



**LISBOA
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT**

MESTRADO

DECISÃO ECONÓMICA E EMPRESARIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**MODELOS MATEMÁTICOS PARA A GESTÃO DO SERVIÇO
DE RECEÇÃO NO INSTITUTO PORTUGUÊS DE
REUMATOLOGIA**

JOANA FILIPA SOARES PEREIRA RODRIGUES

SETEMBRO - 2013



**LISBOA
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT**

**MESTRADO EM
DECISÃO ECONÓMICA E EMPRESARIAL**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO
RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

**MODELOS MATEMÁTICOS PARA A GESTÃO DO SERVIÇO
DE RECEÇÃO NO INSTITUTO PORTUGUÊS DE
REUMATOLOGIA**

JOANA FILIPA SOARES PEREIRA RODRIGUES

ORIENTAÇÃO:

**PROFESSORA DOUTORA MARGARIDA MOZ
DOUTORA EUGÉNIA SIMÕES (IPR)**

SETEMBRO - 2013

Agradecimentos

Quero começar por agradecer ao Instituto Português de Reumatologia, por me ter apresentado com a oportunidade de estagiar nesta instituição, principalmente à Doutora Eugénia Simões, à Maria José e a todas as rececionistas que me acompanharam ao longo deste percurso, por toda a disponibilidade demonstrada e que tornaram possível a realização deste trabalho.

Um agradecimento especial à minha orientadora Professora Doutora Margarida Moz, pelo apoio, dedicação e por toda a ajuda ao longo deste trabalho. Ao Professor Doutor Onofre Simões que me apoiou nas questões de Estatística.

À Professora Doutora Margarida Vaz Pato agradeço pelos seus esforços que levaram à existência deste estágio.

Não posso deixar de agradecer à minha família, principalmente aos meus pais e à minha irmã pelo apoio incondicional ao longo dos anos académicos, por acreditarem sempre em mim e pela força e ajuda que me deram ao longo deste trabalho.

Quero agradecer também ao Ricardo Martins por estar sempre ao meu lado, pela compreensão e pelo apoio incondicional ao longo desta etapa importante da minha vida.

E quero agradecer a todos os meus amigos, pela força e apoio que me deram nesta fase da minha vida.

Resumo

O objetivo deste trabalho final de mestrado (TFM) é o estudo de modelos de Investigação Operacional, para resolver um problema sentido nos serviços de receção de utentes do Instituto Português de Reumatologia (IPR).

Durante o estágio nesta instituição foi identificada a dificuldade em dar resposta, de forma rápida, ao elevado número de utentes que se concentram na sala de espera em certos períodos de tempo, provocando desequilíbrios na agenda dos médicos e tensão nas salas de espera. Estes utentes têm de aguardar pelo serviço de receção por diferentes razões: dar entrada para consultas, marcar novas consultas ou exames, efetuar pagamentos de exames, receber informações sobre o funcionamento do instituto e ainda concluir processos de internamento.

Com o objetivo de obter possíveis soluções para este problema, a metodologia proposta neste relatório foi a construção de dois modelos matemáticos: modelo de programação linear inteira e modelo de simulação.

Foram estudadas diversas propostas de reorganização do serviço de receção do instituto, utilizando o modelo de simulação. O modelo de programação linear inteira foi utilizado para resolver instâncias do problema com o objetivo de determinar o número mínimo de balcões necessários para o fluxo esperado de utentes, usando dados recolhidos no IPR e dados da simulação.

Com base na análise dos indicadores dos modelos de simulação concluiu-se que a melhor proposta seria a da marcação da próxima consulta pelos médicos. De acordo com as soluções obtidas pelas diversas instâncias do modelo de programação linear inteira, concluiu-se que um dos balcões não está em funcionamento na maioria dos turnos.

Foi ainda construído um modelo em *Excel* que permite aos funcionários decidir, em tempo real, o número de balcões que deverão abrir em cada turno, conhecendo o número e tipo de utentes que estão em fila de espera.

Palavras-chave

Instituto Português de Reumatologia; Investigação Operacional; Modelo de simulação; Modelo de Programação Linear Inteira; Filas de Espera em contexto hospitalar; Reorganização do serviço de receção em contexto hospitalar.

Abstract

The purpose of this internship report is to study some models of Operational Research, so that the problem that is felt by the users at the reception desk of the Portuguese Institute of Rheumatology (IPR) can be solved.

During the internship at this institution the problem that was identified was the difficulty of the reception desk in giving a quick answer to the numerous users that are in the waiting room at certain hours. This causes a certain imbalance in the doctors' schedules and also some tension in the waiting room.

The reasons why the users have to wait at the reception desk are the following: admission to appointments, schedule of new appointments or medical exams, paying for the provided services, getting information about the functioning of the institute and also concluding the hospitalization process.

In order to obtain possible solutions to this problem, the proposed methodology for this report was to build two mathematical models: linear integer programming model and simulation model.

Several proposals for reorganizing the reception desk service were carried out by using the simulation model. Based on the data gathered from the IPR and from the simulation model, the integer linear programming model was used to solve the problem instances, in order to determine the minimum number of service counters that is necessary to handle the users expected flow.

By analyzing the simulation model indicators we came to the conclusion that the best proposal would be the scheduling of the new appointments by the doctors. According to solutions provided by the several instances of the integer linear programming

model, we can conclude that one of the service counters of the reception desk doesn't function in most shifts.

Guided by the number and type of users that are queuing, an *Excel* model was constructed. It allows the employees to decide, in real time, the number of service counters that should be open each shift.

Keywords

Portuguese Institute of Rheumatology; Operational Research; Simulation model; Linear integer programming model; Hospital queues; Hospital reception service reorganization.

Índice

Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: Definição do Problema	3
2.1 - Breve apresentação do Instituto Português de Reumatologia	3
2.2 - Identificação do problema	3
Capítulo 3: Enquadramento Teórico	5
3.1 - Simulação	6
3.2 - Programação Linear Inteira	7
Capítulo 4: Metodologia de Investigação	8
4.1 - Introdução à resolução do problema	8
4.2 - Levantamento e tratamento dos dados	8
4.2.1 - Levantamento de dados	8
4.2.2 - Tratamento de dados	10
4.2.2.1 - Análise do número das consultas	10
4.2.2.2 - Análise estatística	11
4.3 - Simulação do modelo atual	12
4.4 - Propostas de Novas Configurações	14
4.4.1 - Proposta 1: Balcões Dinâmicos	15
4.4.2 - Proposta 2: Receção dividida	15
4.4.3 - Proposta 3: Marcação da próxima consulta pelo próprio médico	16
4.5 - Modelo de programação linear inteira	17

4.5.1 - Modelo Geral:.....	17
Capítulo 5: Análise de Resultados	21
5.1 - Simulação do modelo atual	21
5.1.1 - Filas de Espera	21
5.1.2 - Serviço de atendimento	22
5.1.3 - Afetação dos recursos humanos	23
5.1.4 - Tempo médio no sistema	23
5.1.5 - Conclusões gerais sobre o modelo atual.....	24
5.2 - Análise das propostas.....	24
5.2.1 - Proposta 1: Balcões Dinâmicos	25
5.2.2 - Proposta 2: Receção dividida	26
5.2.3 - Proposta 3: Marcação da próxima consulta.....	27
5.3 - Resolução de instâncias com o modelo de PLI.....	28
5.3.1 - Instâncias do PLI com os dados do IPR.....	28
5.3.2 - Instâncias do PLI com dados retirados da simulação do modelo atual	28
Capítulo 6: Folha de cálculo para gestão de fluxo de utentes na receção.....	30
Capítulo 7: Conclusões	33
Anexo 1: Imagens do Simul8	I
1.1 - Imagem do Simul8 do modelo atual	I
1.2 - Imagem do Simul8 da proposta 2	II
Anexo 2: Resultados da simulação	III

2.1 - Proposta 1: Balcões Dinâmicos 1	III
2.2 - Proposta 2: Receção dividida	IV
2.3 - Proposta 3: Marcação de consulta pelo médico	V
Anexo 3: Relatórios do modelo PLI	VI
3.1 - Instância do PLI com todos os dados do IPR	VI
3.2 - Instância do PLI com os dados do IPR dos dias de maior fluxo.....	VIII
3.3 - Instância do PLI utilizando os dados de todos os dias retirados da simulação do modelo atual.....	X
3.4 - Instância do PLI com os dados dos dias de maior fluxo retirados da simulação do modelo atual.....	XII
Anexo 4: Folha de cálculo do Excel.....	XIV
4.1 - Folha de cálculo Turnos.....	XIV
4.2 - Folha de cálculo Parametrizações	XIV
4.3 - Folha de Instruções	XV

Índice de tabelas

Tabela I - Horário/disponibilidade dos funcionários	9
Tabela II - Número médio de consultas em cada hora.....	9
Tabela III - Número médio de chegadas em cada hora.....	10
Tabela IV - Cenários de simulação.....	13
Tabela V - Número médio de chegadas de utentes	21
Tabela VI - Resultados relativos à fila de espera	21
Tabela VII - Tempo de funcionamento dos balcões (%)	22
Tabela VIII - Número médio de utentes atendidos por cada balcão em cada turno	22
Tabela IX - Resultados relativos a recursos utilizados.....	23
Tabela X - Tempo médio no sistema (em minutos).....	24
Tabela XI - Resultados da simulação da proposta 1 vs modelo atual	25
Tabela XII - Resultado da simulação da proposta 2 vs modelo atual.....	26
Tabela XIII - Resultado da simulação proposta 3 vs modelo atual.....	27
Tabela XIV - Resultado da proposta 1	III
Tabela XV - Resultados da proposta 2.....	IV
Tabela XVI - Resultados da proposta 3.....	V

Índice de figuras

Figura 1 - Percurso dos utentes no Instituto Português de Reumatologia	4
Figura 2 - Etapas seguidas na Investigação	8
Figura 3 - Número médio de consultas por turno	10
Figura 4 - Número médio de consultas por dia da semana	11
Figura 5 - Modelo de simulação do sistema atual.....	13
Figura 6 - Modelo de simulação da Proposta 2.....	16
Figura 7 - Folha de cálculo consultas.....	30
Figura 8 - Folha de resultados	31
Figura 9 - Imagem do Simul8 do modelo atual	I
Figura 10 - Imagem do Simul8 da proposta 2.....	II
Figura 11 - Resultado do PLI com todos os dados recolhidos do IPR.....	VII
Figura 12 - Resultados do PLI com os dados do IPR dos dias de maior fluxo.....	IX
Figura 13 - Resultados do PLI com os todos os dados retirados da simulação do modelo atual.....	XI
Figura 14 - Resultados do PLI com os dados dos dias de maior fluxo retirados da simulação do modelo atual	XIII
Figura 15 - Folha de cálculo turnos	XIV
Figura 16 - Folha de cálculo parametrizações	XIV
Figura 17 - Folha de Instruções	XV

Lista de Abreviaturas

IPR: Instituto Português de Reumatologia

TFM: trabalho final de mestrado

IPSS: Instituição Particular de Solidariedade Social

IO: Investigação Operacional

PLI: programação linear inteira

CTH: consulta a tempo e horas

Capítulo 1: Introdução

Neste documento é apresentado o relatório do estágio realizado no Instituto Português de Reumatologia (IPR) de 8 de fevereiro a 8 de maio de 2013.

As principais motivações que levaram à realização deste TFM foram:

Aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado;

Ter uma primeira experiência no mundo do trabalho, que se revelou bastante proveitosa e gratificante.

O IPR é uma Instituição Particular de Solidariedade Social (IPSS) que tem como principal objetivo o estudo, a prevenção e o tratamento de doenças reumáticas.

Nos primeiros contactos com a instituição verificou-se que existia uma certa insatisfação por parte dos utentes com os tempos de espera nas várias fases do percurso, desde a chegada até à saída do IPR. Esta situação deve-se à capacidade limitada de resposta no serviço de atendimento de utentes na receção, a certas horas de determinados dias da semana, o que provoca desequilíbrios na agenda dos médicos e tensão nas salas de espera.

O estágio consistiu na análise da forma como se organiza o serviço de receção e na recolha de dados históricos relativos ao: número médio de chegadas e faltas de utentes por dia e por hora e, ao tempo de processamento na receção e na consulta, com o intuito de compreender o funcionamento atual deste.

Após o estágio, procedeu-se à definição do problema a resolver, à análise dos dados e ao estudo de algumas possíveis metodologias a aplicar, com vista a solucionar este problema. Para tal, são apresentados dois modelos de Investigação Operacional (IO), um de simulação e um de programação linear inteira.

O modelo de simulação foi construído à imagem do sistema atual de forma a avaliar o seu desempenho e estudar possíveis configurações alternativas do serviço de receção.

O segundo, o modelo de programação linear inteira, foi utilizado para obter soluções possíveis para o número mínimo de balcões abertos em cada turno, usando informação retirada dos dados históricos e dos resultados da simulação.

No capítulo 2, apresenta-se sucintamente o IPR, o modo de funcionamento do serviço de receção e descreve-se o problema que se pretende resolver.

De seguida, no capítulo 3, procede-se ao enquadramento teórico, de modo a contextualizar a metodologia de investigação, descrita no capítulo 4, em que são construídos os dois modelos matemáticos.

No capítulo 5, procede-se à análise dos resultados obtidos através dos modelos matemáticos anteriormente apresentados. No capítulo 6, apresenta-se um modelo em *Excel* construído para que os funcionários da receção possam, em tempo real, estimar o número de balcões que deverão ser abertos em cada turno, com base no número de utentes que se espera atender, no tempo de atendimento da consulta por tipo de utente e no tempo considerado razoável de espera em fila e em atendimento.

Por último, no capítulo 7, são apresentadas as conclusões deste TFM e propostas de investigação futura.

Capítulo 2: Definição do Problema

2.1 - Breve apresentação do Instituto Português de Reumatologia

O IPR é uma IPSS que tem como principal objetivo o estudo, a prevenção e o tratamento de doenças reumáticas (Instituto Português de Reumatologia, 2013). Os diversos serviços disponibilizados pelo instituto são: consultas externas, internamento, medicina física e de reabilitação, meios complementares de diagnóstico e serviço social. Atualmente, além de médicos reumatologistas, trabalham no IPR cardiologistas, nutricionistas, podólogos e outros técnicos e funcionários.

O instituto encontra-se a funcionar em dois locais distintos de Lisboa: Rua de Dona Estefânia e Rua da Beneficência, recebendo utentes maioritariamente provenientes da região de Lisboa e Vale do Tejo.

O estágio incidiu sobre o serviço de receção da Rua da Beneficência porque é onde o afluxo de utentes é maior, o que provoca filas de espera mais extensas.

2.2 - Identificação do problema

O problema identificado no serviço de receção do IPR consiste no tamanho excessivo das filas de espera em certos períodos de tempo, a que o serviço na sua configuração atual tem dificuldade em dar resposta de forma rápida.

O serviço de receção reparte-se por diversas tarefas: dar entrada para consulta, marcar novas consultas ou exames, receber pagamentos, dar informações sobre o funcionamento do instituto e ainda concluir os processos de internamento para que os utentes possam ter alta.

Cada utente quando chega ao serviço de receção do instituto tira uma senha e aguarda numa fila inicial. Se vai para a consulta, após efetuar o registo de entrada e pagar a consulta, terá que ir para outra fila onde aguarda o atendimento pelo médico. Depois

da consulta, a maioria dos utentes necessita de voltar uma segunda vez à receção, tirar outra senha e aguardar de novo na fila para marcar uma futura consulta ou exames.

Assim, na mesma fila de espera estão utentes que requerem diferentes tipos de serviço e o fluxo de utentes pelas várias fases do percurso pode tornar-se lento e provocar bloqueios.

Esta situação pode originar atrasos ou até marcação de faltas ao utente por exceder o tempo de tolerância (20 minutos) para consulta médica, ainda que este já estivesse na fila de espera para a receção do IPR.

Na Figura 1 é apresentado, de forma esquematizada, o percurso dos utentes no serviço de receção do IPR.

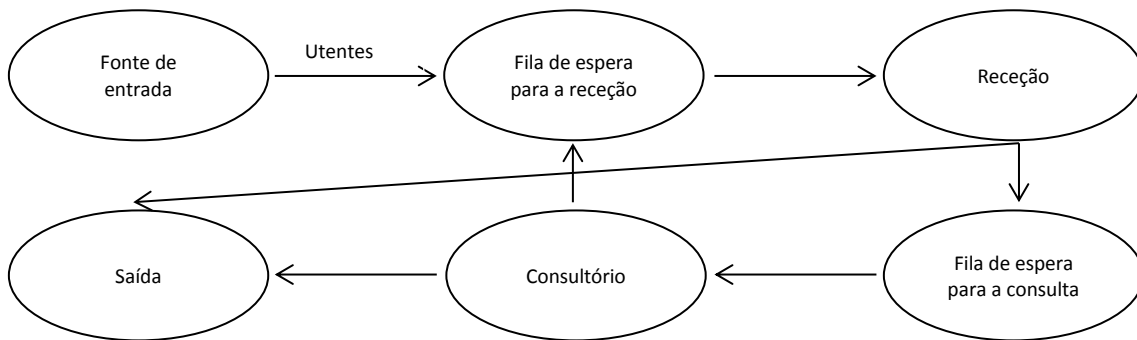


Figura 1 - Percurso dos utentes no Instituto Português de Reumatologia

Pretende-se propor e testar modelos matemáticos, na área da Investigação Operacional, que possam contribuir para melhorar o funcionamento do serviço de receção do instituto.

Capítulo 3: Enquadramento Teórico

O problema descrito anteriormente corresponde a um sistema complexo de filas de espera. Para poder escolher a melhor forma de organizar este tipo de sistemas é necessário estudar o impacto de diferentes alterações ao esquema atual de funcionamento. Não sendo fácil realizar estas experiências com o sistema em funcionamento, é usual recorrer-se a modelos matemáticos que o possam mimetizar.

Em geral, não é possível traduzir matematicamente toda a complexidade dos sistemas reais, embora se possam retirar ilações úteis da sua representação matemática mesmo com simplificações do contexto real. Os modelos de simulação e os modelos de programação matemática são frequentemente utilizados para resolver estes problemas, em que os modelos da teoria das filas de espera não conseguem dar resposta.

São exemplos da aplicação deste tipo de modelos na gestão de instituições de cuidados de saúde os trabalhos de (De Angelis et al., 2003; Ahmed & Alkhamis, 2009). Estes autores recorrem à integração da simulação com a otimização de modelos de programação matemática de modo a determinar a melhor configuração do sistema de gestão do fluxo de utentes num centro de transfusões de sangue, no caso dos primeiros autores, e num departamento de urgências, no caso dos segundos autores. (De Angelis et al., 2003) usam a simulação para gerar observações que lhes permitem desenvolver dois modelos de programação não linear representativos do sistema a estudar. (Ahmed & Alkhamis, 2009) usam a simulação para obter os parâmetros de um modelo de programação estocástica que pretendem otimizar.

No âmbito do presente trabalho, optou-se por utilizar a simulação para estudar o sistema em vários cenários e a programação linear inteira (PLI) para otimizar o modelo em que os parâmetros são obtidos da simulação.

3.1 - Simulação

A simulação definida por (Carson II, 2004; Gaba, 2004; Hillier & Lieberman, 2001; Maria, 1997) é uma técnica usada para replicar e analisar experiências reais. Neste TFM utiliza-se a simulação baseada em processos estocásticos, em que os acontecimentos que têm impacto no funcionamento do sistema são representados através de variáveis aleatórias com funções de distribuição de probabilidade conhecida.

Tal como mencionaram (Maria, 1997; Mourão et al., 2011; Carson II, 2004), a simulação utiliza-se antes da implementação de possíveis modificações no sistema que se pretende estudar, e também, quando é difícil representá-lo através de outros modelos matemáticos. O objetivo da simulação, referido por (Maria, 1997) é analisar e retirar o máximo de informação do comportamento provocado por essas alterações, de forma a reduzir a probabilidade de não obedecer a certas especificações, eliminar constrangimentos imprevistos e prevenir a utilização excessiva/reduzida dos recursos.

Existem diversos estudos publicados na área da saúde sobre simulação de problemas de filas de espera. São exemplos deste tipo de abordagem, os trabalhos de (El-Darzi et al., 1998) em que a simulação é utilizada para estudar o tempo de espera dos utentes e a procura de camas numa rede de cuidados de terceira idade e o trabalho de (Swisher & Jacobson, 2002) em que é utilizada para determinar o nível necessário de recursos humanos e físicos numa clínica familiar.

(Benneyan, 1997) faz uma resenha bibliográfica de trabalhos de simulação para resolver problemas em instituições de cuidados de saúde. Neste artigo também é feita a comparação de resultados destes trabalhos com os resultados obtidos recorrendo a outros modelos.

3.2 - Programação Linear Inteira

Os modelos de programação matemática envolvem variáveis e funções matemáticas que as relacionam e que exprimem condições que as variáveis têm de satisfazer. Em programação linear inteira (PLI), as funções são todas lineares e há variáveis que têm de tomar valores inteiros.

Existem trabalhos na área de cuidados de saúde que propõem modelos de programação matemática para resolver determinados problemas. Por exemplo (Dexter et al., 2002) sugere a utilização de programação linear para determinar o impacto nos custos variáveis de alterações na afetação do tempo das salas de operações aos cirurgiões, e (Persson & Persson, 2007) recorre a modelos de PLI para escalonar pacientes para cirurgias e afetar recursos às salas de operações.

Capítulo 4: Metodologia de Investigação

4.1 - Introdução à resolução do problema

Pelas razões referidas no capítulo anterior, a metodologia que se propõe para resolver o problema, seguiu diversas etapas. Na Figura 2 estão representadas essas etapas, que vão ser explicadas detalhadamente em seguida.

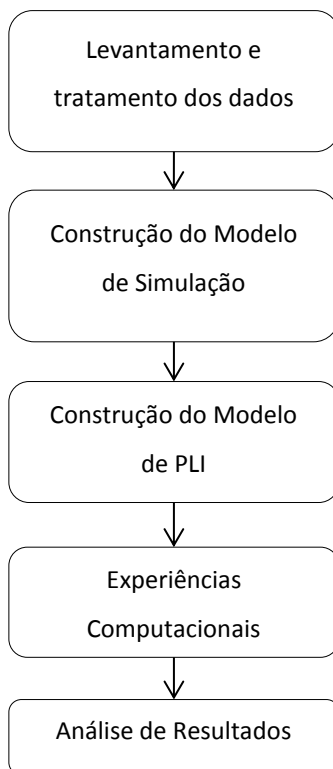


Figura 2 - Etapas seguidas na Investigação

4.2 - Levantamento e tratamento dos dados

4.2.1 - Levantamento de dados

Os dados recolhidos durante o estágio foram: o número de rececionistas e respetivo horário, o número de consultas a cada hora do dia, o tempo médio de atendimento de um utente na receção e o tempo médio de consulta médica.

Em seguida estão descritos detalhadamente os dados que se consideraram para a resolução do problema.

Na tabela seguinte (Tabela I) encontra-se o número e a disponibilidade horária dos funcionários:

Tabela I - Horário/disponibilidade dos funcionários

Horário	Funcionários				
	Número total	Tipo de funcionário			
		Chefe de receção	Telefonista	Arquivo	Rececionistas
8:00 – 9:00	4	1			3
9:00 – 10:00	7	1	1	1	4
10:00 – 12:00	8	1	1	1	5
12:00 – 16:00	9	1	1	1	6
16:00 – 17:00	5		1	1	3
17:00 – 18:00	2				2
18:00 – 20:00	1				1

O número de consultas médicas foi obtido através do programa de registo cujo acesso foi facultado pelo instituto. A recolha destes dados foi delimitada a um período de quatro meses (outubro, novembro, janeiro e fevereiro de 2012/2013). O mês de dezembro de 2012 foi excluído por ser um mês de feriados e festividades anuais, não traduzindo o movimento normal de um mês. Na Tabela II apresenta-se o número médio de consultas em cada hora.

Tabela II - Número médio de consultas em cada hora

Horas	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Médias	7,819	19,699	20,494	18,880	11,072	8,241	11,494	10,651	6,723	3,048	1,301	0,084

Como não existe registo das horas da chegada para as consultas e de modo a simplificar o problema, utilizou-se o número de consultas em cada hora para representar esta informação. Para tal, de modo a obter o número médio de chegadas de utentes em cada hora, acrescentou-se 20% ao número médio de consultas médicas. Este valor corresponde a 10% que vão obter informações, 5% para marcar consultas e

5% para marcar ou levantar exames. Com isto obtiveram-se os seguintes valores que se encontram descritos na Tabela III.

Tabela III - Número médio de chegadas em cada hora

Horas	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Médias	9,383	23,639	24,593	22,656	13,286	9,889	13,793	12,781	8,068	3,658	1,561	0,101

Por último, considerou-se que o tempo médio de atendimento por utente na receção é de 5 minutos e na consulta é de 30 minutos. É de notar que os tempos de atendimento dos utentes para a consulta, no serviço de receção, diferem se o utente já foi a uma consulta anterior no IPR ou se vai a uma consulta pela primeira vez. De modo a simplificar o problema, na construção dos dois modelos matemáticos não se faz a distinção entre estes dois tipos de utentes.

4.2.2 - Tratamento de dados

4.2.2.1 - Análise do número das consultas

Esta análise incidiu sobre o número de consultas, uma vez que não existe um registo dos restantes dados. Para estes, foram utilizados valores médios, valorizando a sensibilidade ditada pela experiência de quem trabalha diariamente e durante anos no serviço.

De modo a facilitar o tratamento, os dados foram agregados em turnos de duas horas, o que resultou num total de seis turnos. A Figura 3 apresenta o número médio de consultas em cada turno.

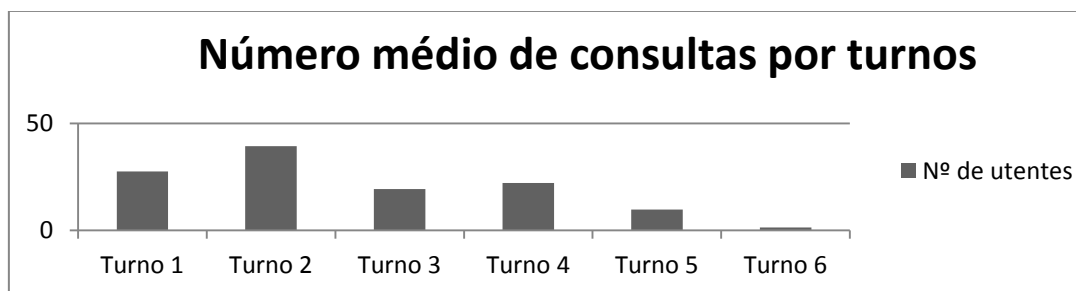


Figura 3 - Número médio de consultas por turno

Nesta figura, pode observar-se que a partir do turno 5 o número de consultas é muito reduzido, como tal, e de forma a simplificar o problema retiraram-se os turnos 5 e 6 dos modelos matemáticos, o que resulta num número médio de 108 consultas por dia (nos quatro turnos).

Pela análise dos dados e considerando apenas as consultas nos quatro turnos, verificou-se ainda que havia uma grande variabilidade do número médio de chegadas consoante o dia da semana, como se pode observar na Figura 4.

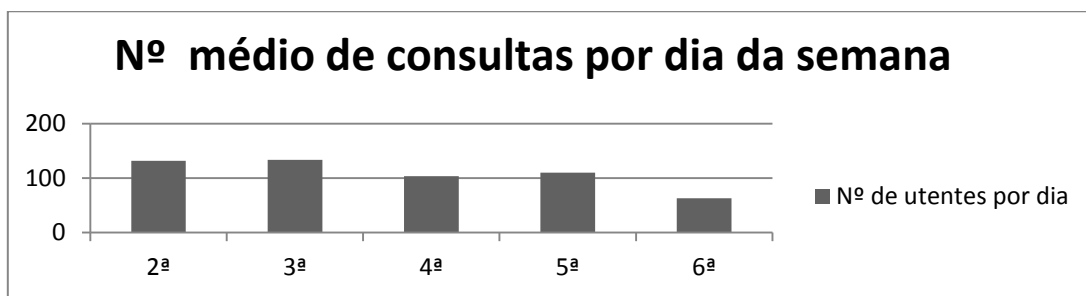


Figura 4 - Número médio de consultas por dia da semana

Nesta figura observa-se que os valores de segunda-feira e terça-feira estão acima do número médio de consultas por dia (108 utentes). Esta situação determinou que fossem considerados dois cenários na simulação, um para os dias da semana de maior afluxo e outro para os dados totais.

4.2.2.2 - Análise estatística

Para esta análise utilizou-se o número médio de chegadas, que inclui os utentes que vêm para consulta ou por outra razão.

Considerando que o número de chegadas ao IPR pode ser representado por uma variável aleatória, fizeram-se vários testes para determinar a distribuição teórica que se ajustava à serie de dados recolhidos. Para isso, testou-se o ajustamento das funções de distribuição *Poisson*, exponencial, normal e uniforme. Para a primeira distribuição

recorreu-se ao teste do qui-quadrado, e para as restantes o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para estes testes utilizou-se o software “SPSS”.

Em todos os testes as hipóteses de ajustamento das distribuições teóricas à série de dados das chegadas foram rejeitadas, pelo que se recorreu à distribuição empírica.

Para a utilização desta distribuição criou-se uma tabela no *Excel* com os dados correspondentes ao número de chegadas por turnos, com a respetiva frequência absoluta e probabilidade de ocorrência.

4.3 - Simulação do modelo atual

Com base em toda a informação recolhida procedeu-se à construção do modelo de simulação do funcionamento do serviço de receção na sua configuração atual. Utilizou-se o *software* Simul8 (SIMUL8 Corporation, 2013; Concannon et al., 2007), com eventos contínuos.

O sistema é descrito por: número médio de chegadas, tempo médio de atendimento por utente no serviço de receção (três balcões), tempo médio da consulta médica (doze consultórios), duas filas de espera (uma para a receção e outra para as consultas) e três saídas (uma para os utentes que saem da consulta diretamente para fora do IPR, outra para os utentes que são atendidos uma segunda vez na receção e outra para os utentes que utilizam a receção por outros motivos).

É de referir que o IPR possui cinco balcões, mas na maior parte do tempo só estão em funcionamento três. A utilização dos outros dois balcões não tem um horário e modo de funcionamento pré-estabelecidos, por isso não foram considerados na modelização inicial.

A Figura 5 representa a configuração do modelo atual no Simul8 (esta imagem encontra-se com mais detalhe no Anexo 1-Figura 9).

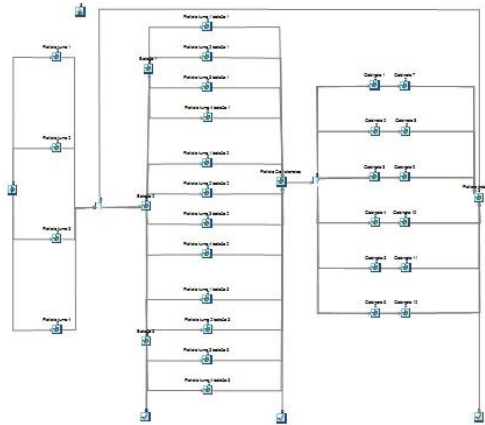


Figura 5 - Modelo de simulação do sistema atual

Como foi mencionado anteriormente, considera-se que a variável aleatória que representa o número de chegadas ao sistema segue a distribuição empírica, ou seja, os dados são retirados diretamente da tabela criada no *Excel* com a respetiva probabilidade de ocorrência.

Devido à grande variabilidade dos dados, referida anteriormente, foram realizadas simulações com dois conjuntos distintos de dados, os de todos os dias da semana e os de segunda e terça-feira.

Os tempos de atendimento por utente, quer na receção quer na consulta, são representados por variáveis aleatórias. Devido à ausência de dados reais para os tempos do serviço de receção e de consulta, optou-se por utilizar duas funções de distribuição distintas, a função de distribuição exponencial e a função de distribuição “média” do Simul8.

As diferentes funções de distribuição juntamente com os dois conjuntos de dados dão origem à simulação de quatro cenários (Tabela IV):

Tabela IV - Cenários de simulação

Função de distribuição	Conjunto de dados	
	Todos os dias	Segunda-feira e Terça-feira
Média	Cenário 1	Cenário 3
Exponencial	Cenário 2	Cenário 4

Neste modelo de simulação recorreu-se a variáveis fictícias que são representadas no Simul8 por centros de trabalho fictício e seguem uma função de distribuição fixa com valor zero.

Os centros de trabalho a seguir à entrada (“fictícia turno 1”; “fictícia turno 2”; “fictícia turno 3”; “fictícia turno 4”) são utilizados para contabilizar o número de chegadas por turno.

No caso dos centros de trabalho a seguir aos balcões (“fictícia turno 1 balcão 1”; “fictícia turno 2 balcão 1”; “fictícia turno 3 balcão 1”; “fictícia turno 4 balcão 1”; e consecutivamente para os restantes balcões) servem para determinar o número de utentes atendidos em cada balcão e em cada turno.

O centro de trabalho fictício “fictícia desistências” serve para separar os utentes que, após o atendimento na receção, prosseguem para a consulta (cerca de 80 %) dos que saem do sistema (cerca de 20%).

Por último, o centro de trabalho fictício “fictícia médicos” é utilizado para encaminhar os utentes que após a consulta retornam à receção (cerca de 90%) ou saem do sistema.

Os resultados das simulações são apresentados no capítulo 5.

4.4 - Propostas de Novas Configurações

Após a simulação da configuração do sistema atual, procedeu-se ao estudo de novas configurações possíveis.

O estudo consistiu na simulação de três propostas de configuração alternativas e na análise dos respetivos resultados, com o objetivo de reduzir o tempo médio na fila de espera e no sistema, e racionalizar a utilização dos recursos.

Em todas as propostas desenvolvidas foram usadas as mesmas funções de distribuição da simulação inicial.

As propostas estudadas são designadas por: balcões dinâmicos, receção dividida e marcação da próxima consulta pelo próprio médico.

4.4.1 - Proposta 1: Balcões Dinâmicos

O objetivo fundamental desta proposta é racionalizar a utilização dos recursos, mantendo um dos balcões sempre em funcionamento. E, caso o número de utentes na fila de espera não justifique a abertura dos restantes dois balcões, então os funcionários poderão estar afetos a outro tipo de trabalho administrativo.

Para tal, condiciona-se a abertura dos dois balcões adicionais através de uma restrição que tem em conta o número de utentes na fila de espera.

De modo a determinar a condição de abertura de cada balcão adicional, realizaram-se algumas experiências no Simul8, testando vários valores para limite superior desta condição e analisaram-se os respetivos resultados. Com estes testes decidiu-se que para abrir o balcão 2 é necessário que na fila de espera estejam mais do que dois utentes, e para abrir o balcão 3 é necessário que na fila de espera estejam mais de seis utentes.

A estrutura desta proposta no Simul8 é similar à estrutura do modelo atual (Figura 5 e Anexo 1 - Figura 9), como tal não é apresentado nesta secção o diagrama correspondente.

4.4.2 - Proposta 2: Receção dividida

O objetivo desta proposta consiste em criar duas receções, separando assim os utentes e dividindo as tarefas de forma a evitar bloqueios. Ou seja, uma receção seria para os utentes que dão entrada nas consultas, pedem informações, marcam exames ou marcam consultas (R1-receção com três balcões). A outra receção seria utilizada pelos utentes que saem da consulta médica e que necessitam de tratar de diversos assuntos, tais como: marcar nova consulta e marcar e pagar exames (R2- receção com dois

balcões). Esta proposta utiliza os mesmos recursos e horários que as simulações anteriores.

No Simul8 de modo a simular esta proposta colocou-se uma receção a seguir aos consultórios, e assim, os utentes que saem da consulta aguardam noutra fila de espera como mostra a Figura 6 e Anexo 1 - Figura 10. Os tempos de atendimento nestes balcões seguem a mesma função de distribuição que nos restantes balcões.

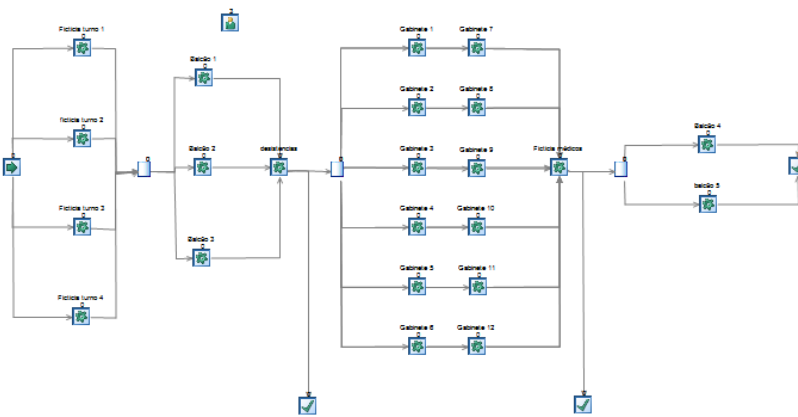


Figura 6 - Modelo de simulação da Proposta 2

4.4.3 - Proposta 3: Marcação da próxima consulta pelo próprio médico

Uma vez que nos consultórios existem computadores com o agendamento das consultas, se cada médico pudesse marcar e validar a próxima consulta de cada utente, isso induziria um melhor agendamento do seu próprio dia de trabalho e ao mesmo tempo contribuiria para que o utente não necessitasse de voltar a ser atendido na receção. Por consequência, as filas de espera na receção diminuiriam substancialmente, sendo negligenciável o tempo adicional da consulta médica.

Tal como a proposta 1, a estrutura desta proposta no Simul8 é similar à do modelo atual (Figura 5), como tal não é apresentado nesta secção o respetivo diagrama. A única alteração, face ao modelo atual, é que no centro de trabalho “fictícia médicos” o número de utentes que regressa à receção é cerca de 10% em vez de 90%.

4.5 - Modelo de programação linear inteira

Além do modelo de simulação propõe-se um modelo de programação linear inteira pura (PLI), de forma a realizar algumas experiências com base nos dados obtidos no IPR e na simulação.

Neste modelo, para facilitar a sua formalização, foram considerados os seguintes pressupostos:

- Só são considerados os utentes que utilizam o serviço de receção do IPR para consultas médicas.
- Todos os utentes passam pelo serviço de receção duas vezes.
- Os utentes chegam no turno da sua consulta, mas podem ser atendidos no turno a seguir.

4.5.1 - Modelo Geral:

Com este modelo pretende-se determinar o número de utentes a atender na receção, pela primeira e segunda vez, em cada balcão e por turno, minimizando o número de balcões abertos e respeitando as restrições que adiante se descrevem.

Definiram-se as seguintes variáveis de decisão:

$$l_{mk} = \begin{cases} 1, & \text{se o balcão } m \text{ é aberto no turno } k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (m = 1, \dots, M \quad k = 1, \dots, K)$$

x_{mk}^t = número de utentes que chegam no intervalo t e são atendidos pela primeira vez no balcão m no turno k ($t = 1, \dots, T; m = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K$)

y_{mk}^t = número de utentes que chegam no intervalo t e são atendidos pela segunda vez no balcão m no turno k ($t = 1, \dots, T; m = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K$)

Para simplificação o índice superior destas variáveis será usado para identificação dos utentes. Assim, os utentes que chegam no intervalo t terão essa etiqueta e serão designados por utentes do intervalo t .

$$\text{Min } Z = \sum_m \sum_k P_{mk} l_{mk} \quad (R_0)$$

S. a:

$$\sum_m \sum_{k=t}^{t+1} y_{mk}^t = \sum_m \sum_{k=t}^{t+1} x_{mk}^t, \quad (t = 1, \dots, T-1) \quad (R_1)$$

$$\sum_m y_{mT}^T = \sum_m x_{mT}^T, \quad (R'_1)$$

$$\sum_m \sum_{k=t}^{t+1} x_{mk}^t = D_t, \quad (t = 1, \dots, T-1) \quad (R_2)$$

$$\sum_m x_{mT}^T = D_T, \quad (R'_2)$$

$$x_{m1}^1 + y_{m1}^1 \leq \text{Cap}_{m1}, \quad (m = 1, \dots, M) \quad (R_3)$$

$$\sum_{t=k-1}^k (x_{mk}^t + y_{mk}^t) \leq \text{Cap}_{mk}, \quad (m = 1, \dots, M; k = 2, \dots, T) \quad (R'_3)$$

$$x_{m1}^1 + y_{m1}^1 \leq Ql_{m1}, \quad (m = 1, \dots, M) \quad (R_4)$$

$$\sum_{t=k-1}^k (x_{mk}^t + y_{mk}^t) \leq Ql_{mk}, \quad (m = 1, \dots, M; k = 2, \dots, T) \quad (R'_4)$$

$$\sum_m \sum_{k=1}^2 y_{mk}^1 \leq \text{Cap}_{(M+1)1}, \quad (R_5)$$

$$\sum_m y_{mt}^{t-1} + \sum_m \sum_{k=t}^{t+1} y_{mk}^t \leq \text{Cap}_{(M+1)t}, \quad (t = 2, \dots, T-1) \quad (R'_5)$$

$$\sum_m (y_{mT}^{T-1} + y_{mT}^T) \leq \text{Cap}_{(M+1)T}, \quad (R''_5)$$

$$\sum_m x_{mt}^t \geq \sum_m x_{m(t+1)}^t, \quad (t = 1, \dots, T-1) \quad (R_6)$$

$$\sum_m x_{m1}^1 \geq \sum_m y_{m1}^1, \quad (R_7)$$

$$\sum_m \sum_{t=k-1}^k x_{mk}^t \geq \sum_m \sum_{t=k-1}^k y_{mk}^t, \quad (k = 2, \dots, T) \quad (R'_7)$$

$$x_{mk}^t, y_{mk}^t \geq 0; l_{mk} \in \{0,1\} \quad (k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T; m = 1, \dots, M) \quad (R_8)$$

Os parâmetros do modelo têm o seguinte significado:

M : número de balcões da receção que é possível abrir em cada turno;

($M+1$ é um índice para o posto de atendimento dos médicos).

T : número de intervalos de tempo de chegada de utentes.

K : número de turnos de trabalho de atendimento na receção.

D_t : número médio de consultas no intervalo de tempo t .

($t = 1, \dots, T$).

Cap_{mk} : Capacidade do balcão m no turno k ($m = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K$).

P_{mk} : Penalização por abrir o balcão m no turno k ($m = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K$).

Q : Número suficientemente grande.

A função objetivo (R_0) consiste em minimizar o número de balcões que é necessário ter em funcionamento, através da atribuição de penalizações crescentes à abertura de cada balcão em cada turno.

O primeiro conjunto de restrições (R_1) garante que o utente é atendido duas vezes pela receção, ou seja, o número de utentes do intervalo t atendidos pela segunda vez nos turnos $k = t$ e $k = t + 1$ tem de ser igual ao número de utentes do intervalo t atendidos pela primeira vez nos turnos $k = t$ e $k = t + 1$. Em (R'_1), para $t = T$, o número de utentes do intervalo T atendidos pela segunda vez no turno $k = T$ tem de

ser igual ao número de utentes do intervalo T atendidos pela primeira vez no turno $k = T$.

O conjunto de restrições (R_2) estabelece que o número de utentes do intervalo t que são atendidos pela primeira vez nesse turno ($k = t$), ou no turno seguinte ($k = t + 1$), tem de ser igual ao número médio de consultas nesse intervalo. Exceto no último turno ($k = T$), em que o número de utentes do intervalo T e que são atendidos nesse intervalo é igual ao número médio de consultas deste (R'_2) .

Os conjuntos (R_3) e (R'_3) de restrições estabelecem que o número de utentes atendidos no balcão m no turno k , é menor ou igual à capacidade do balcão m no turno k . Em (R_3) , o turno k é o primeiro ($k = 1$) e o conjunto (R'_3) exprime o mesmo para os restantes turnos.

As restrições (R_4) e (R'_4) forçam a abertura de balcões se existirem utentes para atender.

As restrições (R_5) , (R'_5) e (R''_5) garantem que o número de utentes que é atendido pelos médicos não pode exceder a capacidade de atendimento dos médicos em cada turno.

As restrições (R_6) foram introduzidas para evitar que o número de utentes que chegam no intervalo t , e são atendidos pela primeira vez no turno $k = t + 1$, seja maior que o número de utentes que chegam no intervalo t e que são atendidos pela primeira vez no turno $k = t$.

As restrições (R_7) e (R'_7) estabelecem que o número de utentes que passam pela segunda vez na receção no turno k , é menor ou igual que o número de utentes que passam na receção pela primeira vez nesse turno. As restrições (R_8) indicam o domínio das variáveis.

Capítulo 5: Análise de Resultados

Neste capítulo vão ser apresentados e comparados os resultados das simulações do modelo atual, das três propostas e do modelo PLI explicados detalhadamente no capítulo anterior.

A Tabela V apresenta, para os quatro cenários considerados (ver Tabela IV na página 13), o número médio de chegadas de utentes obtidos na simulação (colunas A e B) e na recolha de dados feita no IPR (colunas C e D).

Tabela V - Número médio de chegadas de utentes

	A	B	C	D
Número de entradas	Cenário 1 e 2	Cenário 3 e 4	Cenário 1 e 2	Cenário 3 e 4
Total	105,244	162,822	136,361	166,879
Turno1	26,733	40,267	34,675	40,879
Turno 2	35,567	61,111	49,434	62,697
Turno 3	21,378	26,411	24,386	26,364
Turno 4	21,567	35,033	27,867	36,606

5.1 - Simulação do modelo atual

Esta análise vai incidir sobre as quatro principais componentes deste sistema: fila de espera para a receção, serviço de atendimento, a afetação de recursos humanos e o tempo médio de permanência dos utentes no sistema.

5.1.1 - Filas de Espera

Na Tabela VI apresentam-se os principais indicadores referentes à fila de espera para a receção.

Tabela VI - Resultados relativos à fila de espera

Fila de Espera	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tamanho médio	0,358	0,610	7,683	8,553
Tamanho máximo	5,267	7,422	27,556	29,144
Tempo médio (sem zeros)	3,078	4,988	19,922	22,763
Tempo máximo	10,275	16,857	48,963	59,311

Unidade de tempo: minutos

Nos resultados obtidos na simulação, o tamanho médio das filas de espera nos cenários 1 e 2 é de 0,4 e 0,6, aproximadamente, consoante a função de distribuição, e o respetivo tamanho máximo é aproximadamente 5 e 7 utentes. No caso do cenário 1, o tempo médio e máximo em fila de espera é cerca de 3 e 10 minutos, respetivamente, enquanto, no cenário 2 é cerca de 5 e 16 minutos, respetivamente.

Em relação aos cenários 3 e 4 o tempo e tamanho médio na fila de espera são bastante mais elevados que nos cenários 1 e 2, o que pode explicar os bloqueios sentidos no serviço.

5.1.2 - Serviço de atendimento

A Tabela VII apresenta a percentagem de tempo de funcionamento de cada balcão.

Tabela VII - Tempo de funcionamento dos balcões (%)

Tempo de funcionamento (%)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Balcão 1	45,468	45,565	70,416	69,682
Balcão 2	45,416	45,053	69,960	69,534
Balcão 3	45,146	45,183	69,999	69,447

Verifica-se nesta tabela que a percentagem do tempo de funcionamento dos balcões nos dias de maior movimento é aproximadamente 70%, bastante mais elevada que os cerca de 45% dos cenários 1 e 2. É interessante analisar também o número médio de utentes atendidos por turno e por balcão. Estes valores apresentam-se na Tabela VIII.

Tabela VIII - Número médio de utentes atendidos por cada balcão em cada turno

Balcão 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Turno 1	12,622	12,556	17,800	17,578
Turno 2	18,967	18,433	23,667	23,122
Turno 3	14,467	14,400	23,956	23,578
Turno 4	14,189	14,111	27,778	27,956
Balcão 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Turno 1	12,522	12,178	17,644	17,089
Turno 2	18,889	18,967	23,300	24,411
Turno 3	14,278	14,922	24,022	23,789
Turno 4	14,178	14,578	27,456	27,700

Balcão 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Turno 1	12,211	12,378	17,244	17,378
Turno 2	18,778	18,622	23,611	23,500
Turno 3	14,289	14,289	23,756	23,244
Turno 4	14,311	14,244	27,756	28,078

Pode-se observar que o atendimento dos balcões por turno é muito equilibrado, isto é, os balcões atendem aproximadamente o mesmo número de utentes em cada turno.

5.1.3 - Afetação dos recursos humanos

Nesta componente analisou-se o tempo de utilização de cada recurso, isto é, o tempo durante o qual os rececionistas estão afetos ao serviço de receção e, ainda, o número médio e máximo de rececionistas no serviço de atendimento.

Tabela IX - Resultados relativos a recursos utilizados

Recursos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo de utilização dos recursos (%)	53,863	53,727	72,59	72,257
Número médio utilizado	2,155	2,149	2,904	2,89
Número máximo utilizado	5,7	5,711	5,956	5,944

Como se pode verificar pela análise da Tabela IX, os cenários 1 e 2 apresentam uma percentagem de utilização de cada recurso baixa (cerca de 54%), enquanto nos restantes cenários, como era esperado, a utilização é mais elevada (aproximadamente 73%).

Pode-se também verificar que o número médio de recursos utilizados também segue a mesma tendência, sendo menor nos cenários 1 e 2 (duas rececionistas) e maior nos restantes (três rececionistas). O número máximo de recursos utilizados é aproximadamente igual em todos os cenários (seis rececionistas).

5.1.4 - Tempo médio no sistema

Nesta componente é analisado o tempo médio que demoram no sistema os utentes que passam duas vezes na receção (saída 1) e os utentes que passam apenas uma vez (saída 2). No caso da saída 1, estes valores incluem o tempo médio na fila de espera e

de atendimento na receção antes e após consulta e tempo médio de consulta. No caso da saída 2, os valores incluem tempo médio na fila de espera e de atendimento na receção antes da consulta e o tempo médio na consulta do médico.

Tabela X - Tempo médio no sistema (em minutos)

Saída 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	42,697	44,454	76,692	81,204
Saída 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	36,096	35,541	53,333	54,564

Pela observação da Tabela X verifica-se que o tempo médio de permanência no sistema é superior nos dias de maior afluxo de utentes.

5.1.5 - Conclusões gerais sobre o modelo atual

Pela análise dos resultados realizada anteriormente verifica-se que os cenários em que se utilizam os dados de todos os dias da semana apresentam tempos médios reduzidos na fila de espera e no sistema, e a percentagem de utilização de balcões e recursos é reduzida. No entanto, nos dias de maior afluxo de utentes os tempos médios na fila de espera e no sistema são muito elevados e também é elevada a percentagem de utilização de balcões e recursos.

Estes resultados levam a concluir que o modelo de funcionamento atual não está bem dimensionado para os dias de maior movimento de utentes e, como tal, simularam-se as três configurações distintas de modo a identificar a mais adequada, principalmente para os dias de maior afluxo de utentes.

5.2 - Análise das propostas

Todas as propostas simuladas vão ser comparadas com a simulação do modelo atual, recorrendo ao ganho e à perda (em percentagem) dos índices de desempenho destas face ao atual. No anexo 2 estão os resultados das simulações de todas as propostas retirados do Simul8. As percentagens são calculadas da seguinte forma: $(X-Y)/Y$ em

que X é o resultado da simulação da proposta, e Y é o resultado da simulação do modelo atual, referente à mesma componente.

5.2.1 - Proposta 1: Balcões Dinâmicos

Nesta proposta, a única alteração em relação ao modelo atual é a abertura ou não dos balcões 2 e 3, dependendo do número de utentes na fila de espera. A Tabela XI apresenta a percentagem de ganho ou perda face ao modelo atual.

Tabela XI - Resultados da simulação da proposta 1 vs modelo atual

Fila de espera	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tamanho médio	251,68%	133,61%	22,93%	19,43%
Tamanho máximo	52,52%	25,75%	8,26%	6,64%
Tempo médio (sem zeros)	89,80%	45,21%	14,27%	11,08%
Tempo máximo	60,40%	35,49%	12,71%	10,53%
Tempo de funcionamento (%)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Balcão 1	43,37%	36,85%	7,24%	7,70%
Balcão 2	21,03%	18,12%	3,02%	2,76%
Balcão 3	-65,13%	-56,04%	-10,26%	-11,38%
Recursos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo de utilização dos recursos (%)	0,11%	0,16%	0,13%	-0,41%
Número médio utilizado	0,09%	0,14%	0,10%	-0,42%
Número máximo utilizado	-2,53%	-3,69%	-0,57%	-0,19%
Saída 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	15,26%	13,75%	11,03%	8,82%
Saída 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	8,46%	10,82%	6,13%	7,51%

Na simulação desta proposta quase todos os indicadores tiveram um aumento significativo comparativamente com o modelo atual, este acréscimo reflete-se mais nos primeiros dois cenários do que nos relativos aos dias de maior movimento. Este comportamento pode ser explicado pelo facto de, nos primeiros dois cenários, o fluxo de utentes ser mais reduzido, o que, juntamente com as condições de abertura dos balcões 2 e 3, leva a sobrecarregar o serviço dos dois primeiros balcões. Nos cenários 3 e 4, como o fluxo de chegadas é maior, as condições de abertura são praticamente anuladas, pelo elevado fluxo de utentes, o que leva a abertura de todos os balcões em todos os turnos, o que resulta num comportamento similar ao do modelo atual.

É de notar que o aumento do tempo médio de espera face ao modelo atual foi de cerca de 1 minuto para todos os cenários e o do tempo máximo situou-se entre os 2 e os 3 minutos.

Embora esta configuração leve a um aumento de quase todos os indicadores, o número médio de rececionistas é cerca de duas nos primeiros dois cenários e três nos restantes cenários, enquanto que, o número máximo é aproximadamente igual em todos os cenários.

Estes resultados mostram que esta proposta poderá diminuir o número médio de rececionistas afetas ao serviço de atendimento nos casos de menor fluxo de utentes, não degradando a qualidade do serviço e podendo atribuir-lhes outras funções administrativas.

5.2.2 - Proposta 2: Receção dividida

Nesta proposta acrescentou-se uma receção para os utentes que saem da consulta (balcões 4 e 5), de modo a separá-los dos que ainda vão ser atendidos para ir à consulta. Na tabela seguinte (Tabela XII) são apresentados os ganhos e perdas com a simulação desta proposta relativamente aos resultados do modelo atual apenas para o indicador tempo médio do sistema.

Os restantes indicadores não são diretamente comparáveis porque, nesta proposta, existe mais uma fila de espera e mais dois balcões pelo que o número de utentes e o tempo em fila de espera será sempre menor em qualquer das duas filas e a utilização de recursos será maior.

Tabela XII - Resultado da simulação da proposta 2 vs modelo atual

Saída 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	-3,09%	-4,93%	-38,39%	-36,01%
Saída 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	-0,57%	-3,80%	-28,71%	-24,99%

Esta proposta melhora face ao modelo atual no que se refere ao tempo médio no sistema, principalmente nos dias de maior afluxo.

5.2.3 - Proposta 3: Marcação da próxima consulta pelo médico

A última proposta elimina a necessidade da maioria dos utentes voltar à receção quando saem da consulta. Na Tabela XIII apresentam-se os ganhos e perdas desta proposta em relação ao modelo atual.

Tabela XIII - Resultado da simulação proposta 3 vs modelo atual

Fila de espera	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tamanho médio	-94,97%	-89,51%	-97,77%	-93,35%
Tamanho máximo	-69,83%	-63,03%	-87,54%	-74,76%
Tempo médio (sem zeros)	-59,62%	-47,27%	-89,65%	-76,55%
Tempo máximo	-70,52%	-55,48%	-87,45%	-76,26%
Tempo de funcionamento (%)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Balcão 1	-36,85%	-36,31%	-37,12%	-36,49%
Balcão 2	-37,05%	-37,68%	-36,69%	-36,78%
Balcão 3	-37,39%	-37,38%	-37,34%	-36,70%
Recursos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo de utilização dos recursos (%)	-23,47%	-23,25%	-26,81%	-26,64%
Número médio utilizado	-23,48%	-23,27%	-26,83%	-26,64%
Número máximo utilizado	-6,44%	-5,25%	-6,35%	-3,36%
Saída 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	-6,57%	-7,51%	-44,49%	-40,25%
Saída 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	-2,53%	-0,48%	-31,13%	-28,76%

Como se pode observar pela análise dos resultados desta proposta, todos os indicadores diminuem consideravelmente face ao modelo atual. A redução do tempo e tamanho da fila de espera e do tempo médio no sistema, deve-se ao facto de a maioria dos utentes só passar uma vez na receção.

Esta proposta provoca também uma diminuição da percentagem do tempo de funcionamento dos balcões e, conseqüentemente, da afetação das rececionistas ao serviço, o que poderá permitir uma diferente afetação das funcionárias a outras funções administrativas.

5.3 - Resolução de instâncias com o modelo de PLI

Além dos pressupostos descritos na secção 4.5, a minimização do tempo médio de permanência no sistema foi tratada indiretamente, considerando que os utentes são atendidos no turno em que chegam ou no seguinte. Assim, na função objetivo só está incluída a penalização por abertura de balcões. Como foi referido anteriormente foram considerados apenas quatro turnos. Todas as instâncias resolvidas têm 54 variáveis e 43 restrições funcionais.

5.3.1 - Instâncias do PLI com os dados do IPR

O modelo instanciado para resolver este problema tem os seguintes valores para os parâmetros:

$$M = 3; T = 4; K = 4; D_1 = 28; D_2 = 39; D_3 = 19; D_4 = 22; Cap_{mk} = 30 (m = 1,2,3; k = 1, \dots, 4); Cap_{4k} = 50; P_{11} = 10; P_{21} = 30; P_{31} = 50; P_{12} = 100; P_{22} = 130; P_{32} = 150; P_{13} = 200; P_{23} = 230; P_{33} = 250; P_{14} = 300; P_{24} = 330; P_{34} = 350$$

Com estes valores para os parâmetros, e considerando os dados de todos os dias da semana, a solução ótima dada pelo *Solver* do *Excel* determina que não se abra o balcão 2 no turno 3 e o balcão 3 nos turnos 1, 3 e 4 ($l_{31} = l_{23} = l_{33} = l_{34} = 0$).

Considerando apenas os dados dos dias de maior afluxo de utentes, em que $D_1 = 32; D_2 = 50; D_3 = 21; D_4 = 29$, a solução ótima determina que não se abra apenas o balcão 3 nos turnos 1, 3 e 4 ($l_{31} = l_{33} = l_{34} = 0$). No anexo 3 apresentam-se os relatórios de resposta do *Solver* onde constam os tempos de resolução, os valores ótimos e as soluções ótimas dos dois problemas (subsecção 3.1 e 3.2).

5.3.2 - Instâncias do PLI com dados retirados da simulação do modelo atual

Para comparação com os resultados das instâncias anteriores resolveu-se o PLI com os dados da simulação do modelo atual.

Nestas as únicas alterações em relação às instâncias anteriores são: o número médio de entradas por turno (D_t). A estes valores retirou-se 20% dos utentes que vão pedir informações, porque, como já foi referido anteriormente, um dos pressupostos é que só se consideram os utentes que vêm para consulta, obtendo-se os seguintes valores:

$$D_1 = 22 (27 \times 0,8); D_2 = 29 (36 \times 0,8); D_3 = 17 (21 \times 0,8); D_4 = 18 (23 \times 0,8)$$

Com estes parâmetros a solução ótima resultou na não abertura do balcão 2 nos turnos 1 e 3 e do balcão 3 nos turnos 1, 2, 3 e 4 ($l_{21} = l_{31} = l_{32} = l_{23} = l_{33} = l_{34} = 0$).

Mas considerando os dados da simulação relativos aos dias de maior afluxo de utentes, os parâmetros são:

$$D_1 = 32 (40 * 0,8); D_2 = 49 (61 * 0,8); D_3 = 21 (26 * 0,8); D_4 = 28 (35 * 0,8)$$

A solução ótima corresponde à não abertura apenas do balcão 3 nos turnos 1, 3 e 4 ($l_{31} = l_{33} = l_{34} = 0$). Os respetivos relatórios de resposta do Solver encontram-se no Anexo 3 (subsecção 3.3 e 3.4).

Ao analisar estas soluções ótimas do modelo de PLI com os resultados da simulação do modelo atual, verificou-se que na primeira situação (modelo de PLI) apenas se abrem alguns balcões, enquanto na segunda situação (modelo de simulação) se abrem todos os balcões em todos os turnos e cenários.

Tal como foram formulados, não se pode dizer que os resultados de um modelo são melhores que os do outro, uma vez que no modelo de simulação não se minimiza o número de balcões a abrir por turno, e o facto de, neste caso, se abrirem todos os balcões, pode levar a uma redução do tempo gasto pelos utentes no sistema. Por outro lado o tempo não foi considerado no modelo de PLI. As dimensões multiobjectivo do problema não foram exploradas neste trabalho.

Capítulo 6: Folha de cálculo para gestão de fluxo de utentes na receção

Foi desenvolvido em *Excel* um esboço de “software” para as funcionárias poderem gerir em tempo real o fluxo de utentes na receção.

Dada a informação prévia sobre as consultas e os turnos (data, hora da consulta, hora prevista de chegada, tempo da consulta e o número previsto de utentes que vão ao instituto sem terem consulta marcada), o programa determina e indica automaticamente o número de balcões que devem ser abertos em cada turno face ao número de utentes em espera. O programa está adaptado para as três propostas sugeridas neste relatório.

O ficheiro em *Excel* contém várias folhas de cálculo: “Consultas”; “Turnos”; “Parametrizações”; “Resultados” e “Instruções”. A figura 7 apresenta o exemplo da folha de cálculo principal do ficheiro, que se designou por “Consultas”. Na barra inferior da folha podem ver-se os nomes das restantes: “Turnos”, “Parametrizações”, “Resultados” e “Instruções”.



Consultas

Dia	Nome do Utente	Hora	Tipo	Médico
01-01-2013	Utente 1	9:00	1ª consulta pelo CTH	Médico 1
01-01-2013	Utente 2	9:00	1ª consulta restantes seguros	Médico 2
01-01-2013	Utente 3	9:00	1ª consulta pelo CTH	Médico 3
01-01-2013	Utente 4	9:00	Restantes	Médico 4
01-01-2013	Utente 5	9:00	Restantes	Médico 5
01-01-2013	Utente 6	9:00	Restantes	Médico 6
01-01-2013	Utente 7	9:00	Restantes	Médico 7
01-01-2013	Utente 8	9:00	Restantes	Médico 8
01-01-2013	Utente 9	9:30	Restantes	Médico 9
01-01-2013	Utente 10	9:30	1ª consulta pelo CTH	Médico 10

CTH: Consulta a tempo e horas

Figura 7 - Folha de cálculo consultas

A folha “Consultas” terá de ser preenchida pelo rececionista com o dia, o nome do utente a hora e o tipo de consulta. Depois de colocada a informação, consoante os dados da folha “Parametrizações” e o número previsto de entradas em cada turno, o

Excel calcula o número de balcões necessários para um determinado dia e apresenta os resultados na folha “Resultados” (Figura 8).

Resultados					
Dia	01-01-2013				
	Balcão 1	Balcão 2	Balcão 3	Balcão 4	Balcão 5
Turno 1	Aberto	Aberto	Aberto	Aberto	Aberto
Turno 2	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado
Turno 3	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado
Turno 4	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado
Turno 5	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado
Turno 6	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado
Turno 7	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado

Figura 8 - Folha de resultados

As restantes imagens das folhas de cálculo e instruções deste programa podem ser consultadas nas figuras do Anexo 4 (Figura 15 -Turnos; Figura 16 - Parametrizações; Figura 17 - Instruções).

Esta é apenas uma proposta de um programa que poderá ser implementado informaticamente e seria mais eficiente se houvesse possibilidade de ligar diretamente à base de dados das consultas.

Em seguida, encontra-se o pseudo código utilizado na folha “Resultados” para determinar o número mínimo de balcões abertos em cada turno.

Pseudo código (*procedimento de decisão do número de balcões a abrir no turno k*)

Dados: N= número de consultas; NI= número de utentes para informações; NR= número de utentes que retornam; CMB= capacidade média do balcão; M1= número de balcões da receção 1 e M2= número de balcões da receção 2. (*informação retirada das folhas “Consultas” e “Parametrizações”*)

Resultados: tabela com os balcões abertos e fechados assinalados. (*informação na folha “Resultados”*)

No início a folha “Resultados” tem todas as células dos balcões assinaladas com a palavra “Fechado”.

Procedimento

Se receção 2 não se encontra ativa, então Quociente 1= $\left\lceil \frac{N+NI+NR}{CMB} \right\rceil$

Se Quociente 1 > M1, então Quociente 1 = M1

Se Quociente 1 ≠ 0, então na folha “Resultados” colocar a palavra

“Aberto” nas primeiras (Quociente 1) células da linha turno k.

senão

$$\text{Quociente 1} = \left\lceil \frac{N+NI}{CMB} \right\rceil \text{ e Quociente 2} = \left\lceil \frac{NR}{CMB} \right\rceil$$

Se Quociente 1 > M1, então Quociente 1 = M1

Se Quociente 2 > M2, então Quociente 2 = M2

Se Quociente 1 ≠ 0, então na folha “Resultados” colocar a palavra

“Aberto” nas primeiras (Quociente 1) células da linha turno k.

Se Quociente 2 ≠ 0, então na folha “Resultados” colocar a palavra

“Aberto” em (Quociente 2) células da linha turno k a começando na célula (M1 + 1).

Fim

Nota: $\lceil x \rceil$ representa o menor inteiro maior ou igual a x.

Capítulo 7: Conclusões

O problema que foi objeto de estudo neste trabalho final de mestrado surgiu no decorrer de um estágio no Instituto Português de Reumatologia (IPR) e está relacionado com o elevado número de pessoas que se concentram na sala de espera da receção, em certos períodos de tempo. Esta situação pode gerar desequilíbrios na agenda dos médicos a certas horas do dia e tensão entre os utentes nas salas de espera.

É de referir que diversos problemas de filas de espera e organização de serviços em instituições hospitalares têm sido abordados em revistas de Investigação Operacional, sendo frequentemente solucionados usando modelos de programação matemática e de simulação.

Por isso, foi proposta uma formulação em programação linear inteira (PLI) para representar o problema e construído um modelo de simulação para replicar o funcionamento atual do serviço de receção de modo a identificar possíveis bloqueios, bem como simular configurações de funcionamento alternativas que poderão traduzir-se em soluções que ultrapassem esses bloqueios. Foi ainda construído um programa em *Excel* que permite gerir o movimento da receção.

O estudo de simulação com base nos dados recolhidos no IPR levou a concluir que o sistema parece estar bem dimensionado para o movimento médio de utentes, mas mal dimensionado para os dias de maior movimento.

As várias experiências com o modelo de PLI permitiram verificar que, se houver atrasos na entrada de utentes para consulta e conseqüente atraso na segunda saída para a receção, o sistema tem tendência a bloquear, acumulando no mesmo turno demasiados utentes em fases distintas de atendimento.

De modo a melhorar o funcionamento deste sistema, foram testadas três configurações alternativas: balcões dinâmicos, receção dividida e marcação da próxima consulta pelo médico.

Pela análise efetuada aos resultados do modelo de simulação, concluiu-se que caso se mantenham os níveis atuais de procura, a melhor proposta é a da marcação da próxima consulta pelos médicos (proposta 3). No entanto, a proposta 1 de, abertura condicionada de balcões adicionais, é melhor quanto à eficiência na utilização de recursos. A proposta 2, de funcionamento de duas receções para separar os utentes de acordo com o serviço que vão solicitar, pode ser uma possível solução, se existir um ajustamento de horários mais adequados à configuração.

Com os dados do IPR e com os dados das simulações construíram-se várias instâncias que foram resolvidas com o modelo de programação linear inteira. Nas soluções ótimas obtidas, um dos três balcões não se encontra em funcionamento na maioria dos turnos e, em alguns turnos, há um segundo balcão que também não é utilizado.

Com o trabalho efetuado pode concluir-se que uma estrutura flexível do serviço de receção, que abraze balcões extra em períodos de maior fluxo de utentes, seria uma forma de minorar os problemas detetados. Por outro lado, as filas de espera na receção, também podiam ser reduzidas se os utentes saíssem da consulta diretamente para fora do sistema, sem passar segunda vez pela receção.

Existem outros procedimentos que não foram estudados neste trabalho, mas que poderão vir a ser postos em prática e possivelmente trazer melhorias no funcionamento do serviço, tais como: fixar um momento distinto de chegada antes da consulta consoante o utente vai ou não para uma consulta de primeira vez; ou atribuir a um funcionário a distribuição de senhas e entrega do formulário de consulta de primeira vez para os utentes preencherem enquanto aguardam na sala de espera; ou

agrupar os utentes por hora de consulta e chamá-los pelos nomes; ou distribuir a marcação de consultas de uma forma mais uniforme ao longo da semana, em vez de as concentrar em poucos dias.

A gestão do movimento do serviço de receção pode vir a ser objeto de estudo mais aprofundado em torno de três domínios de investigação.

No que respeita à simulação, seria necessário que o estudo estatístico em vez de se basear apenas nos dados históricos e hipóteses sobre os eventos relevantes, também incorporasse a observação em tempo real do comportamento das variáveis que representam esses eventos e o estudo do seu comportamento probabilístico. Poderiam também ser estudadas combinações das propostas desenvolvidas neste trabalho.

O modelo de PLI poderia incorporar explicitamente restrições quanto ao tempo de permanência dos utentes no sistema e/ou poderia ser abordado como um problema multiobjectivo. Poderiam igualmente ser estudadas outras formulações matemáticas para representar o problema.

Por fim, o programa que foi proposto em *Excel*, poderia ser melhorado de forma a assegurar a manipulação considerada amigável pelo utilizador e, eventualmente, receber as informações diretas sobre número de consultas por hora ou por turno em cada dia para determinar o número de balcões a abrir.

Bibliografia

Ahmed, M.A. & Alkhamis, T.M., 2009. Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait. *European Journal of Operational Research*, 198(3), pp.936-42.

Benneyan, J.C., 1997. An introduction to using computer simulation in healthcare: patient wait case study. *Journal of the Society for Health Systems*, 5(3), pp.1-15.

Carson II, J.S., 2004. Introduction to Modeling and Simulation. In Ingalls, R.G., Rossetti, M.D., Smith, J.S. & Peters, B.A., eds. *Proceedings of the 36th conference on Winter simulation.*, 2004. Winter Simulation Conference.

Concannon, K. et al., 2007. *Simulation modeling with Simul8*. 4th ed. Visual Thinking International.

De Angelis, V., Felici, G. & Impelluso, P., 2003. Integrating simulation and optimisation in health care centre management. *European Journal of Operational Research*, 150(1), pp.101-14.

Dexter, F. et al., 2002. Use of linear programming to estimate impact of changes in a hospital's operating room time allocation on perioperative variable costs. *Anesthesiology*, 96(3), pp.718-24.

El-Darzi, E., Vasilakis, C., Chausalet, T. & Millard, P.H., 1998. A simulation modelling approach to evaluating length of stay, occupancy, emptiness and bed blocking in a hospital geriatric department. In *Health Care Management Science.*, 1998. Springer.

Gaba, D.M., 2004. The future vision of simulation in health care. In *Quality and Safety in Health Care.*, 2004. BMJ Publishing Group.

Hillier, F.S. & Lieberman, G.J., 2001. *Introduction to Operations Research*. 7th ed. New York, New York, Estados Unidos da América: McGraw-Hill.

Instituto Português de Reumatologia, 2013. *Instituto Português de Reumatologia*. [Online] Available at: <http://www.ipr.pt/> [Accessed 20 Setembro 2013].

Maria, A., 1997. Introduction to Modeling and Simulation. In Andradóttir, S., Healy, K.J., Withers, D.H. & Nelson, B.L., eds. *Proceedings of the 29th conference on Winter Simulation.*, 1997. IEEE Computer Society.

Mourão, M.C. et al., 2011. *Investigação Operacional - Exercícios e Aplicações*. Lisboa, Portugal: Dashöfer Holding Ltd.; Verlag Dashöfer, Edições Profissionais Sociedade Unipessoal, Lda.

Persson, M. & Persson, J.A., 2007. Optimization modelling of hospital operating room planning: analyzing strategies and problem settings. In Brailsford, S. & Harper, P., eds. *In Operational Research for Health Policy: Making Better Decisions: Proceedings of the 31st Annual Conference of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services.*, 2007. Peter Lang.

SIMUL8 Corporation, 2013. *SIMUL8 Simulation Software*. [Online] Available at: <http://www.simul8.com> [Accessed 20 Setembro 2013].

Swisher, J.R. & Jacobson, S.H., 2002. Evaluating the design of a family practice healthcare clinic using discrete-event simulation. *Health Care Management Science*, 5(2), pp.75-88.

Anexo 1: Imagens do Simul8

1.1 - Imagem do Simul8 do modelo atual

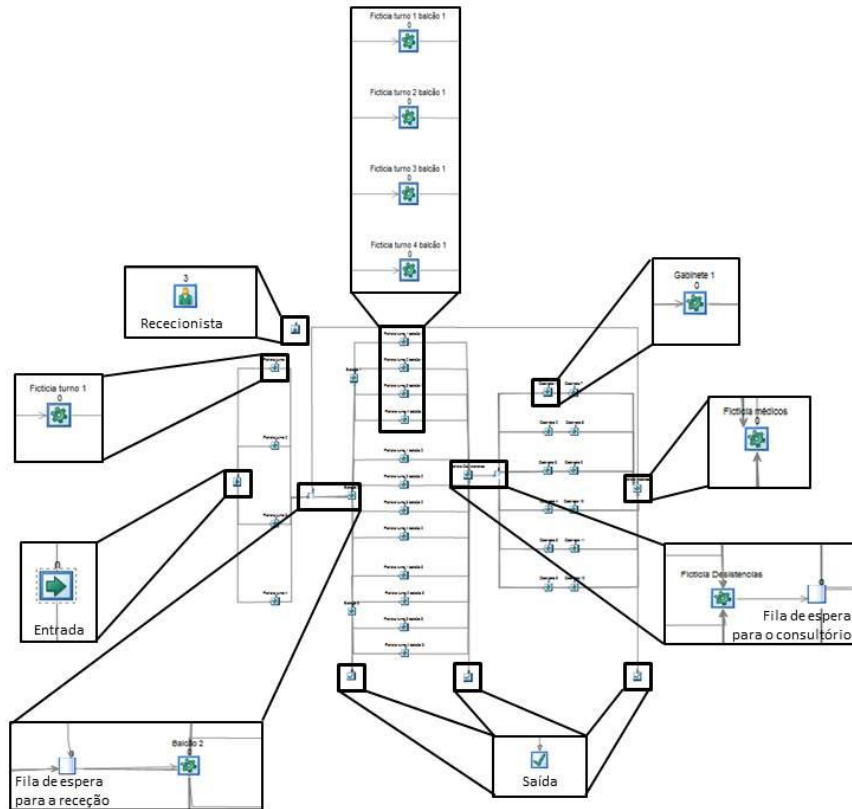


Figura 9 - Imagem do Simul8 do modelo atual

1.2 - Imagem do Simul8 da proposta 2

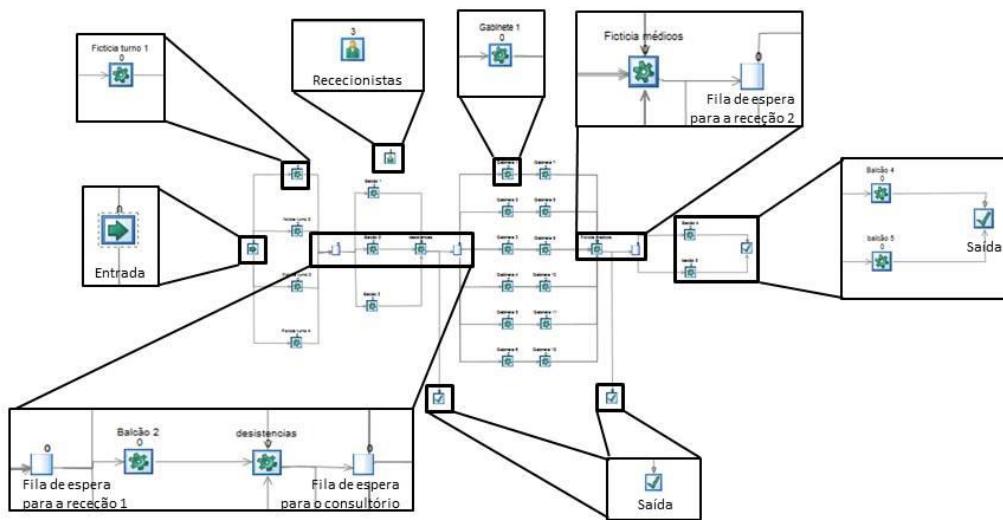


Figura 10 - Imagem do Simul8 da proposta 2

Anexo 2: Resultados da simulação

2.1 - Proposta 1: Balcões Dinâmicos 1

Tabela XIV - Resultado da proposta 1

Fila de Espera	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tamanho médio	1,259	1,425	9,445	10,215
Tamanho máximo	8,033	9,333	29,833	31,078
Tempo médio (sem zeros)	5,842	7,243	22,765	25,286
Tempo máximo	16,481	22,839	55,186	65,555
Tempo de funcionamento (%)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Balcão 1	65,189	62,355	75,516	75,050
Balcão 2	54,968	53,215	72,076	71,456
Balcão 3	15,741	19,864	62,817	61,544
Recursos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo de utilização dos recursos (%)	53,923	53,811	72,685	71,960
Número médio utilizado	2,157	2,152	2,907	2,878
Número máximo utilizado	5,556	5,500	5,922	5,933
Saída 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	49,212	50,566	85,153	88,367
Saída 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	39,149	39,386	56,601	58,661
Balcão 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Turno 1	19,944	18,444	21,900	21,089
Turno 2	22,433	21,222	23,744	23,256
Turno 3	19,611	18,756	23,733	23,767
Turno 4	24,278	23,256	30,511	31,089
Balcão 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Turno 1	14,089	13,844	18,567	17,967
Turno 2	21,500	21,544	23,278	24,667
Turno 3	18,722	18,378	24,133	24,100
Turno 4	18,378	18,256	29,211	28,711
Balcão 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Turno 1	1,433	2,978	9,433	10,256
Turno 2	12,422	13,633	22,833	22,733
Turno 3	6,467	7,256	23,767	23,144
Turno 4	0,422	2,122	26,778	25,756

2.2 - Proposta 2: Receção dividida

Tabela XV - Resultados da proposta 2

Fila de Espera R1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tamanho médio	0,061	0,110	0,566	1,086
Tamanho máximo	2,378	3,311	5,989	9,889
Tempo médio (sem zeros)	1,887	3,002	4,558	8,042
Tempo máximo	5,638	8,533	12,093	20,579
Fila de Espera R2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tamanho médio	0,109	0,155	0,660	0,952
Tamanho máximo	2,922	3,444	6,011	8,211
Tempo médio (sem zeros)	2,972	4,143	5,781	8,532
Tempo máximo	9,782	13,801	18,778	28,569
Tempo de funcionamento (%)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Balcão 1	26,752	26,985	41,325	41,072
Balcão 2	26,614	26,251	41,228	40,984
Balcão 3	26,310	26,014	40,759	41,055
Balcão 4	27,963	27,723	43,071	42,749
Balcão 5	27,446	27,673	42,678	42,749
Recursos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo de utilização dos recursos (%)	54,020	53,593	72,095	72,126
Número médio utilizado	2,161	2,144	2,884	2,885
Número máximo utilizado	5,911	5,944	6,000	6,000
Saída 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	41,377	42,262	47,249	51,960
Saída 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	35,889	34,189	38,020	40,927

2.3 - Proposta 3: Marcação de consulta pelo médico

Tabela XVI - Resultados da proposta 3

Fila de Espera	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tamanho médio	0,018	0,064	0,171	0,569
Tamanho máximo	1,589	2,744	3,433	7,356
Tempo médio (sem zeros)	1,243	2,630	2,062	5,338
Tempo máximo	3,029	7,505	6,144	14,082
Tempo de funcionamento (%)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Balcão 1	28,714	29,019	44,280	44,256
Balcão 2	28,590	28,078	44,292	43,960
Balcão 3	28,266	28,292	43,861	43,957
Recursos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo de utilização dos recursos (%)	41,222	41,233	53,132	53,006
Número médio utilizado	1,649	1,649	2,125	2,120
Número máximo utilizado	5,333	5,411	5,578	5,744
Saída 1	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	39,891	41,116	42,568	48,518
Saída 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Tempo médio no sistema	35,182	35,371	36,731	38,873

Anexo 3: Relatórios do modelo PLI

3.1 - Instância do PLI com todos os dados do IPR

Microsoft Excel 14.0 Relatório de

Resposta

Folha de Cálculo: [Resolução 4 turnos dados recolhidos

VF.xlsx]Formalização

Resultado: O Solver encontrou uma solução de número inteiro dentro da tolerância. Todas as Restrições foram satisfeitas.

Motor do Solver

Motor: LP Simplex

Tempo de Solução: 46,379

Segundos.

Iterações: 18 Subproblemas: 706

Opções do Solver

Tempo Máximo Ilimitado, Iterações Ilimitado, Precision 0,000001, Utilizar Arredondamento Automático

Máximo de Subproblemas Ilimitado, Máximo de Soluções de Número Inteiro Ilimitado, Tolerância de Número Inteiro 1%, Assumir NãoNegativo

Célula de Objectivo

(Mínimo)

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$B\$47	FO	0	1250

Células de Variável

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número inteiro
\$B\$46	Var X^1_{11}	0	0	Número inteiro
\$C\$46	Var X^1_{21}	0	28	Número inteiro
\$D\$46	Var X^1_{31}	0	0	Número inteiro
\$E\$46	Var X^1_{12}	0	0	Número inteiro
\$F\$46	Var X^1_{22}	0	0	Número inteiro
\$G\$46	Var X^1_{32}	0	0	Número inteiro
\$H\$46	Var X^2_{12}	0	21	Número inteiro
\$I\$46	Var X^2_{22}	0	18	Número inteiro
\$J\$46	Var X^2_{32}	0	0	Número inteiro
\$K\$46	Var X^2_{13}	0	0	Número inteiro
\$L\$46	Var X^2_{23}	0	0	Número inteiro
\$M\$46	Var X^2_{33}	0	0	Número inteiro
\$N\$46	Var X^3_{13}	0	15	Número inteiro
\$O\$46	Var X^3_{23}	0	0	Número inteiro
\$P\$46	Var X^3_{33}	0	0	Número inteiro
\$Q\$46	Var X^3_{14}	0	0	Número inteiro

\$R\$46	Var X^3_{24}	0	4 Número inteiro
\$S\$46	Var X^3_{34}	0	0 Número inteiro
\$T\$46	Var X^4_{14}	0	0 Número inteiro
\$U\$46	Var X^4_{24}	0	22 Número inteiro
\$V\$46	Var X^4_{34}	0	0 Número inteiro
\$W\$46	Var Y^1_{11}	0	28 Número inteiro
\$X\$46	Var Y^1_{21}	0	0 Número inteiro
\$Y\$46	Var Y^1_{31}	0	0 Número inteiro
\$Z\$46	Var Y^1_{12}	0	0 Número inteiro
\$AA\$46	Var Y^1_{22}	0	0 Número inteiro
\$AB\$46	Var Y^1_{32}	0	0 Número inteiro
\$AC\$46	Var Y^2_{12}	0	9 Número inteiro
\$AD\$46	Var Y^2_{22}	0	0 Número inteiro
\$AE\$46	Var Y^2_{32}	0	30 Número inteiro
\$AF\$46	Var Y^2_{13}	0	0 Número inteiro
\$AG\$46	Var Y^2_{23}	0	0 Número inteiro
\$AH\$46	Var Y^2_{33}	0	0 Número inteiro
\$AI\$46	Var Y^3_{13}	0	15 Número inteiro
\$AJ\$46	Var Y^3_{23}	0	0 Número inteiro
\$AK\$46	Var Y^3_{33}	0	0 Número inteiro
\$AL\$46	Var Y^3_{14}	0	4 Número inteiro
\$AM\$46	Var Y^3_{24}	0	0 Número inteiro
\$AN\$46	Var Y^3_{34}	0	0 Número inteiro
\$AO\$46	Var Y^4_{14}	0	22 Número inteiro
\$AP\$46	Var Y^4_{24}	0	0 Número inteiro
\$AQ\$46	Var Y^4_{34}	0	0 Número inteiro
\$AR\$46	Var L_{11}	0	1 Binário
\$AS\$46	Var L_{21}	0	1 Binário
\$AT\$46	Var L_{31}	0	0 Binário
\$AU\$46	Var L_{12}	0	1 Binário
\$AV\$46	Var L_{22}	0	1 Binário
\$AW\$46	Var L_{32}	0	1 Binário
\$AX\$46	Var L_{13}	0	1 Binário
\$AY\$46	Var L_{23}	0	0 Binário
\$AZ\$46	Var L_{33}	0	0 Binário
\$BA\$46	Var L_{14}	0	1 Binário
\$BB\$46	Var L_{24}	0	1 Binário
\$BC\$46	Var L_{34}	0	0 Binário

Figura 11 - Resultado do PLI com todos os dados recolhidos do IPR

3.2 - Instância do PLI com os dados do IPR dos dias de maior fluxo

Microsoft Excel 15.0 Answer Report

Worksheet: [2º e 3º com e sem restrição de tempo.xlsx]Formalização

Report Created: 11-11-2013 18:22:23

Result: Solver found a solution. All Constraints and optimality conditions are satisfied.

Solver Engine

Engine: Simplex LP

Solution Time: 1,186 Seconds.

Iterations: 19 Subproblems: 412

Solver Options

Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0,000001, Use Automatic Scaling

Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume

NonNegative

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$BD\$46	FO	0	1480

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$B\$45	Var X ¹ ₁₁	0	0	Integer
\$C\$45	Var X ¹ ₂₁	0	27	Integer
\$D\$45	Var X ¹ ₃₁	0	0	Integer
\$E\$45	Var X ¹ ₁₂	0	0	Integer
\$F\$45	Var X ¹ ₂₂	0	0	Integer
\$G\$45	Var X ¹ ₃₂	0	5	Integer
\$H\$45	Var X ² ₁₂	0	15	Integer
\$I\$45	Var X ² ₂₂	0	0	Integer
\$J\$45	Var X ² ₃₂	0	25	Integer
\$K\$45	Var X ² ₁₃	0	10	Integer
\$L\$45	Var X ² ₂₃	0	0	Integer
\$M\$45	Var X ² ₃₃	0	0	Integer
\$N\$45	Var X ³ ₁₃	0	20	Integer
\$O\$45	Var X ³ ₂₃	0	0	Integer
\$P\$45	Var X ³ ₃₃	0	0	Integer
\$Q\$45	Var X ³ ₁₄	0	0	Integer
\$R\$45	Var X ³ ₂₄	0	1	Integer
\$S\$45	Var X ³ ₃₄	0	0	Integer
\$T\$45	Var X ⁴ ₁₄	0	0	Integer
\$U\$45	Var X ⁴ ₂₄	0	29	Integer
\$V\$45	Var X ⁴ ₃₄	0	0	Integer
\$W\$45	Var Y ¹ ₁₁	0	24	Integer

\$X\$45	Var Y^1_{21}	0	3 Integer
\$Y\$45	Var Y^1_{31}	0	0 Integer
\$Z\$45	Var Y^1_{12}	0	0 Integer
\$AA\$45	Var Y^1_{22}	0	5 Integer
\$AB\$45	Var Y^1_{32}	0	0 Integer
\$AC\$45	Var Y^2_{12}	0	15 Integer
\$AD\$45	Var Y^2_{22}	0	25 Integer
\$AE\$45	Var Y^2_{32}	0	0 Integer
\$AF\$45	Var Y^2_{13}	0	0 Integer
\$AG\$45	Var Y^2_{23}	0	10 Integer
\$AH\$45	Var Y^2_{33}	0	0 Integer
\$AI\$45	Var Y^3_{13}	0	0 Integer
\$AJ\$45	Var Y^3_{23}	0	20 Integer
\$AK\$45	Var Y^3_{33}	0	0 Integer
\$AL\$45	Var Y^3_{14}	0	1 Integer
\$AM\$45	Var Y^3_{24}	0	0 Integer
\$AN\$45	Var Y^3_{34}	0	0 Integer
\$AO\$45	Var Y^4_{14}	0	29 Integer
\$AP\$45	Var Y^4_{24}	0	0 Integer
\$AQ\$45	Var Y^4_{34}	0	0 Integer
\$AR\$45	Var L_{11}	0	1 Binary
\$AS\$45	Var L_{21}	0	1 Binary
\$AT\$45	Var L_{31}	0	0 Binary
\$AU\$45	Var L_{12}	0	1 Binary
\$AV\$45	Var L_{22}	0	1 Binary
\$AW\$45	Var L_{32}	0	1 Binary
\$AX\$45	Var L_{13}	0	1 Binary
\$AY\$45	Var L_{23}	0	1 Binary
\$AZ\$45	Var L_{33}	0	0 Binary
\$BA\$45	Var L_{14}	0	1 Binary
\$BB\$45	Var L_{24}	0	1 Binary
\$BC\$45	Var L_{34}	0	0 Binary

Figura 12 - Resultados do PLI com os dados do IPR dos dias de maior fluxo

3.3 - Instância do PLI utilizando os dados de todos os dias retirados da simulação do modelo atual

Microsoft Excel 15.0 Answer Report

Worksheet: [Modelo atual (simul8) todos os dias.xlsx]Formalização

Report Created: 11-11-2013 18:29:22

Result: Solver found an integer solution within tolerance. All Constraints are satisfied.

Solver Engine

Engine: Simplex LP

Solution Time: 23,338 Seconds.

Iterations: 15 Subproblems: 6584

Solver Options

Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0,000001, Use Automatic Scaling

Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume

NonNegative

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$BD\$46	FO	0	1070

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$B\$45	Var X^1_{11}	0	15	Integer
\$C\$45	Var X^1_{21}	0	0	Integer
\$D\$45	Var X^1_{31}	0	0	Integer
\$E\$45	Var X^1_{12}	0	3	Integer
\$F\$45	Var X^1_{22}	0	4	Integer
\$G\$45	Var X^1_{32}	0	0	Integer
\$H\$45	Var X^2_{12}	0	22	Integer
\$I\$45	Var X^2_{22}	0	1	Integer
\$J\$45	Var X^2_{32}	0	0	Integer
\$K\$45	Var X^2_{13}	0	6	Integer
\$L\$45	Var X^2_{23}	0	0	Integer
\$M\$45	Var X^2_{33}	0	0	Integer
\$N\$45	Var X^3_{13}	0	9	Integer
\$O\$45	Var X^3_{23}	0	0	Integer
\$P\$45	Var X^3_{33}	0	0	Integer
\$Q\$45	Var X^3_{14}	0	4	Integer
\$R\$45	Var X^3_{24}	0	4	Integer
\$S\$45	Var X^3_{34}	0	0	Integer
\$T\$45	Var X^4_{14}	0	0	Integer
\$U\$45	Var X^4_{24}	0	18	Integer
\$V\$45	Var X^4_{34}	0	0	Integer

\$W\$45	Var Y^1_{11}	0	15 Integer
\$X\$45	Var Y^1_{21}	0	0 Integer
\$Y\$45	Var Y^1_{31}	0	0 Integer
\$Z\$45	Var Y^1_{12}	0	0 Integer
\$AA\$45	Var Y^1_{22}	0	7 Integer
\$AB\$45	Var Y^1_{32}	0	0 Integer
\$AC\$45	Var Y^2_{12}	0	5 Integer
\$AD\$45	Var Y^2_{22}	0	18 Integer
\$AE\$45	Var Y^2_{32}	0	0 Integer
\$AF\$45	Var Y^2_{13}	0	6 Integer
\$AG\$45	Var Y^2_{23}	0	0 Integer
\$AH\$45	Var Y^2_{33}	0	0 Integer
\$AI\$45	Var Y^3_{13}	0	9 Integer
\$AJ\$45	Var Y^3_{23}	0	0 Integer
\$AK\$45	Var Y^3_{33}	0	0 Integer
\$AL\$45	Var Y^3_{14}	0	8 Integer
\$AM\$45	Var Y^3_{24}	0	0 Integer
\$AN\$45	Var Y^3_{34}	0	0 Integer
\$AO\$45	Var Y^4_{14}	0	18 Integer
\$AP\$45	Var Y^4_{24}	0	0 Integer
\$AQ\$45	Var Y^4_{34}	0	0 Integer
\$AR\$45	Var L_{11}	0	1 Binary
\$AS\$45	Var L_{21}	0	0 Binary
\$AT\$45	Var L_{31}	0	0 Binary
\$AU\$45	Var L_{12}	0	1 Binary
\$AV\$45	Var L_{22}	0	1 Binary
\$AW\$45	Var L_{32}	0	0 Binary
\$AX\$45	Var L_{13}	0	1 Binary
\$AY\$45	Var L_{23}	0	0 Binary
\$AZ\$45	Var L_{33}	0	0 Binary
\$BA\$45	Var L_{14}	0	1 Binary
\$BB\$45	Var L_{24}	0	1 Binary
\$BC\$45	Var L_{34}	0	0 Binary

Figura 13 - Resultados do PLI com os todos os dados retirados da simulação do modelo atual

3.4 - Instância do PLI com os dados dos dias de maior fluxo retirados da simulação do modelo atual

Microsoft Excel 15.0 Answer Report

Worksheet: [Modelo atual (simul8) 2º e 3º.xlsx] Formalização

Report Created: 11-11-2013 18:24:51

Result: Solver found a solution. All Constraints and optimality conditions are satisfied.

Solver Engine

Engine: Simplex LP

Solution Time: 1,622 Seconds.

Iterations: 24 Subproblems: 568

Solver Options

Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0,000001, Use Automatic Scaling

Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume

NonNegative

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$BD\$46	FO	0	1480

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$B\$45	Var X^1_{11}	0	0	Integer
\$C\$45	Var X^1_{21}	0	30	Integer
\$D\$45	Var X^1_{31}	0	0	Integer
\$E\$45	Var X^1_{12}	0	2	Integer
\$F\$45	Var X^1_{22}	0	0	Integer
\$G\$45	Var X^1_{32}	0	0	Integer
\$H\$45	Var X^2_{12}	0	16	Integer
\$I\$45	Var X^2_{22}	0	0	Integer
\$J\$45	Var X^2_{32}	0	24	Integer
\$K\$45	Var X^2_{13}	0	9	Integer
\$L\$45	Var X^2_{23}	0	0	Integer
\$M\$45	Var X^2_{33}	0	0	Integer
\$N\$45	Var X^3_{13}	0	0	Integer
\$O\$45	Var X^3_{23}	0	21	Integer
\$P\$45	Var X^3_{33}	0	0	Integer
\$Q\$45	Var X^3_{14}	0	0	Integer
\$R\$45	Var X^3_{24}	0	0	Integer
\$S\$45	Var X^3_{34}	0	0	Integer
\$T\$45	Var X^4_{14}	0	2	Integer

\$U\$45	Var X^4_{24}	0	26 Integer
\$V\$45	Var X^4_{34}	0	0 Integer
\$W\$45	Var Y^1_{11}	0	30 Integer
\$X\$45	Var Y^1_{21}	0	0 Integer
\$Y\$45	Var Y^1_{31}	0	0 Integer
\$Z\$45	Var Y^1_{12}	0	2 Integer
\$AA\$45	Var Y^1_{22}	0	0 Integer
\$AB\$45	Var Y^1_{32}	0	0 Integer
\$AC\$45	Var Y^2_{12}	0	10 Integer
\$AD\$45	Var Y^2_{22}	0	30 Integer
\$AE\$45	Var Y^2_{32}	0	0 Integer
\$AF\$45	Var Y^2_{13}	0	0 Integer
\$AG\$45	Var Y^2_{23}	0	9 Integer
\$AH\$45	Var Y^2_{33}	0	0 Integer
\$AI\$45	Var Y^3_{13}	0	21 Integer
\$AJ\$45	Var Y^3_{23}	0	0 Integer
\$AK\$45	Var Y^3_{33}	0	0 Integer
\$AL\$45	Var Y^3_{14}	0	0 Integer
\$AM\$45	Var Y^3_{24}	0	0 Integer
\$AN\$45	Var Y^3_{34}	0	0 Integer
\$AO\$45	Var Y^4_{14}	0	28 Integer
\$AP\$45	Var Y^4_{24}	0	0 Integer
\$AQ\$45	Var Y^4_{34}	0	0 Integer
\$AR\$45	Var L_{11}	0	1 Binary
\$AS\$45	Var L_{21}	0	1 Binary
\$AT\$45	Var L_{31}	0	0 Binary
\$AU\$45	Var L_{12}	0	1 Binary
\$AV\$45	Var L_{22}	0	1 Binary
\$AW\$45	Var L_{32}	0	1 Binary
\$AX\$45	Var L_{13}	0	1 Binary
\$AY\$45	Var L_{23}	0	1 Binary
\$AZ\$45	Var L_{33}	0	0 Binary
\$BA\$45	Var L_{14}	0	1 Binary
\$BB\$45	Var L_{24}	0	1 Binary
\$BC\$45	Var L_{34}	0	0 Binary

Figura 14 - Resultados do PLI com os dados dos dias de maior fluxo retirados da simulação do modelo atual

Anexo 4: Folha de cálculo do Excel

4.1 - Folha de cálculo Turnos



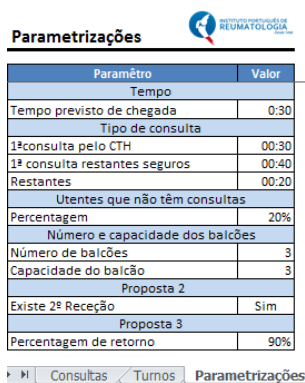
Turnos

Hora	Turno
7	1
8	1
9	1
10	2
11	2
12	3
13	3
14	4
15	4
16	5
17	5
18	6
19	6
20	7

Consultas Turnos Parametrizações

Figura 15 - Folha de cálculo turnos

4.2 - Folha de cálculo Parametrizações




Parametrizações

Parâmetro	Valor
Tempo	
Tempo previsto de chegada	0:30
Tipo de consulta	
1ª consulta pelo CTH	00:30
1ª consulta restantes seguros	00:40
Restantes	00:20
Utentes que não têm consultas	
Porcentagem	20%
Número e capacidade dos balcões	
Número de balcões	3
Capacidade do balcão	3
Proposta 2	
Existe 2ª Receção	Sim
Proposta 3	
Porcentagem de retorno	90%

Consultas Turnos Parametrizações

Figura 16 - Folha de cálculo parametrizações

4.3 - Folha de Instruções



Instruções

1. Este programa tem como objetivo determinar o número de balcões necessários consoante o fluxo de utentes esperado.
2. O utilizador deverá selecionar a folha "Consultas" e nela colocar a lista de consultas. A lista deverá incluir: o dia, a hora, o tipo, o nome do utente e o respetivo médico. O tipo de consulta: consulta de primeira vez pelo CTH (1ª consulta pelo CTH), consulta de primeira vez pelos restantes seguros (1ª consulta restantes seguros) e outras consultas (restantes).
3. De seguida, o programa calcula o número de balcões de acordo com os seguintes parâmetros, passíveis de serem alterados pelo utilizador:
 - 3.1. Deverá selecionar a folha "Turnos" e relacionar o turno com a hora do dia (no máximo 7 turnos).
 - 3.2. Deverá selecionar a folha "Parametrizações":
 - 3.2.1. Inserir o tempo no campo "Tempo previsto de chegada", para determinar o turno em que se prevê que o utente chegue.
 - 3.2.2. Inserir o tempo no campo "Tipo de consulta", para calcular o turno em que se prevê que o utente saia da consulta em função do tipo desta.
 - 3.2.3. Colocar no campo "Utentes que não têm consultas" a percentagem de utentes que irão ao IPR por outras razões sem serem as consultas.
 - 3.2.4. Alterar os campos "Número de balcões" e "Capacidade do balcão", de modo a parametrizar o número de balcões e condicionar a abertura destes.
 - 3.2.5. Alterar para a opção "Sim" no campo "Proposta 2" caso pretenda ativar a segunda receção para os utentes que regressem da consulta. Caso contrário, deverá selecionar a opção "Não".
 - 3.2.6. Alterar no campo "Proposta 3" a percentagem de utentes que voltam à receção após a consulta.
4. Em seguida o utilizador deverá consultar a folha "Resultados" e clicar no dia que pretende consultar.

▶
▶
▶

Consultas
Turnos
Parametrizações
Resultados
Instruções

⏪
⏩
⏴
⏵
☰

Figura 17 - Folha de Instruções