

MESTRADO
MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA A DECISÃO
ECONÓMICA E EMPRESARIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
TRABALHO DE PROJETO

DIMENSIONAMENTO E ESCALONAMENTO DE PESSOAL EM *CALL*
CENTRE

JOANA FONSECA ALEXANDRE

OUTUBRO - 2019

MESTRADO EM
MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA A DECISÃO
ECONÓMICA E EMPRESARIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
TRABALHO DE PROJETO

DIMENSIONAMENTO E ESCALONAMENTO DE PESSOAL EM *CALL*
CENTRE

JOANA FONSECA ALEXANDRE

ORIENTAÇÃO:

PROF^a DOUTORA MARIA CÂNDIDA VERGUEIRO MONTEIRO CIDADE MOURÃO

OUTUBRO – 2019

Agradecimentos

A realização deste projeto não teria sido possível sem o apoio de familiares, amigos, colegas e docentes aos quais deixo, no presente capítulo, as minhas palavras de agradecimento.

Gostava de agradecer, em primeiro lugar, à Professora Doutora Maria Cândida Mourão, orientadora deste Trabalho Final de Mestrado, tanto pelos ensinamentos e sugestões a nível técnico como pela dedicação e disponibilidade ao longo de todo o trabalho.

Agradeço também à Professora Doutora Margarida Vaz Pato por ter acompanhado de perto o desenrolar do trabalho, pelo seu contributo na criação de conhecimento na área do escalonamento de pessoal.

Aos docentes do Mestrado de Métodos Quantitativos para a Decisão Económica e Empresarial pelos conhecimentos transmitidos e pelo seu contributo no meu desenvolvimento académico, profissional e também pessoal.

Aos colegas com quem pude trabalhar nos últimos dois anos, pelos conhecimentos que me transmitiram, pelo apoio prestado e pela amizade que foi possível construir.

À minha família que me deu a possibilidade de prosseguir no percurso académico e que sempre me apoiou e acreditou nas minhas aptidões.

Aos meus amigos agradeço todo o apoio, carinho e compreensão pelas minhas ausências.

Ao Gonçalo por ser incansável, por estar sempre presente, pelo carinho, pelo apoio, pela paciência e pela compreensão em momentos de maior *stress*.

Ao Departamento de Planeamento Estratégico e Controlo de Gestão da Caixa Central de Crédito Agrícola Mútuo, e em particular à Doutora Filomena Ferraz de Oliveira, pela flexibilidade que me permitiu marcar presença em todos os eventos académicos, pelo apoio e pelos conselhos oferecidos que tornaram possível a concretização do meu objetivo.

Resumo

Os problemas de escalonamento de pessoal têm sido abundantemente abordados, das mais diversas perspectivas, ao longo do tempo. Tal pode ser justificado pelo peso elevado dos custos com pessoal na estrutura de uma organização.

O projeto em desenvolvimento assenta na resolução de um problema de escalonamento com aplicação num *call centre* na área da saúde, e visa quer a minimização dos custos incorridos, quer a consideração das preferências dos colaboradores em termos de dias e turnos de trabalho. O problema consiste na alocação dos seus colaboradores aos turnos existentes, de forma a cobrir a procura, isto é, o volume de chamadas recebidas, respeitando as normas de funcionamento da organização e a legislação laboral.

Na resolução do problema, adaptaram-se dois modelos: um modelo de *staffing* e um de *rostering*. O primeiro pretende determinar o número de colaboradores necessários por turno de trabalho e dia da semana de acordo com a variabilidade da procura. As soluções deste modelo representam os *inputs* para o segundo, onde se distribuem os colaboradores pelos diferentes turnos e dias de trabalho. Ambos são formalizados em programação linear inteira e resolvidos através de métodos exatos, com recurso ao OpenSolver/Excel. Os modelos são escritos por meio de macros em VBA.

Os modelos foram testados através de instâncias de pequenas dimensões, com diferentes níveis de procura, número e distribuição de turnos. Perante os resultados obtidos foi possível concluir que a distribuição dos enfermeiros pelos turnos de trabalho varia consoante o número de turnos diários existentes e o nível de procura considerado, dependendo também do número mínimo de enfermeiros a respeitar em cada hora e turno de trabalho.

Palavras-Chave: problema de escalonamento de pessoal, SNS 24, programação linear inteira.

Abstract

Staff scheduling problems have been abundantly addressed over time, from diverse perspectives. This can be justified by the high weight of personnel costs in the structure of an organization.

The project under development is based on the resolution of a scheduling problem applied to a call center, aiming both to minimize the costs incurred and to consider the preferences of employees in terms of days and shifts. The problem aims to allocate employees to existing shifts in way to cover demand, i.e. the volume of calls received, respecting the organization's operating norms and labor legislation.

In the problem solving, two models were adapted: a staffing model and a rostering model. The first one determines the number of employees required per shift and day of the week according to demand variability. The solutions of this model represent the inputs to the second, where the employees are distributed through different shifts and working days. Both are formalized in integer linear programming and solved through exact methods, using OpenSolver/Excel. The templates are generated by means of macros written in VBA.

The models were tested using small instances with different levels of demand, number and distribution of shifts. From the results obtained it was possible to conclude that the distribution of nurses by work shifts varies with the number of existing daily shifts and the level of demand considered and depends on the minimum number of nurses to be respected in each hour and work shift.

Keywords: personnel scheduling problem, SNS 24, integer linear programming.

Lista de Abreviaturas

CIAV – Centro de Informação Anti-Venenos

INEM – Instituto Nacional de Emergência Médica

NRRP – *Nurse Rerostering Problem*

PEP – Problemas de Escalonamento de Pessoal

PREP – Problemas de Reescalonamento de Pessoal

SNS – Sistema Nacional de Saúde

SNS 24 – Centro de Contacto da Saúde 24

VBA – *Visual Basic for Applications*

u.m. – Unidade monetária

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
LISTA DE ABREVIATURAS	VI
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 ESCALONAMENTO DE PESSOAL	3
2.2 ESCALONAMENTO DE PESSOAL EM CALL CENTRES	5
3 PROBLEMAS DE DIMENSIONAMENTO E DE ESCALONAMENTO DE PESSOAL	7
3.1 INTRODUÇÃO	7
3.2 ESTIMAÇÃO DA PROCURA	7
3.3 DIMENSIONAMENTO DA FORÇA DE TRABALHO	7
3.4 PARÂMETROS DOS MODELOS	9
3.5 MODELO DE DIMENSIONAMENTO DA FORÇA DE TRABALHO	10
3.6 MODELO DE ESCALONAMENTO	13
3.7 METODOLOGIA	15
4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	19
4.1 CENÁRIOS	19
4.1.1 <i>Cenário 1</i>	19
4.1.2 <i>Cenário 2</i>	22
4.1.3 <i>Cenário 3</i>	23
4.1.4 <i>Cenário 4</i>	24
4.1.5 <i>Cenário 5</i>	25
4.1.6 <i>Cenário 6</i>	26
4.1.7 <i>Cenário 7</i>	28
4.2 CONCLUSÕES	29
5 CONCLUSÃO	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
7 ANEXOS	I
ANEXO I – MATRIZES DE PREFERÊNCIAS E OUTPUTS DO MODELO DE ESCALONAMENTO	I
ANEXO II - MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROGRAMA	X

Índice de Tabelas

Tabela 1. Número mínimo de enfermeiros do tipo i por turno (<i>minit</i>).....	9
Tabela 2: Correspondência entre os turnos e os parâmetros <i>thj</i>	10
Tabela 3: Informação dos turnos considerados no exemplo 1	12
Tabela 4. Incompatibilidades entre turnos consecutivos	15
Tabela 6. Informação dos turnos considerados no cenário 1	19
Tabela 7. Resultados do modelo de staffing para os 7 dias da semana - cenário 1	20
Tabela 8. Informação dos turnos considerados no cenário 2.....	22
Tabela 9. Resultados do modelo de staffing para os 7 dias da semana - cenário 2.....	22
Tabela 10. Informação dos turnos considerados no cenário 3.....	23
Tabela 11. Resultados do modelo de staffing para os 7 dias da semana - cenário 3.....	23
Tabela 12. Informação dos turnos considerados no cenário 4.....	24
Tabela 13. Resultados do modelo de staffing para os 7 dias da semana - cenário 4.....	25
Tabela 14. Informação dos turnos considerados no cenário 5.....	26
Tabela 15. Resultados do modelo de staffing para os 7 dias da semana - cenário 5.....	26
Tabela 16. Informação dos turnos considerados no cenário 6.....	27
Tabela 17. Resultados do modelo de staffing para os 7 dias da semana - cenário 6.....	27
Tabela 18. Informação dos turnos considerados no cenário 7.....	28
Tabela 19. Resultados do modelo de staffing para os 7 dias da semana - cenário 7.....	28
Tabela 20. Tempo de execução dos modelos	29

Índice de Figuras

Figura 1. Número de enfermeiros necessários em cada hora do dia	9
Figura 2. Resultados obtidos no exemplo 1	13
Figura 3. Macro para leitura dos dados introduzidos	16
Figura 4. Função que devolve a letra da coluna de uma célula	17
Figura 5. Tabela de apoio ao modelo de escalonamento – número de horas entre turnos	18
Figura 6. Funcionamento do procedimento associado ao intervalo de tempo entre turnos consecutivos....	18
Figura 7. Output do modelo de escalonamento do cenário 1	21
Figura 8. Matriz de preferências considerada no cenário 1 (4 turnos diários)	I
Figura 9. Matriz de preferências considerada nos cenários com 5 turnos diários	II
Figura 10. Matriz de preferências considerada nos cenários com 6 turnos diários	III
Figura 11. Output do modelo de escalonamento do cenário 2	IV
Figura 12. Output do modelo de escalonamento do cenário 3	V
Figura 13. Output do modelo de escalonamento do cenário 4	VI
Figura 14. Output do modelo de escalonamento do cenário 5	VII
Figura 15. Output do modelo de escalonamento do cenário 6	VIII
Figura 16. Output do modelo de escalonamento do cenário 7	IX
Figura 17. Folha inicial do programa.....	X
Figura 18. Caixa de texto com nº de turnos de trabalho	XI
Figura 19. "Dados dos turnos"	XI
Figura 20. Tabela com a procura expectável	XII
Figura 21. Tabelas referentes ao pessoal de enfermagem e aos dias do planeamento.....	XII
Figura 22. Matriz das preferências para o cenário descrito.....	XIV
Figura 23. Tabela de output do modelo de escalonamento para o cenário descrito.....	XV

1 Introdução

Este trabalho surgiu no seguimento de um projeto de tese de doutoramento (Pereira, 2014), onde foi desenvolvida, numa fase inicial, uma proposta de escalonamento do pessoal de enfermagem do Centro de Contacto da Saúde 24 (SNS 24). Todavia, dada a complexidade dos modelos utilizados e as alterações assomadas no funcionamento e organização do SNS 24 desde a sua realização, propôs-se a criação de um novo modelo de escalonamento dos seus profissionais.

Adicionalmente, a relevância deste projeto advém da necessidade de desenvolver e implementar medidas que tornem mais eficientes este tipo de serviços de saúde, principalmente em épocas mais críticas, como quando ocorrem surtos de gripe. A implementação do SNS 24 pelo Sistema Nacional de Saúde (SNS) permitiu potenciar a eficiência e sustentabilidade dos recursos do SNS e aumentar a equidade no acesso a cuidados especializados, quebrando barreiras físicas e ajudando no descongestionamento dos Hospitais e Centros de Saúde (Centro Nacional de TeleSaúde, 2018).

Atualmente, o SNS 24 dispõe de cerca de 800 profissionais de saúde e 30 administrativos (Sistema Nacional de Saúde, 2017) que trabalham 24 horas por dia, 7 dias por semana, para prestarem à população serviços de *telessaúde*. Estes são definidos como serviços onde se utilizam “Tecnologias de Informação e Comunicação para apoiar à distância a saúde nas vertentes da prestação de cuidados, da organização dos serviços e da formação de profissionais de saúde e cidadãos, [contribuindo] para ultrapassar barreiras geográficas e temporais no acesso à saúde e promovendo uma maior coordenação, integração e continuidade dos cuidados de saúde” (Centro Nacional de TeleSaúde, 2018). Os serviços prestados podem ser: i) informativos, sendo disponibilizadas informações sobre saúde; ii) administrativos, onde é possível a marcação de consultas médicas e de alguns tipos de exames; iii) de triagem, acompanhamento e correto encaminhamento de doentes; e iv) *telecuidados*, colocando-se o utente em contacto com um profissional de saúde com recurso às novas tecnologias, nomeadamente, através de *teleconsulta* e *telemonitorização*. Os serviços informativos e administrativos são prestados por administrativos, enquanto os serviços de triagem e de *telecuidados* são prestados por profissionais de saúde, que, por sua vez, poderão ser enfermeiros, médicos, farmacêuticos, psicólogos, biomédicos, etc.

Ao efetuarem uma chamada para o SNS 24 (808 24 24 24), os utentes são levados a selecionar uma opção de acordo com o motivo que os levou a recorrer ao serviço, para que a chamada possa ser corretamente encaminhada. Assim, se um utente apresentar, por exemplo, sintomas de gripe, deve selecionar o número respetivo no seu telefone, sendo a chamada encaminhada para um enfermeiro pertencente ao grupo de gripe. Este aconselha o utente em relação ao tratamento a realizar ou, em casos mais graves, encaminha-o para o centro de saúde ou hospital mais próximo. Caso o utente pretenda falar com um enfermeiro, ao selecionar a respetiva opção no seu telefone, a chamada é encaminhada para um enfermeiro pertencente a um grupo distinto do anterior, que se encarrega de

identificar o utente e de realizar a sua triagem. Depois, a chamada é reencaminhada para um profissional de saúde especializado, de acordo com os sintomas descritos, que aconselha o utente ou o endereça à unidade de saúde da sua área de residência, para onde envia a ficha do utente. Se o motivo que levou o utente a contactar a linha telefónica se prende com a marcação de consultas ou com a necessidade de algum tipo de informação de saúde, deve marcar no seu telemóvel o número respetivo, sendo atendido por um técnico administrativo indicado para o efeito. Nos casos em que os utentes não são encaminhados para unidades de saúde físicas, o SNS 24 encarrega-se de repetir a chamada para o utente, ao fim de um tempo estipulado, a fim de avaliar os progressos no seu estado de saúde.

As chamadas recebidas pelo *call centre* do SNS 24 podem ser classificadas em chamadas de: “Triagem, Aconselhamento e Encaminhamento”, “Informação Geral de Saúde”, “Assistência em Saúde Pública”, ou de “Encaminhamento para outros Centros de Contacto”, coincidindo os outros centros de contacto com o Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) e o Centro de Informação Anti-Venenos (CIAV) (Simão, 2009).

O projeto desenvolvido visa solucionar um problema de escalonamento ajustado à realidade do SNS 24, onde se pretende a minimização dos custos de alocação de pessoal e das discrepâncias face às preferências dos colaboradores em termos de dias e turnos de trabalho. Procedeu-se à alocação dos colaboradores aos turnos existentes, de forma a responder ao volume de chamadas recebidas, respeitando as normas de funcionamento da organização e a legislação laboral. Para tal, estimou-se a procura com base nos dados históricos disponíveis e utilizaram-se os resultados de um modelo de dimensionamento da força de trabalho para fornecimento de *inputs* ao modelo de escalonamento final. Os modelos foram formalizados em programação linear inteira e resolvidos através de métodos exatos, com recurso ao OpenSolver/Excel e ao VBA.

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos, onde, de forma geral, se pretendem rever os trabalhos anteriores sobre o tema abordado, descrever o problema e a metodologia adotada para a sua resolução, apresentando e analisando, de seguida, os resultados obtidos. Assim, no segundo capítulo, é apresentada uma revisão da literatura publicada até à atualidade relativamente a problemas de dimensionamento da força de trabalho, escalonamento e reescalonamento de pessoal. O terceiro capítulo é destinado à apresentação das características do problema e do modelo desenvolvido para o solucionar. No quarto capítulo expõem-se os resultados obtidos, criando-se diferentes instâncias/cenários geradas(os) aleatoriamente que, simulando a realidade conhecida, permitem validar o modelo desenvolvido. No último capítulo, apresentam-se as conclusões retiradas da realização deste projeto, apontando eventuais falhas que possam servir de base a trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Escalonamento de Pessoal

Os problemas de escalonamento de pessoal (PEP) surgem quando o período de funcionamento de uma organização é superior ao tempo de trabalho dos colaboradores estipulado pelo seu contrato vinculativo (Moz, 2003). Aplicam-se, portanto, nas organizações em que o trabalho é contínuo, não sendo interrompido pelos períodos de pausa dos colaboradores (que incluem folgas e férias). Na prática, na resolução destes problemas pretende-se alocar aos trabalhadores períodos de trabalho e de descanso, sem que o normal funcionamento da organização seja interrompido.

Quando se trata de uma organização cujo funcionamento é ininterrupto (24 horas por dia), surge a necessidade de escalonar ainda os trabalhadores por turnos. No caso de esses turnos serem rotativos, quando se geram as escalas, devem ser consideradas, para além de regulações da própria organização e da legislação laboral, restrições relacionadas com a saúde dos trabalhadores, já que a alternância consecutiva dos seus períodos de descanso entre turnos é altamente prejudicial (Kostreva & Genevier, 1989). O planeamento das escalas deve ainda considerar uma repartição justa de turnos e de folgas pelos colaboradores, principalmente no que respeita a fins-de-semana, feriados e turnos noturnos, para evitar conflitos.

A resolução de PEP, tendo em consideração as restrições referidas anteriormente, pode ser organizada de acordo com as seguintes fases (Moz, 2003):

- *Staffing*: onde se determina o número de trabalhadores necessário ao funcionamento da organização no horizonte de planeamento considerado;
- *Allocation*: onde se afetam os funcionários necessários a cada departamento/serviço/dia/turno;
- *Scheduling*: consiste na geração dos padrões de trabalho ou escalas, isto é, as sequências de tempo de trabalho e de folga dos colaboradores no horizonte temporal;
- *Rostering*: constitui a fase de atribuição das escalas planeadas a cada funcionário em particular.

Adicionalmente, pode ainda existir uma quinta fase de adaptação do plano de escalonamento delineado a acontecimentos inesperados – *rerostering*.

Os problemas de escalonamento de pessoal têm sido abordados de forma exaustiva ao longo do tempo, o que pode ser justificado pela elevada representatividade dos custos de pessoal na estrutura de custos de uma organização (Bergh, et al., 2013). A primeira abordagem conhecida remete para a década de 50 (Dantzig, 1954), com uma aplicação ao escalonamento de cobradores de portagens, onde se propõe uma formalização de cobertura para o problema.

Os primeiros estudos de escalonamento de pessoal tratavam separadamente as quatro fases referidas anteriormente. Nas décadas de sessenta e setenta, do século XX, a grande maioria dos estudos focava as fases de *staffing* e de *scheduling*. Só a partir da década de 80 começaram a surgir estudos em que se aglomeravam várias fases num único modelo.

As metodologias utilizadas na resolução destes problemas foram também evoluindo, tornando-se mais complexas e, simultaneamente, mais eficientes. Desta forma, os estudos nas décadas de 50 a 70, recorreram a modelos de Programação Linear Inteira (como, por exemplo, Rothstein, 1972) e a Heurísticas (Howell, 1966 e Frances, 1966). A partir de 1980, para além dos métodos utilizados previamente, surgiram modelos multiobjectivo no estudo de PEP (como em Betchold, 1988). Mais recentemente, remete-se para a utilização de modelos de caminhos ou fluxos em redes (Ahuja, et al., 1993), métodos exatos, como o *Branch and Bound* (Ingolfsson, et al., 2010) e o *Branch and Price* (Brunner, et al., 2011), metaheurísticas (*simulated annealing* (Cordeau, et al., 2010), pesquisa *tabu* (Burke, et al., 2006), algoritmos genéticos (Burke, et al., 2008), etc.), *matheurísticas*, que resultam da combinação de metaheurísticas com técnicas de Programação Matemática (e.g., Maenhout & Vanhoucke, 2018 e Li, et al., 2017), modelos de simulação (como se pode observar em Qi & Bard, 2006) e de filas de espera (tal como Alfares, 2007 e Dietz, 2011).

A evolução verificada nas técnicas de resolução dos PEP e também nos computadores permitiram a criação de aplicações e *packages* para softwares, existentes atualmente no mercado, que ajudam as organizações no escalonamento de pessoal. A título exemplificativo, (Respício, et al., 2018) desenvolveram uma aplicação de *staffing* para unidades hospitalares. Porém, estes mecanismos são desenhados de acordo com as especificidades de cada área de aplicação, sendo dificilmente adaptados a outras áreas.

Relativamente a casos de estudo nos quais foram incidindo os PEP, destacam-se as aplicações em contexto hospitalar, nomeadamente, o escalonamento de enfermeiros (por exemplo Bard & Purnomo, 2005 e Howell, 1966) ou do restante corpo médico (abordado em Brunner, et al., 2009), em *call centres* (como em Dietz, 2011) e em sistemas de transporte, nomeadamente, companhias aéreas (Cappanera & Gallo, 2004) e ferroviárias (Lezaun, et al., 2010).

Os problemas de reescalonamento de pessoal (PREP) surgiram um pouco mais tarde que os PEP, na medida em que apenas em 1976 se começam a considerar métodos para fazer face a situações de ausências inesperadas de colaboradores. O contexto hospitalar foi e continua a ser o mais aludido neste género de problemas.

Depois do primeiro estudo, sugerido por (Warner, 1976) que colmatou as ausências inesperadas de enfermeiras através da criação de um grupo de reserva, os PREP ganharam dinamismo, tornando-se cada vez mais realistas, com abordagens mais eficientes. (Weil, et al., 1995) gerou diversas escalas admissíveis, recorrendo a "*constraint programming*", de forma a ser selecionada outra escala

compatível quando algum colaborador se ausenta. (Moz & Pato, 2003) resolveram um problema de reescalonamento de enfermeiras (*Nurse Rerostering Problem* - NRRP) através de modelos de fluxos inteiros de multimercadarias, com o objetivo de enviar “mercadorias” (serviços prestados) numa rede multinível a um custo mínimo, respeitando a capacidade dos arcos e a oferta e procura de cada nodo (enfermeiro). Depois do estudo inicial, estes autores aperfeiçoaram as técnicas utilizadas e obtiveram melhores resultados: em (Moz & Pato, 2007) implementaram um algoritmo genético e em (Pato & Moz, 2008) desenvolveram uma heurística genética utópica para obtenção da fronteira de Pareto com duplo objectivo (minimizar a diferença entre o número de tarefas programadas e o número de tarefas que cada enfermeira deveria realizar no período considerado e minimizar a discrepância em relação ao escalonamento inicial). Destacam-se também as abordagens que consideram ausências em vários dias consecutivos (Kitada & Morizawa, 2013), através da separação de um NRRP em vários subproblemas com ausências diárias e a junção do reescalonamento de tarefas ao reescalonamento de turnos já considerado (*Integrated Shift and Task re-Scheduling Problem*), acrescentando ao modelo a incerteza associada à duração e ao tempo em que ocorrem as tarefas (Maenhout & Vanhoucke, 2018). A última referência encontrada (Wickert, et al., 2018) explora estratégias de abordagem recorrendo a NRRP: na primeira incluem restrições características do problema de escalonamento e de reescalonamento de enfermeiras para se tentar perceber o horizonte temporal a considerar no reescalonamento; na segunda estratégia propõem dois tipos de relaxação para se perceber que restrições devem ser consideradas no NRRP.

Os principais objetivos considerados nos PREP coincidem com a minimização de custos associados e a minimização das alterações ao escalonamento inicial (como em Moz & Pato, 2007; Bäumelt, et al., 2016; e Maenhout & Vanhoucke, 2018), pelas consequências negativas que têm no bem-estar dos colaboradores e, conseqüentemente, no seu desempenho e no da sua equipa (Clark & Walker, 2011).

Tanto os PEP como os PREP consideram cada vez mais questões relacionadas com o bem-estar dos colaboradores, principalmente no que respeita às consequências do trabalho por turnos, à alternância dos períodos de descanso e às alterações inesperadas de escala, como mencionado anteriormente. Por este motivo, incorporam-se cada vez mais as preferências dos colaboradores nos modelos (como em Pryce, et al., 2006 e Bard & Purnomo, 2005).

2.2 Escalonamento de Pessoal em *Call Centres*

Os problemas de escalonamento em *call centres* começaram a surgir na década de 70, do século XX. A sua abundância na literatura deve-se ao carácter desafiante do contexto. Relaciona-se, mais especificamente, com as características do seu “*modus operandi*” (24 horas por dia, 7 dias por semana) e com a variabilidade da procura, que exige, muitas das vezes, a sobreposição de turnos e a existência de turnos a iniciar a diferentes horas e com diferentes durações. Assim, antes de se

escalonar os colaboradores num *call centre*, é necessário prever a procura (i.e., o número de chamadas recebidas) ao longo do dia, de forma a quantificar o número de colaboradores necessários para a cobrir. Apesar da existência de estudos que propõem técnicas para obter um correto dimensionamento da força de trabalho (Roubous & Jouini, 2012), este processo traz ainda alguma incerteza ao problema. Também a natureza e o número das tarefas a realizar, por serem desconhecidas *a priori*, acarretam incerteza neste tipo de problemas.

O objetivo dos problemas de escalonamento em *call centres* coincide com a maximização do número de chamadas atendidas, mantendo a qualidade do atendimento e a minimização dos custos. Neste sentido, torna-se importante a gestão das capacidades e competências dos colaboradores, na medida em que nem todos os colaboradores estão aptos para atender chamadas de determinada natureza (Ernst, et al., 2004). A qualidade do atendimento do cliente pode avaliar-se, ainda, pelo número de chamadas não atendidas (Chen, 2000). A definição dos turnos e, mais particularmente, a sua hora de início e duração, revela-se também uma tarefa fulcral na obtenção de bons resultados.

Na literatura, para estes problemas em particular, recorre-se muito frequentemente à utilização de modelos que combinam modelos de simulação com modelos de filas de espera no dimensionamento da força de trabalho necessária. Na fase do escalonamento de pessoal o recurso à programação matemática e a heurísticas é mais evidente.

Na revisão literária realizada, não se encontraram referências de PREP aplicados a *call centres*, à exceção de um de natureza académica (Rocha, 2015). Neste propõe-se a criação de um mecanismo de ajustamento do escalonamento dos colaboradores em situações de absentismo numa linha telefónica de apoio à rede de multibanco que permitia cancelar cartões roubados e perdidos de todos os bancos em Portugal. O projeto foi proposto pela empresa à qual pertencia a linha de atendimento e foi motivado pela importância da sua atividade e pelo grande impacto da ausência de um colaborador num universo de apenas 13 atendedores. O facto de a atividade nos centros de atendimento ser, por norma, desenvolvida por um número elevado de colaboradores faz com que a ausência de um ou mais colaboradores não afete o normal funcionamento do serviço, tornando irrelevante o reescalonamento.

3 Problemas de Dimensionamento e de Escalonamento de Pessoal

3.1 Introdução

O SNS 24 funciona 24 horas por dia, todos os dias do ano. Os enfermeiros trabalham em turnos que se iniciam a horas certas do dia, como se detalha mais à frente. Trata-se de uma simplificação da realidade da organização dos turnos nos *call centres*, como ocorre, por exemplo, em (Pereira, 2014), onde se considera que os turnos podem iniciar a qualquer hora do dia. Estes possuem diferentes durações - podem ser de 4, 5 ou 6 horas -, mas terminam sempre no mesmo dia em que começam (Cortes, 2019). Cada enfermeiro só pode ser afeto a, no máximo, um turno por dia, tendo de se respeitar um intervalo superior a 12 horas entre turnos de trabalho consecutivos. Relativamente aos períodos de pausa, cada enfermeiro tem direito a dois dias de folga por semana (Pereira, 2014).

Neste problema, propõe-se o escalonamento de dois tipos diferentes de enfermeiros: os designados de “enfermeiros” estão encarregues do atendimento, aconselhamento e eventual encaminhamento dos utentes; e os “enfermeiros seniores” são responsáveis pela supervisão do trabalho desenvolvido pelos restantes enfermeiros (Pereira, 2014).

Os custos imputados a cada enfermeiro dependem do turno que o mesmo realiza e da sua função (sénior ou não sénior). As horas diárias são remuneradas a 1 unidade monetária (u.m.) por hora e as horas noturnas (abrangem os turnos com início entre as 00:00h e as 04:00h, inclusive) a 1,25 unidades monetárias por hora. A remuneração dos enfermeiros seniores é 1,5 vezes superior à dos restantes enfermeiros.

O planeamento do trabalho é feito para um horizonte de 28 dias (Pereira, 2014).

3.2 Estimação da Procura

O número de chamadas recebidas por dia da semana considerado nos modelos de dimensionamento (*staffing*) e de escalonamento (*rostering*) resulta da média do número de chamadas recebidas pelo SNS 24 entre Dezembro de 2016 e Abril de 2019, período com dados disponíveis (Serviço Nacional de Saúde, 2019). A limitação dos dados disponíveis inviabilizou a utilização de métodos de estimação da procura mais eficientes.

3.3 Dimensionamento da Força de Trabalho

Para se conhecer o número de trabalhadores necessários por turno, em cada dia, simplificou-se um modelo de *staffing* aplicável a unidades hospitalares (Respício, et al., 2018). Na construção do modelo, consideraram-se os factos que se detalham de seguida:

- Os dados históricos indicam que da totalidade das chamadas recebidas pelo SNS 24, 80% são chamadas de triagem, aconselhamento e encaminhamento, 12% são chamadas para fornecimento de informação geral de saúde, 4% referem-se à assistência em saúde pública e as restantes 4% coincidem com chamadas encaminhadas para outros centros de contacto, como para o INEM ou o CIAV (Simão, 2009);
- A duração das chamadas varia conforme a sua natureza (Simão, 2009), nomeadamente:
 - Chamadas de triagem, aconselhamento e encaminhamento demoram, em média, 12'57" (0,216 horas);
 - Chamadas para prestação de informação geral de saúde têm duração média de 05'00" (0,083 horas), tal como as chamadas de assistência em saúde pública;
 - Chamadas de encaminhamento para outros centros de contacto decorrem, em média, em 4'30" (0,075 horas);
- Cada enfermeiro sénior encarrega-se da supervisão de 5 enfermeiros, no máximo;
- Assumiu-se um número mínimo de enfermeiros (não seniores) por hora, visto não ter sido possível obter o que se verifica na realidade. Ainda assim, este nível de *staff* mínimo foi definido de acordo com a informação obtida em (Cortes, 2019) relativa à evolução da procura ao longo do dia (última linha da Figura 1).

Como nos modelos se repartem os recursos por turnos e não por horas, houve necessidade de calcular o número mínimo de enfermeiros por turno. Para tal, dividiu-se o número mínimo de enfermeiros exigidos em cada hora pelo número de turnos que cobrem essa hora e obtiveram-se os valores contidos nas células sombreadas da Figura 1 (reflete o número de enfermeiros exigidos em cada hora de cada turno diário). Neste caso, das divisões realizadas resultaram sempre números inteiros, mas, caso resultassem números decimais, arredondavam-se por excesso os quocientes para se obter o número de enfermeiros exigidos em cada hora de cada turno. O número mínimo de enfermeiros por turno irá coincidir com o maior número de enfermeiros por hora de cada turno. Por exemplo, no turno t_8^4 (turno de 4 horas com início na hora 8, como se detalha no ponto seguinte), como na primeira hora do turno o número mínimo de enfermeiros é de 5, na segunda e terceira horas de 7 e na última hora do turno é de 10, o número mínimo de enfermeiros a definir para aquele turno é de 10 enfermeiros.

Horas		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24			
T u r n o s	t_0^4	5	5	5	5																							
	t_4^4					5	5	5	5																			
	t_8^4									5	7	7	10															
	t_{12}^4													10	10	7	7											
	t_{16}^4																	7	15	15	15							
	t_{20}^4																						20	20	15	10		
	t_4^5					5	5	5	5	5																		
	t_9^5										7	7	10	10	10													
	t_{14}^5															7	7	7	15	15								
	t_{19}^5																					15	20	20	15	10		
	t_0^6	5	5	5	5	5	5																					
	t_6^6							5	5	5	7	7	10															
	t_{12}^6													10	10	7	7	7	15									
	t_{18}^6																				15	15	20	20	15	10		
Nº mínimo de enfermeiros		10	10	10	10	15	15	15	15	15	21	21	30	30	30	21	21	21	21	45	45	45	60	60	45	30		

Figura 1. Número de enfermeiros necessários em cada hora do dia

Assim, o número mínimo de enfermeiros seniores e não seniores exigidos em cada turno (adiante identificado com o parâmetro min_i^t) é apresentado na Tabela 1, onde t_h^j representa o turno com a duração de j horas e início na hora h .

t_h^j	t_0^4	t_4^4	t_8^4	t_{12}^4	t_{16}^4	t_{20}^4	t_4^5	t_9^5	t_{14}^5	t_{19}^5	t_0^6	t_6^6	t_{12}^6	t_{18}^6
Número mínimo de enfermeiros não seniores	5	5	10	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
Número mínimo de enfermeiros seniores	1	1	2	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Tabela 1. Número mínimo de enfermeiros do tipo i por turno (min_i^t)

3.4 Parâmetros dos modelos

Na construção dos modelos de dimensionamento e de escalonamento, consideram-se os índices e parâmetros seguintes.

Índices e respetivos significados:

e – enfermeiro ou enfermeiro sénior;

$i = e', e''$ – tipo de colaborador, enfermeiro ($i = e'$) ou enfermeiro sénior ($i = e''$);

d – dia do horizonte de planeamento, $d = 1, \dots, 28$;

t – turno de trabalho, $t = 1, \dots, 14$ (ver Tabela 2);

h – hora em que se inicia um turno de trabalho, $h = 0, 4, 6, 8, 9, 12, 14, 16, 18, 19, 20$;

j – duração de um turno de trabalho, em horas, $j = 4, 5, 6$;

f = tipo de chamada, sendo:

$$f = \begin{cases} 1, \text{ chamadas de triagem, aconselhamento e acompanhamento;} \\ 2, \text{ chamadas para informação geral de saúde;} \\ 3, \text{ chamadas para assistência em saúde pública;} \\ 4, \text{ chamadas de encaminhamento para outros centros de contacto.} \end{cases}$$

Parâmetros e respetivos significados:

a_f^d = número estimado de chamadas do tipo f recebidas pelo SNS 24, no dia do período de planeamento d ;

b_f = duração estimada de uma chamada do tipo f ;

n = número total de enfermeiros (seniores e não seniores) disponíveis ($e = 1, \dots, n$);

m = número de enfermeiros não seniores disponíveis ($e = 1, \dots, m$; $m < n$);

$n - m$ = número de enfermeiros seniores disponíveis ($e = m + 1, \dots, n$);

j_t = duração do turno t , em horas;

t_h^j = turno de j horas com início na hora h , sendo, por simplificação, representado pelo turno t , como apresentado na Tabela 2:

t_h^j	t_0^4	t_4^4	t_8^4	t_{12}^4	t_{16}^4	t_{20}^4	t_4^5	t_9^5	t_{14}^5	t_{19}^5	t_0^6	t_6^6	t_{12}^6	t_{18}^6
Turno (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Noturno	✓	✓					✓				✓			

Tabela 2: Correspondência entre os turnos e os parâmetros t_h^j

$c_e = c$: custo, por hora, de um enfermeiro não sénior ($e = 1, \dots, m$), em u.m., sendo $c = 1$ u.m.;

$c_e = 1,5c$: custo, por hora, de um enfermeiro sénior ($e = m + 1, \dots, n$), em u.m., sendo $c = 1$ u.m.;

$\bar{c} = 1,25c_e$: custo, por hora, de um enfermeiro afeto a um turno noturno;

c_e^t : custo associado ao enfermeiro e alocado ao turno t , onde:

$$c_e^t = \begin{cases} c_e j_t & \text{se turno diurno } (t = 3,4,5,6,8,9,10,12,13,14) \\ \bar{c} j_t & \text{se turno noturno } (t = 1,2,7,11) \end{cases}$$

3.5 Modelo de Dimensionamento da Força de Trabalho

Como mencionado anteriormente, o modelo de dimensionamento da força de trabalho no SNS 24 resultou da simplificação de um modelo de *staffing* aplicável a uma unidade hospitalar (Respício, et al., 2018). Neste reparte-se o número de utentes em cada unidade hospitalar por nível de gravidade da doença e determina-se o número de horas necessárias para prestação de cuidados, tendo em conta o número de horas de cuidados e a percentagem mínima de enfermeiros exigida no total de

trabalhadores por nível de gravidade da doença. É ainda considerado, no modelo, um Índice de Segurança Técnica (IST), que consiste num acréscimo percentual do número de enfermeiros estabelecido para cobrir todo o tipo de ausências (folgas, férias, absentismo). No modelo simplificado, distribui-se o número de chamadas recebidas pelo *call centre* em cada dia da semana por tipo de chamada, tendo em conta que a procura do serviço flutua ao longo da semana e, para determinar o número de horas de trabalho necessário, considera-se a duração média de cada tipo de chamada. Para que se pudesse aplicar o modelo original à realidade de um *call centre*, desconsiderou-se a existência do IST, por ser aplicável especificamente ao pessoal de enfermagem em contexto hospitalar, e da percentagem de enfermeiros no total de trabalhadores por nível de gravidade da doença.

Na construção do modelo de dimensionamento, foram ainda utilizados os seguintes parâmetros e variáveis:

Parâmetros:

$horas^d$ – número total de horas de trabalho necessárias no dia d , sendo:

$$horas^d = \sum_{f=1}^4 a_f^d b_f$$

min_i^t – número mínimo de trabalhadores do tipo i a afetar ao turno t (definido na Tabela 1).

Variáveis:

y_i^{td} – número de colaboradores do tipo i ($i = e', e''$) a afetar ao turno t do dia d .

Apresenta-se de seguida o modelo de dimensionamento da força de trabalho desenvolvido (Md), para o dia d ($d = 1, \dots, 28$):

$$(Md) \quad Min Z = \sum_{i=e',e''} \sum_{t=1}^{14} c_i^t y_i^{td} \tag{1}$$

$$\sum_{t=1}^{14} \sum_{i=e',e''} j_t y_i^{td} \geq horas^d \tag{2}$$

$$y_{e''}^{td} \geq \frac{1}{5} y_{e'}^{td} \quad t = 1, \dots, 14 \tag{3}$$

$$y_{e'}^{td} \geq min_{e'}^t \quad t = 1, \dots, 14 \tag{4}$$

$$y_i^{td} \geq 0 \quad \text{e inteiro} \quad t = 1, \dots, 14; i = e', e'' \tag{5}$$

O objetivo do modelo de dimensionamento apresentado (1) coincide com a minimização dos custos incorridos, considerando-se, para cada dia e para cada trabalhador (sénior ou não sénior), os custos de alocação dos colaboradores em cada turno de trabalho.

Para dimensionar a força de trabalho, consideraram-se, em primeiro lugar, restrições que definem o número de colaboradores necessários em cada turno de cada dia, de forma a satisfazer a procura: a restrição (2) define o número mínimo de horas de trabalho necessário a satisfazer pelos enfermeiros e pelos enfermeiros seniores. As restrições (3) definem a proporção entre o número de enfermeiros e de enfermeiros seniores, devendo existir, no mínimo, um supervisor por cada cinco enfermeiros. As restrições (4) e (5) determinam que o número de enfermeiros a afetar por turno em cada dia tem de ser superior ou igual ao número mínimo de enfermeiros calculado e todas as variáveis assumem sempre valores inteiros e não negativos, respetivamente.

O modelo de *staffing*, quando existem 14 turnos, para o dia d (Md) tem $2 \times 14 = 28$ variáveis ($28 \times 28 = 784$, se considerarmos os 28 dias) e 29 restrições funcionais (812 para os 28 dias).

A solução deste problema, representada pelos valores das variáveis y_i^{td} , dá-nos o número de enfermeiros, seniores e não seniores, a escalonar em cada turno de cada dia do planeamento de modo a que a procura seja coberta. Desta forma, além de *output* do modelo de dimensionamento, este indicador constitui *input* do modelo de escalonamento, onde passa a ser classificado como um parâmetro.

Os modelos de dimensionamento não devolvem o número de enfermeiros a escalonar por grupo de chamadas f , apesar de terem sido considerados anteriormente no cálculo do número de horas de trabalho necessárias em cada dia d . Trata-se, portanto, de uma simplificação face à realidade dos *call centres*.

Para ilustrar o funcionamento do modelo, criou-se um exemplo de pequena dimensão onde se pretende determinar o número de colaboradores necessários num dia (segunda feira), em cada um dos 5 turnos. A informação sobre os mesmos apresenta-se na Tabela 3. Por simplificação, a numeração dos turnos apresentados não corresponde à numeração dos turnos do problema inicial.

t_h^j	t_4^5	t_8^4	t_0^6	t_{12}^4	t_{18}^6
Turno (t)	1	2	3	4	5
Noturno	✓		✓		✓
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	2	1	1	1
Nº mínimo de seniores/turno	1	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1	1,25	1	1,25
Salário dos seniores por hora/turno	1,875	1,5	1,875	1,5	1,875

Tabela 3: Informação dos turnos considerados no exemplo 1

No exemplo, o número de horas de trabalho necessário para satisfazer a procura, tendo em conta o número médio de chamadas recebidas naquele dia da semana (cento e setenta e cinco chamadas), é de aproximadamente trinta e três horas. Os restantes valores coincidem com os do modelo original.

SNS 24

2ª feira	Enfermeiros					Enfermeiros Seniores						
Turno	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Restrição sobre horas	5	4	6	4	6	5	4	6	4	6	54	≥ 32,7
Proporção ES/Enfermeiros	-0,2					1					0,8	≥ 0
Proporção ES/Enfermeiros		-0,2					1				0,6	≥ 0
Proporção ES/Enfermeiros			-0,2					1			0,8	≥ 0
Proporção ES/Enfermeiros				-0,2					1		0,8	≥ 0
Proporção ES/Enfermeiros					-0,2					1	0,8	≥ 0
Staff mínimo	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1		
Custos	1,25	1	1,25	1	1,25	1,875	1,5	1,875	1,5	1,875	77,125	Custos incorridos
Nível de staff	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Nº de colaboradores

Figura 2. Resultados obtidos no exemplo 1

De acordo com os resultados apresentados anteriormente, a solução através da qual os custos incorridos são minimizados ($z = 77,125 \text{ u.m.}$) passa pela alocação de onze colaboradores, seis enfermeiros e cinco enfermeiros seniores. Em cada turno, o número de colaboradores alocados coincidiu com o nível de *staff* mínimo.

3.6 Modelo de Escalonamento

O modelo de escalonamento surge no seguimento do modelo de dimensionamento da força de trabalho, pretendendo-se agora afetar cada um dos enfermeiros seniores e não seniores que se previram necessários aos turnos de trabalho existentes.

No modelo de escalonamento consideraram-se, adicionalmente, os parâmetros e variáveis que se apresentam de seguida.

Parâmetros:

y_i^{td} – número de colaboradores de tipo i ($i = e', e''$) afetos pelo modelo (Md) ao turno t do dia d ;

p_e^{td} – penalidade relacionada com a preferência do colaborador e relativa a ser afeto ao turno t do dia d , sendo:

$$p_e^{td} = \begin{cases} 1000, & \text{se } e \text{ não pode ser afeto ao turno } t \text{ do dia } d; \\ 1, & \text{se } e \text{ tem preferência em ser afeto ao turno } t \text{ do dia } d; \\ 10, & \text{se } e \text{ prefere não ser afeto ao turno } t \text{ do dia } d. \end{cases}$$

Variáveis:

$$x_e^{td} = \begin{cases} 1, & \text{se o enfermeiro } e \left(e = \underbrace{1, \dots, m}_{e'}, \underbrace{m+1, \dots, n}_{e''} \right) \text{ é afeto ao turno } t \text{ do dia } d; \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Tendo em conta as métricas definidas, apresenta-se abaixo o modelo de escalonamento de pessoal desenvolvido.

$$(M) \text{ Min } z = \sum_{d=1}^{28} \sum_{t=1}^{14} \sum_{e=1}^n p_e^{td} x_e^{td} \quad (6)$$

$$\sum_{d=k}^{k+6} \sum_{t=1}^{14} x_e^{td} \leq 5 \quad e = 1, \dots, n; k = 1, 8, 15, 22 \quad (7)$$

$$\sum_{t=1}^{14} x_e^{td} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 28 \quad (8)$$

$$\sum_{e=1}^m x_e^{td} \geq y_{e'}^{td} \quad d = 1, \dots, 28; t = 1, \dots, 14 \quad (9)$$

$$\sum_{e=m+1}^n x_e^{td} \geq y_{e''}^{td} \quad d = 1, \dots, 28; t = 1, \dots, 14 \quad (10)$$

$$x_e^{3d} + x_e^{1d+1} + x_e^{11d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (11)$$

$$x_e^{4d} + x_e^{1d+1} + x_e^{2d+1} + x_e^{7d+1} + x_e^{11d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (12)$$

$$x_e^{5d} + x_e^{1d+1} + x_e^{2d+1} + x_e^{3d+1} + x_e^{7d+1} + x_e^{11d+1} + x_e^{12d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (13)$$

$$x_e^{6d} + x_e^{1d+1} + x_e^{2d+1} + x_e^{3d+1} + x_e^{4d+1} + x_e^{7d+1} + x_e^{8d+1} + x_e^{11d+1} + x_e^{12d+1} + x_e^{13d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (14)$$

$$x_e^{8d} + x_e^{1d+1} + x_e^{11d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (15)$$

$$x_e^{9d} + x_e^{1d+1} + x_e^{2d+1} + x_e^{7d+1} + x_e^{11d+1} + x_e^{12d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (16)$$

$$x_e^{10d} + x_e^{1d+1} + x_e^{2d+1} + x_e^{3d+1} + x_e^{4d+1} + x_e^{7d+1} + x_e^{8d+1} + x_e^{11d+1} + x_e^{12d+1} + x_e^{13d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (17)$$

$$x_e^{12d} + x_e^{1d+1} + x_e^{11d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (18)$$

$$x_e^{13d} + x_e^{1d+1} + x_e^{2d+1} + x_e^{7d+1} + x_e^{11d+1} + x_e^{12d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (19)$$

$$x_e^{14d} + x_e^{1d+1} + x_e^{2d+1} + x_e^{3d+1} + x_e^{4d+1} + x_e^{7d+1} + x_e^{8d+1} + x_e^{11d+1} + x_e^{12d+1} + x_e^{13d+1} \leq 1 \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 27 \quad (20)$$

$$x_e^{td} \in \{0,1\} \quad e = 1, \dots, n; d = 1, \dots, 28; t = 1, \dots, 14 \quad (21)$$

O modelo de escalonamento possui o objetivo de minimizar as penalidades associadas à não satisfação das preferências dos colaboradores (6). Os custos com pessoal, como já são considerados no modelo de dimensionamento da força de trabalho, não estão refletidos no modelo de escalonamento.

Na repartição dos colaboradores pelos turnos dos dias do planeamento, consideraram-se restrições que definem um máximo de vinte dias de trabalho por colaborador, ou seja, cinco dias de trabalho semanal e dois de folga (7), considerando-se também o limite máximo de afetação de um turno de trabalho por dia para cada colaborador (8). As restrições (9) e (10) definem, respetivamente, o número

mínimo de enfermeiros a afetar e o número de enfermeiros seniores necessários para os supervisionar. As restrições (11) a (20) definem as incompatibilidades entre turnos de dias consecutivos, fixando um intervalo de tempo superior a 12 horas, entre o final do turno do dia d e o início do turno do dia $d + 1$. Na Tabela 4, estão definidas todas essas incompatibilidades. Por exemplo, a restrição (11) define que um enfermeiro que trabalhe no turno 3 (com início às 08:00h e que termina às 12:00h) do dia d , não poderá trabalhar nos turnos 1 (com início às 00:00h e conclusão às 04:00h) nem 11 (com começo às 00:00h e final às 06:00h) do dia seguinte. Por último, são apresentadas as restrições (21) que definem as variáveis do modelo como binárias.

Turno (t) do dia d	t_h^j	Hora de fim de turno + 12 horas	{Turnos incompatíveis no dia $d + 1$ } $= I_t$
1	t_0^4	$4 + 12 = 16$	$I_1 = \emptyset$
2	t_4^4	$8 + 12 = 20$	$I_2 = \emptyset$
3	t_8^4	$12 + 12 = 24$	$I_3 = \{1, 11\}$
4	t_{12}^4	$16 + 12 = 28: 4h \mid d + 1$	$I_4 = \{1, 2, 7, 11\}$
5	t_{16}^4	$20 + 12 = 32: 8h \mid d + 1$	$I_5 = \{1, 2, 3, 7, 11, 12\}$
6	t_{20}^4	$24 + 12 = 36: 12h \mid d + 1$	$I_6 = \{1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 12, 13\}$
7	t_4^5	$9 + 12 = 21$	$I_7 = \emptyset$
8	t_9^5	$14 + 12 = 26: 2h \mid d + 1$	$I_8 = \{1, 11\}$
9	t_{14}^5	$19 + 12 = 30: 7h \mid d + 1$	$I_9 = \{1, 2, 7, 11, 12\}$
10	t_{19}^5	$24 + 12 = 36: 12h \mid d + 1$	$I_{10} = \{1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 12, 13\}$
11	t_0^6	$6 + 12 = 18$	$I_{11} = \emptyset$
12	t_6^6	$12 + 12 = 24$	$I_{12} = \{1, 11\}$
13	t_{12}^6	$18 + 12 = 30: 6h \mid d + 1$	$I_{13} = \{1, 2, 7, 11, 12\}$
14	t_{18}^6	$24 + 12 = 36: 12h \mid d + 1$	$I_{14} = \{1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 12, 13\}$

Tabela 4. Incompatibilidades entre turnos consecutivos

A solução do modelo coincide com a escala de trabalho dos enfermeiros do *call centre*, seniores e não seniores, nos vinte e oito dias do planeamento. É apresentada sob a forma de uma tabela constituída por números binários, onde, em cada dia, o turno ao qual se atribui o número um corresponde ao turno a que cada trabalhador está afeto, como se verá no capítulo seguinte.

3.7 Metodologia

Para implementar e resolver os modelos anteriormente apresentados de forma automática, desenvolveu-se um programa em Excel (ver “Manual de Instruções do Programa”, Anexo II), recorrendo-se, para tal, ao VBA e ao OpenSolver. Elaboraram-se diversas macros no VBA que, de

forma breve, permitiram estruturar, formatar e resolver os modelos de acordo com os dados introduzidos pelo utilizador (nível de procura, número de dias do planeamento, número de turnos e de colaboradores).

Em primeiro lugar, construíram-se tabelas de *input* e destacaram-se a cinzento as células que o utilizador deve preencher com os dados do problema: previsão do número de chamadas a receber em cada dia da semana, dados dos turnos dos enfermeiros (número, duração, hora de início e de término, número mínimo de enfermeiros e de enfermeiros seniores necessários em cada turno e remuneração dos mesmos), e número de dias de planeamento a considerar (ver capítulo “Dados” do “Manual de Instruções do Programa”, Anexo II). Desenvolveu-se posteriormente uma macro para a leitura destes dados (Figura 3).

```
Public Sub ndias_ntrab_nturns()  
Worksheets("Dados").Activate  
  
'Cálculo do nº de turnos  
nturns = InputBox("Quantos turnos de trabalho existem?", "Turnos de trabalho")  
Dim sum As Integer  
sum = 1  
For col = 2 To 1 + nturns  
Cells(18, col) = sum  
sum = sum + 1  
Next col  
  
'Cálculo do nº de trabalhadores  
ntrab = Sheets("Dados").Cells(29, 2).Value  
  
'Cálculo do nº de dias do planeamento  
ndias = Sheets("Dados").Cells(31, 2).Value  
  
End Sub
```

Figura 3. Macro para leitura dos dados introduzidos

A segunda macro a ser criada serviu para estruturar e resolver os modelos de *staffing*. Para cada dia do planeamento, criou-se uma tabela com o mesmo formato do da Figura 2, em folhas de Excel diferentes, contendo o modelo respetivo. Primeiro, para construir a tabela, com o VBA, gravaram-se os títulos das linhas e colunas da tabela (nomeadamente “Restrição sobre horas”, “Proporção ES/Enfermeiros”, etc.), preenchida, de seguida, com os dados do problema. A referência das células no VBA foi efetuada através das variáveis relacionadas com o número de turnos, número de trabalhadores e número de dias do planeamento (definidas como *nturns*, *ntrab* e *ndias*, respetivamente) e dos índices *row* e *col* que representam as linhas e colunas das células, respetivamente. Criou-se ainda, para o efeito, uma função para devolver a letra da coluna de uma determinada célula (Figura 4). Para introduzir os dados na tabela, utilizou-se a fórmula de procura “HLookUp”, escrita nas células da folha de Excel através de codificação em VBA. As restrições dos modelos de *staffing* e a sua função objetivo foram escritas no lado direito da tabela. Por último, com ativação da referência do OpenSolver no VBA, inseriram-se no OpenSolver a função objetivo,

restrições e demais dados do problema e resolveu-se o problema de otimização para o dia considerado.

```
'Função que devolve a letra de uma coluna  
Public Function letra_column(column) As String  
    letra_column = Split(Cells(1, column).Address, "$")(1)  
End Function
```

Figura 4. Função que devolve a letra da coluna de uma célula

Em terceiro lugar, formularam-se códigos para criar a matriz de preferências na respetiva folha. À semelhança do que sucedeu com as tabelas dos modelos de *staffing*, gravaram-se nas duas primeiras linhas e colunas da tabela os títulos respetivos e formatou-se a matriz, inserindo-se os tracejados, como observado nas matrizes de preferências apresentadas no Anexo I (Figura 8, Figura 9 e Figura 10). O preenchimento desta tabela é realizado manualmente pelo utilizador.

Para estruturar o *output* final do modelo de escalonamento (como apresentado na Figura 11 do Anexo I), concebeu-se uma quarta macro. Nesta, copiou-se para a folha “Modelo de Escalonamento” a estrutura da matriz das preferências construída com a macro anterior. Depois, inseriram-se as restrições nas células da folha. Nas células do lado direito da tabela escreveram-se as restrições associadas aos turnos de trabalho (limitação do número semanal e diário de turnos de trabalho por enfermeiro) e nas células abaixo da tabela de *output*, as restrições relativas ao número de enfermeiros seniores e não seniores a escalonar em cada turno (imposição do número de enfermeiros necessário em cada turno de cada dia de planeamento, dado pelos resultados obtidos nos modelos de *staffing*). À medida que eram escritas, as referidas restrições iam sendo introduzidas no OpenSolver.

Para se conseguir escrever de forma automática as restrições relativas aos intervalos de tempo entre turnos consecutivos, construiu-se uma tabela de apoio onde se calculou o intervalo de tempo entre cada par de turnos. Na tabela (como se exemplifica de seguida), na primeira linha colocaram-se todos os turnos dos dias do planeamento (turnos do dia d), à semelhança da segunda linha da tabela de *output* do modelo final e, na segunda coluna, os turnos do dia $d + 1$. Depois, com a fórmula de procura “HLookUp” extraiu-se a informação sobre os horários dos turnos da tabela de *input* e calculou-se a diferença entre a hora em que termina cada turno do dia d e a hora em que se inicia cada turno do dia $d + 1$. A título de exemplo, para uma instância constituída por quatro turnos de seis horas em que o turno 1 se inicia às 00:00h e termina às 06:00h, o turno 2 tem início às 6:00h e termina às 12:00h, o 3 inicia-se às 12:00h e termina às 18:00h e o turno número 4 decorre entre as 18:00h e a meia noite, a tabela referida coincide com a Figura 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
59			2ª Feira				3ª Feira				4ª Feira				5ª Feira				6ª Feira				Sábado				Domingo			
60	Turnos do dia $d+1$		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
61		1	18	12	6	0	18	12	6	0	18	12	6	0	18	12	6	0	18	12	6	0	18	12	6	0	18	12	6	0
62		2	24	18	12	6	24	18	12	6	24	18	12	6	24	18	12	6	24	18	12	6	24	18	12	6	24	18	12	6
63		3	30	24	18	12	30	24	18	12	30	24	18	12	30	24	18	12	30	24	18	12	30	24	18	12	30	24	18	12
64		4	36	30	24	18	36	30	24	18	36	30	24	18	36	30	24	18	36	30	24	18	36	30	24	18	36	30	24	18

Figura 5. Tabela de apoio ao modelo de escalonamento – número de horas entre turnos

Criou-se um procedimento que lê, para cada turno do dia d , os valores contidos nas linhas da Figura 5 e que, para os pares de turnos com intervalo menor ou igual a 12 horas, grava, numa função soma, as células a que correspondem esses turnos incompatíveis na tabela de *output* do modelo para cada enfermeiro. Por exemplo, pode-se observar na Figura 5 que o turno 4 de 2ª feira é incompatível com os turnos 1, 2 e 3 do dia que lhe sucede, uma vez que o intervalo entre estes turnos é menor ou igual a 12 horas. Para este turno, o procedimento vai inserir no Excel uma função soma que, para o primeiro enfermeiro, é constituída pelos parâmetros F3, G3, H3 e I3, que indicam as células referentes ao turno 4 de 2ª feira e aos turnos 1, 2 e 3 de 3ª feira, respectivamente (como se observa na Figura 6). Depois, a função é também escrita para aos restantes enfermeiros.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
1	Dia		2ª Feira				3ª Feira				4ª Feira				5ª Feira				6ª Feira				Sábado				Domingo				Turnos a	
2	Turno		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	trabalhar	
3		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 6. Funcionamento do procedimento associado ao intervalo de tempo entre turnos consecutivos

No OpenSolver, no último conjunto de restrições inserido, considerou-se que as somas supramencionadas têm de ser inferiores ou iguais a um, o que significa que cada colaborador só poderá realizar um dos turnos de cada grupo de incompatibilidades.

Para finalizar a macro, escreveu-se o código que permite resolver o modelo inserido no Opensolver.

Os passos seguintes prenderam-se com a criação dos botões do modelo, a sua associação às macros criadas e a formatação a nível estético (ver “Manual de Instruções do Modelo”, Anexo II), de forma a tornar o programa mais “user friendly”.

4 Apresentação de Resultados

No presente capítulo, apresentam-se os resultados obtidos em sete cenários com a execução dos modelos de dimensionamento e de escalonamento desenvolvidos.

4.1 Cenários

Dada a dimensão do problema real (catorze turnos diários, 800 enfermeiros e 28 dias de planeamento) e a limitada capacidade dos recursos computacionais, definiram-se diversos cenários representativos de instâncias de menor dimensão. Nos cenários, utilizaram-se quatro a seis turnos diários com duração de quatro, cinco ou seis horas, um máximo de cinquenta enfermeiros, 20 seniores e 30 não seniores e um período de planeamento de uma semana (sete dias). Os turnos foram definidos de modo a cobrir as 24 horas de serviço.

O número de chamadas recebido em cada dia difere em cada instância. A sua distribuição ao longo da semana respeita a distribuição real.

As matrizes de preferências consideradas nos diversos cenários encontram-se no Anexo I: matriz utilizada no cenário 1 - Figura 8; matriz utilizada nos cenários 2 a 4 - Figura 9; matriz utilizada nos cenários 5 a 7 - Figura 10.

Por simplificação, a numeração dos turnos apresentados e a sua classificação em turnos noturnos não correspondem às dos turnos do problema inicial. Nos diversos cenários apresentados, consideram-se turnos noturnos os que se iniciam entre as 00:00h e as 04:00h do dia, inclusive, e os que se iniciam a partir das 18:00h do mesmo dia.

4.1.1 Cenário 1

A primeira instância testada é constituída por quatro turnos de seis horas, em sete dias de trabalho, com as características detalhadas na Tabela 5.

Dados dos turnos	t_0^6	t_6^6	t_{12}^6	t_{18}^6
Turno (t)	1	2	3	4
Duração do turno (horas)	6	6	6	6
Hora de início	0	6	12	18
Hora de fim	6	12	18	24
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	1	1	2
Nº mínimo de seniores/turno	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1	1	1,25
Salário dos seniores por hora/turno	1,875	1,5	1,5	1,875

Tabela 5. Informação dos turnos considerados no cenário 1

O número de horas de trabalho necessário para atender as chamadas recebidas em cada dia da semana e o número de colaboradores necessários para as atender, de acordo com os resultados obtidos no modelo de dimensionamento da força de trabalho, apresentam-se na Tabela 6.

Dia da semana	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Nº Horas de trabalho necessárias	98	90	90	90	88	91	95
Nº Enfermeiros não seniores necessário	13	11	12	11	11	12	12
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	5	5	5	5	5	5	5
Turno 3	5	3	4	3	3	4	4
Turno 4	2	2	2	2	2	2	2
Nº Enfermeiros seniores necessário	4	4	4	4	4	4	4
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	1	1	1	1	1	1	1
Custos (u.m.)	123,0	111,0	117,0	111,0	111,0	117,0	117,0

Tabela 6. Resultados do modelo de *staffing* para os 7 dias da semana - cenário 1

A solução ótima para o modelo de *staffing* de segunda feira consiste na afetação de um enfermeiro no primeiro turno, cinco no segundo e no terceiro turnos e dois enfermeiros no último turno do dia. Nos modelos de terça, quinta e sexta feira, foi afeto um enfermeiro no primeiro turno, cinco no segundo, três no terceiro e dois no quarto turno. A solução obtida na quarta feira e nos dois últimos dias da semana consiste na incorporação de um enfermeiro no primeiro turno, cinco enfermeiros não seniores no segundo turno, quatro no terceiro turno e dois no último turno. O número de enfermeiros seniores está em conformidade com o de enfermeiros não seniores necessários para qualquer dos cenários.

A solução admissível gerada pelo modelo de escalonamento (Figura 7) atribui uma escala semanal de trabalho a 46 dos 50 trabalhadores, não sendo atribuído qualquer turno de trabalho aos enfermeiros seniores com os números 4, 39, 42 e 46. Na solução, são afetos cinco turnos de trabalho semanais a apenas um enfermeiro não seniores (enfermeiro número 16), quatro turnos a dez enfermeiros, 3 turnos semanais a sete dos enfermeiros e dois turnos a dezasseis enfermeiros, sendo que doze deles trabalham apenas um turno na semana considerada. O número de enfermeiros escalonados em cada turno do planeamento corresponde ao número de enfermeiros necessário, obtido com a execução do modelo (Md) em cada dia *d*.

Como o número de colaboradores escalonados iguala o número de colaboradores necessários, dado pelo (Md), o custo do escalonamento coincide com a soma dos custos dos modelos de dimensionamento da força de trabalho, que é igual a 807 u.m. O valor ótimo da solução de escalonamento obtida é de 110 e representa as discrepâncias face às preferências dos trabalhadores escolhidos. Neste caso, todos os turnos atribuídos na solução (110 turnos, no total) coincidem com os

turnos que cada um dos trabalhadores tinha preferência em trabalhar. Este valor é obtido através da multiplicação dos dados presentes na matriz de preferências da Figura 8 (Anexo I) com os resultados da matriz da Figura 7.

Dia		2ª Feira				3ª Feira				4ª Feira				5ª Feira				6ª Feira				Sábado				Domingo				Turnos a trabalhar	
Turno		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Enfermeiros não seniores	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
	7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	9	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
	12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
	17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3
	22	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	23	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	29	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Enfermeiros seniores	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
	34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	36	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	44	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
	45	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	48	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	49	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Enfermeiros não seniores afetos		1	5	5	2	1	5	3	2	1	5	4	2	1	5	3	2	1	5	3	2	1	5	4	2	1	5	4	2		
Enfermeiros seniores afetos		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Figura 7. Output do modelo de escalonamento do cenário 1

4.1.2 Cenário 2

O segundo cenário distingue-se por utilizar cinco turnos diários, dois de seis horas e três de quatro horas, como se observa na Tabela 7.

Dados dos turnos	t_0^6	t_6^6	t_{12}^4	t_{16}^4	t_{20}^4
Turno (t)	1	2	3	4	5
Duração do turno (horas)	6	6	4	4	4
Hora de início	0	6	12	16	20
Hora de fim	6	12	16	20	24
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	1	1	2	3
Nº mínimo de sêniiores/turno	1	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1	1	1	1,25
Salário dos sêniiores por hora/turno	1,875	1,5	1,5	1,5	1,875

Tabela 7. Informação dos turnos considerados no cenário 2

A Tabela 8 mostra as horas de trabalho e os recursos necessários para a satisfazer procura considerada neste cenário, por dia e por turno.

Dia da semana	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Nº Horas de trabalho necessárias	65	60	60	60	59	61	64
Nº Enfermeiros não seniores necessário	9	8	9	8	8	9	9
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	2	1	1	1	1	1	2
Turno 3	1	1	2	1	1	2	1
Turno 4	2	2	2	2	2	2	2
Turno 5	3	3	3	3	3	3	3
Nº Enfermeiros seniores necessário	5	5	5	5	5	5	5
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	1	1	1	1	1	1	1
Turno 5	1	1	1	1	1	1	1
Custos (u.m.)	86,25	80,25	84,25	80,25	80,25	84,25	86,25

Tabela 8. Resultados do modelo de *staffing* para os 7 dias da semana - cenário 2

O escalonamento criado com o cenário 2 (Figura 11, Anexo I) não atribui turnos a três dos 50 enfermeiros disponíveis no período considerado. Os enfermeiros mencionados são o 41, o 42 e o 45, todos enfermeiros seniores. Não existe nenhum enfermeiro com cinco turnos semanais atribuídos. À maioria dos enfermeiros disponíveis (dezoito) foram atribuídos dois turnos, existindo dezasseis enfermeiros com apenas um turno atribuído, nove com três turnos no período considerado e quatro enfermeiros com quatro turnos afetos. Dos vinte enfermeiros seniores considerados, 80% tem no máximo 2 turnos semanais alocados.

O custo do escalonamento obtido é de 581,75 unidades monetárias, tendo-se registado um valor ótimo para esta solução de 95, resultante da multiplicação dos dados da matriz de preferências da Figura 9 (Anexo I) com os resultados da matriz de resultados contida na Figura 11 (Anexo I). Também nesta instância se satisfizeram as preferências dos enfermeiros em termos de turnos de trabalho.

4.1.3 Cenário 3

A terceira instância é constituída por dois turnos de seis horas e três turnos de cinco horas (Tabela 9), mantendo-se, uma vez mais, os restantes dados.

Dados dos turnos	t_0^6	t_4^5	t_9^5	t_{14}^5	t_{18}^6
Turno (t)	1	2	3	4	5
Duração do turno (horas)	6	5	5	5	6
Hora de início	0	4	9	14	18
Hora de fim	6	9	14	19	24
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	1	1	1	3
Nº mínimo de séniores/turno	1	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1	1	1	1,25
Salário dos séniores por hora/turno	1,875	1,5	1,5	1,5	1,875

Tabela 9. Informação dos turnos considerados no cenário 3

Na Tabela 10, constam os resultados dos modelos de dimensionamento da força de trabalho para cada dia da semana.

Dia da semana	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Nº Horas de trabalho necessárias	131	120	120	119	117	121	127
Nº Enfermeiros não seniores necessário	20	18	18	18	17	18	19
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	5	5	5	5	5	5	5
Turno 3	6	5	5	5	5	5	5
Turno 4	5	4	4	4	3	4	5
Turno 5	3	3	3	3	3	3	3
Nº Enfermeiros seniores necessário	6	5	5	5	6	6	6
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	2	2	2
Turno 3	2	1	1	1	1	1	1
Turno 4	1	1	1	1	1	1	1
Turno 5	1	1	1	1	1	1	1
Custos (u.m.)	162,5	145,0	145,0	145,0	147,5	152,5	157,5

Tabela 10. Resultados do modelo de *staffing* para os 7 dias da semana - cenário 3

O *output* do modelo de escalonamento do terceiro cenário (Figura 12, Anexo I) atribui turnos de trabalho a quarenta e oito enfermeiros, deixando dois enfermeiros seniores sem turnos atribuídos.

Neste cenário, existe um maior número de enfermeiros com cinco turnos de trabalho atribuídos quando comparado com os cenários anteriormente apresentados. Existem dezanove enfermeiros com cinco turnos afetos e, portanto, com duas folgas na semana considerada. Com quatro turnos semanais ficaram seis enfermeiros, nove com três turnos, havendo ainda sete enfermeiros com dois e outros sete com apenas um turno atribuído.

O planeamento apresentado suporta um custo de 1.055 unidades monetárias. O valor que minimiza as penalidades face às preferências dos trabalhadores corresponde a 167 e iguala o número de turnos atribuídos. A atribuição dos turnos respeita, portanto, as preferências dos colaboradores presentes na matriz da Figura 9.

4.1.4 Cenário 4

No quarto cenário, utilizam-se três turnos de seis horas, um turno de quatro horas e outro turno de cinco horas para cobrir as 24 horas de trabalho diário (Tabela 11).

Dados dos turnos	t_0^6	t_6^6	t_{12}^6	t_{16}^4	t_{19}^5
Turno (t)	1	2	3	4	5
Duração do turno (horas)	6	6	6	4	5
Hora de início	0	6	12	16	19
Hora de fim	6	12	18	20	24
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	1	1	2	3
Nº mínimo de sêniores/turno	1	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1	1	1	1,25
Salário dos sêniores por hora/turno	1,875	1,5	1,5	1,5	1,875

Tabela 11. Informação dos turnos considerados no cenário 4

O número de enfermeiros necessários em cada turno, de cada dia de trabalho, para satisfazer a procura e que respeita simultaneamente as restrições definidas, apresenta-se na Tabela 12.

Dia da semana	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Nº Horas de trabalho necessárias	131	120	120	119	117	121	127
Nº Enfermeiros não seniores necessário	20	17	18	17	17	18	19
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	5	5	5	5	5	5	5
Turno 3	5	5	5	5	5	5	5
Turno 4	6	3	4	3	3	4	5
Turno 5	3	3	3	3	3	3	3
Nº Enfermeiros seniores necessário	6	5	5	5	5	5	5
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	2	1	1	1	1	1	1
Turno 5	1	1	1	1	1	1	1
Custos (u.m.)	160,875	142,875	146,875	142,875	142,875	146,875	150,875

Tabela 12. Resultados do modelo de *staffing* para os 7 dias da semana - cenário 4

No cenário 4 (Figura 13, Anexo I), o número de enfermeiros seniores disponíveis é superior ao número de enfermeiros seniores necessários, pelo que três desses enfermeiros ficaram de folga no período do planeamento. Os cinco turnos de trabalho semanais foram atribuídos a catorze enfermeiros e os quatro turnos a doze, observando-se, uma vez mais, o aumento do número de enfermeiros com maior número de turnos semanais. Sete enfermeiros ficaram com três turnos de trabalho, nove com dois e cinco com apenas um turno de trabalho na referida semana.

A solução obtida neste cenário comporta um custo de 1.034,125 unidades monetárias e apresenta um valor ótimo para a função objetivo de 162. Este valor resultou da multiplicação dos valores presentes na Figura 9 com os resultados do modelo de escalonamento da Figura 13, ambas no Anexo I. Os turnos atribuídos na solução correspondem aos turnos que os enfermeiros elegeram como preferidos.

4.1.5 Cenário 5

Acrescentou-se um turno de trabalho na quinta instância, de forma a serem considerados dois turnos de cada duração (quatro, cinco e seis horas), como consta na Tabela 13.

Dados dos turnos	t_0^6	t_4^5	t_8^4	t_{12}^4	t_{14}^5	t_{18}^6
Turno (t)	1	2	3	4	5	6
Duração do turno (horas)	6	5	4	4	5	6
Hora de início	0	4	8	12	14	18
Hora de fim	6	9	12	16	19	24
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	1	1	1	2	3
Nº mínimo de sêniiores/turno	1	1	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1,25	1	1	1	1,25
Salário dos sêniiores por hora/turno	1,875	1,875	1,5	1,5	1,5	1,875

Tabela 13. Informação dos turnos considerados no cenário 5

De acordo com os dados inseridos, foi possível retirar dos modelos de *staffing* os seguintes resultados.

Dia da semana	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Nº Horas de trabalho necessárias	137	126	127	125	123	127	134
Nº Enfermeiros não seniores necessário	22	20	20	20	20	20	21
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	5	5	6	5	5	4	4
Turno 4	5	5	4	5	5	5	5
Turno 5	7	5	5	5	5	6	7
Turno 6	3	3	3	3	3	3	3
Nº Enfermeiros seniores necessário	7	7	7	7	6	7	7
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	1	1	2	1	1	1	1
Turno 4	1	1	1	1	1	1	1
Turno 5	2	2	1	2	1	2	2
Turno 6	1	1	1	1	1	1	1
Custos (u.m.)	170,125	160,125	158,625	160,125	152,625	161,125	166,125

Tabela 14. Resultados do modelo de *staffing* para os 7 dias da semana - cenário 5

No quinto cenário (Figura 14, Anexo I), existem quatro enfermeiros seniores sem turnos atribuídos. Dos 46 enfermeiros escalonados na semana do planeamento, 32 têm cinco turnos de trabalho, 3 ficaram com quatro turnos, 2 com três, 4 com dois e 5 com um só turno de trabalho.

O escalonamento obtido no cenário 5 acarreta um custo de alocação de recursos de 1.128,875 unidades monetárias e exibe um valor ótimo de 191, que traduz a total satisfação das preferências dos enfermeiros em termos de turnos a cumprir.

4.1.6 Cenário 6

A sexta instância é constituída por seis turnos de quatro horas, como representado na Tabela 15.

Dados dos turnos	t_0^4	t_4^4	t_8^4	t_{12}^4	t_{16}^4	t_{20}^4
t	1	2	3	4	5	6
Duração do turno (horas)	4	4	4	4	4	4
Hora de início	0	4	8	12	16	20
Hora de fim	4	8	12	16	20	24
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	1	1	1	2	3
Nº mínimo de séniores/turno	1	1	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1,25	1	1	1	1,25
Salário dos séniores por hora/turno	1,875	1,875	1,5	1,5	1,5	1,875

Tabela 15. Informação dos turnos considerados no cenário 6

A necessidade de enfermeiros em cada turno de trabalho é dada pela Tabela 16.

Dia da semana	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Nº Horas de trabalho necessárias	98	90	90	90	88	91	95
Nº Enfermeiros não seniores necessário	18	16	17	16	16	17	18
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	5	5	5	5	5	5	5
Turno 4	5	4	5	4	4	5	5
Turno 5	3	2	2	2	2	2	3
Turno 6	3	3	3	3	3	3	3
Nº Enfermeiros seniores necessário	7	7	6	7	6	6	6
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	1	2	1	2	1	1	1
Turno 4	2	1	1	1	1	1	1
Turno 5	1	1	1	1	1	1	1
Turno 6	1	1	1	1	1	1	1
Custos (u.m.)	123,5	115,5	113,5	115,5	109,5	113,5	117,5

Tabela 16. Resultados do modelo de *staffing* para os 7 dias da semana - cenário 6

O *output* do sexto cenário (Figura 15, Anexo I) não atribui turnos a três enfermeiros seniores. Da totalidade de enfermeiros com turnos afetos, oito possuem apenas um turno de trabalho na semana escalada, seis ficaram com dois turnos atribuídos, sete com três turnos e oito com quatro turnos, restando a afetação dos cinco turnos de trabalho semanal a dezoito colaboradores.

O custo de afetação de pessoal associado ao sexto cenário testado corresponde a 808,5 unidades monetárias. A função objetivo retornou um valor de 163, produto da multiplicação dos valores da matriz incluída na Figura 10 com os resultados da matriz da Figura 15, ambas no Anexo I.

4.1.7 Cenário 7

Na última instância de teste, consideraram-se seis turnos de trabalho. Destes, quatro têm a duração de quatro horas e os restantes dois, de cinco horas (Tabela 17).

Dados dos turnos	t_0^4	t_4^4	t_8^4	t_{12}^4	t_{14}^5	t_{19}^5
Turno (t)	1	2	3	4	5	6
Duração do turno (horas)	4	4	4	4	5	5
Hora de início	0	4	8	12	14	19
Hora de fim	4	8	12	16	19	24
Nº mínimo de enfermeiros/turno	1	1	1	1	2	3
Nº mínimo de séniores/turno	1	1	1	1	1	1
Salário dos enfermeiros por hora/turno	1,25	1,25	1	1	1	1,25
Salário dos séniores por hora/turno	1,875	1,875	1,5	1,5	1,5	1,875

Tabela 17. Informação dos turnos considerados no cenário 7

A Tabela 18 contém a distribuição dos enfermeiros necessários pelos turnos de trabalho, dos dias de planeamento.

Dia da semana	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Nº Horas de trabalho necessárias	118	108	108	107	105	109	114
Nº Enfermeiros não seniores necessário	20	19	19	19	18	19	20
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	5	5	5	5	5	5	5
Turno 4	4	5	5	5	5	5	5
Turno 5	6	4	4	4	3	4	5
Turno 6	3	3	3	3	3	3	3
Nº Enfermeiros seniores necessário	7	6	6	6	7	7	7
Turno 1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	1	1	1	1	2	2	1
Turno 5	2	1	1	1	1	1	2
Turno 6	1	1	1	1	1	1	1
Custos (u.m.)	146,125	132,625	132,625	132,625	133,625	138,625	145,125

Tabela 18. Resultados do modelo de *staffing* para os 7 dias da semana - cenário 7

No último cenário testado obteve-se a atribuição de turnos para quarenta e quatro enfermeiros, representando o valor mais baixo de todos os cenários apresentados. No *output* gerado (Figura 16, Anexo I), existem três enfermeiros com um turno de trabalho afeto, seis enfermeiros com dois turnos na semana mencionada, quatro enfermeiros com três turnos, dois enfermeiros com quatro e vinte e nove enfermeiros com o número máximo de turnos atribuíveis numa semana laboral.

O custo associado a este escalonamento é de 1.905,0 u.m. e o valor ótimo da função objetivo é de 180. O valor ótimo é fruto da multiplicação dos dados da matriz da Figura 10 com os resultados da matriz de resultados da Figura 16, presentes no Anexo I, tendo-se atribuído somente os turnos que cada um dos enfermeiros tinha preferência em trabalhar.

4.2 Conclusões

Com as instâncias testadas foi possível concluir que em cenários com maior número de turnos, existe um maior número de enfermeiros a trabalhar cinco turnos. Esta conclusão pode ser retirada da comparação entre os cenários 1 e 6, onde se considera o mesmo nível de procura. Nestes são atribuídos quatro turnos de trabalho a oito enfermeiros e cinco turnos de trabalho a dezoito enfermeiros na instância composta por seis turnos, enquanto na instância 1, constituída por quatro turnos, à maioria dos enfermeiros são atribuídos, no máximo, três turnos de trabalho. Esta distribuição pode estar relacionada com a restrição que respeita o intervalo entre turnos consecutivos superior a 12 horas.

É ainda observável que a maioria dos enfermeiros sem turnos afetos, são enfermeiros seniores, o que se relaciona com o facto de estes recursos serem mais caros. É possível constatar que, dos vários cenários em que existem enfermeiros sem turnos afetos, apenas num (cenário 1) existe um enfermeiro não sénior sem turnos atribuídos. No mesmo sentido, são os enfermeiros não seniores quem suporta o maior número de turnos semanais. Afetam--se cinco turnos semanais a enfermeiros seniores em apenas três dos cenários apresentados: nos cenários 5 e 7 atribuem-se a seis enfermeiros seniores os cinco turnos semanais e no cenário 6, a três enfermeiros seniores. Existe somente um cenário onde não são afetos cinco turnos a nenhum enfermeiro (cenário 2), sendo que, em média, existem 14 enfermeiros não seniores com cinco turnos semanais atribuídos em cada cenário.

Não é possível eleger o cenário mais eficiente em termos de custos e penalidades relacionadas com as preferências dos enfermeiros. Apesar de o cenário 2 apresentar o menor custo de alocação (581,75 u.m.) e o menor valor ótimo alcançado (95), como a procura difere de cenário para cenário, nada se pode concluir sobre a sua eficiência.

Em relação à execução do modelo de escalonamento, pode-se afirmar que, tendo em conta o número de variáveis e de restrições de cada instância, se alcançaram bons tempos computacionais. A instância com menor número de variáveis e restrições obteve o tempo de execução menor (0,35 segundos), tendo a instância 5 apresentado os piores resultados.

Cenário	1	2	3	4	5	6	7
Nº de Variáveis	56	70	70	70	84	84	84
Nº de Restrições	1.356	1.670	1.370	1.670	1.684	1.684	1.684
Tempo CPU (segundos)	0,35	0,70	0,56	0,71	0,83	0,70	0,70

Tabela 19. Tempo de execução dos modelos

5 Conclusão

O presente projeto teve como objetivo a construção de um modelo de escalonamento de pessoal simples e ajustado à realidade atual do SNS 24, tendo-se tomado como ponto de partida um projeto de tese de doutoramento anteriormente realizado (Pereira, 2014).

Os problemas de escalonamento considerados visaram, respectivamente, a minimização dos custos de alocação de pessoal e das penalidades associadas à não satisfação das preferências dos colaboradores em termos de dias e turnos de trabalho. As restrições definidas coincidiram com a cobertura do volume de chamadas recebidas e com o respeito pelas normas de funcionamento da organização, nomeadamente, a proporção entre enfermeiros seniores e enfermeiros não seniores, e pela legislação laboral (limitações ao número de turnos diários e semanais e definição dos períodos de descanso dos colaboradores). Os modelos utilizados na sua resolução foram formalizados em programação linear inteira e resolvidos através de métodos exatos.

As instâncias de teste ao modelo de escalonamento permitiram concluir que a distribuição dos enfermeiros (seniores e não seniores) pelos diversos turnos de trabalho varia consoante o número de turnos diários existentes e o nível de procura considerado, estando também condicionado pelo número mínimo de enfermeiros a respeitar em cada hora e turno de trabalho.

Os resultados obtidos podem não ser exequíveis no contexto real em estudo devido às limitações de capacidade do *software* utilizado, que permite apenas a execução de modelos para pequenas instâncias.

Como propostas de melhoria sugere-se a insistência junto das entidades responsáveis para a cedência de dados reais a fim de se construir um modelo mais realista. Seria também interessante a organização do modelo de escalonamento por horas (em substituição da organização por turnos), que se verifica na realidade nos *call centres*.

No modelo de escalonamento, o número de enfermeiros disponíveis tem de ser suficientemente superior ao número de enfermeiros determinado pelos modelos de dimensionamento para que seja possível obter uma solução admissível. Deste modo, propõe-se a realização de um estudo para que se determine o número de enfermeiros que a organização precisa ter disponível a fim de obter um escalonamento que não sobrecarregue os recursos. Propõe-se ainda que se considere, na função objectivo, a minimização do número de enfermeiros escalonados e, como restrição, a definição do número máximo de dias de trabalho consecutivos dos enfermeiros, já que a limitação dos cinco turnos semanais só por si não impossibilita que os enfermeiros trabalhem dez dias consecutivos (isto é, que folguem nos dois primeiros dias de uma semana e nos últimos dois dias da semana seguinte).

A estimação da procura comporta um nível elevado de incerteza nos modelos de escalonamento. Neste sentido, propõe-se num trabalho futuro o recurso a métodos de estimação mais credíveis, com a consideração de diferentes cenários para a procura (otimista, pessimista e realista/mais provável).

O projeto desenvolvido permitiu mostrar que é possível construir um modelo de escalonamento simples e eficaz, mesmo em contextos desafiantes como é o do SNS 24.

6 Referências Bibliográficas

- Ahuja, R. K., Magnanti, T. L. & Orlin, J. B., 1993. *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice All.
- Alfares, H. K., 2007. Operator staffing and scheduling for an IT-help call centre. *European Journal of Industrial Engineering*, Volume 1, pp. 414-430.
- Bard, J. F. & Purnomo, H. W., 2005. Preference scheduling for nurses using column generation. *European Journal of Operational Research*, Volume 164, pp. 510-534.
- Bäumelt, Z., Dvorák, J., Šucha, P. & Hanzálek, Z., 2016. A novel approach for nurse rostering based on parallel algorithm. *European Journal of Operational Research*, Volume 251, pp. 624-639.
- Bergh, J. V., Belien, J., Bruecker, P., Demeulemeester, E. & Boeck, L., 2013. Personnel scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, Volume 226, pp. 367-385.
- Betchold, S. E., 1988. Implicit optimal and heuristic labor staffing in a multiobjective multilocation environment. *Decision Sciences*, Volume 19, pp. 353-372.
- Brunner, J. O., Bard, J. F. & Kolisch, R., 2009. Flexible shift scheduling of physicians. *Health Care Management Science*, Volume 12, pp. 185-305.
- Brunner, J. O., Bard, J. F. & Kolisch, R., 2011. Midterm scheduling of physicians with flexible shifts using branch and price. *IIE Transactions*, Volume 43, pp. 84-109.
- Burke, E. K., Causmaecker, P., Petrovic, S. & Vanden Berghe, G., 2006. Metaheuristics for handling time interval coverage constraints in nurse scheduling. *Applied Artificial Intelligence*, Volume 20, pp. 743-766.
- Burke, E. K., Curtois, T., Post, G., Qu, R. & Veltman, B., 2008. A hybrid heuristic ordering and variable neighbourhood search for the nurse rostering problem. *European Journal of Operational Research*, Volume 188, pp. 330-341.
- Cappanera, P. & Gallo, G., 2004. A multicommodity flow approach to the crew rostering problem. *Operations Research*, Volume 52, pp. 583-596.
- Centro Nacional de TeleSaúde, 2017. *TeleSaúde*. [Online] Available at: <http://www.cnts.min-saude.pt/category/telessaude/definicao/> [Acedido em 11 Dezembro 2018].
- Chen, B., 2000. *Staffing levels at the Auckland Police Communication Centre, Technical Report*. Department of Engineering Science, University of Auckland.
- Clark, A. R. & Walker, H., 2011. Nurse rescheduling with shift preferences and minimal disruption. *Journal of Applied Operational Research*, Volume 3 (3), pp. 148-162.
- Cordeau, J. F., Laporte, G., Pasin, F. & Ropke, S., 2010. Scheduling technicians and tasks in a telecommunications company. *Journal of Scheduling*, Volume 13, pp. 393-409.
- Dantzig, G. B., 1954. A comment on Edie's "Traffic delays at toll booths". *Journal of the Operations Research Society of America*, Volume 2, pp. 339-341.

- Dietz, D. C., 2011. Practical scheduling for call centres operations. *Omega*, Volume 39, pp. 550-557.
- Ernst, A., Jiang, H., Krishnamoorthy, M. & Sier, D., 2004. Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, Volume 123, pp. 3-27.
- Frances, M. A., 1966. Implementing a program of cyclical scheduling of nursing personnel. *Journal of American Hospital Administration*, Volume 40, pp. 108-125.
- Howell, J. P., 1966. Cyclical Scheduling of Nursing Personnel. *Journal of American Hospital Administration*, Volume 40, pp. 77-85.
- Ingolfsson, A., Campello, F., Wu, X. & Cabral, E., 2010. Combinig integer programming and the randomization method to schedule employees. *European Journal of Operational Research*, Volume 202, pp. 153-163.
- Kitada, M. & Morizawa, K., 2013. A heuristic method for nurse rerostering problem with a sudden absence for several consecutive days. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 3.
- Kostreva, M. & Genevier, P., 1989. Nurse preferences vs. circadian rhythms in scheduling. *Nursing Management*, Volume 20, pp. 50-62.
- Lezaun, M., Perez, G. & Maza, E. S., 2010. Staff rostering for the station personnel of a railway company. *Journal of the Operational Research Society*, Volume 61, pp. 1104-1111.
- Li, X., Wei, K., Aneja, Y., Tian, P. & Cui, Y., 2017. Matheuristics for the single-path design-balanced service network design problem. *Computers & Operations Research*, Volume 77, pp. 141-153.
- Maenhout, B. & Vanhoucke, M., 2018. A perturbation matheuristic for the integrated personnel shift and task re-scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, Volume 269, pp. 806-823.
- Moz, M., 2003. *Técnicas de investigação operacional aplicadas a um problema de escalonamento de pessoal em contexto hospitalar*. Tese de Doutoramento em Matemática Aplicada à Economia e à Gestão: Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Moz, M. & Pato, M., 2003. An integer multicommodity flow model applied to the rerostering of nurse schedules. *Annals of Operations Research*, Volume 119, pp. 285-301.
- Moz, M. & Pato, M., 2007. A genetic algorithm approach to a nurse rerostering problem. *Computers and Operations Research*, Volume 34, pp. 667-691.
- Pato, M. & Moz, M., 2008. Solving a bi-objective nurse rerostering problem by using a utopic Pareto genetic heuristic. *Journal of Heuristics*, Volume 14, pp. 359-374.
- Pereira, A., 2014. *Escalonamento de pessoal - casos de estudo em Call Centres*. Projeto de Tese de Doutoramento em Matemática Aplicada à Economia e à Gestão: Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa .
- Pryce, J., Nielsen & Nielsen, K., 2006. Evaluation of an open-rota system in a Danish psychiatric hospital: a mechanism for improving job satisfaction and work-life balance. *Journal of Nursing Management*, Volume 14 (4), pp. 282-288.

- Qi, X. T. & Bard, J. F., 2006. Generating labor requirements and rosters for mail handlers using simulation and optimization. *Computers and Operations Research*, Volume 33, pp. 2645-2666.
- Respício, A., Moz, M., Pato, M. V., Somensi, R. & Flores, C. D., 2018. A computational application for multi-skill nurse staffing in hospital units. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, Volume 18 (53), pp. 2-9.
- Rocha, J., 2015. *Reescalamento de equipas de atendimento permanente - Caso prático em telecomunicações*. Trabalho Final de Mestrado em Métodos Quantitativos para a Decisão Económica e Empresarial: Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Rothstein, M., 1973. Hospital manpower shift scheduling by mathematical programming. *Health Services Research*, Volume 8 (1), pp. 60-66.
- Roubous, A. & Jouini, O., 2013. Call Centers with hiperexponential patience modeling. *International Journal of Productions Economic*, Volume 141, pp. 307-315.
- Serviço Nacional de Saúde, 2017. *Transparência*. [Online] Available at: <https://transparencia.sns.gov.pt/explore/dataset/centro-de-atendimento-do-servico-nacional-de-saude-saude-24/table/?sort=tempo> [Acedido em Abril 2019].
- Simão, H., 2009. *Estudo descritivo do perfil de utilizador da linha saúde 24 com análise de impacto ao nível da eficiência, equidade e empowerment em comparação com o modelo inglês NHS Direct*. Tese de Mestrado em Gestão em Saúde: Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa.
- Sistema Nacional de Saúde, 2017. *SNS 24 - Centro de Contacto - Serviço Nacional*. [Online] Available at: <http://sns24.gov.pt/> [Acedido em 11 dezembro 2018].
- Warner, D. M., 1976. Scheduling nursing personnel according to nursing preference: a mathematical programming approach. *Operations Research*, Volume 24, pp. 842-856.
- Weil, G., Heus, K., François, P. & Poujade, M., 1995. Constraint programming for nurse scheduling. *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, Volume 14, pp. 417-422.
- Wickert, T. I., Smet, P. & Berghe, G. V., 2018. The nurse rostering problem: strategies for reconstructing disrupted schedules. *Computers and Operations Research*, Volume 104, pp. 319-337.

7 Anexos

ANEXO I – MATRIZES DE PREFERÊNCIAS E OUTPUTS DOS MODELOS DE ESCALONAMENTO

Dia	2ª Feira				3ª Feira				4ª Feira				5ª Feira				6ª Feira				Sábado				Domingo						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Enfermeiros não seniores	1	1	1	1000	10	1	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1000	1000	1	1	1000	1000	1000	1	1	1	10	1000		
	2	1	1	1000	1	1	10	10	1	1	10	10	1	10	10	10	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1000	1000	
	3	10	10	10	1	1	10	10	1	1	10	10	1	10	10	10	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	4	10	10	10	1000	1	10	10	1	1000	1000	10	1	10	10	10	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	5	10	10	10	1	1	10	10	1	1000	1000	10	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	
	6	10	10	10	1	1	1	1000	10	1000	1000	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	
	7	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1000	1000	1	10	10	1	
	8	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1	1000	1000	1	10	10	1	1	1	
	9	1	1	1	1000	10	1	1	1	1	1	10	10	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	10	1	1	1000	10	10	1000	1	1	1	1	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	11	1	1	1	1000	10	1	1	1	1	1	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	
	12	1	1	1000	10	10	1	1	1	1	1	1	1000	10	1000	10	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	10	10	
	13	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1000	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	
	14	10	10	1	1	1000	1	1	1	1	1	10	1	1	1000	10	1	1000	10	1	1000	1	1	1	1	1	1	10	10	10	
	15	10	10	1	1000	10	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	16	1	10	1	1000	10	1	1	1	1	1	1	1000	1	1	1	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	17	1	10	10	1000	10	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	18	1	10	10	1000	1	1	1000	1	1	1	1	10	1	1	1	10	10	1	1	10	10	1	1	1000	1000	1	1000	1	1	
	19	1	10	10	1000	1000	1000	1	1	1	1	1	10	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1000	1000	1	1000	1	
	20	1	1000	10	10	1000	1000	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1000	1000	1	1000	1	
	21	1	1000	1000	1	1	10	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1	1	1	10	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	
	22	10	1000	1000	1	1000	1000	1	10	1	10	10	1	1	1	10	10	1	1	1	10	10	1	1	1	1	10	1000	1000	1	
	23	10	1000	1000	1	1000	1000	1	10	1	10	10	1	1000	1000	1000	1	1	1	10	10	1	1	1	1	10	1000	1000	1	1	
	24	10	1000	1000	1	1000	1000	1	10	1	10	1	1	1000	1000	1000	1	1	1	1	10	10	1	1	10	1000	1000	1	1	1	
	25	10	1000	1000	1	1	1	1000	10	1	1000	1	1	1	1	1	1	1000	1000	10	1	10	1	1	10	1	1	1	1	10	
	26	1	1	1	1	1	1	1000	1	1	1000	1	1	1	1	1	1000	1000	10	1	10	1000	1000	10	1	10	1000	1000	1	1	
	27	1	1000	1	1	1000	10	10	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1000	1000	10	1	1	1000	1000	1	1	1	1	1	10	
	28	1	1000	10	1	1000	10	10	1	1	1	1	1	10	10	1000	1	1000	1000	1	10	1	1	1000	1000	1	1	10	10	10	
	29	1	1000	10	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	1000	1	1	10	10	1	1	1000	1000	1	1	1000	1000	1	10	
	30	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	10	10	1	1	1	10	10	1	1	1000	1000	1	
Enfermeiros seniores	31	1	10	1	1	1000	10	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1000	10	1	1	1	1	1	10	10		
	32	1	10	1	1	1	1	1	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1000	10	1	1	1	1	1	1000	10	
	33	1	1	1000	1	1	1	1	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1000	10	1	1000	1	1	1	1	1	
	34	1	1	10	1	1	1	1000	10	1	1000	1	1	1	1000	1000	1	1	1	1000	10	1	1	1	1000	1	1000	1	1	1	
	35	1	1	10	1	1	1	10	10	1	1	1	10	1	1	1000	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1000	1	1000	1	1	
	36	1	1	10	1	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1000	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1000	10	1	1000	1	
	37	1000	1000	1000	1000	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1000	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	1	
	38	1000	1000	1000	1000	1	1	1	1	10	1	1	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	
	39	1	10	10	1	1	1	10	10	1	1	1	10	10	1	1	1	1	10	1000	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	40	1	10	10	1	1000	1000	1000	1	1	1	1	10	10	1	1	1	1	10	1000	1000	1	1	1	1	1	1	10	10	10	
	41	1	10	1	1	1000	1000	1000	1	1	1	1	1	10	1	1	1	10	10	1000	1000	1	1	1	10	10	1	1	10	10	
	42	1	1000	1	1	1	1	1	1	1000	1000	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	10	1000	1000	1000	1	1	1	10	10	
	43	1	1000	1	1	1	1	1000	10	1000	1000	10	1	10	1000	1000	1	1	1	1	10	1000	1000	1000	1	1	1	1	1	1	
	44	1	1000	1	1	1	1	1	1	1000	1000	10	1	1	1000	1000	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1000	1000	10	1	1	
	45	1	1	1	1	10	10	1000	1	1000	1000	1	10	1	1	1000	1000	1	10	10	10	1	1	1000	10	1000	1000	10	1	1	
	46	1	1	1	1	10	10	1000	1	1	10	10	1	10	1	1000	1000	1	1000	1000	10	1	1000	10	1	1	1	1	1	1000	
	47	1	1	1	1	10	10	1	1	1	10	10	1	10	1	1000	1000	1	1000	1000	10	1	1000	1000	10	1	1000	1	1	1	
	48	10	10	1	1	1000	1	1	1	1	1	10	1	1000	10	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	1	
	49	10	10	1	1000	10	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1000	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	50	1	10	1	1000	10	1	1	1	1	1	1	1000	1	1	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Figura 8. Matriz de preferências considerada no cenário 1 (4 turnos diários)

Dia		2ª Feira					3ª Feira					4ª Feira					5ª Feira					6ª Feira					Sábado					Domingo					Turnos a trabalhar
Turno		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Enfermeiros não seniores	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5		
	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3		
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	5	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3		
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3		
	8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5		
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4		
	10	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5		
	11	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5		
	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4		
	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	
	14	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	
	15	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	16	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	
	18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	
	19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	
	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	5	
	22	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	
	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	
	26	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	
	27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
	29	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
	30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
Enfermeiros seniores	31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3		
	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	34	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	
	35	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	36	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	
	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	43	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	44	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	46	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	
	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	
	48	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Enfermeiros não seniores afetos		1	5	6	5	3	1	5	5	4	3	1	5	5	4	3	1	5	5	4	3	1	5	5	3	3	1	5	5	4	3	1	5	5	5	3	
Enfermeiros seniores afetos		1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	

Figura 12. Output do modelo de escalonamento do cenário 3

ANEXO II - MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROGRAMA

Início

O presente manual visa fornecer ao utilizador toda a informação necessária para poder usufruir do programa de geração de escalas de trabalho do pessoal de enfermagem.

Ao abrir o ficheiro “Programa de Escalonamento de Pessoal”, na folha “Início”, são apresentados ao utilizador três botões: “1. Inserir dados”, “2. Preencher tabela de preferências”, “3. Gerar escalonamento”, como é possível verificar na Figura 17. Os botões encontram-se numerados para que o utilizador facilmente identifique a sequência de passos a seguir.

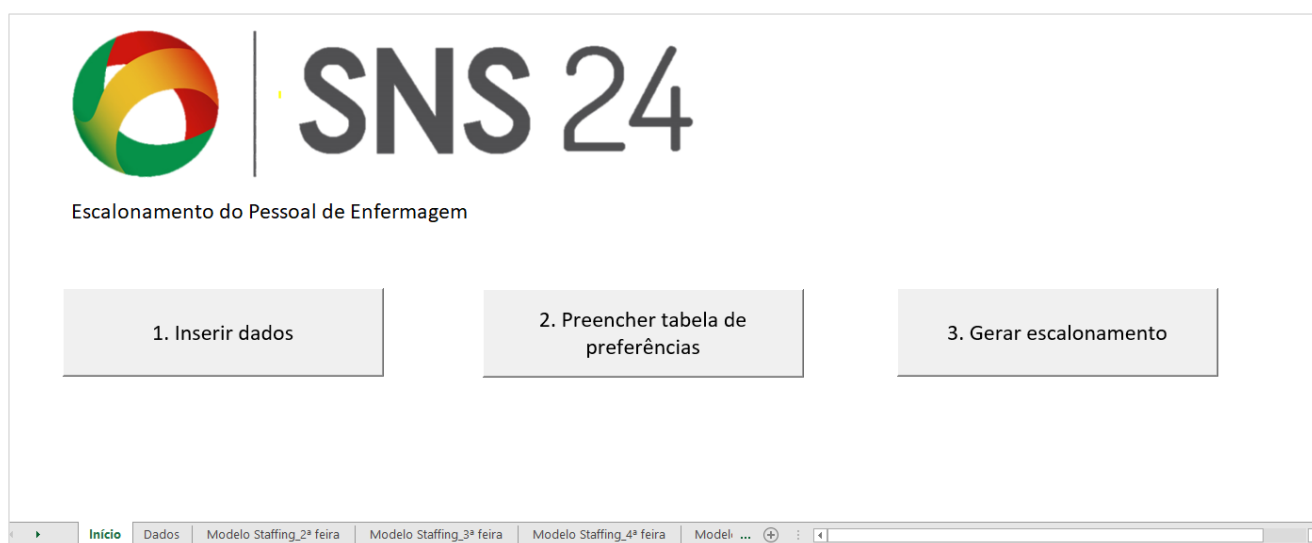


Figura 17. Folha inicial do programa

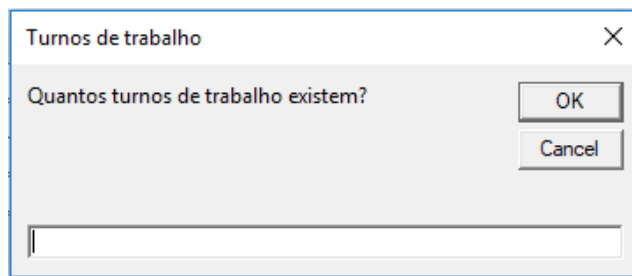
Ao pressionar:

- “1. Inserir dados”, o utilizador será encaminhado para a folha “Dados”, onde deve introduzir os dados relevantes para a resolução do problema (ver páginas XI e XII);
- “2. Preencher tabela de preferências” será apresentada a folha “Matriz de Preferências” onde o utilizador deverá inserir as preferências por turnos/dias de trabalho dos colaboradores (páginas XIII e XIV);
- “3. Gerar escalonamento” o programa vai resolver o problema de escalonamento, de acordo com os dados expostos pelo utilizador e, na folha “Modelo de Escalonamento”, surgirá a solução encontrada, ou seja, o plano de escalas do pessoal de enfermagem do SNS 24 (página XV).

Nota: Antes de pressionar 3, o utilizador deverá instalar o OpenSolver (<https://opensolver.org/installing-opensolver/>) um suplemento do Excel, para conseguir obter resultados.

Dados

Como mencionado anteriormente, para iniciar o processo, o botão “1. Inserir dados” deverá ser pressionado. Ao ser encaminhado para a folha “Dados”, será apresentada ao utilizador uma caixa de texto onde lhe é pedido o número de turnos de trabalho existentes (Figura 18). Caso seja introduzido um carácter não numérico, aparecerá uma caixa de texto com uma mensagem de erro. O utilizador deverá pressionar o botão “End”, voltar ao menu inicial e reiniciar o processo.



Turnos de trabalho

Quantos turnos de trabalho existem?

OK

Cancel

Figura 18. Caixa de texto com nº de turnos de trabalho

Ao inserir a resposta na caixa de texto, a tabela “Dados dos turnos” (Figura 19) será automaticamente formatada, ficando numerados os turnos e sombreadas as células que o utilizador deverá preencher de acordo com o número de turnos existentes. Para cada turno (em cada coluna), o utilizador deve inserir:

- A designação (linha 17);
- A duração (em horas, linha 19);
- A hora de início (em horas, linha 20);
- O número mínimo de enfermeiros (não seniores) em cada turno (linha 22);
- Salário dos enfermeiros (não seniores) por hora em cada turno (linha 24).

A hora em que o turno termina (linha 21), o número mínimo de enfermeiros seniores em cada turno (linha 23) e o salário dos enfermeiros seniores por hora (linha 25) são calculados automaticamente.

	A	B	C	D	E	F
16						
17	Dados dos turnos					
18	t	1	2	3	4	5
19	Duração do turno (horas)					
20	Hora de início					
21	Hora de fim					
22	Nº mínimo de enfermeiros no turno					
23	Nº mínimo de seniores no turno					
24	Salário dos enfermeiros por hora no turno					
25	Salário dos seniores por hora no turno					

Figura 19. "Dados dos turnos"

Na tabela relativa à procura (Figura 20), o utilizador deverá introduzir o número médio de chamadas que é expectável receber em cada dia da semana no período do planeamento (coluna B). A repartição

do número total de chamadas por cada tipo de chamada (colunas C a F) e a sua duração média em horas (linha 15) estão pré-definidos. No entanto, caso se alterem, o utilizador poderá atualizá-los.

Com o preenchimento da tabela, o utilizador ficará a conhecer o número de horas de trabalho necessário para satisfazer a procura (coluna G).

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Call Centre SNS 24						
3							
4	Nº Chamada/Tipo de Chamada Dias	Nº Médio de Chamadas Recebidas	Triagem, Aconselhamento e Encaminhamento	Informação Geral de Saúde	Assistência em Saúde Pública	Encaminhamento para outros Centros de Contacto	Nº horas de trabalho necessárias
5	2ª Feira		0	0	0	0	0
6	3ª Feira		0	0	0	0	0
7	4ª Feira		0	0	0	0	0
8	5ª Feira		0	0	0	0	0
9	6ª Feira		0	0	0	0	0
10	Sábado		0	0	0	0	0
11	Domingo		0	0	0	0	0
12	TOTAL	0	0	0	0	0	0
14							
15	Duração Média das Chamadas (horas)		0,213	0,083	0,083	0,075	

Figura 20. Tabela com a procura expectável

O utilizador deve ainda indicar o número de enfermeiros disponíveis, seniores e não seniores (linhas 28 e 29), e o número de dias do planeamento de escalas (linha 32), como se ilustra na Figura 21.

	A	B	C	D	E	F
27						
28	Nº Enfermeiros existentes:		Voltar ao Início			
29	Nº Enfermeiros seniores existentes:					
30	Nº Total de enfermeiros:					
31						
32	Nº Dias do Planeamento:					

Figura 21. Tabelas referentes ao pessoal de enfermagem e aos dias do planeamento

Depois de preenchidas todas as tabelas, o utilizador deverá pressionar no botão “Voltar ao Início”.

Matriz de Preferências

O segundo passo coincide com o preenchimento da tabela de preferências dos enfermeiros. Para tal, o utilizador deverá premir o botão “2. Preencher tabela de preferências”, no menu inicial.

Na folha “Matriz de Preferências”, o utilizador pode optar por limpar os dados da tabela, pressionando “Limpar Matriz”, ou por aproveitar os valores já contidos na tabela. Só podem ser inseridos na tabela os seguintes valores:

- 1, se o colaborador tiver preferência em ser afeto a um determinado turno de um determinado dia;
- 10, se o colaborador preferir não ser afeto a um determinado turno de um determinado dia;
- 1000, se o colaborador não puder ser afeto a um determinado turno de um determinado dia.

As dimensões da tabela vão depender do número de turnos de trabalho, do número de dias do planeamento e do número de enfermeiros necessários ao escalonamento. O dimensionamento da mesma é feito de forma automática, pelo que, quando o utilizador acede à folha da matriz, a tabela já terá as métricas corretas.

Para um cenário constituído por quatro turnos diários onde se consideram cinquenta enfermeiros, dos quais vinte são seniores, a formatação da matriz de preferências coincide com a da Figura 22.

Dia	2ª Feira				3ª Feira				4ª Feira				5ª Feira				6ª Feira				Sábado				Domingo							
Turno	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Enfermeiros não seniores	1																															
	2																															
	3																															
	4																															
	5																															
	6																															
	7																															
	8																															
	9																															
	10																															
	11																															
	12																															
	13																															
	14																															
	15																															
	16																															
	17																															
	18																															
	19																															
	20																															
	21																															
	22																															
	23																															
	24																															
	25																															
	26																															
	27																															
	28																															
	29																															
	30																															
Enfermeiros seniores	31																															
	32																															
	33																															
	34																															
	35																															
	36																															
	37																															
	38																															
	39																															
	40																															
	41																															
	42																															
	43																															
	44																															
	45																															
	46																															
	47																															
	48																															
	49																															
	50																															

Voltar ao Início Limpar Matriz

Figura 22. Matriz das preferências para o cenário descrito

Depois de preenchida a matriz, o utilizador deverá carregar no botão “Voltar ao Início”.

Gerar o Escalonamento

Por último, o utilizador deve carregar no botão do menu inicial “3. Gerar escalonamento”. Ao fazê-lo, na folha “Modelo de Escalonamento”, será apresentado o plano de escalas do pessoal de enfermagem, de acordo com os dados inseridos.

À semelhança da matriz de preferências, também a tabela de *output* é dimensionada de modo automático, apresentando-se já com o dimensionamento correto quando mostrada ao utilizador.

Para o cenário anteriormente considerado (composto por quatro turnos diários e cinquenta enfermeiros), a formatação do *output* do modelo de escalonamento corresponde ao da Figura 23, no qual os turnos com o número “1” correspondem aos turnos a que cada colaborador é afeto na semana considerada.

Dia	2ª Feira				3ª Feira				4ª Feira				5ª Feira				6ª Feira				Sábado				Domingo				Turnos a trabalhar		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2
Enfermeiros não seniores	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	12	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	28	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enfermeiros seniores	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	36	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	44	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	45	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	49	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Enfermeiros não seniores afetos	1	5	5	2	1	5	3	2	1	5	4	2	1	5	3	2	1	5	3	2	1	5	4	2	1	5	4	2	1	5	
Enfermeiros seniores afetos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Figura 23. Tabela de *output* do modelo de escalonamento para o cenário descrito