%)	5%	10%	15%

Importa referir que esta alteração pode influenciar valores implementados neste modelo como a percentagem de medicamentos validados e a percentagem de medicamentos revertidos. Chama-se a atenção para a esperada diminuição na percentagem de revertências que se verificou no estágio de 2018 que teve efeitos diretos no tempo de trabalho dos Auxiliares na atividade “Revertências” assim como diminuiu o número de medicamentos que vai e volta tornando a sua dispensa prescindível.

Por último, esta alteração tem a desvantagem de passar certos medicamentos para o armazém que se encontra no serviço, tendo impacto direto na segurança do medicamento e na reposição de stocks nivelados.

#### 6.2.4 Experiência 4 – Alteração entre Uma, Três e Seis entregas diárias

Finalmente, a maior alteração estrutural testada que, a implementar, faria com que os serviços farmacêuticos passassem a funcionar 24 sobre 24 horas. Visto que os recursos passaram a estar disponíveis constantemente na simulação, os resultados desta experiência não são comparáveis aos anteriores. Ao analisar a figura 51, verifica-se que os recursos Técnico e Auxiliar aumentam consideravelmente a sua utilização à medida que são adicionados momentos de envio, ao contrário do Farmacêutico que se mantém inalterado. Verifica-se também uma diferença considerável no tempo médio que os medicamentos passam no sistema, tanto os tomados como os revertidos.

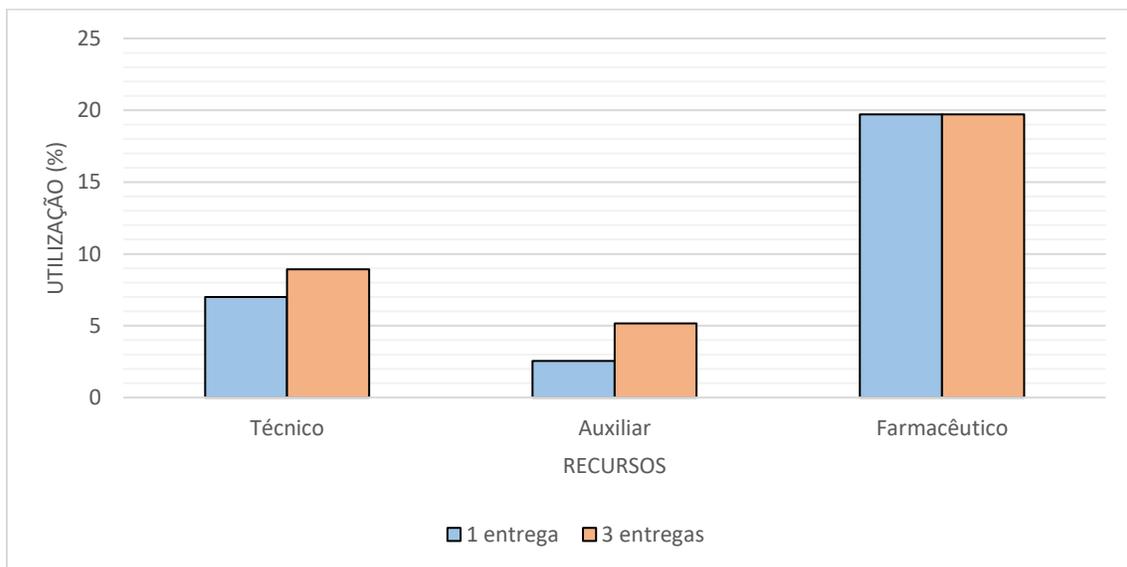


Figura 51 - Utilização dos recursos (Experiência 4 - uma e três entregas)

Analisando a figura 52, para os medicamentos que são consumidos no sistema, verifica-se uma diminuição de aproximadamente 70% do tempo médio que passam no sistema da situação atual para 3 dispensas diárias (cenário 1). É também clara a diminuição do tempo dos medicamentos revertidos que diminui em aproximadamente 60% da situação atual para 3 dispensas diárias. Esta diminuição considerável, que está diretamente relacionada com a segurança do circuito do medicamento, está associada a um aumento de aproximadamente 28 minutos de trabalho para os Técnicos e de aproximadamente 38 minutos para os Auxiliares. Verificou-se também que a disponibilidade constante de recursos leva a que o circuito de medicamento urgente seja muito mais eficiente, passando a demorar, em média, 85 minutos a dispensa e envio.

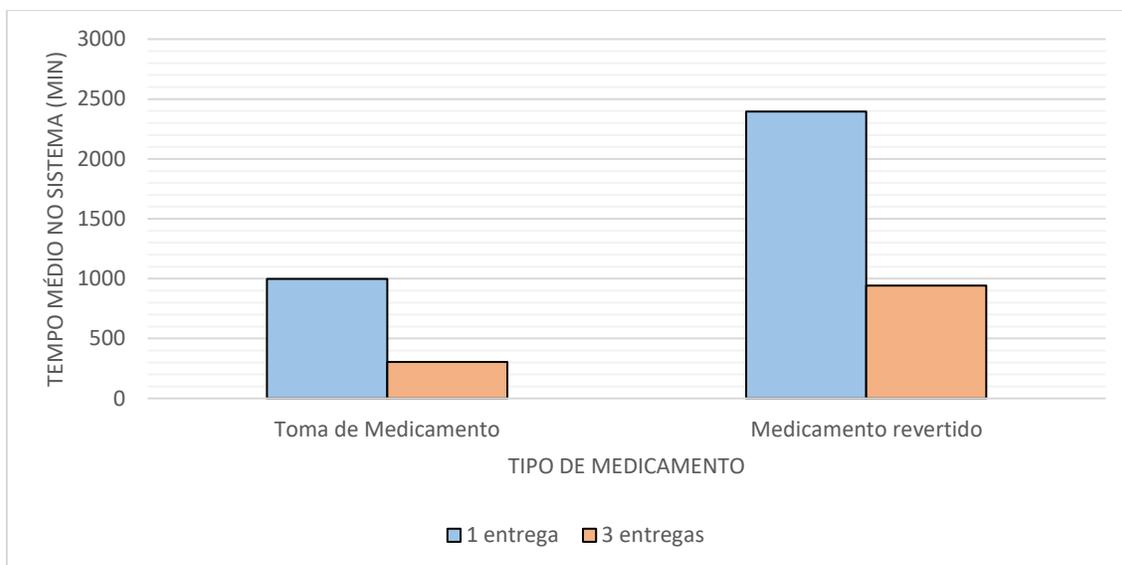


Figura 52 - Tempo médio no sistema de cada tipo de medicamento (Experiência 4 - uma e três entregas)

Em relação aos 6 envios diários (cenário 2), as diferenças são ainda mais aparentes. A utilização do Farmacêutico mantém-se inalterada, mas as do Auxiliar e Técnico aumentam consideravelmente (ver figura 53). O Técnico tem um aumento de trabalho de aproximadamente 74 minutos e o Auxiliar de aproximadamente 82 minutos em relação à situação atual. Este aumento de tempo de trabalho reduz o tempo médio do medicamento consumido no sistema em aproximadamente 75% e o tempo médio do medicamento revertido em aproximadamente 82% (ver figura 54).

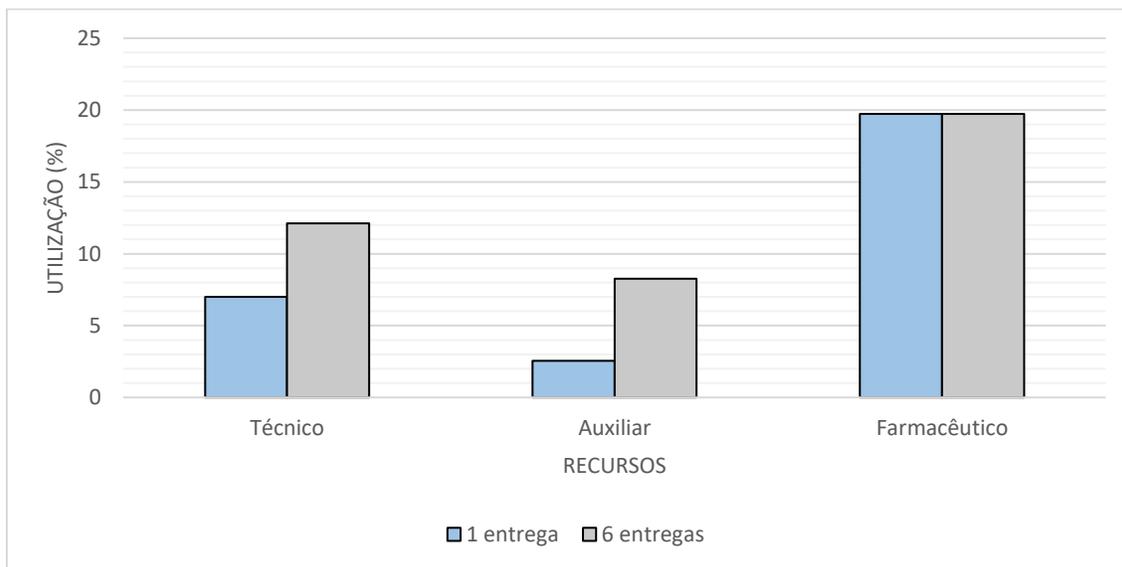


Figura 53 - Utilização dos recursos (Experiência 4 - uma e seis entregas)

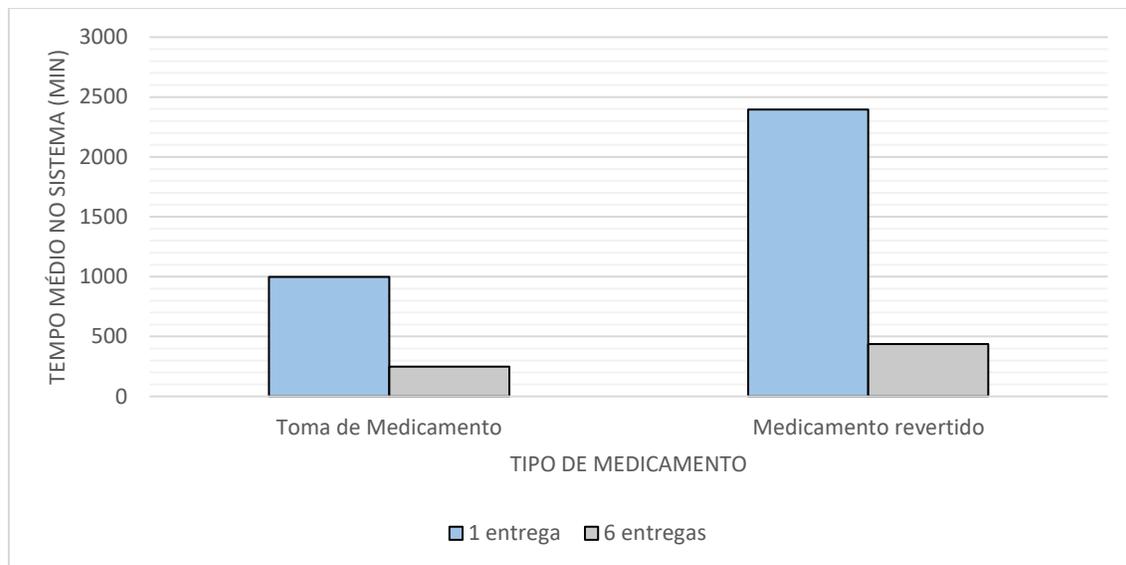


Figura 54 - Tempo médio no sistema de cada tipo de medicamento (Experiência 4 - uma e seis entregas)

O estágio efetuado em 2018 mostrou que, com o aumento de dispensas para 3, a percentagem de revertências e o número de medicamentos enviados diminuíam. Foi identificado que era regular o envio de medicamentos para doentes que já não se encontravam no serviço e, por conseguinte, estes medicamentos teriam de regressar à farmácia. O aumento de número de dispensas faz com que estas situações aconteçam menos regularmente, o que leva ao envio de menos medicamentos e a redução da percentagem de revertências. Posto isto, foi feita uma análise que permite estudar a influência que estas alterações podem ter nos cenários acima referidos. No entanto, as alterações feitas têm os mesmos resultados que se verificaram nas experiências anteriores:

- Diminuição da percentagem de envio diminui a percentagem de utilização dos Técnicos sem influenciar o tempo que passam no sistema;
- Diminuição da percentagem de reverências diminui a percentagem de utilização dos Auxiliares sem influenciar o tempo que passam no sistema;
- O tempo médio de medicamento urgente mantém-se inalterado pela sua reduzida influência no sistema de dose unitária.

Como já referido anteriormente, estas alterações ao sistema criavam um circuito mais seguro para o medicamento e uma melhor correspondência entre os medicamentos enviados e tomados, eliminando assim trabalho prescindível. No entanto, o peso considerável que esta alteração tem na utilização dos recursos deve ser tida em conta, caso seja decidida a alteração.

## 6.3 Resumo e comparação de experiências

Com o objetivo de tornar as conclusões mais intuitivas, elaborou-se um quadro resumo com indicadores de performance em relação ao sistema atual dos Serviços Farmacêuticos do HBA. A tabela 12 apresenta as experiências efetuadas na secção 6.2, com a exceção da Experiência 1 – Combinação de serviços. Retirou-se esta experiência pois não apresenta diretamente uma alteração ao sistema atual, mas sim um estudo que se pode fazer para comparar o fluxo dos pares de serviços. As células das tabelas 12 e 13 estão coloridas de acordo com a sua influência positiva (verde) ou negativa (vermelho) no sistema atual.

*Tabela 12 - Resumo de resultados das experiências de simulação*

	Utilização Farmacêutico	Utilização Técnico	Utilização Auxiliar	Tempo médio medicamento tomado	Tempo médio medicamento revertido	Tempo médio medicamento urgente
<b>Retirada de atrasos de Medicação Urgente</b>	Influência residual	Influência residual	Influência residual	Sem influência	Sem influência	Muito menor
<b>Redução medicamentos pedidos</b>	Menor	Menor	Menor	Sem influência	Sem influência	Sem influência
<b>Alteração para 3 entregas</b>	Influência residual	Maior	Maior	Menor	Menor	Menor
<b>Alteração para 6 entregas</b>	Influência residual	Muito Maior	Muito Maior	Muito Menor	Muito Menor	Muito Menor

Em relação à retirada dos atrasos do processo de medicação urgente, verifica-se que a principal vantagem é a diminuição do tempo que cada medicamento passa no sistema. Esta resposta mais rápida está diretamente relacionada com um melhor nível de serviço.

Relativamente às alterações para três e seis entregas, constata-se que a utilização dos recursos é maior e consideravelmente maior respetivamente. No entanto, esta maior utilização está diretamente relacionada com a redução dos tempos médios que cada medicamento passa no sistema. Isto representa uma menor fração de tempo em que o medicamento está fora dos Serviços Farmacêuticos, garantindo assim um maior controlo.

Os indicadores da tabela 12 representam os resultados que o simulador permitiu aferir. No entanto, é esperado que as alterações explicadas na secção 6.1 influenciem certos parâmetros que foram medidos durante a recolha de dados. Em particular a quantidade de medicamentos enviados em DU e o número de revertências. Outros fatores como a segurança do circuito, a utilização do circuito de medicação urgente e a complexidade de implementação da alteração. Para facilitar a visualização destas influências, criou-se a tabela 13 com as quatro experiências desenvolvidas.

Tabela 13 - Resumo da influência das experiências no sistema

	Segurança Circuito	Medicamentos enviados em DU	Revertências da DU	Utilização de Medicação urgente	Complexidade de implementação
<b>Combinação de serviços</b>	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Simple
<b>Atrasos de Medicação Urgente</b>	Aumenta	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Complexa
<b>Redução medicamentos pedidos</b>	Diminui	Menor	Menor	Sem alteração	Simple
<b>Alteração do número de entregas</b>	Aumenta	Menor	Menor	Muito Menor	Complexa

Primeiramente, verifica-se que a combinação de serviços não tem alterações em nenhum dos parâmetros indicados na tabela 13. No entanto, recorda-se que se concluiu que o emparelhamento de serviços muito diferentes tem uma influência operacional positiva, ao fazer com que o tempo de espera entre carrosséis seja reduzido. Esta alteração poderá fazer com que o intervalo entre o envio do mapa e o envio dos medicamentos para o serviço seja reduzido. Bastando saber as exigências de cada serviço, valores fáceis de adquirir pelos Serviços Farmacêuticos, considera-se a implementação desta alteração simples.

Em relação á redução dos atrasos da medicação urgente, esta alteração poderá aumentar a segurança do circuito de medicamento dentro do Hospital. A informatização dos pedidos, em vez de serem em papel escrito como neste momento, faz com que deixe de existir o risco de interpretações erradas e também a redução de resíduos. No entanto, estas alterações são complexas, pois a sua execução exige recursos externos aos Serviços Farmacêuticos.

Seguidamente, a redução de medicamentos pedidos por dia tem como principal ponto negativo a perda de segurança do medicamento no sistema. Esta redução de pedidos acontece se parte dos medicamentos que fazem parte da DU passar a estar presente nos armazéns de cada serviço, fazendo com que não seja necessário o seu envio por este processo. No entanto, a incapacidade de os Serviços Farmacêuticos os controlarem é considerada uma desvantagem. No sentido contrário, espera-se com esta implementação, a diminuição de medicamentos enviados em DU que reduz o trabalho dos Técnicos e a diminuição de revertências que reduz o trabalho dos Auxiliares. A redução das revertências é também um indicador de que os medicamentos enviados para o serviço estão mais de acordo com o consumo real dos pacientes presentes no Hospital. Como consequência do estágio desenvolvido em 2018, esta alteração para o serviço 2.1 mostrou bons resultados que esta experiência confirma.

Finalmente, a alteração do número de entregas diárias apresenta-se como a de implementação mais complexa, mas os resultados esperados aparentam ser bastante vantajosos. Em primeiro lugar, o aumento da segurança do circuito do medicamento, diretamente ligado ao tempo que estes passam fora dos Serviços Farmacêuticos. Em segundo lugar, espera-se uma redução do número de medicamentos

enviados dado que estes vão estar mais de acordo com a realidade do serviço. O risco de serem enviados medicamentos para pacientes que vão deixar de estar no serviço (ou que já não estão) é consideravelmente reduzido. Este efeito faz também com que as revertências diminuam e assim, reduzam o trabalho de reposição dos Serviços Farmacêuticos. Por último, é esperada a diminuição da utilização do processo de medicação urgente que serve apenas para colmatar falhas do circuito principal de DU.

## 7. Conclusões

O Hospital Beatriz Ângelo é um hospital público integrado no Serviço Nacional de Saúde desde 2012 e é objeto de uma parceria público-privada. Nas suas instalações, funcionam os serviços farmacêuticos que são responsáveis pela execução de atividades cruciais para o bom funcionamento deste Hospital. Estas incluem, entre outras, a validação e distribuição diária de medicamentos, o acompanhamento e dispensa de medicamentos de vários utentes. A distribuição de medicação em meio hospitalar é uma das maiores responsabilidades dos Serviços Farmacêuticos e é um fator essencial no processo de atendimento às necessidades do paciente em termos logísticos. O objetivo dos Serviços Farmacêuticos do Hospital Beatriz Ângelo é melhorar a distribuição de medicamentos para os diferentes serviços do Hospital de forma a garantir o uso de medicação de uma forma segura e eficaz.

Após revisão de artigos científicos no âmbito do problema, foi identificada a simulação de eventos discretos, como uma ferramenta útil na análise do sistema de distribuição de medicamentos, tendo como vantagens o melhor entendimento do sistema em estudo assim como a possibilidade de comparar técnicas e processos com alterações em relação à estrutura atual. Salienta-se também que o envolvimento das entidades do sistema no processo de modelação, é proveitoso para a possível implementação de resultados deste tipo de trabalho. Para garantir esse envolvimento, identificou-se a Metodologia de Modelação com Participação Iterativa para Entendimento (MAPIU) que visa também evitar três problemas principais: recolha de dados como um passo complexo; a falta de entendimento por parte dos decisores; os objetivos divergentes dos *stakeholders*. Escolheu-se o *Simul8* como software a utilizar pelo conhecimento que o modelador tinha.

A construção do modelo conceptual foi um processo iterativo, com o objetivo de criar uma representação fiel do sistema real dos Serviços Farmacêuticos. Seguiu-se a metodologia identificada na revisão bibliográfica executando a Inicialização, Processamento e Modelação como descrito. Estas fases permitiram identificar os decisores e especialistas, verificando de que maneira estes influenciavam o desenvolvimento do modelo. Seguidamente, foram criados os diagramas de ciclo de vida e de atividades, cujo desenho intuitivo permitiu identificar problemas e resolvê-los com os especialistas. Após os diagramas estarem concluídos e verificados pelos *stakeholders*, foi necessário recolher os dados que geraram os parâmetros que mais tarde seriam implementados no simulador. O registo e recolha destes dados decorreu diariamente durante o mês de novembro de 2019. Importa referir que o registo dos dados era manual, pelo que o registo em formato Excel foi bastante moroso.

Seguidamente, a análise de dados e a construção do modelo no software selecionado mostraram-se longos e com vários obstáculos. No que toca a construção do modelo, a verificação constante das atividades, identificação de erros e resolução dos mesmos, manifestou-se como a parte mais desafiante da elaboração desta dissertação. O resultado do modelo construído mostra uma representação próxima da realidade que serviu tanto para esta dissertação como servirá para potenciais trabalhos futuros em que se pretenda

analisar outros fatores. O *Simul8* foi uma ferramenta que na maior parte dos casos foi de utilização clara e intuitiva, mas que levantou alguns problemas. Em particular, a dificuldade de modelar um sistema em que os *work items* entram no sistema em separado, mas por vezes funcionam em conjunto fez com que não fosse possível construir um modelo para os 16 serviços do hospital em tempo útil dados os limites temporais desta dissertação.

Os resultados das soluções testadas mostraram resultados que são importantes ter em conta, caso os Serviços Farmacêuticos decidam alterar a estrutura de distribuição de medicamentos do hospital. Verificou-se que o emparelhamento de serviços com necessidades de medicamentos diferentes pode melhorar o desempenho do sistema. Esta alteração é de fácil implementação, sendo apenas necessário conhecer as necessidades dos serviços. Analisaram-se e discutiram-se possíveis alterações no sistema de medicação urgente que influenciam consideravelmente o tempo que os medicamentos passam nos Serviços Farmacêuticos. Caso todos os atrasos sejam resolvidos, pode-se reduzir em média uma hora e quarenta minutos deste tempo. Verificou-se também que uma redução do número de pedidos por dia tem influência na utilização dos recursos da Farmácia. Apesar deste resultado ser intuitivo, foi importante quantificar esta alteração, para que uma possível perda de controlo sobre o medicamento por este passar para armazéns avançados ser justificada. Por último analisaram-se alterações estruturais da dispensa de medicamentos passando de uma entrega por dia, para três e seis. Estas alterações mostraram que a utilização dos recursos aumentaria consideravelmente embora o circuito do medicamento passe a ser mais seguro, verificado pela menor percentagem de revertências esperada desta alteração.

Como dificuldades principais, refere-se em primeiro lugar a recolha de dados nos Serviços Farmacêuticos. Esta recolha foi feita em papel o que tornou o registo dos dados em suporte informático muito lento. No entanto, destaca-se a disponibilidade constante de todos os colaboradores dos Serviços Farmacêuticos que se mostraram sempre úteis e interessados no trabalho a ser desenvolvido. Outra das dificuldades que influenciou a duração do desenvolvimento desta dissertação, foi o pouco suporte que existe para o *software Simul8*. Muitas barreiras encontradas foram ultrapassadas utilizando técnicas que podem não ser as mais eficientes, mas que foram construídas com a informação disponível.

A pandemia COVID-19 também influenciou esta dissertação, principalmente na sua fase final. A impossibilidade de visitar os serviços farmacêuticos e de utilizar o campus Taguspark para aceder aos computadores dos laboratórios com o *Simul8* criou algumas barreiras que tiveram de ser ultrapassadas.

Esta dissertação pretende ser, ao mesmo tempo, a continuação do estágio no verão de 2018 e o início de um trabalho de constante desenvolvimento e melhoria do sistema de distribuição de medicamentos do HBA. É intenção das entidades envolvidas neste projeto continuar o seu desenvolvimento, por forma a que se crie um modelo de todas as atividades de distribuição de medicamentos do HBA. Propõe-se que o modelo de simulação desenvolvido na presente dissertação seja revisto para reduzir as simplificações feitas. Após ultrapassadas as limitações deste modelo, o alargamento para todos os serviços do HBA é um passo que deve ser tomado para que seja testada a influência entre pares de serviços, pormenor esse que

não foi tido em conta nesta dissertação. Sugere-se também que seja criado um modelo que tenha em conta os três tipos de distribuição dos Serviços Farmacêuticos (Reposição de stocks nivelados, Distribuição de DU e Distribuição de medicação urgente) e que esteja interligado com o a gestão do inventário. Um modelo com todas estas componentes poderia ser muito vantajoso para o planeamento de inventário e de operações dos Serviços Farmacêuticos, não só do HBA, mas também de outras Unidades Hospitalares do país.

Propõe-se também o estudo de utilização de outros equipamentos diferentes como auxílio da distribuição de medicamentos. Em particular, os sistemas de distribuição automatizados que era uma das propostas do projeto que antecedeu esta dissertação. Dadas algumas dificuldades encontradas na recolha de dados deste sistema em outras unidades do país e a situação que o mundo vive atualmente, não foi possível concluir este objetivo que se sugere que seja estudado em trabalhos futuros.

# Referências

- Abu-Taieh, E. M. O., & El Sheikh, A. A. R. (2007). Commercial simulation packages: A comparative study. *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, 8(2), 66–76. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/f925/5fdeb8b146f99d69efe20ab19bfe85eff924.pdf>
- Armstrong, R., Pettman, T. L., & Waters, E. (2014). Shifting sands - from descriptions to solutions. *Public Health*, 128(6), 525–532. doi: 10.1016/j.puhe.2014.03.013
- Augusto, V., & Xie, X. (2009). Redesigning pharmacy delivery processes of a health care complex. *Health Care Management Science*, 12(2), 166–178. doi: 10.1007/s10729-008-9086-3
- Baldwin, L. P., Eldabi, T., & Paul, R. J. (2004). Simulation in healthcare management: a soft approach (MAPIU). *Simulation Modelling Practice and Theory*, 12(7–8), 541–557. doi: 10.1016/J.SIMPAT.2004.02.003
- Barker, K. N. (1969). The Effects of an Experimental Medication System on Medication Errors and Costs. Part I: Introduction and Errors Study. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 26(6), 324–333. doi: 10.1093/ajhp/26.6.324
- Barnes, C. D., Quiason, J. L., Benson, C., & McGuinness, D. (1997). Success stories in simulation in health care. In *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation - WSC '97* (pp. 1280–1285). New York, New York, USA: ACM Press. doi: 10.1145/268437.268772
- Beier, F. J. (1995). The Management of the Supply Chain for Hospital Pharmacies: A Focus on Inventory Management Practices. *Journal of Business Logistics*, 16, 153- 177.
- Bhattacharjee, P., & Ray, P. K. (2014). Patient flow modelling and performance analysis of healthcare delivery processes in hospitals: A review and reflections. *Computers & Industrial Engineering*, 78, 299–312. doi: 10.1016/J.CIE.2014.04.016
- Brou, M., Feio, J., Mesquita, E., Ribeiro, R., Brito, M., Cravo, C., Pinheiro, E. (2005). Manual da Farmácia Hospitalar, <http://www.infarmed.pt/documents/15786/17838/manual.pdf/a8395577-fb6a-4a48-b295-6905ac60ec6c>, acessado a 12 de março de 2019
- Carmen, R. , Defraeye, M., & Nieuwenhuysse, V. (2015). A Decision Support System for Capacity Planning in Emergency Departments. *Int j Simul Model*, 14, 299–312. doi: 10.2507/IJSIMM14(2)10.308
- Dacosta-Claro, I. (2002). The performance of material management in health care organizations. *The International Journal of Health Planning and Management*, 17(1), 69–85. doi: 10.1002/hpm.653
- Danas, K., Ketikidis, P., & Roudsari, A. (2002). A virtual hospital pharmacy inventory: An approach to

- support unexpected demand. *Journal of Medical Marketing*, 2(2), 125–129. doi: 10.1057/palgrave.jmm.5040065
- Davies, R., & Davies, H. (1994). Modelling patient flows and resource provision in health systems. *Omega*, 22(2), 123–131. doi: 10.1016/0305-0483(94)90073-6
- Dean, B., Barber, N., van Ackere, A., & Gallivan, S. (2001). Can simulation be used to reduce errors in health care delivery? The hospital drug distribution system. *Journal of Health Services Research & Policy*, 6(1), 32–37. doi: 10.1258/1355819011927170
- Denton, B. T. (2013). *Handbook of Healthcare Operations Management*. (B. T. Denton, Ed.) (Vol. 184). New York, NY: Springer New York. doi: 10.1007/978-1-4614-5885-2
- Eldabi, T., Irani, Z., & Paul, R. J. (2002). A proposed approach for modelling health-care systems for understanding. *Journal of Management in Medicine*, 16(2–3), 170–187. PMID: 12211343
- Ferreira, B.L.S., 2012. A Aprendizagem da Simulação Através dos Diagramas Ciclo de Atividades – Uma Ferramenta de Modelação. Universidade do Minho. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/25823>.
- Fialho, A. S., Oliveira, M. D., & Sá, A. B. (2011). Using discrete event simulation to compare the performance of family health unit and primary health care centre organizational models in Portugal. *BMC Health Services Research*, 11(1), 274. doi: 10.1186/1472-6963-11-274
- Finès, P., Garner, R., Bancej, C., Bernier, J., & Manuel, D. G. (2016). Development and implementation of microsimulation models of neurological conditions. *Health Reports*, 27(3), 3–9. PMID: 26983006
- Fitzpatrick, R., Cooke, P., Southall, C., Kauldhar, K., & Waters, P. M. (2005). Evaluation of an automated dispensing system in a hospital pharmacy dispensary. *Pharmaceutical Journal*, 274, 763-765. Retirado de: [https://www.pharmaceutical-journal.com/libres/pdf/papers/pj\\_20050618\\_automateddispensing.pdf](https://www.pharmaceutical-journal.com/libres/pdf/papers/pj_20050618_automateddispensing.pdf)
- Fone, D., Hollinghurst, S., Temple, M., Round, A., Lester, N., Weightman, A., Roberts, K., Coyle, E., Bevan, G., Palmer, S. (2003). Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery. *Journal of Public Health Medicine*, 25(4), 325–335. doi: 10.1093/pubmed/fdg075
- Franklin, B. D., O’Grady, K., Voncina, L., Popoola, J., & Jacklin, A. (2008). An evaluation of two automated dispensing machines in UK hospital pharmacy. *International Journal of Pharmacy Practice*, 16(1), 47–53. doi: 10.1211/ijpp.16.1.0009
- Jarrett, P. G. (1998). Logistics in the health care industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(9/10), 741–772. doi: 10.1108/09600039810248154

- Granlund, A., & Wiktorsson, M. (2013). Automation in Healthcare Internal Logistics: A Case Study on Practice and Potential. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 10(03), 1340012. doi: 10.1142/s0219877013400129
- Gray, J. P., Ludwig, B., Temple, J., Melby, M., & Rough, S. (2013). Comparison of a hybrid medication distribution system to simulated decentralized distribution models. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 70(15), 1322–1335. doi: 10.2146/ajhp120512
- Günel, M. M., & Pidd, M. (2010). Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature. *Journal of Simulation*, 4(1), 42–51. doi: 10.1057/jos.2009.25
- Hall, R. (2012). *Handbook of Healthcare System Scheduling* (Vol. 168). Boston, MA: Springer US. doi: 10.1007/978-1-4614-1734-7
- Hartz, S., Getsios, D., Tao, S., Blume, S., & Maclaine, G. (2012). Evaluating the cost effectiveness of donepezil in the treatment of Alzheimer's disease in Germany using discrete event simulation. *BMC Neurology*, 12(1), 2. doi: 10.1186/1471-2377-12-2
- Hepler, C. D., & Strand, L. M. (1990). Opportunities and responsibilities in pharmaceutical care. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 47(3), 533–543. doi: 10.1093/ajhp/47.3.533
- Hospital Beatriz Ângelo. (2019a). Institucional, <http://www.hbeatrizangelo.pt/pt/institucional/hospital-beatriz-angelo/>, acedido a 12 de março de 2019
- Hospital Beatriz Ângelo. (2019b). Hospital Beatriz Ângelo - Visão Missão e Valores, <http://www.hbeatrizangelo.pt/pt/institucional/visao-missao-e-valores/>, acedido a 12 de março de 2019
- Hospital Beatriz Ângelo. (2019c). Contactar a JCI, <http://www.hbeatrizangelo.pt/pt/apoio-aos-utentes/contactar-a-jci/>, acedido a 12 de março de 2019
- Hospital Beatriz Ângelo. (2019d). Quem Somos, <http://www.hbeatrizangelo.pt/pt/o-hospital/servicos-farmaceuticos/quem-somos/>, acedido a 12 de março de 2019
- Igarashi, A., Goto, R., Suwa, K., Yoshikawa, R., Ward, A. J., & Moller, J. (2016). Cost-Effectiveness Analysis of Smoking Cessation Interventions in Japan Using a Discrete-Event Simulation. *Applied Health Economics and Health Policy*, 14(1), 77–87. doi: 10.1007/s40258-015-0204-3
- Jahn, B., Pfeiffer, K. P., Theurl, E., Tarride, J.-E., & Goeree, R. (2010). Capacity constraints and cost-effectiveness: a discrete event simulation for drug-eluting stents. *Medical Decision Making: An International Journal of the Society for Medical Decision Making*, 30(1), 16–28. doi: 10.1177/0272989X09336075
- Jun, J. B., Jacobson, S. H., & Swisher, J. R. (1999). Application of discrete-event simulation in health care

- clinics: A survey. *Journal of the Operational Research Society*, 50(2), 109–123. doi: 10.1057/palgrave.jors.2600669
- Kang, D., & Choi, B. K. (2011). The extended activity cycle diagram and its generality. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 19(2), 785-800. doi: 10.1016/j.simpat.2010.11.004
- Karnon, J. (2003). Alternative decision modelling techniques for the evaluation of health care technologies: Markov processes versus discrete event simulation. *Health Economics*, 12(10), 837–848. doi: 10.1002/hec.770
- Lagergren, M. (1998). What is the role and contribution of models to management and research in the health services? A view from Europe. *European Journal of Operational Research*, 105(2), 257–266. doi: 10.1016/S0377-2217(97)00233-6
- Law, A.M. (2004). How to conduct a successful simulation study. In *Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.03EX693)* (pp. 66–70). IEEE. doi: 10.1109/wsc.2003.1261409
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation modeling and analysis*. International Editions. McGraw-Hill.
- Lowery, J. C. (1998). Getting started in simulation in healthcare. In *1998 Winter Simulation Conference. Proceedings (Cat. No.98CH36274)* (Vol. 1, pp. 31–35). IEEE. doi: 10.1109/wsc.1998.744895
- Luz Saúde. (2019a). Grupo Luz Saúde - Relatório de Contas 2017, [https://www.luzsaude.pt/media/9020015/rc2017\\_pt\\_online.pdf](https://www.luzsaude.pt/media/9020015/rc2017_pt_online.pdf), acessado a 12 de março de 2019
- Luz Saúde. (2019b). Quem Somos, <https://www.luzsaude.pt/pt/luz-saude/quem-somos/>, acessado a 12 de março de 2019
- Luz Saúde. (2019c). História, <https://www.luzsaude.pt/pt/luz-saude/historia/>, acessado a 12 de março de 2019
- Michelon, P., Cruz, M. D., & Gascon, V. (1994). Using the tabu search method for the distribution of supplies in a hospital. *Annals of Operations Research*, 50(1), 427–435. doi: 10.1007/BF02085651
- Mielczarek, B., & Uziółko-Mydlikowska, J. (2012). Application of computer simulation modeling in the health care sector: a survey. *Simulation*, 88(2), 197–216. doi: 10.1177/0037549710387802
- Moons, K., Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2019). Review: Measuring the logistics performance of internal hospital supply chains – A literature study. *Omega*, 82, 205–217. doi: 10.1016/j.omega.2018.01.007
- Noparatayaporn, P., Sakulbumrungsil, R., Thaweethamcharoen, T., & Sangseenil, W. (2017). Comparison on Human Resource Requirement between Manual and Automated Dispensing Systems. *Value in*

*Health Regional Issues*, 12, 107–111. doi: 10.1016/J.VHRI.2017.03.007

Novak, J. (2000). Hospital pharmacy automation: Collective mobility or collective control?. *Social Science and Medicine*, 51(4), 491–503. doi: 10.1016/S0277-9536(99)00488-8

OECD Health at a Glance. (2019) Health at a Glance 2013: OECD Indicators, [https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/health-at-a-glance-2013\\_health\\_glance-2013-en](https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/health-at-a-glance-2013_health_glance-2013-en), acessado a 12 e março de 2019

Oliveira, R., 2019. MEGI\_SPO\_2018-19\_Part II-Simulation\_eng\_v30. Apontamentos da unidade curricular Simulação de Processos e Operações. Instituto Superior Técnico.

Ordem dos Farmacêuticos. (2019). Manual de Boas Práticas de Farmácia Hospitalar, [https://www.ordemfarmaceuticos.pt/fotos/publicacoes/mbpvh\\_capitulo\\_i\\_vfinal\\_17815111995a8eee5ad0c17.pdf](https://www.ordemfarmaceuticos.pt/fotos/publicacoes/mbpvh_capitulo_i_vfinal_17815111995a8eee5ad0c17.pdf), acessado a 12 de março de 2019

Pasin, F., Jobin, M., & Cordeau, J. (2002). An application of simulation to analyse resource sharing among health-care organisations. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(4), 381–393. doi: 10.1108/01443570210420395

Pegden, C. D., Shannon, R. E., & Sadowski, R. P. (1990). *Introduction to simulation using SIMAN*. McGraw-Hill.

Pereira, L., Tonani, M., Somera, S. C., da Costa, J., & de Pádua, S. (2016). Application of Modeling in a Drug Distribution and Dispensing Process Focused on Traceability in a Surgical Center. *Knowledge and Process Management*, 23, 161-168. doi: 10.1002/kpm.1514

Pidd, M. (2006). Computer Simulation in Management Science, 4th Edition. *The Journal of the Operational Research Society*, 50(3), 284. doi: 10.2307/3010694

Rossetti, M. D. (2015). *Simulation Modeling and Arena*. Arkansas. John Wiley.

Sachidananda, M., Erkoyuncu, J., Steenstra, D., & Michalska, S. (2016). Discrete Event Simulation Modelling for Dynamic Decision Making in Biopharmaceutical Manufacturing. *Procedia CIRP*, 49, 39–44. doi: 10.1016/J.PROCIR.2015.07.026

Sanchez, S. M., Ogazon, T., Ferrin, D. M., Sepulveda, J. A., & Ward, T. J. (2000). Emerging issues in healthcare simulation. In *2000 Winter Simulation Conference Proceedings (Cat. No.00CH37165)* (pp. 1999–2003). IEEE. doi: 10.1109/WSC.2000.899198

Schneider, P. J., Pedersen, C. A., & Scheckelhoff, D. J. (2018). ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: Dispensing and administration — 2017. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 75(16), 1203–1226. doi: 10.2146/ajhp180151

- SEFH. (2002) Farmácia Hospitalaria – Dispensación con intervención previa del Farmacéutico: dosis unitarias, <https://www.sefh.es/sefhpublicaciones/fichalibrolibre.php?id=4>, acedido a 12 de marzo de 2019
- SIMUL8 Corporation. (2019) Distributions, <http://simul8.com/support/help/doku.php?id=features:distributions>, acedido a 7 de dezembro de 2019
- Spry, C. W., & Lawley, M. A. (2005). Evaluating hospital pharmacy staffing and work scheduling using simulation. In *Proceedings - Winter Simulation Conference* (Vol. 2005, pp. 2256–2263). IEEE. doi: 10.1109/WSC.2005.1574514
- Volland, J., Fügner, A., Schoenfelder, J., & Brunner, J. O. (2017). Review: Material logistics in hospitals: A literature review. *Omega*, 69, 82–101. doi: 10.1016/j.omega.2016.08.004
- White, K. P., & Ingalls, R. G. (2009). Introduction to simulation. In *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 12–23). IEEE. doi: 10.1109/WSC.2009.5429315
- Wilson, J. C. T. (1981). Implementation of Computer Simulation Projects in Health Care. *The Journal of the Operational Research Society*, 32(9), 825. doi: 10.2307/2581399
- Woodford, C. (2019). Pneumatic Tube Transport. <https://www.explainthatstuff.com/pneumatic-tube-transport.html>, acedido a 25 de março de 2019
- Wong, C., Geiger, G., Derman, Y. D., Busby, C. R., & Carter, M. W. (2003). Redesigning the medication ordering, dispensing, and administration process in an acute care academic health sciences centre. In *Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.03EX693)* (pp. 1894–1902). IEEE. doi: 10.1109/WSC.2003.1261650
- Yurtkuran, A., & Emel, E. (2008). Simulation based decision-making for hospital pharmacy management. In *Proceedings - Winter Simulation Conference* (pp. 1539–1546). doi: 10.1109/WSC.2008.4736235
- Zhang, X. (2018). Application of discrete event simulation in health care: a systematic review. *BMC Health Services Research*, 18(1), 687. doi: 10.1186/s12913-018-3456-4
- Zhao, Y., Peng, Q., Strome, T., Weldon, E., Zhang, M., & Chochinov, A. (2015). Bottleneck detection for improvement of Emergency Department efficiency. *Business Process Management Journal*, 21(3), 564–585. doi: 10.1108/BPMJ-06-2014-0060



# Anexo B – Terceira versão do modelo conceptual

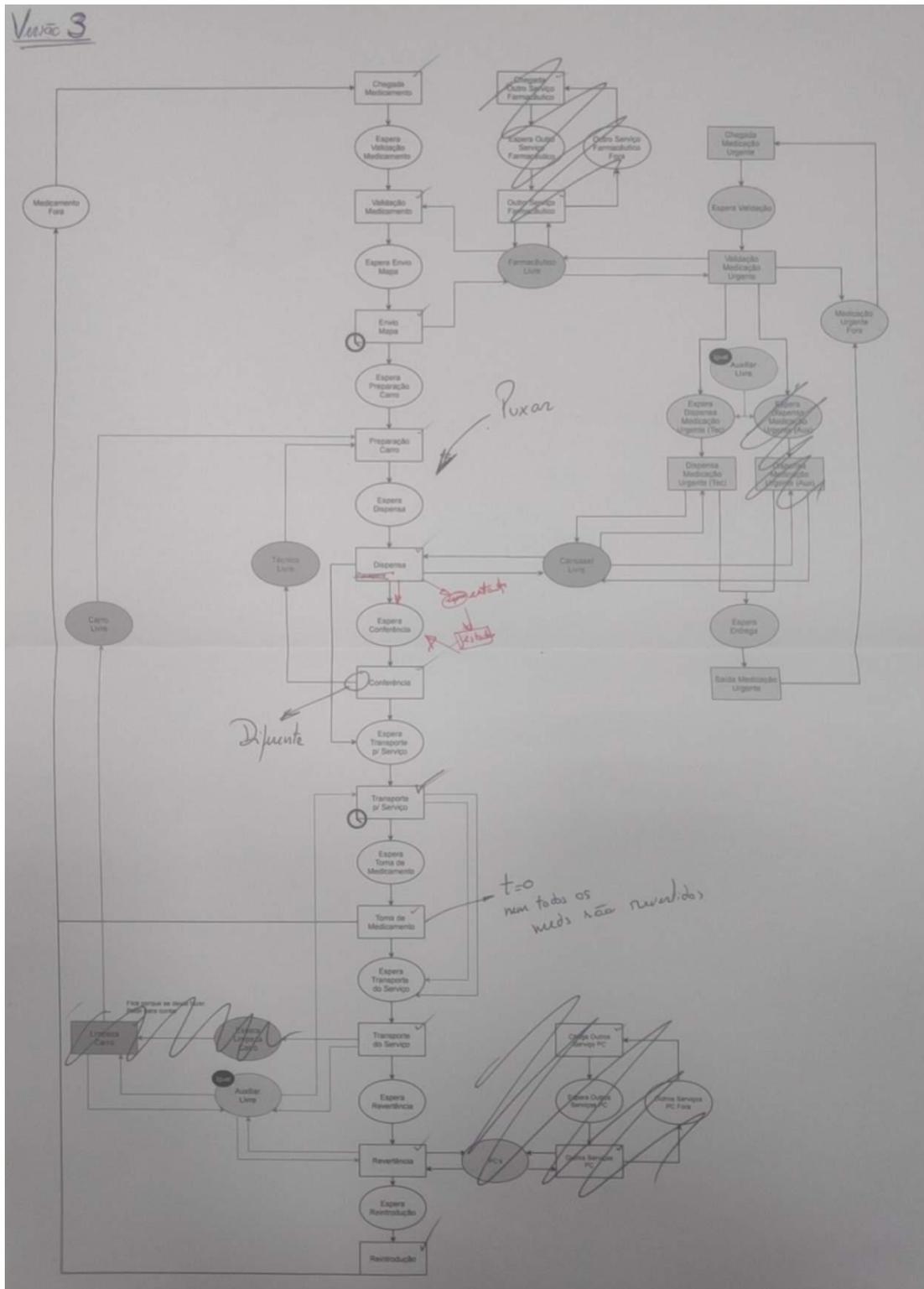


Figura 56 - Terceira versão do modelo conceptual com alterações

# Anexo C – Diagrama de Ciclo de Atividades

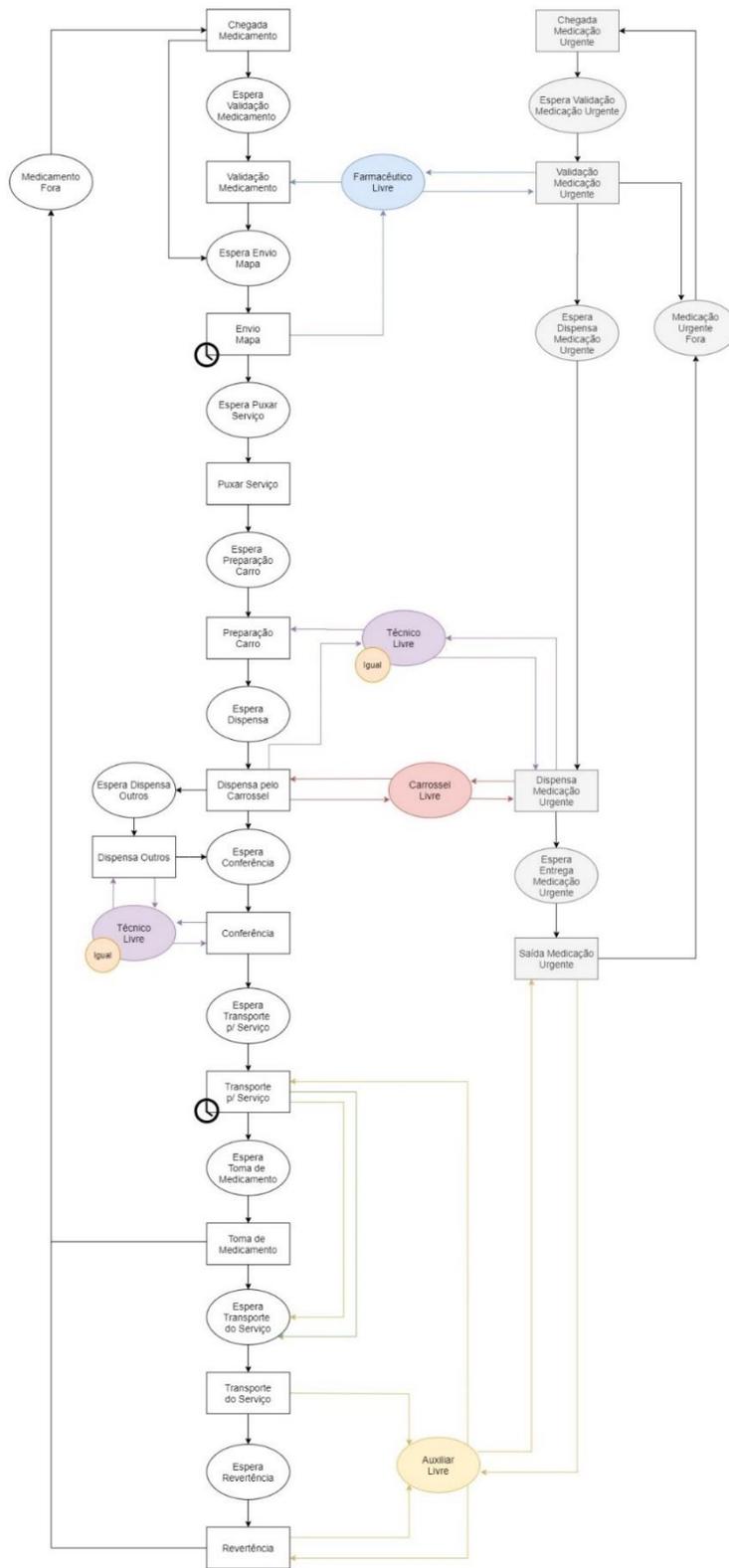


Figura 57 - Diagrama de ciclo de atividades

# Anexo D – Registos de dados utilizados nos Serviços Farmacêuticos



## Recolha de dados - Validação

Data:

Farmacêutico:

		Início	Fim	Nº de novas prescrições Alterações de prescrição	Observações
Serviço	Bloco 1				
	Bloco 2				
	Bloco 3				
	Bloco 4				
	Bloco 5				
	Bloco 6				
Serviço	Bloco 1				
	Bloco 2				
	Bloco 3				
	Bloco 4				
	Bloco 5				
	Bloco 6				
Serviço	Bloco 1				
	Bloco 2				
	Bloco 3				
	Bloco 4				
	Bloco 5				
	Bloco 6				
Serviço	Bloco 1				
	Bloco 2				
	Bloco 3				
	Bloco 4				
	Bloco 5				
	Bloco 6				
Serviço	Bloco 1				
	Bloco 2				
	Bloco 3				
	Bloco 4				
	Bloco 5				
	Bloco 6				

Figura 58 - Registo de Validações

Recolha de dados - Distribuição

Data:

		Início	Fim	Nº de Picks	Observações	
Serviço	Preparação do Carro					
	Puxar Carrossel					
	Distribuição de medicamentos	C1				
		C2				
		Estante				
Externos						
Conferência						
Serviço	Preparação do Carro					
	Puxar Carrossel					
	Distribuição de medicamentos	C1				
		C2				
		Estante				
Externos						
Conferência						
Serviço	Preparação do Carro					
	Puxar Carrossel					
	Distribuição de medicamentos	C1				
		C2				
		Estante				
Externos						
Conferência						

Figura 59 - Registo de Distribuição

Recolha de dados - Troca de Gavetas e Revertências

Data:

		Início	Fim	Observações
Serviço(s)	Entrega e Recolha de gavetas			
	Retirada de medicação das gavetas			
	Introdução na plataforma de revertências			
	Limpeza de gavetas			

Figura 60 - Registo de Troca de Gavetas e Revertências

<b>Medicação urgente</b>	
Vácuo ou Auxiliar	
<b>Hora de Chegada</b>	
<b>Início da Validação</b>	
<b>Fim da Validação</b>	
<b>Início da Dispensa</b>	
<b>Fim da Dispensa</b>	
<b>Hora de Entrega</b>	
<b>Notas:</b>	

Figura 61 - Registo de Medicação Urgente

## Anexo E – Ilustrações da construção do modelo

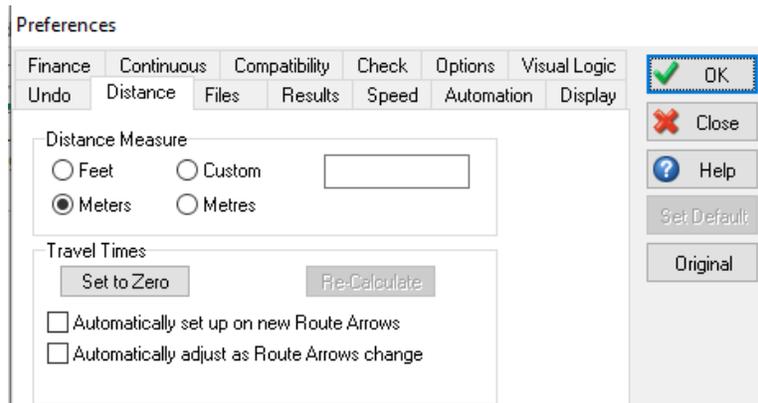


Figura 62 - Implementação do Time Travel igual a zero

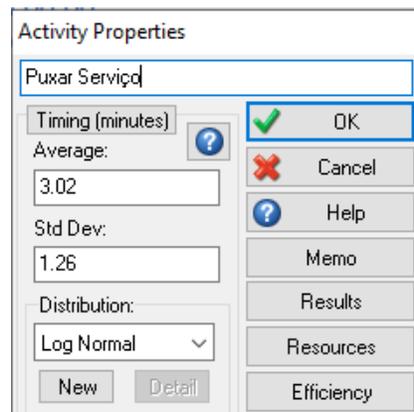


Figura 63 - Configuração da atividade Puxar serviço

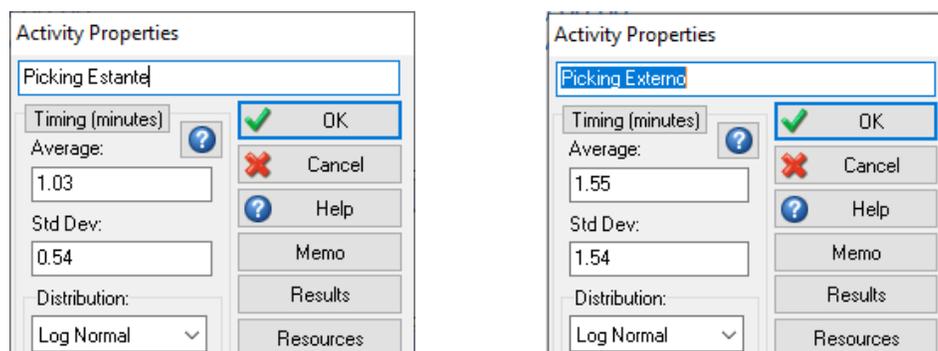


Figura 64 - Configuração das atividades Picking Estante e Externo

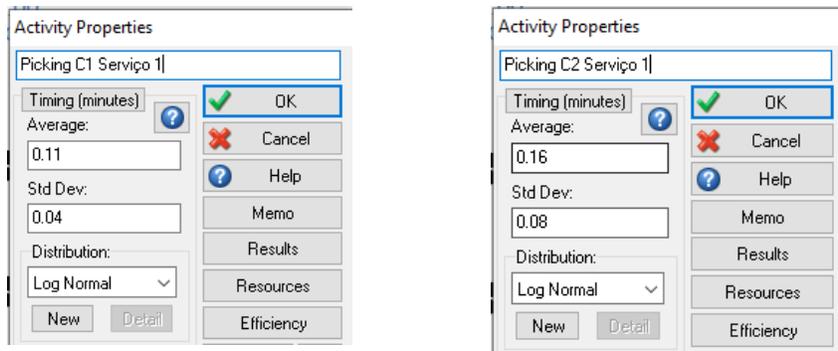


Figura 65 - Configuração das atividades de Picking C1 e Picking C2

## Anexo F – Verificação e Validação

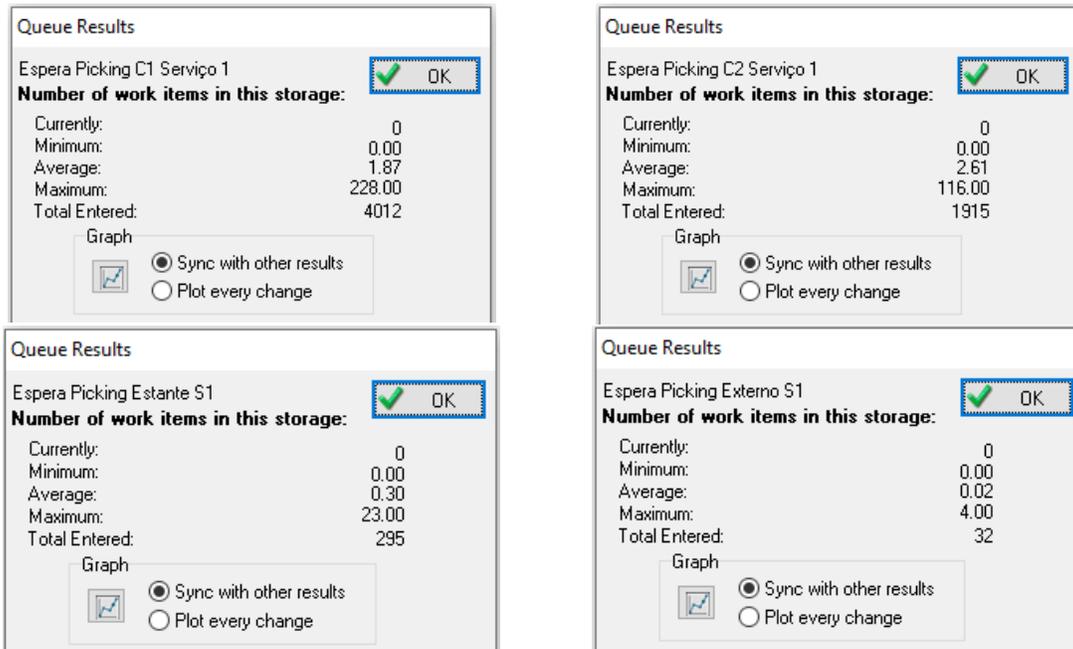


Figura 66 - Resultados retirados para validação da atividade fictícia Separar de Dispensa

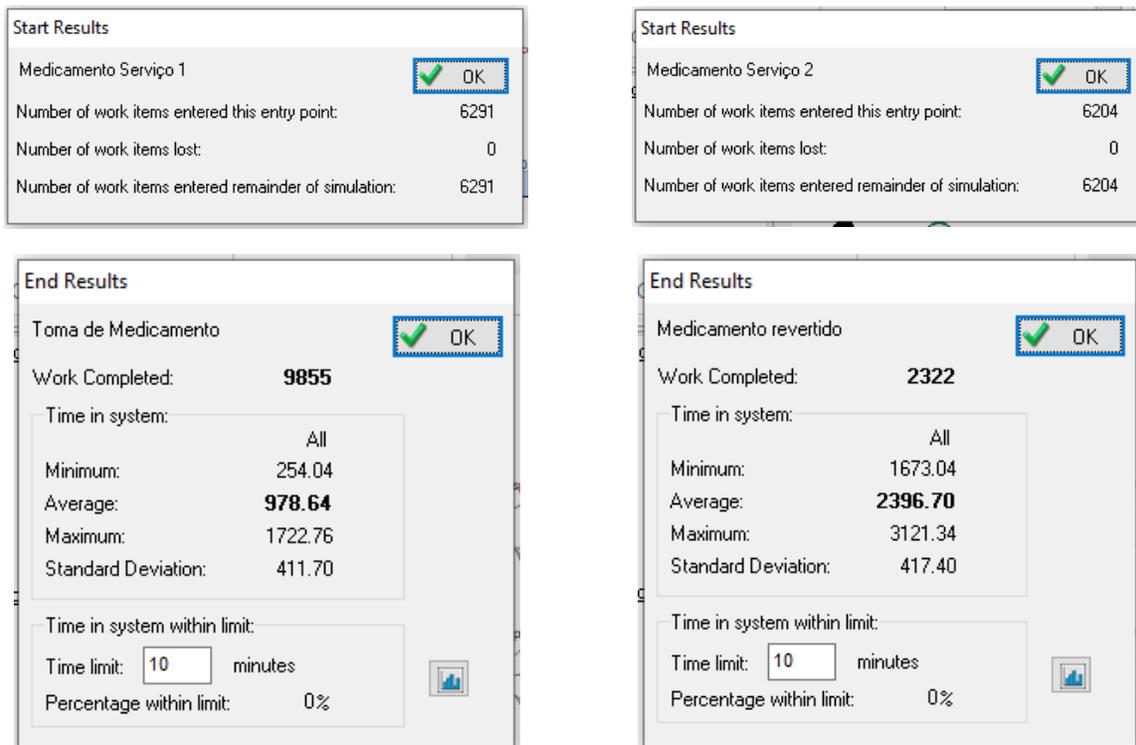


Figura 67 - Resultados retirados para verificação do modelo computacional

# Anexo G – Exemplo de gráfico retirado do simulador para validação

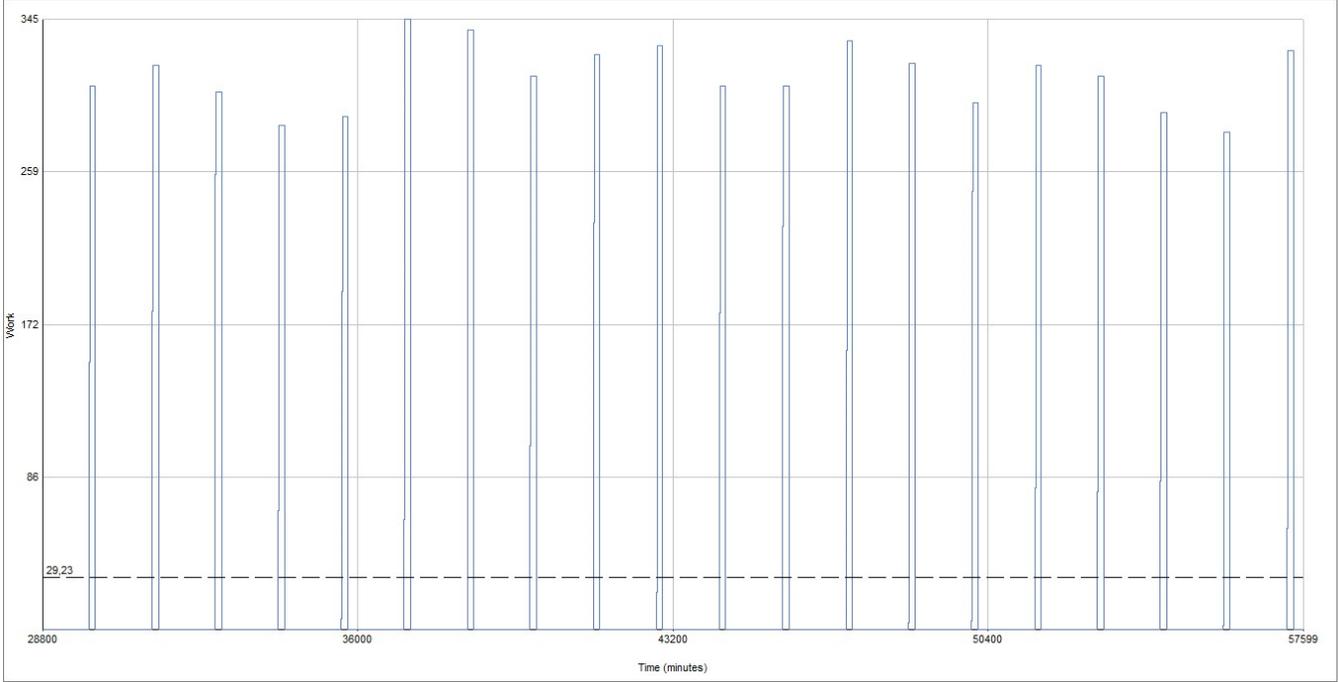


Figura 68 - Gráfico retirado do simulador da fila de espera Espera envio

## Anexo H – Definição do Período de *warm-up*

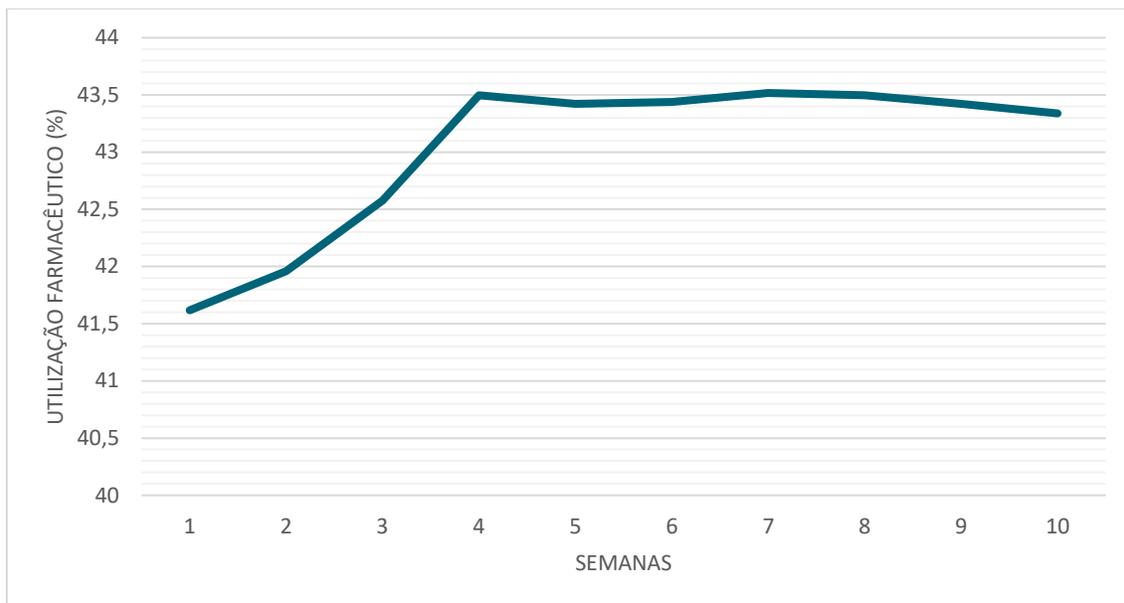


Figura 69 - Período Warm-up para Utilização do recurso Farmacêutico

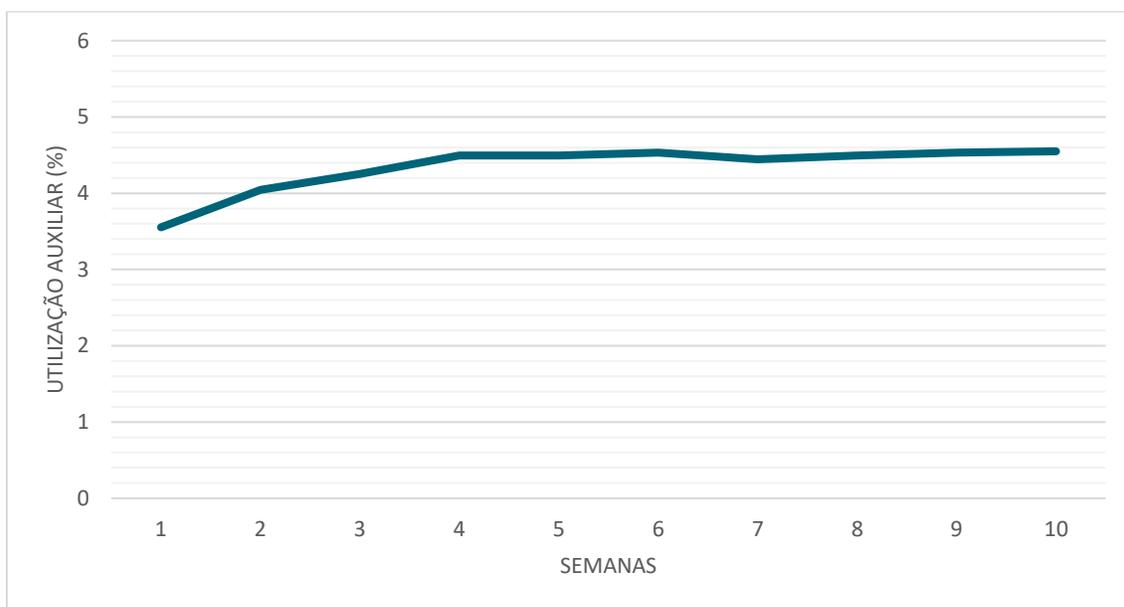


Figura 70 - Período Warm-up para Utilização do recurso Auxiliar

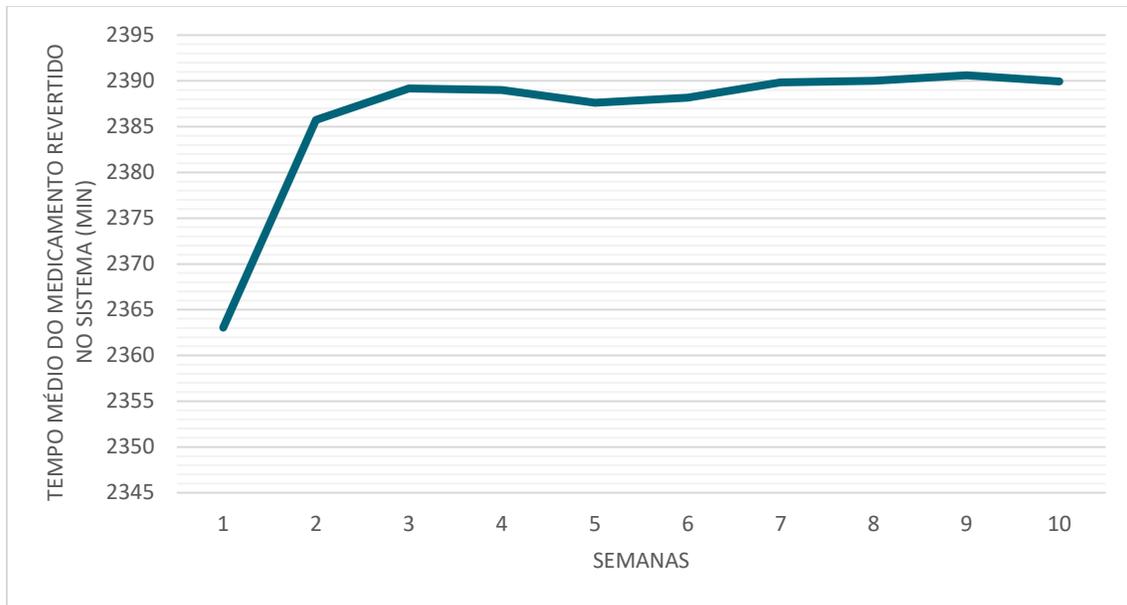


Figura 71 - Período Warm-up para Tempo médio de medicamento revertido no sistema

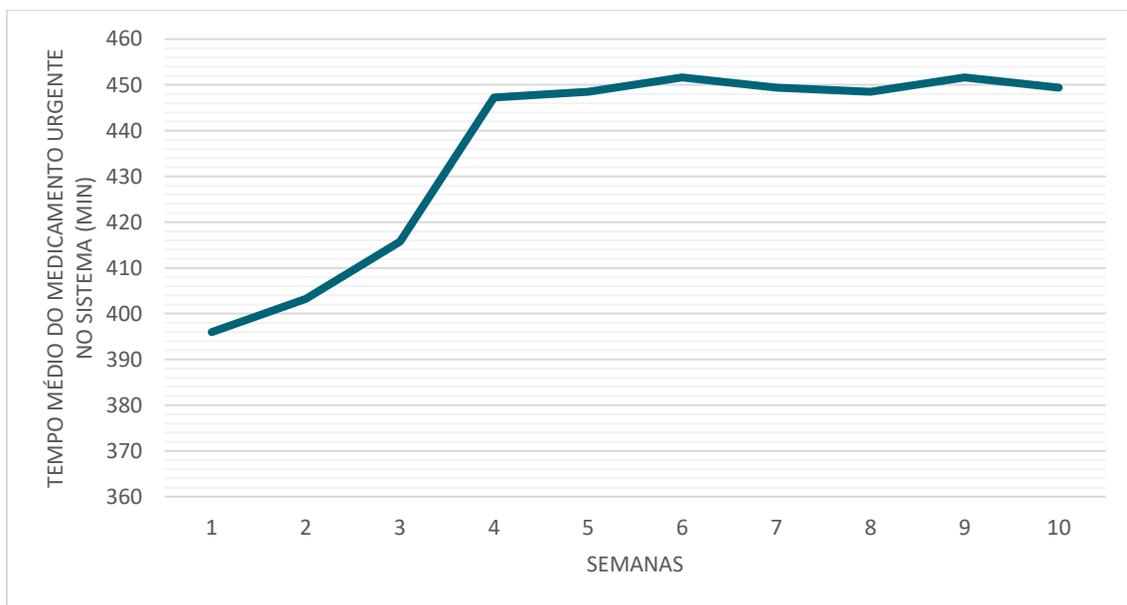


Figura 72 - Período Warm-up para Tempo médio de medicamento urgente no sistema

