



# **Otimização dos Turnos num Quartel de Bombeiros: um estudo de caso**

**Ana Rita Barbosa da Silva**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
para obtenção do Grau de Mestre em Logística

**Orientada por: Professora Doutora Ângela Silva e  
Professora Doutora Helena Sofia Rodrigues**

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri.

Valença, julho de 2023





# **Otimização de Turnos num Quartel de Bombeiros: um estudo de caso**

**Ana Rita Barbosa da Silva**

**Orientada por: Professora Doutora Ângela Silva e  
Professora Doutora Helena Sofia Rodrigues**

Valença, julho de 2023

## Resumo

O mundo através da globalização tem tido evoluções notáveis, no entanto isso também acarreta maior responsabilidade para com a sociedade e para com as suas necessidades.

Existem cada vez mais desastres naturais, mais acidentes rodoviários, incêndios, entre outras tragédias diárias, que causam vítimas, bem como danos em diversas infraestruturas. Em todas estas situações, a associação que está na linha da frente são os bombeiros. As corporações de bombeiros estão presentes não só para socorrer, como também precaver diversas situações, através de ações de sensibilização junto da população.

Os bombeiros representam, atualmente em Portugal, o maior agente de proteção civil, estando presentes na maior parte das operações que acontecem.

Foi através do Quartel de Bombeiros Voluntários de Paredes, que a realização deste trabalho se baseou, tomando por base a estrutura laboral dos mesmos. Para os estudos e simulações realizadas apenas foram considerados os bombeiros profissionais, visto que no Quartel referido existem, tanto bombeiros profissionais, como voluntários. No entanto, devido à importância, aos custos e, visto que a maior parte do tempo útil de trabalho no quartel, é garantido pelos bombeiros profissionais, a maior ênfase foi dada aos profissionais da corporação.

O principal objetivo deste trabalho é a minimização do número de bombeiros profissionais no quartel. No entanto, ao longo do trabalho também foram desenvolvidos novos padrões de escalas para que seja possível assegurar o serviço em momentos em que exista algum tipo de falha, ausência ou pico de trabalho.

Para que o objetivo do trabalho fosse conseguido, o foco foi a adaptação e aplicação da programação linear, de forma a conseguir otimizar o número de bombeiros necessários no quartel. O *solver*, através do *Excel*, foi a ferramenta utilizada para resolver os problemas de programação linear.

**Palavras-Chave:** Escalonamento de turnos; Quartel de Bombeiros; Programação Linear; Turnos.

## **Abstract**

The world, through globalization, has had notable evolutions, however this also entails greater responsibility towards society and towards its needs.

There are more and more natural disasters, more road accidents, fires, among other daily tragedies, which cause victims, as well as damage to various infrastructures. In all these situations, the association that is at the forefront are the firefighters. The fire brigades are present not only to help, but also to prevent different situations, through awareness actions among the population.

Firefighters currently represent the largest civil protection agent in Portugal, being present in most of the operations that take place.

It was through the Volunteer Fire Station of Paredes, that the realization of this work was based, based on the work structure of the same ones. For the studies and simulations carried out, only professional firefighters were considered, since in the mentioned barracks there are both professional firefighters and volunteers. However, due to the importance, costs and, since most of the working time at the fire station is guaranteed by professional firefighters, the greatest emphasis was given to the corporation's professionals.

The main objective of this work is to minimize the number of professional firefighters in the fire station. However, throughout the work, new scale standards were also developed so that it is possible to ensure the service at times when there is some type of failure, absence or work peak.

In order for the objective of the work to be achieved, the focus was on adapting and applying linear programming, in order to optimize the number of firefighters needed in the barracks. The solver, through Excel, was the tool used to solve linear programming problems.

**Keywords:** Shift scheduling; Fire station; Linear Programming; Shifts.

## Resumen

El mundo, a través de la globalización, ha tenido evoluciones notables, sin embargo esto también conlleva una mayor responsabilidad hacia la sociedad y hacia sus necesidades.

Cada vez son más las catástrofes naturales, los accidentes de tráfico, los incendios, entre otras tragedias cotidianas, que provocan víctimas, así como daños en diversas infraestructuras. En todas estas situaciones, la asociación que está al frente son los bomberos. Los cuerpos de bomberos están presentes no solo para ayudar, sino también para prevenir diferentes situaciones, a través de acciones de concientización entre la población.

Los bomberos representan en la actualidad el mayor agente de protección civil de Portugal, estando presentes en la mayoría de los operativos que se desarrollan.

Fue a través del Cuartel de Bomberos Voluntarios de Paredes, que se basó la realización de esta obra, partiendo de la estructura de trabajo de los mismos. Para los estudios y simulacros realizados se consideró únicamente a los bomberos profesionales, ya que en el mencionado cuartel se encuentran tanto bomberos profesionales como voluntarios. Sin embargo, debido a la importancia, los costos y dado que la mayor parte del tiempo de trabajo en la estación de bomberos está garantizado por bomberos profesionales, se dio mayor énfasis a los profesionales de la corporación.

El principal objetivo de este trabajo es minimizar el número de bomberos profesionales en el parque de bomberos. Sin embargo, a lo largo de la obra también se desarrollaron nuevos estándares de escala para que sea posible asegurar el servicio en los momentos en que se presente algún tipo de falla, ausencia o pico de trabajo.

Para lograr el objetivo del trabajo, se enfocó en la adaptación y aplicación de la programación lineal, con el fin de optimizar el número de bomberos necesarios en la estación de bomberos. El solucionador, a través de Excel, fue la herramienta utilizada para resolver problemas de programación lineal.

**Palabras-Clave:** programación de turnos; Estación de bomberos; Programación lineal; Turnos.

## **Agradecimentos**

A realização desta dissertação não seria possível sem o apoio e influência de algumas pessoas, a quem devo um especial reconhecimento.

Primeiramente, aos meus pais, José António e Maria José, bem como ao meu irmão João. Agradeço todo o encorajamento e apoio transmitido neste trajeto académico. Agradecer também por todos os sacrifícios que fizeram por mim durante este período, sem dúvida, foram o maior suporte a todos os níveis

Agradeço ao meu namorado Sérgio por todo o carinho, apoio e paciência, por estar sempre do meu lado, motivando-me mesmo quando já não acreditava ser possível e por estar sempre disponível para ouvir as minhas inquietações.

À minha amiga Catarina por me apoiar sempre, nunca me ter permitido desistir e me ajudar em todas as situações.

Agradeço à Professora Doutora Helena Sofia Rodrigues e Professora Doutora Ângela Silva, pela confiança, acompanhamento e pela dedicação, permitindo-me ultrapassar todos os desafios e obstáculos.

Agradecer ao Quartel de Bombeiros Voluntários de Paredes, em especial ao Adjunto de Comando Vítor Martins, por me apoiar neste projeto, ajudando-me em todas as questões que foram surgindo.

# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>x</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>1</b>
Enquadramento .....	1
Objetivos gerais .....	2
Estrutura da dissertação.....	2
<b>Capítulo I - Escalonamento de turnos de bombeiros profissionais num quartel de bombeiros utilizando programação linear: uma abordagem aos dias de trabalho</b> .....	<b>4</b>
1.1. Introdução .....	4
1.2. Revisão de Literatura.....	5
1.2.1. Bombeiros Voluntários.....	5
1.2.2. Trabalho por Turnos .....	6
1.3. Metodologia .....	6
1.3.1. Quartel dos Bombeiros Voluntários de Paredes.....	7
1.3.2. Programação Linear .....	7
1.4. Aplicação do Estudo: Formulação do Problema.....	8
1.5. Análise dos Resultados .....	9
1.5.1. Relatório de resposta.....	9
1.5.2. Relatório de sensibilidade.....	10
1.5.3. Relatório de limites .....	11
1.6. Conclusões e trabalho futuro .....	11
Bibliografia .....	12
<b>Capítulo II - Modelação e simulação de escalonamento de equipas num quartel de bombeiros</b> .....	<b>13</b>
2.1. Introdução .....	13
2.2. Revisão de Literatura.....	15
2.2.1. Bombeiros voluntários- Entidades detentoras e tipologia.....	15
2.2.2. Trabalho por Turnos .....	15
2.2.3. Risco do trabalho por turnos.....	16
2.2.4. Trabalho em equipa .....	17
2.2.5. Bombeiros Voluntários de Paredes .....	17
2.3. Metodologia de Resolução .....	22
2.3.1. Metodologia .....	22
2.3.2. Modelo matemático.....	22
2.4. Conclusões .....	30
Bibliografia .....	32
<b>Capítulo III - Minimização do número de bombeiros necessários através de vários padrões</b> .....	<b>34</b>
3.1. Introdução.....	34



3.2. Revisão de Literatura.....	35
3.2.1. Trabalho por Turnos .....	35
3.2.2. Efeitos do trabalho por turnos.....	36
3.2.3. Estratégias de Intervenção .....	37
3.2.4. <i>Work Life Balance</i> .....	37
3.2.5. Problema de escalonamento .....	38
3.3. Metodologia de Resolução .....	39
3.3.1. Metodologia .....	39
3.3.2. Enquadramento .....	39
3.3.3. Modelo de Programação Linear .....	40
3.4. Conclusões .....	44
Bibliografia .....	44
<b>Conclusões e Limitações.....</b>	<b>46</b>
Conclusões .....	46
Limitações.....	47
<b>Apêndice I – Restrições do Modelo no Solver do Capítulo 1 .....</b>	<b>48</b>
<b>Apêndice II – Relatório de Resposta do Capítulo 1 .....</b>	<b>48</b>
<b>Apêndice III – Relatório de Sensibilidade do Capítulo 1 .....</b>	<b>49</b>
<b>Apêndice IV – Relatório de Limites do Capítulo 1 .....</b>	<b>49</b>
<b>Apêndice V – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário A.....</b>	<b>50</b>
<b>Apêndice VI – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário B.....</b>	<b>51</b>
<b>Apêndice VII – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário C.....</b>	<b>52</b>
<b>Apêndice VIII – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário D.....</b>	<b>54</b>
<b>Apêndice IX – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário E.....</b>	<b>55</b>
<b>Apêndice X – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 1 (NTMmF).....</b>	<b>56</b>
<b>Apêndice XI – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 2 (NNTMF).....</b>	<b>58</b>
<b>Apêndice XII – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 3 (NTTMF).....</b>	<b>59</b>
<b>Apêndice XIII – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 4 (TTMMF).....</b>	<b>61</b>
<b>Apêndice XIV – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 5 (TTTMF).....</b>	<b>62</b>
<b>Apêndice XV – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 6 (NTMMF).....</b>	<b>64</b>
<b>Apêndice XVI – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 7 (TMMMF).....</b>	<b>65</b>
<b>Apêndice XVII – Modelo Solver do Capítulo 3 – Restrições e Soluções Finais.....</b>	<b>67</b>

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação da solução do Solver com a realidade.....	10
Tabela 2 – Escala da Equipa de Call Center.....	18
Tabela 3 – Escala da Equipa Transporte Doentes não Urgentes .....	19
Tabela 4 – Escala da Equipa Ambulância de Socorro .....	20
Tabela 5 – Escala equipa Bombeiros Voluntários .....	21
Tabela 6 – Horários das Equipas de Bombeiros por cenário estudado .....	24
Tabela 7 – Caraterísticas da Simulação do Cenário A.....	25
Tabela 8 – Soluções Solver do Cenário A.....	25
Tabela 9 – Caraterísticas da Simulação do Cenário B.....	26
Tabela 10 – Soluções Solver Cenário B.....	26
Tabela 11 – Caraterísticas da Simulação do Cenário C.....	27
Tabela 12 - Soluções Solver do Cenário C .....	28
Tabela 13 – Caraterísticas da Simulação do Cenário D.....	29
Tabela 14 – Soluções Solver do Cenário D.....	29
Tabela 15 – Caraterísticas da Simulação do Cenário E.....	30
Tabela 16 - Soluções Solver do Cenário E.....	30
Tabela 17 – Caraterísticas do Cenário B.....	40
Tabela 18 - Solução variáveis capítulo 3.....	43

# Introdução

## Enquadramento

As necessidades das organizações trabalharem de forma contínua todos os dias tem-se tornado cada vez mais uma realidade, em Portugal e no mundo. No entanto, as consequências que esta situação traz para os trabalhadores são muitas e com diversos riscos. Desta forma, é importante fazer um bom planeamento, tendo vários fatores em consideração.

Ter em consideração aspetos legais, vida pessoal do funcionário e garantir todos os serviços necessários é uma tarefa complexa. Desta forma, um incorreto planeamento pode ter diversas consequências negativas tanto para o colaborador, na sua vida pessoal e social, como para a organização.

A dificuldade de distribuição de recursos humanos por turnos é uma realidade cada vez mais presente, pelas necessidades da população, principalmente quando se fala de cuidados de saúde.

É indiscutível a importância dos bombeiros na sociedade, só através deles é que é possível assegurar a segurança e proteção das pessoas e dos seus bens. Desde logo pelas ações de socorro, que estão aptos a garantir, seja em acidentes rodoviários, combate a incêndios, bem como desastres naturais. A emergência pré-hospitalar e o transporte de doentes não urgentes também se revelam essenciais na primeira linha de socorro à população.

Além das ações de socorro, os bombeiros trabalham também em ações de prevenção, cooperando para deixar a sociedade mais sensibilizada a riscos, incêndios e acidentes que possam ocorrer. Olhando para uma vertente mais social, os bombeiros também estão presentes, seja em festas populares, manifestações, ou até mesmo em eventos de cultura.

O trabalho por turnos tem como consequência a alteração de ritmos e ciclos do dia a dia, principalmente quando os turnos são noturnos, visto que o sono sofre uma total desregulação. O cansaço psicológico tem um impacto direto na saúde física e no desempenho individual, tanto social como profissionalmente. Quando falamos dos bombeiros esta questão torna-se ainda mais significativa, pelos riscos físicos e psicológicos a que os profissionais estão expostos no exercício das suas funções, lidando diariamente com situações de stress intenso.

A profissão de bombeiro implica alterações do sono, e exposição a riscos físicos e psicológicos. Além disso, devido às situações de emergências que ocorrem a qualquer hora do dia e, muitas vezes, sem estarem previstas, os bombeiros vêm-se privados das suas horas de sono.

Desta forma, o modo de construção dos turnos deverá ser uma questão corretamente analisada, para evitar situações em que a capacidade de resposta do bombeiro é colocada em causa, pelo baixo número de horas de sono, ou pelo cansaço que o mesmo irá sentir, evitando também que a

capacidade de gestão de stress não seja afetada, tal como a qualidade do seu tempo livre. É essencial que a integridade física dos profissionais não seja colocada em causa.

### **Objetivos gerais**

O presente trabalho surge com o principal objetivo de otimizar o escalonamento de turnos num quartel de bombeiros Voluntários, especificamente do concelho de Paredes, através de um modelo de programação linear. Pretende-se otimizar os turnos, que atualmente se encontram em funcionamento, no Quartel de Bombeiros Voluntários de Paredes, primeiramente fazendo apenas uma melhor organização dos bombeiros e, posteriormente, estudando novos padrões de turnos que se possam enquadrar e fazer sentido para os Bombeiros em análise.

Para isso, recorreu-se a uma abordagem simples inicialmente, apenas para perceber se existia a possibilidade de diminuir o número de bombeiros necessários, desenvolvendo de forma mais complexa a otimização nos capítulos seguintes. Nesta primeira abordagem apenas foram considerados os dias úteis e não foi feito qualquer tipo de distinção entre as várias equipas e funções dos bombeiros.

De seguida, a abordagem passa por analisar o número de bombeiros que seriam necessários para garantir um serviço de máxima qualidade e rápida resposta para o concelho. Foram analisados vários cenários, com diferentes horários e diferentes capacidades de resposta, tendo em conta as equipas disponíveis.

Finalmente, e pensando na possibilidade de haver faltas ou licenças dos bombeiros conhecidas atempadamente, estudou-se a possibilidade do uso de vários padrões de escalonamento com vista a perceber qual o número mínimo de bombeiros possível, mesmo havendo ausências no quartel.

### **Estrutura da dissertação**

O trabalho está dividido em três principais capítulos, que foram desenhados de forma independente, mas interligados. Desta forma, cada capítulo pretendeu dar resposta de forma encadeada à pergunta geral da dissertação. Adicionalmente cada capítulo foi/será submetido para publicação em revistas científicas.

No primeiro capítulo, é feita uma abordagem inicial à otimização do número de bombeiros tendo em conta os horários e equipas já existentes no quartel dos Bombeiros Voluntários de Paredes apenas nos dias úteis. Não são tidos em consideração os fins de semana, nem as exigências de cada uma das equipas. É apresentada a revisão de literatura relativa à importância dos bombeiros e ao trabalho por turnos, bem como a primeira abordagem à modelação de programação linear para um problema de escalonamento. As conclusões retiradas através do package Solver do Excel são também apresentadas. Este capítulo foi apresentado na conferência internacional ICOTEM23 -

*International Conference on Technology Management and Operations*, e os resultados da investigação foram aceites para publicação nos *proceedings* da mesma conferência.

No segundo capítulo houve uma mudança de estratégia. Tendo em conta que o quartel de Paredes é bastante pequeno, a margem de trabalho para adotar novos mapas de escalonamento era diminuta. No entanto, havia possibilidade de repensar no aumento do tempo de serviço prestado à comunidade. Assim, é elaborada uma análise através de cinco diferentes cenários, percebendo qual o número de bombeiros mínimo necessário para garantir um serviço de excelência por parte do quartel de bombeiros de Paredes, tendo em conta o alargamento dos horários dos serviços prestados. Apesar de haver 4 tipos de equipas distintas no quartel, apenas são estudadas 3 equipas de bombeiros, pela complexidade que a outra equipa exige em termos legais e financeiros. Os resultados destes estudos serão apresentados na conferência internacional OL2A - *International Conference on Optimization, Learning Algorithms and Applications* e já foi aceite a sua publicação nos *proceedings* da conferência publicados pela Springer-Verlag in *Communications in Computer and Information Science*.

No último capítulo, o cenário B apresentado no capítulo anterior é desenvolvido e otimizado, através de novos padrões de turnos e escalas. Esta análise é feita para conseguir encontrar um número mínimo de bombeiros, de forma a fazer face a eventuais imprevistos, ausências de bombeiros ou férias. Está prevista a submissão dos resultados deste capítulo a uma revista da especialidade.

Por último são apresentadas as conclusões gerais do trabalho, bem como as limitações do mesmo e possíveis tópicos para trabalho futuro.

# **Capítulo I - Escalonamento de turnos de bombeiros profissionais num quartel de bombeiros utilizando programação linear: uma abordagem aos dias de trabalho**

A importância dada a uma assistência rápida e eficaz é cada vez maior, pois também são cada vez maiores os riscos de desastres naturais, causados por variações demográficas e grandes mudanças climáticas. Devido ao risco de incêndio e outros riscos para o bem-estar público, os bombeiros são necessários para proteger uma comunidade e os seus bens, respondendo a emergências que surgem. Desta forma, é necessário ter um número suficiente de bombeiros num quartel, de forma a dar uma resposta eficaz a qualquer emergência que possa ocorrer. No entanto, os recursos humanos e económicos são escassos. Desta forma, neste trabalho foi desenvolvida uma abordagem de programação linear para determinar os melhores turnos de trabalho semanal, minimizando o número de bombeiros necessários para satisfazer as tarefas já registadas e de emergência. Os resultados mostram que com a solução obtida, existe uma folga entre a solução encontrada e a realidade aplicada no quartel, o que poderia ser melhorado alterando os seus turnos e reduzindo o número de bombeiros para cada turno.

## **1.1. Introdução**

A atividade de proteção civil tem caráter permanente e multidisciplinar, cabendo a todos os órgãos da Administração Pública promover as condições indispensáveis à sua execução. Inclui tarefas como socorrer pessoas e outros seres vivos em perigo, proteger bens e valores culturais, ambientais e apoiar a reposição da normalidade da vida das pessoas em áreas afetadas por acidentes graves ou catástrofes (Sousa, 2016).

Atualmente, podemos considerar que os Bombeiros Voluntários, como agentes de proteção civil, constituem a base da organização de socorro às populações em Portugal. Estas associações humanitárias de bombeiros, que são encontradas por todo o país, prestam um serviço fundamental à sociedade, especialmente pela sua proximidade com as populações locais. Desta forma, permitem e garantem que este tipo de serviço é prestado junto das populações locais com grande eficácia, qualidade e eficiência.

No entanto, o apoio que os bombeiros prestam, ainda apresenta algumas falhas, pois existe uma dificuldade acrescida de distribuição de profissionais habilitados nos turnos necessários.

Neste trabalho é feita uma abordagem inicial ao escalonamento de turnos, nos dias úteis, num quartel de bombeiros no Norte de Portugal, tendo em conta as emergências e os trabalhos pré-estabelecidos e acordados com entidades externas aos bombeiros.

## **1.2. Revisão de Literatura**

### **1.2.1. Bombeiros Voluntários**

Bombeiro é todo o indivíduo que “integrado de forma profissional ou voluntária num corpo de bombeiros, tem por atividade cumprir as missões do corpo de bombeiros, nomeadamente a proteção de vidas humanas e bens em perigo” (Almeida, Santos, Lopes, & Oliveira, 2019).

A importância dada a um socorro rápido e eficaz, é cada vez maior, visto que os riscos de catástrofes naturais são cada vez maiores. Existe uma nova realidade causada pelas variações demográficas e grandes mudanças climáticas, desta forma além do socorro, existe também uma visão para a prevenção e análise de risco (Almeida et al., 2019).

A profissão de bombeiro é uma atividade de risco elevado, sendo necessário superar diversos patamares e adquirir um conjunto de conhecimentos, não só técnicos, mas de como agir e estar em sociedade, de forma a conseguirem agir de forma rápida e eficaz.

Ao longo dos anos, a missão dos Bombeiros foi transformada, devido a alterações na forma de viver da população e devido ao avanço tecnológico. Atualmente, esta missão é baseada no socorro de variadas situações (Bombeiros Voluntários de Paredes, 2023):

- Riscos Naturais.
- Riscos Tecnológicos, como por exemplo, incêndios urbanos, incêndios em transportes; acidentes rodoviários e acidentes industriais (fugas de gás).
- Riscos Mistos, tais como incêndios rurais e florestais, incêndios em detritos e comprometimento total ou parcial da segurança (queda de árvores; inundações).
- Proteção e Assistência de Bens e Pessoas, como assistência em saúde, intervenção em conflitos legais e assistência e prevenção de atividades humanas.
- Operações e Estados de Alerta, verifica-se quando são necessárias deslocações oficiais ou de formação e rendição de meios.
- Transporte Não Urgente, incluindo o transporte de doentes considerados não urgentes.

### **1.2.2. Trabalho por Turnos**

O trabalho por turnos, da forma que o conhecemos atualmente, remonta ao final do século XVIII, no entanto tem sofrido alterações e modificações ao longo dos anos (Costa, 2020). Cada vez mais, o horário por turnos é utilizado em diversos prestadores de serviços, devido à diminuição do número de horas de trabalho semanal legalmente permitidas, globalização e avanço tecnológico.

Trabalho por turnos pode ser definido como “a way of organizing daily working hours in which different persons or teams work in succession to cover more than the usual 8 h day, up to and including the whole 24 h” (Costa,2003).

De forma a garantir a continuidade da prestação de serviços, é necessária a sucessão de vários grupos de trabalho nas suas funções laborais. Os grupos podem ter horários rotativos ou horários fixos. Atualmente, existem empresas que trabalham continuamente durante 24 horas, mantendo a produção ou prestação de serviços ininterrupta, enquanto outras paralisam a sua atividade durante algum período (Henriques, 2019).

Importa também explicar, as várias modalidades do trabalho por turnos e quais as suas diferenças. Existe trabalho por turnos fixos, em que o trabalhador pratica sempre o mesmo horário, e existe trabalho por turnos rotativos, o horário de trabalho é alterado entre os vários colaboradores (Costa, 2020).

A discussão em torno deste tema é constante, visto que poderá contribuir para inúmeras consequências para o trabalhador, pelo que se torna essencial falar acerca disso. A adaptação do trabalhador aos turnos de trabalho, principalmente quando estes alteram constantemente, pode ser bastante complicada, deixando-o repetidamente sob um ambiente de stress e frustração. Poderá originar fadiga e sonolência, devido à dificuldade de ajuste aos mesmos. Além de todos os aspetos referidos, esta modalidade de trabalho poderá ter impacto significativo na vida social dos trabalhadores (Ohayon, Lemoine, Briant, & Dreyfus, 2002).

Todos os efeitos referidos acima, poderão influenciar de forma negativa os colaboradores no exercício das suas funções, diminuindo a eficiência e a produtividade, podendo também estar mais suscetíveis de cometer erros (Costa,1996).

### **1.3. Metodologia**

O estudo de caso terá por base os Bombeiros Voluntários de Paredes, a metodologia desenvolvida para a resolução do problema de escalonamento de escalas de trabalho é baseada num modelo matemático de programação linear. Desta forma, pretende-se garantir a otimização dos turnos no quartel de bombeiros sem colocar em causa a eficiência de cada um dos turnos.



### 1.3.1. Quartel dos Bombeiros Voluntários de Paredes

Os Bombeiros Voluntários de Paredes foram criados em junho de 1884 e têm hoje o estatuto de Instituição de Utilidade Pública. Em 2009, foi assinado um protocolo de instalação do Posto de Emergência Médico (INEM), composto por duas ambulâncias de socorro e duas ambulâncias de transporte múltiplo, para melhor servir os cidadãos de Paredes (Bombeiros Voluntários de Paredes, 2023). No Quartel dos Bombeiros de Paredes, os bombeiros podem ser divididos em duas categorias: profissionais e voluntários. Os bombeiros voluntários apenas exercem a função em horário pós-laboral e não são remunerados, estando menos vezes ao serviço. Os bombeiros profissionais, 16 no total, são remunerados pelo serviço prestado e têm um horário fixo para laborar no quartel. Os bombeiros profissionais, operam de segunda a sexta-feira, exercendo funções entre as 07:00h e as 21:00h. Apenas a equipa de operadores de *call center* pratica um horário distinto, dada a necessidade deste serviço estar disponível 24 horas por dia e 7 dias por semana. Dentro da categoria dos profissionais, existem 4 equipas diferentes: operadores de *call center*; transporte de doentes não urgentes; equipa de ambulância de socorro e Equipa de Intervenção Permanente (EIP).

### 1.3.2. Programação Linear

A programação linear é uma ferramenta aplicada de forma recorrente em diversos estudos, que utiliza um modelo matemático para descrever o problema que está a ser estudado. O modelo obriga a que todas as funções matemáticas utilizadas sejam lineares. Da mesma forma, a palavra “programação” refere-se ao planeamento de atividade de forma a alcançar o melhor resultado possível (Hillier & Lieberman, 2005). Hillier & Lieberman (2005) consideram que este modelo é bastante útil para a alocação de recursos e atividades, quando os mesmos são escassos e limitados. Os autores caracterizam-na como uma ferramenta de carácter matemático, em que através de uma função linear, é possível atingir o objetivo, seja ele maximizar ou minimizar. De forma matemática, um modelo de programação linear baseia-se numa função objetivo, ou seja, a meta que se pretende atingir, e nas restrições existentes à função objetivo. Tendo em conta as variáveis de decisão ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) não negativas, a solução de um problema de programação linear reduz-se a encontrar o valor ótimo (máximo ou mínimo, dependendo do problema) da expressão linear (Azevedo, 2017):

$$F = cx_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

sujeito às restrições expressas em desigualdades:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\geq b_1 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\geq b_m \end{aligned} \quad (2)$$

As constantes  $a, b$  e  $c$  são determinadas pelas capacidades, necessidades, custos, lucros e outros requisitos definidos pelas restrições do problema. A resolução do problema, foi feita no *software Microsoft Excel*, recorrendo ao *Package Solver*. O *solver* é um dos programas denominados de ferramentas de análise hipotética, visto que permite encontrar uma solução otimizada para um determinado problema ou equação (Fontana, Nunes, & Silva, 2018).

#### 1.4. Aplicação do Estudo: Formulação do Problema

Na resolução deste problema, foi feita uma abordagem inicial ao escalonamento dos turnos no quartel. Assim, foram assumidos os seguintes pressupostos: apenas foram contemplados os bombeiros profissionais e para efeitos de programação foram tidos em conta os horários realizados apenas nos dias úteis, o que poderá conduzir a alguns turnos incompletos pois terão de contemplar horas destinadas aos turnos de fim de semana. Considerou-se ainda, que qualquer bombeiro profissional tem competência para desenvolver qualquer uma das quatro tarefas definidas anteriormente.

Tendo em conta a informação recolhida no quartel, foi realizada a divisão do dia, em blocos de 2 a 3 horas durante o dia e um bloco de oito horas durante a noite: [7h-10h], [10h-13h], [13h-16h], [16h-19h], [19h-21h] e [21h-07h].

Adicionalmente, e segundo o histórico dos horários laborais definidos pelo quartel, estão previstos cinco possíveis turnos (variáveis em estudo):

$t_i$ : número de bombeiros profissionais necessários em cada turno,

onde  $t_1 = [7h - 13h]$   $t_2 = [7h - 16h]$   $t_3 = [10h - 19h]$

$t_4 = [13h - 21h]$   $t_5 = [20h - 7h]$

Note-se que cada turno diurno contempla uma pausa de uma hora para refeições, garantindo a continuidade do serviço permanentemente.

Tendo em conta o número mínimo de bombeiros profissionais que é necessário ter em cada bloco horário, tendo por base os serviços previamente acordados e o número mínimo de bombeiros necessários para responder a uma emergência, foram definidas as seguintes restrições:

- número total de bombeiros tem de ser menor ou igual do que 16, tendo em conta os recursos humanos existentes no quartel;
- número mínimo de bombeiros no bloco horário [7h-10h]: 6;
- número mínimo de bombeiros no bloco horário [10h-13h]: 11;
- número mínimo de bombeiros no bloco horário [13h-16h]: 9;
- número mínimo de bombeiros no bloco horário [16h-19h]: 8;
- número mínimo de bombeiros no bloco horário [19h-21h]: 3;

- número mínimo de bombeiros no bloco horário [20h-07h]: 1.

Assim, formulou-se o seguinte problema de programação linear, que se encontra apresentado no Anexo I.

$$\text{minimizar} \quad t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \quad (3)$$

$$\text{Sujeito a} \quad t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \leq 16$$

$$t_1 + t_2 \geq 6$$

$$t_1 + t_2 + t_3 \geq 11$$

$$t_2 + t_3 + t_4 \geq 9$$

$$t_3 + t_4 \geq 8$$

$$t_4 \geq 3$$

$$t_5 \geq 1$$

$$t_1, \dots, t_5 \in \mathbb{N}_0$$

(4)

## 1.5. Análise dos Resultados

Recorrendo ao package Solver do Excel, usamos o método de resolução LP Simplex, usando como critério de paragem a precisão de 0,000001. Após 8 iterações, o Solver encontrou uma solução e todas as restrições e condições de otimização foram satisfeitas. Desta forma foram gerados três tipos de relatórios: o de resposta, sensibilidade e limites.

### 1.5.1. Relatório de resposta

Analisando o Relatório de Resposta 1, este mostra informação sobre a solução ótima, tanto das variáveis de decisão, como da célula da função objetivo, tal como é exposto no Anexo II.

Neste caso, a solução ótima da célula objetivo foi 15, ou seja, apenas são necessários 15 bombeiros no total, o que implica uma folga nos recursos humanos existentes. Denote-se que neste caso, não se está a considerar os turnos de fim de semana, nem a substituição de férias legalmente aprovadas.

Relativamente às restrições aplicadas:

- O número total de bombeiros não atingiu o seu valor máximo (Estado = Sem Enlace), tendo já sido identificada a folga de 1 bombeiro;
- o mesmo acontece na restrição do bloco horário [13h-16h], em que o valor ótimo se encontra acima do mínimo exigido, tendo uma margem de 5 bombeiros;
- Nas restantes restrições o número máximo de bombeiro foi atingido, desta forma a margem é sempre 0 (Estado = Enlace).

A Tabela 1 apresenta a solução do *Solver*, com a que neste momento está a ser feita para o escalonamento dos bombeiros. É possível observar que existe variação apenas no bolco horário [13h-16h], passando de 9 para 14 bombeiros neste intervalo de horas.

*Tabela 1 - Comparação da solução do Solver com a realidade*

Bloco Horário	Solução Solver	Quartel
[7-10h]	6	6
[10-13h]	11	11
[13-16h]	14	9
[16-19h]	8	8
[19-21h]	3	3
[21-07h]	1	1

### 1.5.2. Relatório de sensibilidade

O relatório de sensibilidade encontra-se no Anexo III. Este relatório fornece mais informações sobre a sensibilidade da solução ótima, indicando como podem variar as constantes do problema, sem que a solução ótima sofra alterações. No primeiro quadro, “células de variável”, fornece o valor final de cada célula ajustável, o seu custo reduzido, juntamente com o acréscimo ou diminuição do coeficiente da função objetivo para o qual a solução atual permanecerá ótima, mantendo todas as restantes restrições.

Assim, o coeficiente correspondente à variável  $t_1$  mostra que é possível aumentar e manter sempre uma margem de folga na variável, na medida em que não estão previstos quaisquer bombeiros a fazer este turno na solução ótima. As variáveis  $t_4$  e  $t_5$  podem aumentar até  $+\infty$  e diminuir até 1 unidade. A variável  $t_2$  pode sofrer uma diminuição até uma unidade e não aumentar qualquer unidade, enquanto a  $t_3$  poderá aumentar até 1 unidade e não diminuir nada.

O preço sombra da restrição “[10-13]” é 1, desta forma se o número de bombeiros aumentasse para 12, o valor final da solução iria variar em 1, mantendo-se tudo o resto constante. A mesma situação se verifica na restrição [19-21] e [21-07].

### **1.5.3. Relatório de limites**

Por último, é também apresentado o relatório de limites, que se encontra no Anexo IV. Este indica os valores que cada uma das variáveis de decisão pode assumir, não alterando os restantes valores e continuando a satisfazer todas as restrições. Desta forma, os limites inferiores são os definidos anteriormente para as variáveis de decisão, sendo assim possível manter a utilização de apenas 15 bombeiros, minimizando o número total. Por outro lado, os limites superiores, e tendo em conta que há 16 bombeiros no quartel, o solver mostra que é possível acrescentar 1 bombeiro aos turnos existentes no problema, ou seja, individualmente e sem alterar os restantes turnos, cada um poderia aumentar uma unidade (turno 1 - 1 bombeiro, turno 2 - 7 bombeiros, turno 3 - 6 bombeiros, turno 4 - 4 bombeiros e turno 5 - 2 bombeiros).

### **1.6. Conclusões e trabalho futuro**

O escalonamento de turnos é de extrema importância, visto que os profissionais de uma organização são um dos recursos que apresentam um custo mais elevado, desta forma, um correto planeamento poderá aumentar a sua produtividade e satisfação.

Neste trabalho, mostrou-se que o escalonamento de turnos num quartel de bombeiros é fundamental, contribuindo para uma melhor eficácia do serviço prestado e uma garantia da utilização correta dos recursos humanos. Foi realizada, através de uma abordagem simples e genérica, uma breve apresentação da equipa de bombeiros profissionais em análise e foi exposto um método de resolução do problema e escalonamento dos horários por turnos, através da programação linear. Concluiu-se que seria possível diminuir 1 bombeiro, passando a ser apenas necessários 15 bombeiros, dos atuais 16.

No entanto, a solução apresentada ainda não pode ser considerada como solução final, visto que não estão a ser consideradas as funções de cada um dos bombeiros, nomeadamente serviço em ambulância de socorro, *call center*, serviço de transporte não urgente e serviço de intervenção permanente e não estão a ser consideradas as horas de trabalho ao sábado.

Desta forma, uma abordagem mais completa da caracterização dos bombeiros, bem como uma partição distinta dos blocos horários, que devem incluir os sábados, é fundamental para garantir uma resposta completa ao trabalho/serviço desenvolvido pelos bombeiros.

## **Bibliografia**

- Almeida, A., Santos, M., Lopes, C., & Oliveira, T. (2019). Perceção relativa aos Fatores de Risco/ Riscos Laborais, Medidas de Proteção e Atuação dos Profissionais da Saúde Ocupacional. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*.
- Azevedo, J. M. (2017). *Otimização da Afetação de Recursos para Prestação de Serviços*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- Bombeiros Voluntários de Paredes. (27 de março de 2023). Obtido de <https://bvparedes.pt/pagina/nossa-missao>
- Costa, D. M. (2020). *Trabalho por Turnos e Descanso Semanal a Atualidade de uma Antiga Controvérsia*. Tese de Mestrado. Universidade Católica Portuguesa.
- Costa, G. (1996). The impact of shift and night work on health. *Applied Ergonomics*, vol. 27(1), pp. 9-16.
- Costa, G. (2003). Shift work and occupational medicine: an overview. *Occupational Medicine* vol. 53(2), pp. 83-88.
- Fontana, V. S., Nunes, V. B., & Silva, J. M. (2018). Programação linear com o uso do Excel e do Solver: uma abordagem aplicada no ensino médio. *Revista Dimensão Acadêmica*, vol.3(1).
- Henriques, A. S. (2019). *Burnout no trabalho por turnos: estudo realizado numa empresa do setor industrial têxtil*. Tese de Mestrado. Universidade Católica Portuguesa.
- Hillier, F. ; Lieberman, G. (2005). *Introduction to Operational Research*. McGraw- Hill Companies, vol.8.
- Ohayon, M., Lemoine, P., Briant, V., & Dreyfus, M. (2002). Prevalence and consequences of sleep disorders in a shift worker population. *Journal of Psychosomatic Research*, vol. 53(1):577-83.
- Sousa, N. M. (2016). *O planeamento civil de emergência no novo paradigma de segurança*. Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas.

## Capítulo II - Modelação e simulação de escalonamento de equipas num quartel de bombeiros

Atualmente podemos considerar que as associações de Bombeiros Voluntários constituem a base do socorro à população portuguesa, no entanto nem só de voluntários dependem estas associações. O que regularmente acontece nestas associações é a existência tanto de bombeiros voluntários como profissionais, no entanto nem sempre existem verbas suficientes por parte da corporação para contratar os bombeiros efetivamente necessários, ou mesmo para garantir a continuidade dos serviços prestados 24 horas por dia.

Neste trabalho, será utilizado o método de programação linear com recurso ao *OpenSolver* do *Excel*, a fim de perceber qual o número de bombeiros necessários para suprir as exigências da população e de forma a garantir uma rápida resposta às solicitações que possam ocorrer. Mesmo com algumas restrições associadas às funções específicas de cada bombeiro, foi possível desenhar vários cenários, envolvendo os diferentes turnos, deixando a decisão de qual a melhor solução para o responsável do Quartel de Bombeiros, tendo em conta o compromisso entre os custos e o serviço prestado.

### 2.1. Introdução

Os serviços de saúde em Portugal têm verificado um desenvolvimento acentuado, de forma a fazer face às necessidades de socorro da população, adaptando-se às consecutivas exigências (Costa, 2015).

As corporações de Bombeiros, em Portugal, são os agentes da Proteção Civil, que apresentam um maior nível de atividade, tendo também a maior cobertura geográfica (Moura & Oliveira, 2007). Em Portugal, o socorro às populações assenta essencialmente nos bombeiros voluntários, estando estes preparados para dar uma resposta imediata às necessidades e a desastres, sejam acidentes graves ou catástrofes, primeiramente a nível local, articulando com um comando único a nível distrital ou nacional (Amaro, 2009). Podemos considerar que poucas corporações conseguem garantir um serviço de excelência no apoio à população recorrendo apenas aos bombeiros profissionais, principalmente devido à falta de recursos financeiros.

Além disso, os bombeiros desempenham um papel crucial na criação de cidades e comunidades sustentáveis. Intervêm em vários pontos importantes para sustentabilidade, como segurança pública, redução do risco de desastres, gestão do risco de incêndios urbanos, colaboração e envolvimento com a comunidade, bem como proteção de infraestruturas (United Nations, 2015).

De forma natural, é fácil relacionar o trabalho dos bombeiros com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A agenda 2030, adotada por todos os Estados Membros das Nações Unidas, é composta por 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, que devem ser implementados (United Nations, 2016). Três objetivos estão intrinsecamente relacionados aos bombeiros.

O ODS 3, “Boa Saúde e Bem-Estar”, pretende garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades, tendo como pontos principais reduzir a taxa de mortalidade, reduzir o número de mortos e feridos nas estradas acidentadas. Por meio de resposta médica de emergência, prevenção de incêndios e educação de segurança, resposta a desastres e esforços de socorro, os bombeiros contribuem ativamente para garantir o acesso a serviços de saúde, reduzindo lesões e mortes e protegendo a saúde pública (Devine, Bond, Simms, Karen Boyce, & Kerr, 2018)

O ODS 11 “Cidades e Comunidades Sustentáveis” está relacionado com o trabalho dos bombeiros, pois eles contribuem para a criação de cidades e comunidades sustentáveis, garantindo a segurança pública e resposta a emergências. Eles desempenham um papel crucial na minimização do impacto de desastres, incluindo incêndios, que podem causar danos em áreas urbanas (Raffer, Scheller, & Peters, 2022).

O trabalho de combate a incêndios também desempenha um papel significativo na consecução do ODS 13, “Ação Climática”. Eles estão na linha de frente do combate aos efeitos das mudanças climáticas. À medida que a frequência e a intensidade dos incêndios florestais aumentam devido às mudanças climáticas, os bombeiros trabalham para suprimir e controlar esses incêndios, protegendo ecossistemas, comunidades e infraestruturas (Thangavel, Spiller, Sabatini, Marzocca, & Esposito, 2023).

Por tudo isto, a aposta em quartéis de bombeiros eficientes e comprometidos com a sua comunidade é um fator chave para se atingir uma sociedade sustentável.

Na secção 3 é feita a revisão de literatura, explicando as diversas tipologias de bombeiros, assim como as entidades detentoras, e também a importância do trabalho em equipa. Nesta secção serão também abordados os vários tipos de turnos, bem como os seus principais riscos. Relativamente aos bombeiros voluntários de Paredes, será explicada a dinâmica do funcionamento atual do quartel, o número de operacionais e os seus turnos. Na secção 4 é abordada a metodologia utilizada neste trabalho, bem como os resultados obtidos em cada uma das simulações. Por último, na secção 5 são apresentadas as principais conclusões e as limitações do estudo.



## **2.2. Revisão de Literatura**

### **2.2.1. Bombeiros voluntários- Entidades detentoras e tipologia**

De acordo com dados extraídos da (Pordata, 2023), no final do ano 2022 existem 465 corpos de bombeiros e 26.123 bombeiros em território nacional. Podemos definir bombeiro como sendo “o indivíduo que, integrado de forma profissional ou voluntária num corpo de bombeiros, tem por atividade cumprir as missões do corpo de bombeiros, nomeadamente a proteção de vidas humanas e bens em perigo, mediante a prevenção e extinção de incêndios, o socorro de feridos, doentes ou náufragos e a prestação de outros serviços previstos nos regulamentos internos e demais legislação aplicável”. Relativamente ao corpo de bombeiros, este é “a unidade operacional, oficialmente homologada e tecnicamente organizada, preparada e equipada para o cabal exercício das missões atribuídas pelo presente decreto-lei e demais legislação aplicável” (Decreto-Lei n.º 247/2007).

Segundo o Decreto-Lei n.º 247/2007, de 27 de junho, podem existir os seguintes tipo de corpos de bombeiros:

- Profissionais: integram apenas colaboradores profissionais e são criados na dependência direta da Câmara Municipal;
- Mistos: constituídos por bombeiros voluntários e profissionais, criados na dependência de uma Câmara Municipal ou de uma Associação Humanitária de Bombeiros;
- Voluntários: constituídos apenas por pessoal em regime de voluntariado, no entanto a legislação permite o mínimo de bombeiros profissionais
- Privados: podem ser constituídos corpos de bombeiros privados e pertencem a uma pessoa coletiva privada, com vista à proteção da sua atividade ou património

Num quartel de bombeiros, existem operacionais que trabalham em regime de horário fixo, enquanto outros trabalhadores em regime de horário por turnos. Desta forma, é importante explicar os principais aspetos e impactos do trabalho em regime de horário por turnos.

### **2.2.2. Trabalho por Turnos**

Na atual sociedade, são cada vez mais as pessoas que trabalham em regime de turnos, visto que existem novas estratégias económicas e produtivas, principalmente devido à globalização do mercado (Costa, 2003). Desta forma, a organização e distribuição dos horários laborais torna-se fundamental para uma correta estruturação do trabalho entre os diversos colaboradores (Costa, 2003).

De acordo com Moz (2003), a distribuição de colaboradores pelos turnos de trabalho, pode organizar-se em 5 fases:

- *Staffing*: determinação do número de trabalhadores necessários para o normal funcionamento da organização e do trabalho
- *Allocation*: dimensionamento dos funcionários a cada turno
- *Scheduling*: criação das escalas, num determinado período (semanal ou mensal)
- *Rostering*: Atribuição das escalas definidas a cada trabalhador
- *Rerostering*: esta fase poderá ser opcional, no entanto consistirá na adaptação da escala ao trabalhador aquando de algum acontecimento inesperado.

Os diferentes turnos podem ter um impacto muito diferente na saúde e bem-estar dos trabalhadores, especialmente quando se trata de trabalho noturno. A fadiga e a sonolência afetam o estado de alerta e vigilância, comprometendo o seu trabalho, bem como a segurança de todos ao seu redor (Chiang, et al., 2022) (Zverev & Misiri, 2009).

Assim, entende-se que a organização do trabalho em regime de turnos rotativos pode causar transtornos ao trabalhador, tanto em questões de saúde como de segurança. Os turnos rotativos geralmente envolvem o trabalho noturno, tornando-se ainda mais complicado para o trabalhador, uma vez que o corpo está habituado a utilizar essas horas para o descanso (Costa, 2020).

A profissão de bombeiro exige um alto nível de robustez física, capacidade visual e auditiva, agilidade física, alto nível de concentração. Por isso, é fundamental que os profissionais estejam em pleno estado das suas capacidades, gozando corretamente dos seus dias de descanso (Costa, 2015).

No trabalho por turnos, tal como nos restantes trabalhos, também existem vantagens, sendo as principais: rotina diferente para o trabalhador, vida familiar facilitada, remuneração diferenciada e flexibilidade na vida pessoal (Domingos, 2017).

### **2.2.3. Risco do trabalho por turnos**

Os diferentes turnos podem ter um impacto bastante distinto na saúde e bem-estar dos colaboradores, principalmente quando este implica o trabalho noturno. O cansaço e a sonolência afetam o estado de alerta e de vigilância, colocando em causa o trabalho e a segurança dos mesmos e de todos os que estão à sua volta (Costa, 2003).

Assim, entende-se que a organização do horário de trabalho em turnos rotativos poderá causar perturbações para o trabalhador, tanto a nível de saúde como de segurança para o mesmo. Os turnos rotativos implicam, muitas vezes, trabalho noturno, tornando-se ainda mais complicando para o trabalhador, visto que o organismo nessas horas está dirigido para o descanso (Costa, 2020).

Falando dos bombeiros em Portugal e devido ao nível de exigência que a profissão exige, como robustez física, capacidade visual e auditiva, agilidade física e alto nível de concentração é crucial que os profissionais se encontrem no estado pleno das suas capacidades, pelo que é necessário que efetuem e tenham direito aos corretos dias de descanso (Costa, 2015).

#### **2.2.4. Trabalho em equipa**

De forma a garantir um trabalho de qualidade, principalmente na profissão de bombeiro, é essencial trabalhar em equipa, garantindo a eficácia da mesma. A eficácia das equipas tem impacto na satisfação, viabilidade e alta performance de todos os membros (Francisco, 2017).

A eficácia do trabalho em equipa depende de inúmeros fatores, tais como acesso a informação partilhada, flexibilidade e comunicação entre os membros, ou seja, depende do ambiente físico onde a mesma está inserida. Caso contrário, poderá gerar absentismo, turnover e diminuição da satisfação dos colaboradores (Francisco, 2017) (Schmutz, et. al, 2019)

Além disso, equipas eficazes só são possíveis se tiverem os recursos adequados, se existir uma liderança eficaz, bem como um clima de confiança entre membros da equipa e superiores hierárquicos (Bação, 2023).

#### **2.2.5. Bombeiros Voluntários de Paredes**

No Quartel dos Bombeiros de Paredes, os bombeiros podem ser divididos em duas categorias: profissionais e voluntários. Os bombeiros voluntários apenas exercem a função em horário pós-laboral e não são remunerados, estando menos vezes ao serviço, enquanto os bombeiros profissionais, 16 no total, são remunerados pelo serviço prestado e garantem o serviço no quartel no horário diurno durante a semana.

Primeiramente, explicando o trabalho dos bombeiros profissionais, estes estão divididos em 4 equipas: Equipa de Ambulância de Socorro; Equipa de Transporte Não Urgente; Equipa Intervenção Permanente e *Call Center*.

##### **2.2.5.1. Equipa *Call Center***

Esta é a única equipa de bombeiros que pratica um horário distinto, trabalham sob o modelo de turnos rotativos, visto que têm de garantir este serviço de segunda-feira a domingo, durante 24 horas. É constituída por 4 elementos, sendo a distribuição do horário feita por 3 turnos diários, sendo eles:

- Turno Manhã: 07:00h - 13:00h
- Turno Tarde: 13:00h - 20:00h
- Turno Noite: 20:00h – 07:00h

De forma, a ser mais perceptível a forma como é feito este escalonamento, a tabela abaixo representa o horário dos 4 bombeiros: A; B; C; D durante 1 semana.

*Tabela 2 – Escala da Equipa de Call Center*

<b>Dia</b>	<b>07H00 - 13H00</b>	<b>13H00 -20h00</b>	<b>20h00 - 07h00</b>
1	A	B	A
2	C	A	C
3	D	C	D
4	B	D	B
5	A	B	A
6	C	A	C
7	D	C	D

### **2.2.5.2. Equipa Transporte Não Urgente**

A equipa profissional de Transporte de Doentes Não Urgentes é a equipa responsável pelo transporte Não Urgente, ou seja, aquele que tem como objetivo a prestação de um cuidado de saúde para o doente. Estes transportes têm origem e/ou destino a um estabelecimento de Saúde, e podem ser utilizados em caso de: consulta; internamento ou cirurgia, exames, meios complementares de diagnóstico e terapêutica.

A equipa anteriormente referida é composta por 5 elementos, divididos em três turnos distintos, sendo eles:

- Turno Manhã: 07:00h – 13:00h, de segunda a sexta-feira;
- Turno Tarde: 13:00h – 21:00h, de segunda a sexta-feira;
- Horário Completo: 07:00h – 16:00h, de segunda a sexta-feira;
- Horário Sábado 1: 10:00h – 13:00 / 14:00h – 21:00h;
- Horário Sábado 2: 07:00h -12:00h / 13:00h – 18:00h.

Ao turno da manhã estão afetos 2 bombeiros e o mesmo se verifica no turno da tarde, sendo que estes estão responsáveis pelos transportes necessários na região Vale do Sousa. Os bombeiros afetos ao turno da manhã, apenas estão ao serviço 6 horas diárias, desta forma, ao sábado fazem um horário de 10 horas, para completarem as 40 horas semanais.

Relativamente ao horário completo, existe apenas um bombeiro alocado a ele, sendo das 07:00h até às 16:00h, este bombeiro é responsável pelo transporte de doentes não urgentes a clínicas e hospitais no Porto, o horário distinto justifica-se pela distância entre o quartel de bombeiros de Paredes e a cidade do Porto.

Os horários afetos aos bombeiros alteram todas as semanas, na tabela abaixo são visíveis os horários dos 5 bombeiros, bombeiro E, F, G, H, I da equipa de Transporte Não Urgente, durante 5 semanas.

Tabela 3 – Escala da Equipa Transporte Doentes não Urgentes

Semana	Manhã	Tarde	Horário Completo
Semana 1	E / F	G / H	I
Sábado	10H00 - 13H00	14H00 - 21H00	E / F
Semana 2	I / E	F / G	H
Sábado	07H00 - 12H00	13H00 - 18H00	I / E
Semana 3	H / I	E / F	H
Sábado	10H00 - 13H00	14H00 - 21H00	H / I
Semana 4	G / H	I / E	F
Sábado	07H00 - 12H00	13H00 - 18H00	G / H
Semana 5	F / G	H / I	E
Sábado	10H00 - 13H00	14H00 - 21H00	F / G

### 2.2.5.3. Equipa Ambulância de Socorro

De seguida, existem também dois bombeiros alocados à ambulância de socorro, estes trabalham num horário fixo e, desta forma, não é necessário o escalonamento de turnos. Este horário, de segunda a sexta-feira, é das 07:00h até às 13:00h, ao sábado existem dois horários possíveis que são alternados com a equipa de transporte não urgente. Os horários de sábado são: 07:00h-12:00h / 13:00h-18:00h e 10:00h-13:00h / 14:00h-21:00h.

As ambulâncias de socorro destinam-se ao transporte de doentes que necessitem de assistência durante o transporte, graças ao equipamento que possuem permite a aplicação de medidas de suporte básico de vida.

A tabela seguinte representa a escala de 4 semanas da equipa de Ambulância de Socorro, sendo esta constituída pelos bombeiros: J e K.

*Tabela 4 – Escala da Equipa Ambulância de Socorro*

<b>Semana</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
Semana 1	07:00H - 13:00H	
Sábado	07:00H - 12:00H / 13:00H - 18:00H	
Semana 2	07:00H - 13:00H	
Sábado	10:00H - 13:00H / 14:00H - 21:00H	
Semana 3	07:00H - 13:00H	
Sábado	07:00H - 12:00H / 13:00H - 18:00H	
Semana 4	07:00H - 13:00H	
Sábado	10:00H - 13:00H / 14:00H - 21:00H	

#### **2.2.5.4. Equipa Intervenção Permanente**

Além de todas as equipas profissionais referidas anteriormente, existe também a Equipa de Intervenção Permanente (EIP), constituída por 5 elementos e que exerce funções num horário fixo, de segunda a sexta-feira, entre as 10:00H e as 19:00H.

Atualmente, a Equipa de Intervenção Permanente garante, em permanência, o socorro à população nos seguintes casos:

- Combate a incêndios;
- Socorro em caso de inundações, desabamentos, acidentes ou catástrofes;
- Socorro a náufragos;
- Socorro complementar, em segunda intervenção;
- Minimização de riscos em casa de ocorrência de acidente grave.

#### **2.2.5.5. Restantes elementos do quartel**

Relativamente aos funcionários da Corporação de Bombeiros de Paredes, existem ainda 5 pessoas a considerar, sendo eles: Comandante, Secretário Comando; Secretário Direção e a funcionária da limpeza.

De seguida, importa falar sobre os bombeiros voluntários do Quartel de Bombeiros de Paredes. Os Voluntários representam a grande percentagem do Corpo de Bombeiros. Atualmente, os bombeiros voluntários estão distribuídos em 13 equipas e, cada uma das equipas, tem entre cinco e seis elementos. Estes asseguram o serviço todas as noites, bem como o serviço aos domingos e

feriados. Durante a noite, ficam ao serviço entre as 21:00H e as 07:00H. Aos domingos e feriados existe uma equipa para estar durante o dia ao serviço e uma equipa para a noite. A escala das equipas voluntárias refere que, durante a semana, cada equipa apenas tem de estar no quartel de 13 em 13 dias.

*Tabela 5 – Escala equipa Bombeiros Voluntários*

Dia	Mês 1		Mês 2	
	Fim de Semana	Noite	Fim de Semana	Noite
1		C		H
2		D	D	I
3		E		J
4		F	E	K
5		G		L
6		H		M
7	L	I		A
8		J		B
9		K		C
10		L		D
11		M	H	E
12		A		F
13		B		G
14	K	C		H
15		D		I
16		E		J
17		F		K
18		G	B	L
19		H		M
20		I		A
21	M	J		B
22		K		C
23		L		D
24		M		E
25		A	A	F
26		B		G
27		C		H
28	J	D		I
29		E		J
30		F		K
31		G		

## **2.3. Metodologia de Resolução**

### **2.3.1. Metodologia**

Observando atentamente as escalas de trabalho dos bombeiros profissionais, é possível entender que não existe muita possibilidade de reorganizar as escalas já existentes. Relativamente ao número de operacionais, também não existe possibilidade de diminuir ou alterar a capacidade mínima em nenhuma das equipas.

Desta forma, existiu uma alteração de propósito no estudo. Assim, o que se pretende neste estudo é perceber qual o número mínimo de bombeiros que a corporação de Paredes deve ter, de forma a aumentar as horas de serviço prestado pelos profissionais, aumentando o horário de algumas equipas essenciais em períodos mais alargados, garantindo o cumprimento das leis laborais.

Este modelo foi formulado com o objetivo de simular, através de vários cenários, o número mínimo de bombeiros no Quartel de Bombeiros Voluntários de Paredes, de forma a garantir um serviço de excelência.

A programação linear é um método matemático utilizado para resolver problemas de investigação operacional, relativamente à otimização de recursos nas diversas tarefas ou atividades que devem ser realizadas (Scalabrin, et. al, 2006). A programação linear é utilizada para otimizar problemas de decisão e pode ser adaptada a diversas realidades. Estes modelos são constituídos por variáveis de decisão, pelo objetivo e pelas restrições, que representam as condições que têm de ser cumpridas (Teles, 2018).

A primeira abordagem para resolver o problema foi utilizar o suplemento *solver* do Excel (Kowalik & Rzemieniak, 2021). É uma implementação básica do *Simplex*, de forma a conseguir resolver estudos de programação linear. É frequente ao aplicar o *Solver* em situações reais, perceber que o mesmo está limitado a um determinado número de variáveis. Devido às limitações do número de restrições e de variáveis foi necessário utilizar uma versão mais robusta, *OpenSolver*. O *OpenSolver* é um otimizador para o *Microsoft Excel* que permite a resolução de modelos em programação linear, oferecendo um melhor desempenho do que o *Solver* (Mason, 2012).

### **2.3.2. Modelo matemático**

Para a simulação realizada, foram efetuados 5 cenários, que diferem no número de horas laborais das equipas, bem como nos horários que cada uma assegura, horário noturno e horário de fim de semana.

Apenas serão efetuadas simulações relativas aos bombeiros afetos às equipas de *Call Center* (CC); Transporte Não Urgente (ETNU) e Ambulância de Socorro (EAS).



Apresentam-se, os seguintes dados para as simulações realizadas:

- CC – Equipa de *Call Center*
- ETNU – Equipa de Transporte Não Urgente
- EAS – Equipa de Ambulância de Socorro

Consideram-se os seguintes índices:

i: equipa especializada de bombeiros (1 = CC; 2 = ETNU; 3 = EAS).

j: escala efetuada pelos bombeiros. No cenário A e E, j varia entre 1=noite; 2= tarde; 3=manhã; 4= folga. Nos restantes cenários é adicionado o índice 5= madrugada.

Considerem-se as variáveis:

$x_{ij}$ : número de bombeiros da equipa i na escala j

Pretende-se minimizar o número de bombeiros utilizados em cada escala, logo a função objetivo pode ser definida como:

$$\min Z = \sum x_{ij} \quad (5)$$

Adicionalmente temos as seguintes restrições:

- Pelo menos um operacional em cada escala no CC

$$x_{1j} \geq 1, \forall j \quad (6)$$

- Pelo menos três operacionais em cada escala no ETNU

$$x_{2j} \geq 3, \forall j \quad (7)$$

- Pelo menos dois operacionais em cada escala de EAS:

$$x_{3j} \geq 2, \forall j \quad (8)$$

- Número de operacionais disponíveis:

$$\sum_i \sum_j x_{ij} \leq N, \text{ onde } N \text{ é o número total de bombeiros do quartel} \quad (9)$$

- Número de CC disponíveis:

$$\sum_j x_{1j} \leq N_{CC}, \text{ onde } N_{CC} \text{ é o número total de bombeiros para a função CC} \quad (10)$$

- Número de ETNU disponíveis:

$$\sum_j x_{2j} \leq N_{ETNU}, \text{ onde } N_{ETNU} \text{ é o número total de bombeiros para a função ETNU} \quad (11)$$

- Número de bombeiros de EAS disponíveis:

$$\sum_j x_{3j} \leq N_{EAS}, \text{ onde } N_{EAS} \text{ é o número total de bombeiros para a função EAS} \quad (12)$$

Desta forma, pretende-se saber qual o número mínimo de bombeiros que é possível o quartel ter satisfazendo os seguintes horários de serviço durante a semana:

*Tabela 6 – Horários das Equipas de Bombeiros por cenário estudado*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Cenário A	Call center																								
	ETNU																								
	EAS																								
Cenário B	Call center																								
	ETNU																								
	EAS																								
Cenário C	Call center																								
	ETNU																								
	EAS																								
Cenário D	Call center																								
	ETNU																								
	EAS																								
Cenário E	Call center																								
	ETNU																								
	EAS																								

Todos os modelos analisados encontram-se representados nos Anexos V a IX.

### 2.3.3. Cenário A

No cenário A, considera-se que as três funções estão presentes durante 24 horas por dia no quartel, todos os dias da semana, trabalhando em turnos de 8 horas. Desta forma, são necessários 4 turnos (NTMF):

- N (Noite): 23h – 7h
- T (Tarde): 15h – 23h
- M (Manhã): 7h – 15h
- F (Folga)

Visto que existem 3 tipos de operacionais e todos trabalham por turnos, serão necessárias 12 variáveis, para formular a simulação. Desta forma, o cenário A caracteriza-se pelas questões representadas na tabela seguinte.

Tabela 7 – Características da Simulação do Cenário A

Cenário	Função	Turnos Rotativos	Turnos Fixos	Serviço Noturno Assegurado	Serviço de fim de semana assegurado	Nº Mínimo de Bombeiros
A	Call Center	4 Turnos: NTMF 8 horas cada turno	Não	Sim	Sim	4
	ETNU	4 Turnos: NTMF 8 horas cada turno	Não	Sim	Sim	12
	EAS	4 Turnos: NTMF 8 horas cada turno	Não	Sim	Sim	8

Após a utilização do *OpenSolver*, as soluções obtidas foram as apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 8 – Soluções Solver do Cenário A

$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$
1	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2	2

De forma explicativa, e segundo as soluções finais, o número de bombeiros da equipa de ETNU necessários para operar na escala 1 ( $x_{21}$ ), são apenas 3. No caso dos Bombeiros de *call center* a operar na escala 2, apenas será necessário 1 bombeiro para garantir o serviço, e assim se verifica com as restantes soluções.

Desta forma, o número mínimo de bombeiros necessários nas equipas de EAS; ETNU e *Call Center*, para garantir todos os serviços durante 24 horas por dia, 7 dias por semana, são 24 bombeiros.

#### 2.3.4. Cenário B

No cenário B, todas as funções em análise estão presentes 24 horas por dia e 7 dias por semana, no entanto ao contrário do que acontecia anteriormente, cada bombeiro trabalha em turnos de 6 horas. Assim, torna-se necessário a existência de 5 turnos:

- N (Noite): 19h -01h
- T (Tarde): 13h – 19h
- M (Manhã): 07h – 13h
- m (madrugada): 01h – 07h
- F (Folga)

Nesta simulação é necessária a utilização de 15 variáveis, visto que são estudados 3 tipos de operacionais e existem 5 escalas, visto que o número de horas por escala diminui, passando de 8 horas para apenas 6.

A tabela 9 apresenta de forma sucinta as principais características deste cenário.

*Tabela 9 – Características da Simulação do Cenário B*

Cenário	Função	Turnos Rotativos	Turnos Fixos	Serviço Noturno Assegurado	Serviço de fim de semana assegurado	Nº Mínimo de Bombeiros
B	<i>Call Center</i>	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	5
	ETNU	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	10
	EAS	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	15

De modo que seja possível garantir todo o serviço descrito, com turnos de 6 horas, são necessários 30 bombeiros, obtendo os seguintes resultados por equipa e por turno:

*Tabela 10 – Soluções Solver Cenário B*

$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$
1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2

Assim, e segundo a tabela de soluções obtida, a equipa ETNU no turno da noite necessita de no mínimo 3 bombeiros para assegurar o serviço, enquanto a equipa EAS apenas precisa de dois operacionais.

### 2.3.5. Cenário C

Observando os dois cenários prévios, verifica-se que os bombeiros afetos ao transporte não urgente e programado também estão a trabalhar todos o horário noturno e de madrugada. Ora este tipo de serviço é feito para ajudar pessoas que não se podem deslocar por meios próprios para consultas de rotina, meios de diagnóstico ou até serviços de terapia. Assim, são horas que não teriam servido atribuído e estariam a acarretar custos adicionais ao quartel de bombeiros.

No cenário C, os bombeiros trabalham em turnos de 6 horas, sendo que a equipa de *Call Center* e o Ambulância de socorro garantem o seu serviço durante 24 horas. Relativamente às equipas de Transporte Não Urgente, estas apenas trabalham em turnos fixos de manhã e de tarde, de segunda a sábado, sendo que folgam ao domingo.

- N (Noite): 19h -01h
- T (Tarde): 13h – 19h
- M (Manhã): 07h – 13h
- m (madrugada): 01h – 07h
- F (Folga)

Neste cenário, existem 3 tipos de operacionais, no entanto apenas 2 deles, *Call Center* e Ambulância de Socorro, trabalham em regime de turnos rotativos. Desta forma, serão necessárias 10 variáveis para as equipas referidas e duas variáveis para a equipa ETNU.

Tabela 11 – Características da Simulação do Cenário C

Cenário	Função	Turnos Rotativos	Turnos Fixos	Serviço Noturno Assegurado	Serviço de fim de semana assegurado	Nº Mínimo de Bombeiros
C	<i>Call Center</i>	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	5
	EAS	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	10
	ETNU	Não tem	Turno M (7h - 13h) Turno T (13h - 19h)	Não	Apenas ao sábado	6

As soluções obtidas no cenário C estão representadas na tabela 12.

*Tabela 12 - Soluções Solver do Cenário C*

$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$
1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2

De forma a garantir um serviço com qualidade, a equipa ETNU precisa de três bombeiros em cada um dos seus turnos, relativamente à equipa de ambulância de socorro, apenas necessita de 2 bombeiros em cada um dos turnos.

Para ser possível garantir o cenário apresentado e seguir os turnos propostos, são necessários 21 bombeiros.

Mesmo com serviço ETNU assegurado das 07h às 19h, que é o período mais usual para garantir serviços médicos não urgentes, foi possível diminuir consideravelmente o número de bombeiros afetos ao quartel. Adicionalmente ao permitir turnos fixos poderá aumentar a qualidade de satisfação do trabalho prestado por parte destes operacionais.

### **2.3.6. Cenário D**

O cenário D diferencia-se dos restantes cenários pelo facto de apenas o *call center* trabalhar em regime de turnos rotativos, garantindo o serviço também durante o sábado e o domingo. Desta forma, tanto a equipa de ambulância de socorro, que trabalha em 3 turnos fixos (manhã, tarde e noite), como a equipa de transporte não urgente, que trabalha em dois turnos fixos (manhã e tarde) garantem o seu serviço durante o sábado, tendo direito à folga no domingo.

Assim, neste cenário e com os pressupostos apresentados, são necessárias 5 variáveis para o *Call Center*. Relativamente à equipa ETNU esta necessita de 3 variáveis e a equipa EAS de apenas 2 variáveis.

Tabela 13 – Características da Simulação do Cenário D

Cenário	Função	Turnos Rotativos	Turnos Fixos	Serviço Noturno Assegurado	Serviço de fim de semana assegurado	Nº Mínimo de Bombeiros
D	Call Center	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	5
	ETNU	Não tem	Turno M (7h - 13h) Turno T (13h - 19h)	Não	Apenas ao sábado	6
	EAS	Não tem	Turno M (7h - 13h) Turno T (13h - 19h) Turno N (19h - 01h)	Apenas assegurado até à 01:00h	Apenas ao sábado	6

As soluções obtidas no cenário D foram as seguintes:

Tabela 14 – Soluções Solver do Cenário D

$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$
1	1	1	1	1	3	3	2	2	2

Uma vez que no cenário D existe menos um turno da equipa de ambulância de socorro (madrugada), o número de bombeiros necessários também se torna menor neste cenário, sendo que apenas são essenciais 17 bombeiros para garantir todo o serviço.

Note-se que esta diminuição na contratação dos recursos humanos tem um preço importante a ter em conta: o serviço de emergência no período de madrugada (01h às 7h) em qualquer dia, bem como o domingo, fica sem resposta por parte desta corporação de bombeiros. Assim, é fundamental que haja uma rede de colaboração e pronta resposta por parte de quartéis próximos para que a população possa ser socorrida em tempo útil.

### 2.3.7. Cenário E

O cenário E talvez seja aquele que esteja mais próximo da realidade de um quartel de bombeiros. As equipas não especializadas, como a *call center* e transporte não urgente, têm escalas de 8h por turno, enquanto as equipas especializadas como as da ambulância de emergência têm turnos de 6 horas.

Tabela 15 – Características da Simulação do Cenário E

Cenário	Função	Turnos Rotativos	Turnos Fixos	Serviço Noturno Assegurado	Serviço de fim de semana assegurado	Nº Mínimo de Bombeiros
E	Call Center	4 Turnos: MTNF 8 horas cada turno	Não	Sim	Sim	4
	ETNU	Não tem	Turno M (7h - 15h) Turno T (13h - 21h)	Não	Não	6
	EAS	Não tem	Turno M (7h - 13h) Turno T (13h - 19h) Turno N (19h - 01h)	Apenas assegurado até à 01:00h	Apenas ao sábado	6

De acordo com a tabela 14, a solução final do cenário E é a seguinte:

Tabela 16 - Soluções Solver do Cenário E

$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$
1	1	1	1	3	3	2	2	2

No cenário E, diminui-se um turno, turno da madrugada, passando os bombeiros de *call center* e de Transporte Não Urgente a trabalhar 42 horas semanais, de forma a colmatar a inexistência de um turno. Relativamente à equipa da Ambulância de Socorro manteve as 36 horas de trabalho semanais. Desta forma, os bombeiros necessários para o cenário apresentado são apenas 16.

Assim, aquando da elaboração dos horários atribuídos a cada tarefa especializada, a pessoa responsável terá sempre de pensar não só nos recursos humanos e materiais que dispõe, mas também na melhor afetação dos mesmo para garantir um serviço de qualidade à comunidade envolvente.

## 2.4. Conclusões

Garantir que a corporação de bombeiros de Paredes assegura um serviço com a máxima qualidade e com uma resposta imediata às populações é essencial, por isso torna-se necessário melhorar os horários e tempo de serviço por cada equipa do quartel de bombeiros. Assim, foram simulados 5 cenários diferentes com intenção de entender qual o que melhor se adapta às exigências e necessidades atuais da população e do quartel.



O número de bombeiros necessários varia em função do número de horas que cada bombeiro pode trabalhar, bem como o tipo de turno os mesmos realizam (fixo ou rotativo).

Os turnos rotativos, garantindo todas as horas do dia e todos os dias da semana revelam-se soluções mais caras, enquanto que apostar em turnos fixos em alguma parte do dia leva a uma menor necessidade de recursos humanos, mas com a preocupação de não conseguir garantir uma resposta eficaz em todas as necessidades.

No cenário A, como foi possível verificar, todas as equipas garantem o serviço durante 24 horas, em turnos de 8 horas. Desta forma, tanto o serviço de fim de semana, como o serviço noturno ficam completamente assegurados. Assim, são necessários para este cenário 24 bombeiros na totalidade.

Relativamente ao segundo cenário apresentado, cenário B, todas as equipas em análise asseguram o serviço noturno e de fim de semana completo, trabalhando em turnos rotativos de 6 horas. Desta forma, torna-se necessária a criação de mais um turno, o turno da madrugada. Deste modo, o número de bombeiros necessários em relação ao primeiro cenário será superior, a função objetivo é de 30 bombeiros.

O cenário C é bastante distinto dos anteriores, a equipa de *call center* e de ambulância de socorro mantêm os turnos de apenas 6 horas, assegurando fim de semana e serviço noturno, contudo a equipa de transporte não urgente deixa de trabalhar em regime de turnos rotativos, passando a ter turno fixo de manhã e de tarde, entre as 07:00h e as 19:00h. Esta equipa apenas trabalha de segunda a sábado. Assim, só são necessários 21 bombeiros.

O cenário seguinte, mantém o *call center* com 5 turnos de 6 horas cada um, salvaguardando o serviço todos os dias da semana, durante 24 horas por dia. Relativamente às outras duas equipas, estas trabalham em turnos fixos, a equipa EAS garante serviço até à 01:00h, enquanto a ETNU não assegura serviço noturno. Ambas prestam serviço apenas de segunda a sábado. Com a diminuição dos turnos rotativos na equipa de ambulância de socorro, também a solução da função objetivo diminui, passando apenas a 17 bombeiros.

O último cenário apresentado, cenário E, considera que o *call center* trabalha em turnos de 8 horas, mantendo os pressupostos das outras equipas iguais ao cenário D. Assim, com a diminuição de um turno na equipa de *call center*, o número final de bombeiros necessários passa a ser de apenas 16.

A fim de decidir qual o melhor cenário a adotar no Quartel de Bombeiros de Paredes, cabe à corporação verificar, através do número de chamadas pelos serviços de emergência, a pertinência de assegurar turnos noturnos e de madrugada, visto que o número de solicitações pode ser baixo e não potencializar o custo em recursos humanos. Em qualquer um dos cenários apresentados, o horário de prestação de serviços, tanto da equipa ETNU, como da equipa EAS será alargado.

O estudo apresentado apresenta algumas limitações, nos turnos de 42 horas semanais, apenas foram consideradas as escalas NTMF, enquanto nos turnos de 36 horas semanais se utilizou as escalas NTMmF. Considerando que o número de solicitações e de pico de trabalho se mantêm estáveis, é possível utilizar somente estes turnos. No entanto, na realidade diária de uma

corporação, há faltas (férias, licenças médicas), ou mesmo picos de trabalho sazonais, tornando-se necessário criar novos turnos, ou reforçar turnos que já estavam a ser utilizados. Poderão ser criados padrões adicionais para os turnos, assegurando, ao mesmo tempo, os direitos dos bombeiros.

## **Bibliografia**

Amaro, A. D. (2009). O socorro em Portugal : organização, formação e cultura de segurança nos corpos de bombeiros, no quadro da Protecção Civil. Tese de Doutoramento, universidade do Porto

Bação, A. S. (2023). Desenvolvimento do trabalho em equipa num contexto de cultura de safety: Estudo de caso numa empresa da indústria mineira. Tese de Mestrado. Universidade de Évora.

Chiang, S.L., Chiang, L.C., Tzeng, W.C., Lee, M.S., Fang, C.C., Lin, C.H., Lin, C.H. (2022). Impact of Rotating Shifts on Lifestyle Patterns and Perceived Stress among Nurses: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. vol. 26;19(9):5235.

Costa, D. (2020). Trabalho por turnos e descanso semanal - A atualidade de uma antiga controvérsia. Tese de Mestrado. Univerisdade Católica Portuguesa.

Costa, F. J. (2015). A saúde no trabalho: a realidade de quem socorre. Tese de Mestrado. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Costa, G. (2003). Shift work and occupational medicine: an overview. *Occupational Medicine* vol. 53(2), pp. 83-88.

Devine, M., Bond, R., Simms, V., Karen Boyce, & Kerr, D. (2018). Mapping the health, safety and wellbeing challenges of firefighting to wearable devices. 1-5. Paper presented at British HCI Conference 2018, Belfast, Northern Ireland.

Domingos, C. S. (2017). Impacto do trabalho por turnos na saúde dos trabalhadores, Caso dos Polícias de Segurança Pública (PSP). Tese de Mestrado. Universidade do Porto.

Francisco, A. S. (2017). *O impacto do ambiente físico na eficácia do trabalho em equipa*. Tese de Mestrado. ISCTE.

Kowalik, P.; Rzemieniak, M. (2021) Binary Linear Programming as a Tool of Cost Optimization for a Water Supply Operator. *Sustainability*, 13, 3470.

Procuradoria Geral Distrital de Lisboa. (27 de junho de 2007). Constituição, organização, funcionamento e extinção dos corpos de bombeiros. Decreto-Lei n.º 247/2007.

- Mason, A.J. (2012). OpenSolver – An Open Source Add-in to Solve Linear and Integer Programmes in Excel, Operations Research Proceedings, pp. 401-406.
- Moura, D., Oliveira, E. (2007). Fighting Fire with Agents: An Agent Coordination Model for Simulated Firefighting. Society for Computer Simulation International. Proceedings of the 2007 Spring Simulation Multiconference, vol.2: pp.71-78.
- Moz, M., Pato, M.V. (2003). An integer multicommodity flow model applied to the rostering of nurse schedules. Annals of Operations Research 119, pp. 285-301.
- Pordata. (5 de maio de 2023). <https://www.pordata.pt/portugal/numero+de+bombeiros-1188>
- Raffer, C., Scheller, H., & Peters, O. (2022). *The UN Sustainable Development Goals as innovation drivers for local sustainability governance? Examples from Germany*. J Public Sector Economics, vol. 46(4): pp.459-487.
- Scalabrin, I., Mores, C. J., Enderli Bodanese, R., & Oliveira, J. A. (2006). Programação linear: estudo de caso com utilização do solver da Microsoft Excel. Em *Revista Universo Contábil* (pp. 56-66). Blumenau, Brasil: Universidade Regional de Blumenau.
- Teles, R. E. (2018). *Desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à alocação de recursos humanos Aplicação ao centro de distribuição da FNAC Portugal*. Tese de Mestrado. ISCTE.
- Thangavel, K., Spiller, D., Sabatini, R., Marzocca, P., Esposito, M. (2023). Near Real-Time Wildfire Management Using Distributed Satellite System. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 20, pp.1-5
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 (2015).
- United Nations. (2016). Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development.
- Zverev, Y.P., Misiri, H.E. (2009). Perceived effects of rotating shift work on nurses' sleep quality and duration. Malawi Med J. Mar;21(1):19-21.

## Capítulo III - Minimização do número de bombeiros necessários através de vários padrões

O trabalho contínuo em regime turnos, fixos ou rotativos, é um assunto com cada vez mais importância, tanto pelas implicações que o mesmo tem nos colaboradores como até mesmo na própria organização. O escalonamento é complexo e, muitas vezes, alvo de insatisfação por parte dos colaboradores, que têm dificuldade em conjugar vida pessoal e familiar.

Neste trabalho, o objetivo é otimizar o escalonamento de turnos num Quartel de Bombeiros Voluntários, através da utilização de vários padrões de escalas com recurso ao *OpenSolver* do Excel.

Em situações que é previsto a ausência de bombeiros no quartel, é possível fazer escalas distintas, diminuindo o número de bombeiros necessários para o serviço que se pretende prestar.

### 3.1. Introdução

O trabalho por turnos e os problemas de escalonamento têm sido temas cada vez mais discutidos. A importância dos mesmos revela-se pela necessidade de atingimento dos objetivos, tentando sempre alcançar o máximo de produtividade, adaptando os recursos humanos aos recursos materiais.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de otimizar os turnos e escalas que são atualmente praticadas pelo Quartel de Bombeiros Voluntários de Paredes. Serão estudadas 3 equipas de bombeiros profissionais existentes, *Call Center*, Transporte Não Urgente, Ambulância de Socorro.

O trabalho será apresentado em 4 pontos principais. Primeiramente será elaborada a revisão de literatura, explicando os vários conceitos de trabalho por turnos. Bem como as várias tipologias existentes. Os efeitos e consequências que o regime de trabalho por turnos tem no colaborador e na organização será outro dos temas abordados, bem como a importância do *Work-life balance*.

De seguida será apresentada a metodologia, inicialmente explicando o estudo que serviu de base para o desenvolvimento deste trabalho e em seguida a aplicação deste modelo utilizando a Programação Linear.

Por último, serão apresentadas as principais conclusões ao estudo e modelo analisado.

## 3.2. Revisão de Literatura

### 3.2.1. Trabalho por Turnos

O regime de trabalho por turnos surge pela globalização e pela crescente exigência dos mercados mundiais, desta forma tornou-se imprescindível a maximização da rentabilidade dos equipamentos produtivos, garantindo que os bens e serviços estão sempre disponíveis.

Existe, atualmente, um padrão laboral regido pelo trabalho diurno e descanso noturno. Contudo, as exigências do mercado e dos consumidores, através da procura por serviços continuados, têm vindo a alterar este modelo, tornando muitas vezes necessário o trabalho 24 horas por dia, 365 dias por ano (Prata & Silva, 2013). As autoras referidas alertam que a mudança na standardização dos horários de trabalho foi uma das maiores mudanças nas organizações das últimas décadas. Além das necessidades da população, também os grandes investimentos que são feitos em equipamentos e a complexidade dos processos produtivos, levam a todas estas mudanças.

Estas mudanças transformaram a forma como o trabalho é organizado, devido à existência de mais equipas ao serviço. Dentro das várias formas de trabalho diferenciado, surge o trabalho por turnos (Cerqueira, 2021).

O trabalho por turnos, segundo Smith, Folkard, & Fuller (2003), é qualquer combinação de horas diárias de trabalho que difere do período laboral diurno padrão. Assim, é possível distribuir o trabalho pelas 24 horas, assegurando uma produção contínua.

Os vários sistemas de turnos podem ser agrupados por (Costa, 1997):

- Fixos: o trabalhador trabalha sempre no mesmo turno ou horário.
- Rotativos: o trabalhador altera periodicamente o seu horário de trabalho.
- Contínuos: existe produção ou serviço durante 24 horas por dia, ou seja, todos os dias da semana são trabalhados.
- Descontínuos: interrupção da produção ou serviço ao fim de semana ou ao domingo
- Turnos com ou sem trabalho noturno.

A tipologia de turnos contínuos engloba os horários que poderão causar mais ricos à sociedade, tanto pelo trabalho noturno, sendo o mais difícil de tolerar fisicamente para o corpo humano, como o trabalho ao fim de semana, originando dificuldade na vida social dos trabalhadores.

Wedderburn (1998) refere que existem 14 diretrizes que devem ser seguidas para ser possível elaborar um bom padrão de turnos, sendo estes:

1. Reduzir os turnos fixos de noite;
2. Minimizar a sequência das noites a trabalhar: apenas dois a quatro turnos de noite seguidos;
3. Evitar rotações rápidas atraso / avanço;
4. Planear os turnos com alguns fins de semana de folga;

5. Evitar sequências longas de turnos de trabalho;
6. Ajustar o tamanho do turno às tarefas e às cargas de trabalho;
7. Considerar turnos noturnos pequenos;
8. Rotação no sentido avanço / atraso;
9. Atrasar a hora de início do turno da manhã;
10. Tornar flexível o tempo de rotação de turnos, sempre que for possível;
11. Manter as rotações regulares;
12. Permitir flexibilidade do trabalhador;
13. Limitar as mudanças de turnos em pequenos períodos;
14. Boas notificações dos horários de trabalho;

### **3.2.2. Efeitos do trabalho por turnos**

Este regime de turnos, tem efeitos nos trabalhadores, tanto a nível pessoal, como no seu ambiente de trabalho, através do absentismo, produtividade e eficácia. Desta forma, os aspetos positivos e negativos do trabalho por turnos é um tema bastante divulgado. São vários os autores que abordam as vantagens (Costa G. , 2003) (Shen & Dicker, 2008) (Costa & Silva, 2019) (Williams, 2008):

- Remuneração mais elevada comparada aos restantes trabalhadores, nomeadamente através do subsídio de turno;
- Mais tempo livre durante o período diurno;
- Mais dias de descanso, facilitando a disponibilidade para a vida social;
- Flexibilidade de horários e na troca dos mesmos;
- Ausência de rotinas fixas.

Quanto às vantagens para a organização, estas são (Silva et al., 2014):

- Garantia de continuidade da produção e dos serviços;
- Aumentar a capacidade produtiva;
- Menor tempo para amortização dos investimentos efetuados.

Relativamente aos aspetos negativos, estes são abordados por (Shen & Dicker, 2008) (Costa G. , The problem: shiftwork, 1997) (Williams, 2008) (Costa & Silva, 2019):

- Maior insatisfação com o horário de trabalho;
- Risco para a saúde, visto que os ritmos são alterados, provocando distúrbios no sono, problemas digestivos, gastrointestinais e cardiovasculares;
- Alteração de humor dos trabalhadores;
- Aumento da sonolência durante o período de trabalho;
- Distúrbios psicológicos, como ansiedade, depressão e distúrbios alimentares;
- Dificuldade de compatibilização entre a vida pessoal e profissional;

- Maior propensão para erros e acidentes de trabalho;
- Maior dificuldade de deslocação para o trabalho, por exemplo por transportes públicos;
- Isolamento social.

Por último, importa abordar os principais desafios do trabalho por turnos para a organização (Shen & Dicker, 2008):

- Menor desempenho / segurança no exercício das funções e das capacidades cognitivas;
- Maior predisposição para erros e acidentes laborais;
- Aumento do absentismo.

### **3.2.3. Estratégias de Intervenção**

As empresas, atualmente, esforçam-se para implementar práticas mais vantajosas para os colaboradores que trabalhem no regime de turnos, ou caso não seja possível, harmonizar com compensações por esses inconvenientes causados. Desta forma, são implementadas algumas estratégias de intervenção, como manipulação das características da empresa, flexibilidade de horários e folgas, bem como uma correta e justa organização dos turnos, seleção de trabalhador com perfil mais tolerante e, por fim, uma forte estrutura e suporte no local de trabalho (Cerqueira, 2021).

O trabalho é sempre realizado num determinado contexto social, desta forma caso existam experiências pouco favoráveis ou desagradáveis, terá consequências diretas ou indiretas no trabalho que é realizado pelo trabalhador. Um ponto de fuga para as más experiências no trabalho é a vida social e familiar, assim é indiscutível a importância que o uma correta distribuição dos horários de trabalho poderá ter nas pessoas, garantindo folgas nos tempos que sejam mais valorizados pelos colaboradores (Cerqueira, 2021).

Cada vez mais, aquando da procura de uma experiência profissional, a flexibilidade de horários e de turnos é um requisito, desta forma as empresas tendem a proporcionar este pedido, através de algumas medidas, como por exemplo horário e permutas de turnos flexíveis, bem como semanas de trabalho comprimidas.

### **3.2.4. *Work Life Balance***

Tudo isto se traduz no *Work-life balance* (WLB), tema que tem vindo a ser cada vez mais estudado pelas empresas. O principal objetivo de qualquer pessoa é sentir-se completamente realizado na sua vida, tanto pessoal como profissional. Assim, o trabalho, que anteriormente era apenas visto como uma forma de sobrevivência, atualmente acompanha um estilo de vida, criando condições essenciais para a realização dos objetivos (Singh, 2013).

O conceito de WLB, no momento do seu surgimento refletia o equilíbrio entre a vida pessoal e a vida profissional, sendo que este conceito adquiriu mais importância com a implementação dos trabalhos por turnos (Santos, 2022).

Kofodimos (1993) entende que o *Work-life balance* é uma vida produtiva, saudável e satisfatória, em que inclua a pessoa no trabalho, na vida social e na vida familiar.

Mais recentemente Poulouse & Sudarsan (2014) definem o conceito como um correto equilíbrio da negociação entre as várias prioridades de vida que proporcionam a evolução e desenvolvimento de cada pessoa, tendo como objetivo final o aperfeiçoamento da consonância em termos de energia, tempo e compromisso.

### **3.2.5. Problema de escalonamento**

Atualmente, nas empresas em que o trabalho contínuo ou o regime de trabalho por turnos é uma realidade, também o escalonamento se torna uma problemática (Martins, 2022). O escalonamento de turnos envolve a distribuição dos recursos humanos de uma organização, de forma a satisfazer todas as exigências de procura, garantindo que todas as leis são cumpridas, como férias e número de horas de descanso.

Por outro lado, também a consideração pelas necessidades e pedidos dos trabalhadores é importante, possibilitando a flexibilidade de horários. Estes são aspetos importantes para a satisfação do colaborador na organização. Um bom clima no ambiente organizacional por parte do colaborador estimula o seu desempenho, criatividade e comprometimento, de modo a apoiar a organização no alcance dos seus objetivos (Ndilimeke, 2019). A satisfação dos recursos humanos na organização são parâmetros que levam ao aumento de produtividade, aumento da motivação laboral e, por consequência, uma maior produtividade e qualidade do serviço (Pawar & Hanchate, 2014)

Verifica-se uma crescente preocupação com os problemas de escalonamento, visto que a capacidade de limitar os custos e mantê-los o mais reduzidos possível determina a força competitiva de uma organização (Van der Veen, 2013). Um dos custos mais representativos nas organizações é o custo com pessoal, desta forma conseguir elaborar um correto escalonamento, com o número correto de trabalhadores para as tarefas existentes, tentando ir de encontro às necessidades e preferências dos mesmos, com horários justos, este poderá ser um método para controlar esses custos.



### 3.3. Metodologia de Resolução

#### 3.3.1. Metodologia

O objetivo deste estudo é a otimização do escalonamento no Quartel de Bombeiros Voluntários de Paredes, que atualmente já têm todas as escalas definidas por equipas.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi o modelo matemático de programação linear inteira. Este modelo é utilizado para resolver questões de investigação operacional, quanto à otimização de recursos nas diversas atividades que são necessárias realizar. São constituídos pela função objetivo, por restrições e variáveis de decisão.

#### 3.3.2. Enquadramento

Para a simulação realizada, tomou-se por base um estudo feito anteriormente, no quartel referido. Importa informar sobre as equipas que estão sujeitas a este modelo matemático. Desta forma, os dados necessários são apresentados de seguida.

- CC – Equipa de *Call Center*, constituída por 4 elementos, atualmente trabalham sob o modelo de turnos rotativos, garantindo o serviço durante 24 horas por dia, todos os dias.
- ETNU – Equipa de Transporte Não Urgente, constituída por 5 elementos, garantem o serviço durante a semana das 07h às 21h, e ao sábado entre as 10h e às 21h ou das 07h e às 18h
- EAS – Equipa de Ambulância de Socorro, formada por apenas 2 elementos, durante a semana trabalham das 07h até às 13h e ao sábado das 10h às 21h ou das 07h às 18h

No cenário B, analisado anteriormente, pressupunha-se que todas as funções estariam presentes durante 24 horas por dia e 7 dias por semana, trabalhando em turnos de 6 horas cada um. Assim, foram considerados os seguintes turnos:

- N (Noite): 19h -01h
- T (Tarde): 13h- 19h
- M (Manhã): 07h – 13h
- M (madrugada): 01h – 07h
- F (Folga)

As principais características do modelo anteriormente estudado, eram

Tabela 17 – Características do Cenário B

Função	Turnos Rotativos	Turnos Fixos	Serviço Noturno Assegurado	Serviço de fim de semana assegurado	Nº Mínimo de Bombeiros
Call Center	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	5
EAS	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	15
ETNU	5 Turnos: NTMmF 6 horas cada turno	Não	Sim	Sim	10

A conclusão obtida no modelo apresentado, foi a necessidade de existirem 30 bombeiros para ser possível satisfazer todos requisitos.

O cenário B, de todos os cenários estudados, foi o que mostrou ser mais dispendioso em termos de recursos humanos. No entanto, o mesmo não contempla a existência de falhas humanas, como férias e baixas, desta forma torna-se necessário analisá-lo tendo em conta outros padrões

### 3.3.3. Modelo de Programação Linear

O modelo de programação linear foi efetuado para um mês completo, tendo em conta os novos padrões.

Apresentam-se os seguintes dados e notações para este modelo:

- CC – Equipa de *Call Center*
- ETNU – Equipa de Transporte Não Urgente
- EAS – Equipa de Ambulância de Socorro

Consideram-se os seguintes índices:

$i$ : equipa especializada de bombeiros (1=CC; 2=ETNU; 3=EAS)

$j$ : tipo de escala efetuada (1=NTMmF; 2=NNTMF; 3=NTTMF; 4=TTMMF; 5=TTTTF; 6=NTMMF; 7=TMMMF)

$k$ : turno efetuado pelos bombeiros, varia entre 1=noite; 2= tarde; 3=manhã; 4=madrugada; 5=folga

Consideram-se as variáveis:

$x_{ijk}$ : número de bombeiros na equipa  $i$ , a efetuar a escala  $j$ , no turno  $k$

Assim, de forma explicativa,  $x_{111}$  representa o número de bombeiros de *call center*, da escala 1 (NTMmF) a iniciar no turno da noite. Relativamente à variável  $x_{241}$  representa o número de bombeiros da equipa de transporte não urgente, a efetuar a escala 4 (TTMMF), a iniciar no turno da tarde. No total foram consideradas 15 variáveis por cada horário de trabalho, perfazendo um total de 105 variáveis no modelo em análise.

Pretende-se minimizar o número de bombeiros necessários, pelo conjunto das escalas. Assim, a função objetivo pode ser definida como:

$$\text{Min } Z = \sum x_{ijk} \quad (13)$$

Adicionalmente existem as seguintes restrições:

- Pelo menos um operacional em cada escala de CC à noite

$$x_{1j1} \geq 1, \forall_j \quad (14)$$

- Pelo menos um operacional em cada escala de CC à tarde

$$x_{1j2} \geq 1, \forall_j \quad (15)$$

- Pelo menos um operacional em cada escala de CC de manhã

$$x_{1j3} \geq 1, \forall_j \quad (16)$$

- Pelo menos um operacional em cada escala de CC de madrugada

$$x_{1j4} \geq 1, \forall_j \quad (17)$$

- Pelo menos três operacionais em cada escala de ETNU à noite

$$x_{2j1} \geq 3, \forall_j \quad (18)$$

- Pelo menos três operacionais em cada escala de ETNU à tarde

$$x_{2j2} \geq 3, \forall_j \quad (19)$$

- Pelo menos três operacionais em cada escala de ETNU de manhã

$$x_{2j3} \geq 3, \forall_j \quad (20)$$

- Pelo menos três operacionais em cada escala de ETNU de madrugada

$$x_{2j4} \geq 3, \forall_j \quad (21)$$

- Pelo menos dois operacionais em cada escala de EAS à noite

$$x_{3j1} \geq 2, \forall_j \quad (22)$$

- Pelo menos dois operacionais em cada escala de EAS à tarde

$$x_{3j2} \geq 2, \forall_j \quad (23)$$

- Pelo menos dois operacionais em cada escala de EAS de manhã

$$x_{3j3} \geq 2, \forall_j \quad (24)$$

- Pelo menos dois operacionais em cada escala de EAS de madrugada

$$x_{3j4} \geq 2, \forall_j \quad (25)$$

- Número total de operacionais disponíveis

$$\sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \leq N, \text{ onde } N \text{ é o número total de bombeiros no quartel} \quad (26)$$

- Número de CC disponíveis

$$\sum_j \sum_k x_{1jk} \leq N_{CC}, \text{ onde } N_{CC} \text{ é o número total de bombeiros para a função CC} \quad (27)$$

- Número de ETNU disponíveis

$$\sum_j \sum_k x_{2jk} \leq N_{ETNU}, \text{ onde } N_{ETNU} \text{ é o número total de bombeiros para a função} \quad (28)$$

ETNU

- Número de bombeiros de EAS disponíveis

$$\sum_j \sum_k x_{3jk} \leq N_{EAS}, \text{ onde } N_{EAS} \text{ é o número total de bombeiros para a função} \quad (29)$$

EAS

No estudo efetuado, o objetivo seria obter um número menor ou igual a 30 bombeiros no total, sendo que os resultados obtidos se encontram abaixo discriminados:

O estudo analisado, encontra-se apresentado nos Anexos X a XVII.

*Tabela 18 - Solução variáveis capítulo 3*

<b>Variável</b>	<b>Explicação</b>	<b>Nº Bombeiros</b>
$x_{112}$	Nº de bombeiros de <i>call center</i> , da escala NTMmF, a iniciar de tarde	1
$x_{114}$	Nº de bombeiros de <i>call center</i> , da escala NTMmF, a iniciar de madrugada	1
$x_{211}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMmF, a iniciar de noite	1
$x_{212}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMmF, a iniciar de tarde	2
$x_{213}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMmF, a iniciar de manhã	3
$x_{214}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMmF, a iniciar de madrugada	3
$x_{215}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMmF, a iniciar de folga	2
$x_{311}$	Nº de bombeiros de EAS, da escala NTMmF, a iniciar de noite	2
$x_{314}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMmF, a iniciar de madrugada	2
$x_{315}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMmF, a iniciar de folga	1
$x_{121}$	Nº de bombeiros de CC, da escala NNTMF, a iniciar de noite	1
$x_{124}$	Nº de bombeiros de CC, da escala NNTMF, a iniciar de manhã	1
$x_{125}$	Nº de bombeiros de CC, da escala NNTMF, a iniciar de folga	1
$x_{222}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NNTMF, a iniciar na 2ª noite	1

$x_{323}$	Nº de bombeiros de EAS, da escala NNTMF, a iniciar na 2ª noite	1
$x_{251}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala TTTMF, a iniciar de tarde	1
$x_{261}$	Nº de bombeiros de ETNU, da escala NTMMF, a iniciar de noite	1
$x_{362}$	Nº de bombeiros de EAS, da escala NNTMF, a iniciar de tarde	1
$x_{363}$	Nº de bombeiros de EAS, da escala NNTMF, a iniciar de manhã	2
$x_{365}$	Nº de bombeiros de EAS, da escala NNTMF, a iniciar na folga	1

Desta forma, passam a ser apenas necessários 29 bombeiros, seguindo os diferentes padrões de escala, sendo assim mais fácil garantir a substituição de alguém quando existe alguma falha. O bombeiro que é possível excluir faz parte da equipa de transporte não urgente.

### 3.4. Conclusões

O escalonamento de turnos é uma tarefa complexa, principalmente quando este implica o trabalho noturno, dadas as implicações que este tem na vida pessoal e profissional dos colaboradores. Desta forma, um correto planeamento e escalonamento dos turnos é essencial para ser possível garantir um correto funcionamento do Quartel de Bombeiros de Paredes.

O modelo estudado teve em conta um anterior estudo que considerava todas as equipas durante 24 horas por dia e 7 dias por semana, revelando-se assim o mais dispendioso em termos de recursos humanos, 30 bombeiros necessários. Desta forma, o modelo de programação linear teve em conta diversos padrões de escala, de forma a tentar colmatar possíveis falhas humanas, como baixas ou férias. O modelo revelou-se eficaz, visto que o número mínimo de bombeiros passou a ser apenas 29.

### Bibliografia

Alves, A. C. (2016). *Recuperação de Recursos dos Trabalhadores em Regime de Turnos: Estudo de caso*. Tese de Mestrado. Instituto Politécnico do Porto.

- Cerqueira, I. d. (2021). *Trabalho por turnos: implicações para os colaboradores e estratégias de intervenção*. Tese de Mestrado. Universidade do Porto.
- Costa, G. (1997). The problem: shiftwork. *Chronobiology International*, vol. 14(2), pp. 89-98.
- Kofodimos, J. (1993). *Balancing Act: How managers can integrate successful careers and fulfilling personal lives*. São Francisco: Jossey-Bass.
- Martins, J. P. (2022). *Sistema de apoio à decisão para o escalonamento de viaturas numa oficina de reparação automóvel*. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Ndilimeke, N. (2019). *O impacto das condições de trabalho na satisfação dos trabalhadores. Estudo de caso: Externato Álvares Cabral*. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Gestão.
- Pawar, U. S., & Hanchate, D. B. (2014). Personnel Scheduling With Heuristic Search Approach. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, vol. 3(7), pp. 88-94.
- Poulose, S., & Sudarsan, N. (2014). Work Life Balance: A Conceptual Review. *International Journal of Advances in Management and Economics*, vol. 3, pp. 01-17.
- Prata, J., & Silva, I. S. (2013). Efeitos do trabalho em turnos na saúde e em dimensões do contexto social e organizacional: um estudo na indústria eletrônica. *Revista Psicologia Organizações e Trabalho*, vol. 13 (2), pp. 141-154.
- Santos, B. C. (2022). *O trabalho por turnos e o work-life balance: a conciliação é (im)possível? Um estudo exploratório no setor do retalho alimentar*. Tese de Mestrado. ISCAP
- Singh, S. (2013). Work Life Balance: A literature review. *Global Journal of Commerce and Management perspective*, pp. 84-91.
- Smith, C., Folkard, S., & Fuller, J. (2003). Trabalho em turnos e horário de trabalho. Em *Manual de psicologia da saúde ocupacional* (pp. 163-183). Associação Americana de Psicologia.
- Van der Veen, E. (2013). *Personnel Preferences in Personnel Planning and Scheduling*. Tese de Doutorado. Holanda.
- Wedderburn, A. (1998). *Continuous shift systems*. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. Luxemburgo.

## Conclusões e Limitações

### Conclusões

O escalonamento de turnos é de extrema importância, visto que os profissionais de uma organização são um dos recursos que apresentam uma maior dificuldade de gestão associados a um custo mais elevado. Assim, um correto planeamento dos turnos poderá aumentar produtividade e satisfação dos colaboradores. O escalonamento de turnos num quartel de bombeiros é fundamental, contribuindo para uma melhor eficácia do serviço prestado e uma garantia da utilização correta dos recursos humanos disponíveis.

A presente dissertação focou-se no estudo e análise da importância do escalonamento de turnos numa corporação de bombeiros, de forma a garantir uma rápida e eficaz resposta à comunidade, bem como permitir que os bombeiros se encontrem satisfeitos relativamente aos turnos que têm de realizar.

Para realização deste trabalho recorreu-se à construção de modelos de programação linear numa abordagem por artigos científicos, tendo sido desenvolvidos três artigos, dois deles aceites em conferências internacionais indexadas e um terceiro que será submetido a publicação numa revista internacional indexada na área em estudo.

Na abordagem inicial, refletida no primeiro artigo, foi realizada, através de uma abordagem simples e genérica, uma breve apresentação da equipa de bombeiros profissionais e foi exposto um método de resolução do problema e escalonamento dos horários por turnos, através da programação linear. Concluiu-se, nesta fase, que seria possível diminuir 1 bombeiro, passando a ser apenas necessários 15 bombeiros, dos atuais 16 disponíveis.

No seguimento do primeiro artigo, numa segunda abordagem, pretendeu-se garantir que a corporação de bombeiros de Paredes assegura um serviço com a máxima qualidade e com uma resposta imediata às populações, sendo necessário melhorar os horários e tempo de serviço por cada equipa do quartel de bombeiros. Assim, foram apresentados e simulados 5 cenários diferentes com intenção de se entender qual se adaptaria melhor às exigências e necessidades atuais da população e do quartel. Cabe agora ao comandante da corporação de Bombeiros de Paredes decidir qual o melhor cenário a adotar no quartel, com base no número de chamadas pelos serviços de emergência, a pertinência de assegurar turnos noturnos e de madrugada, visto que o número de solicitações pode ser baixo e não potencializar o custo em recursos humanos.

No terceiro passo da investigação, o cenário B apresentado na fase anterior, que considera que todas as funções/tipologia de equipas em análise estão presentes 24 horas por dia e 7 dias por semana e que cada bombeiro trabalha em turnos de 6 horas, foi desenvolvido e otimizado, através de novos padrões de turnos e escalas com o objetivo de minimizar o número de bombeiros,



considerando eventuais imprevistos, ausências de bombeiros ou férias. O modelo revelou-se eficaz, visto que o número mínimo de bombeiros reduziu relativamente ao previsto.

Constata-se, com esta dissertação, que um melhor e mais correto escalonamento, de forma a suprir as necessidades dos Bombeiros Voluntários de Paredes, é de extrema importância para o Quartel e também para a comunidade do território que esta corporação assiste.

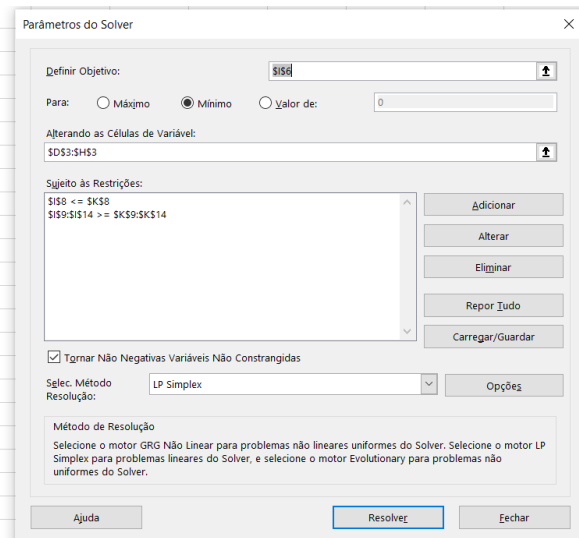
Os cenários estudados poderão ser uma mais-valia para os bombeiros, no sentido de conseguir diminuir o número de bombeiros necessários, mas também pelo facto de conseguirem trabalhar sob novos padrões de escalonamento, tendo em conta as necessidades de cada turno num determinado período ou altura do ano, com maior pico de trabalho, como por exemplo na época de incêndios. Por outro lado, é possível combater eventuais falhas de recursos humanos, seja por férias ou ausências não planeadas. Com a análise e otimização de diferentes cenários e considerando vários padrões de escalas, foi possível reduzir o número de bombeiros, tornando-se mais fácil garantir os serviços necessários com o mínimo de recursos.

### **Limitações**

Como em qualquer trabalho de investigação, existem limitações associadas ao desenvolvimento desta dissertação, sendo uma delas a simplificação efetuada no desenvolvimento dos modelos matemáticos, numa primeira fase nos horários analisados, depois o facto de não se considerarem os picos de serviço ao longo do ano e principalmente a dificuldade de previsão da necessidade dos serviços e da sua tipologia, dada a especificidade dos mesmos.

# Apêndice I – Restrições do Modelo no Solver do Capítulo 1

	t1	t2	t3	t4	t5	
	0	6	5	3	1	
Objetivo	Minimizar	1	1	1	1	15
Restrições	nº bombeiros	1	1	1	1	15 <= 16
	[07-10]	1	1			6 >= 6
	[10-13]	1	1	1		11 >= 11
	[13-16]		1	1	1	14 >= 9
	[16-19]			1	1	8 >= 8
	[19-21]				1	3 >= 3
	[21-07]				1	1 >= 1



# Apêndice II – Relatório de Resposta do Capítulo 1

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Resposta

Folha de Cálculo: [Teste solver.xlsx]Abordagem 1

Relatório Criado: 25/03/2023 18:17:55

Resultado: O Solver encontrou uma solução. Todas as restrições e condições de otimização foram satisfeitas.

### Motor do Solver

Motor: LP Simplex

Tempo de Solução: 0,047 Segundos.

Iterações: 8 Subproblemas: 0

### Opções do Solver

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

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

### Célula de Objetivo (Mínimo)

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$H\$6	Minimizar	0	15

### Células de Variável

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número inteiro
\$C\$3	t1	0	0	Contín
\$D\$3	t2	0	6	Contín
\$E\$3	t3	0	5	Contín
\$F\$3	t4	0	3	Contín
\$G\$3	t5	0	1	Contín

### Restrições

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Estado	Margem
\$H\$8	nº bombeiros	15	\$H\$8<=\$J\$8	Sem Enlace	1
\$H\$9	[07-10]	6	\$H\$9>=\$J\$9	Enlace	0
\$H\$10	[10-13]	11	\$H\$10>=\$J\$10	Enlace	0
\$H\$11	[13-16]	14	\$H\$11>=\$J\$11	Sem Enlace	5
\$H\$12	[16-19]	8	\$H\$12>=\$J\$12	Enlace	0
\$H\$13	[19-21]	3	\$H\$13>=\$J\$13	Enlace	0
\$H\$14	[21-07]	1	\$H\$14>=\$J\$14	Enlace	0

## Apêndice III – Relatório de Sensibilidade do Capítulo 1

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Sensibilidade  
 Folha de Cálculo: [Teste solver.xlsx]Abordagem 1  
 Relatório Criado: 25/03/2023 18:17:55

### Células de Variável

Célula	Nome	Final	Reduzido	Objetivo	Permissível	Permissível
		Valor	Custo	Coefficiente	Aumentar	Diminuir
\$C\$3	t1	0	0	1	1E+30	0
\$D\$3	t2	6	0	1	0	1
\$E\$3	t3	5	0	1	1	0
\$F\$3	t4	3	0	1	1E+30	1
\$G\$3	t5	1	0	1	1E+30	1

### Restrições

Célula	Nome	Final	Sombra	Restrição	Permissível	Permissível
		Valor	Preço	Lado Direito	Aumentar	Diminuir
\$H\$8	nº bombeiros	15	0	16	1E+30	1
\$H\$9	[07-10]	6	0	6	0	1E+30
\$H\$10	[10-13]	11	1	11	1	0
\$H\$11	[13-16]	14	0	9	5	1E+30
\$H\$12	[16-19]	8	0	8	0	5
\$H\$13	[19-21]	3	1	3	1	0
\$H\$14	[21-07]	1	1	1	1	1

## Apêndice IV – Relatório de Limites do Capítulo 1

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Limites  
 Folha de Cálculo: [Teste solver.xlsx]Abordagem 1  
 Relatório Criado: 25/03/2023 18:17:55

Objetivo		
Célula	Nome	Valor
\$H\$6	Minimiza	15

Célula	Nome	Variável	Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
			Limite	Resultado	Limite	Resultado
\$C\$3	t1	0	0	15	1	16
\$D\$3	t2	6	6	15	7	16
\$E\$3	t3	5	5	15	6	16
\$F\$3	t4	3	3	15	4	16
\$G\$3	t5	1	1	15	2	16

Apêndice V – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário A

variáveis				x11	x21	x31	x12	x22	x32	x13	x23	x33	x14	x24	x34				
				1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2				
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
																24	FO (minimizar)		
Restrições para o dia e turnos	Dia	Dia (Semana)	Turno	si	Horário de Trabalho 1			Horário de Trabalho 2			Horário de Trabalho 3			Horário de Trabalho 4				mínimo de bombeiros	
					x11	x21	x31	x12	x22	x32	x13	x23	x33	x14	x24	x34			
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Segunda	s1 (noite)	1		1												6	>=	
		s2 (tarde)	2				1		1								6	>=	
		s3 (manhã)	3								1	1	1				6	>=	
2	Terça	s1 (noite)	4											1	1	1	6	>=	
		s2 (tarde)	5		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	6					1	1	1							6	>=	
3	Quarta	s1 (noite)	7								1	1	1				6	>=	
		s2 (tarde)	8												1	1	1	6	>=
		s3 (manhã)	9		1	1	1										6	>=	
4	Quinta	s1 (noite)	10					1	1	1							6	>=	
		s2 (tarde)	11								1	1	1				6	>=	
		s3 (manhã)	12											1	1	1	6	>=	
5	Sexta	s1 (noite)	13		1	1	1										6	>=	
		s2 (tarde)	14					1	1	1							6	>=	
		s3 (manhã)	15								1	1	1				6	>=	
6	Sábado	s1 (noite)	16											1	1	1	6	>=	
		s2 (tarde)	17		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	18						1	1	1						6	>=	
7	Domingo	s1 (noite)	19								1	1	1				6	>=	
		s2 (tarde)	20												1	1	1	6	>=
		s3 (manhã)	21		1	1	1										6	>=	
8	Segunda	s1 (noite)	22					1	1	1							6	>=	
		s2 (tarde)	23								1	1	1				6	>=	
		s3 (manhã)	24											1	1	1	6	>=	
9	Terça	s1 (noite)	25		1	1	1										6	>=	
		s2 (tarde)	26					1	1	1							6	>=	
		s3 (manhã)	27								1	1	1				6	>=	
10	Quarta	s1 (noite)	28												1	1	1	6	>=
		s2 (tarde)	29		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	30					1	1	1							6	>=	
11	Quinta	s1 (noite)	31							1	1	1					6	>=	
		s2 (tarde)	32											1	1	1	6	>=	
		s3 (manhã)	33		1	1	1										6	>=	
12	Sexta	s1 (noite)	34					1	1	1							6	>=	
		s2 (tarde)	35								1	1	1				6	>=	
		s3 (manhã)	36											1	1	1	6	>=	
13	Sábado	s1 (noite)	37		1	1	1										6	>=	
		s2 (tarde)	38					1	1	1							6	>=	
		s3 (manhã)	39								1	1	1				6	>=	
14	Domingo	s1 (noite)	40												1	1	1	6	>=
		s2 (tarde)	41		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	42					1	1	1							6	>=	
15	Segunda	s1 (noite)	43								1	1	1				6	>=	
		s2 (tarde)	44											1	1	1	6	>=	
		s3 (manhã)	45		1	1	1										6	>=	
16	Terça	s1 (noite)	46					1	1	1							6	>=	
		s2 (tarde)	47								1	1	1				6	>=	
		s3 (manhã)	48											1	1	1	6	>=	
17	Quarta	s1 (noite)	49		1	1	1										6	>=	
		s2 (tarde)	50					1	1	1							6	>=	
		s3 (manhã)	51								1	1	1				6	>=	
18	Quinta	s1 (noite)	52												1	1	1	6	>=
		s2 (tarde)	53		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	54					1	1	1							6	>=	
19	Sexta	s1 (noite)	55								1	1	1				6	>=	
		s2 (tarde)	56											1	1	1	6	>=	
		s3 (manhã)	57		1	1	1										6	>=	
20	Sábado	s1 (noite)	58					1	1	1							6	>=	
		s2 (tarde)	59								1	1	1				6	>=	
		s3 (manhã)	60											1	1	1	6	>=	
21	Domingo	s1 (noite)	61		1	1	1										6	>=	
		s2 (tarde)	62					1	1	1							6	>=	
		s3 (manhã)	63								1	1	1				6	>=	
22	Segunda	s1 (noite)	64												1	1	1	6	>=
		s2 (tarde)	65		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	66					1	1	1							6	>=	
23	Terça	s1 (noite)	67								1	1	1				6	>=	
		s2 (tarde)	68											1	1	1	6	>=	
		s3 (manhã)	69		1	1	1										6	>=	
24	Quarta	s1 (noite)	70					1	1	1							6	>=	
		s2 (tarde)	71								1	1	1				6	>=	
		s3 (manhã)	72											1	1	1	6	>=	
25	Quinta	s1 (noite)	73		1	1	1										6	>=	
		s2 (tarde)	74					1	1	1							6	>=	
		s3 (manhã)	75								1	1	1				6	>=	
26	Sexta	s1 (noite)	76												1	1	1	6	>=
		s2 (tarde)	77		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	78					1	1	1							6	>=	
27	Sábado	s1 (noite)	79								1	1	1				6	>=	
		s2 (tarde)	80											1	1	1	6	>=	
		s3 (manhã)	81		1	1	1										6	>=	
28	Domingo	s1 (noite)	82					1	1	1							6	>=	
		s2 (tarde)	83								1	1	1				6	>=	
		s3 (manhã)	84											1	1	1	6	>=	
29	Segunda	s1 (noite)	85		1	1	1										6	>=	
		s2 (tarde)	86					1	1	1							6	>=	
		s3 (manhã)	87								1	1	1				6	>=	
30	Terça	s1 (noite)	88												1	1	1	6	>=
		s2 (tarde)	89		1	1	1										6	>=	
		s3 (manhã)	90					1	1	1							6	>=	

máximo bombeiros disponíveis						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	24	<=
máximo bombeiros call center disponíveis						1					1								4	4	<=
máximo bombeiros não urgente disponíveis						1					1								12	12	<=
máximo bombeiros de emergência disponíveis								1						1					8	8	<=
minimo call center (x11)						1													1	1	>=
minimo call center (x12)									1										1	1	>=
minimo call center (x13)											1								1	1	>=
minimo call center (x14)														1					1	1	>=
minimo transporte não urgente (x21)								1											3	3	>=
minimo transporte não urgente (x22)											1								3	3	>=
minimo transporte não urgente (x23)													1						3	3	>=
minimo transporte não urgente (x24)																	1		3	3	>=
minimo transporte de emergência (x31)								1											2	2	>=
minimo transporte de emergência (x32)											1								2	2	>=
minimo transporte de emergência (x33)														1					2	2	>=
minimo transporte de emergência (x34)															1				2	2	>=

### Apêndice VI – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário B

variáveis																	30 FO (minimizar)						
x11 x21 x31 x12 x22 x32 x13 x23 x33 x14 x24 x34 x15 x25 x35																							
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1																							
Restrições para o dia e turnos	Diário	Diário		Horário de Trabalho 1			Horário de Trabalho 2			Horário de Trabalho 3			Horário de Trabalho 4			Horário de Trabalho 5			minimo de bombeiros				
	Diário	(Semana)	Turno	s1	x11	x21	x31	x12	x22	x32	x13	x23	x33	x14	x24	x34	x15	x25	x35				
	1 Segunda	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	2 Terça	s1 (Noite)		1	1	1	1											1	1	1	6	>=	
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	3 Quarta	s1 (Noite)		1	1	1	1												1	1	1	6	>=
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	4 Quinta	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	5 Sexta	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	6 Sábado	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	7 Domingo	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	8 Segunda	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1								1	1	1	6	>=	
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	9 Terça	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	10 Quarta	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	11 Quinta	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
	12 Sexta	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=		
		s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=		
		s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=		
		s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=		
13 Sábado	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=			
	s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=			
	s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=			
	s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=			
14 Domingo	s1 (Noite)		1	1	1	1													6	>=			
	s2 (Tarde)						1	1	1										6	>=			
	s3 (Manhã)									1	1	1							6	>=			
	s4 (madrugada)												1	1	1				6	>=			





# Apêndice VIII – Modelo Solver do Capítulo 2 – Cenário D

variáveis		k11	k22	k23	k31	k32	k33	k12	k13	k14	k15					
		1	3	3	2	2	2	1	1	1	1					
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
17 FO (minimizar)																
Restrições para o dia e turnos	Dia	Dia (Semana)	Turno	si	Horário de Trabalho										minimum firefighter s by shift	
					Horário de Trabalho 1					Horário de Trabalho 2	Horário de Trabalho 3	Horário de Trabalho 4	Horário de Trabalho 5			
					k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10		
1	Segunda	s1 (Noite)	1	1										3	>=	
		s2 (Tarde)	2											6	>=	
		s3 (Manhã)	3		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	4										1	1	>=	
2	terça	s1 (Noite)	5					1						3	>=	
		s2 (Tarde)	6	1			1							6	>=	
		s3 (Manhã)	7		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	8							1				1	>=	
3	Quarta	s1 (Noite)	9							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	10				1							6	>=	
		s3 (Manhã)	11	1	1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	12							1				1	>=	
4	Quinta	s1 (Noite)	13							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	14				1							6	>=	
		s3 (Manhã)	15		1			1					1	6	>=	
		s4 (madrugada)	16	1										1	>=	
5	Sexta	s1 (Noite)	17					1						3	>=	
		s2 (Tarde)	18							1				6	>=	
		s3 (Manhã)	19		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	20										1	1	>=	
6	Sábado	s1 (Noite)	21	1										3	>=	
		s2 (Tarde)	22				1			1				6	>=	
		s3 (Manhã)	23		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	24										1	1	>=	
7	Domingo	s1 (Noite)	25							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	26	1		0								3	>=	
		s3 (Manhã)	27		0			1						3	>=	
		s4 (madrugada)	28											1	>=	
8	Segunda	s1 (Noite)	29							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	30					1						6	>=	
		s3 (Manhã)	31	1	1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	32							1				1	>=	
9	terça	s1 (Noite)	33							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	34			1			1					6	>=	
		s3 (Manhã)	35		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	36	1										1	>=	
10	Quarta	s1 (Noite)	37							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	38			1			1					6	>=	
		s3 (Manhã)	39			1							1	6	>=	
		s4 (madrugada)	40											1	>=	
11	Quinta	s1 (Noite)	41	1										3	>=	
		s2 (Tarde)	42				1			1				6	>=	
		s3 (Manhã)	43		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	44											1	>=	
12	Sexta	s1 (Noite)	45							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	46	1			1		1					6	>=	
		s3 (Manhã)	47		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	48											1	>=	
13	Sábado	s1 (Noite)	49											3	>=	
		s2 (Tarde)	50	1			1		1					6	>=	
		s3 (Manhã)	51		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	52											1	>=	
14	Domingo	s1 (Noite)	53							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	54			0			1					3	>=	
		s3 (Manhã)	55	1	0			1						3	>=	
		s4 (madrugada)	56							1				1	>=	
15	Segunda	s1 (Noite)	57											3	>=	
		s2 (Tarde)	58				1							6	>=	
		s3 (Manhã)	59		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	60	1										1	>=	
16	terça	s1 (Noite)	61							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	62			1			1					6	>=	
		s3 (Manhã)	63		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	64											1	>=	
17	Quarta	s1 (Noite)	65	1						1				3	>=	
		s2 (Tarde)	66				1							6	>=	
		s3 (Manhã)	67		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	68											1	>=	
18	Quinta	s1 (Noite)	69							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	70	1			1		1					6	>=	
		s3 (Manhã)	71		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	72											1	>=	
19	Sexta	s1 (Noite)	73											3	>=	
		s2 (Tarde)	74							1				6	>=	
		s3 (Manhã)	75	1	1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	76							1				1	>=	
20	Sábado	s1 (Noite)	77											3	>=	
		s2 (Tarde)	78							1				6	>=	
		s3 (Manhã)	79		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	80	1										1	>=	
21	Domingo	s1 (Noite)	81							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	82			0			1					3	>=	
		s3 (Manhã)	83		0			1						3	>=	
		s4 (madrugada)	84											1	>=	
22	Segunda	s1 (Noite)	85	1						1				3	>=	
		s2 (Tarde)	86											6	>=	
		s3 (Manhã)	87		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	88											1	>=	
23	terça	s1 (Noite)	89											3	>=	
		s2 (Tarde)	90	1				1						6	>=	
		s3 (Manhã)	91		1					1				6	>=	
		s4 (madrugada)	92											1	>=	
24	Quarta	s1 (Noite)	93											3	>=	
		s2 (Tarde)	94							1				6	>=	
		s3 (Manhã)	95	1	1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	96											1	>=	
25	Quinta	s1 (Noite)	97											3	>=	
		s2 (Tarde)	98							1				6	>=	
		s3 (Manhã)	99		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	100	1										1	>=	
26	Sexta	s1 (Noite)	101							1				3	>=	
		s2 (Tarde)	102											6	>=	
		s3 (Manhã)	103		1			1						6	>=	
		s4 (madrugada)	104											1	>=	









# Apêndice XI – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 2 (NNTMF)

variáveis				x121	x122	x123	x124	x125	x221	x222	x223	x224	x225	x321	x322	x323	x324	x325	
				1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Restrições do dia e do turno	Dia	Dia (Semana)	Turno	si	Horário de Trabalho 2 (NNTMF)														
					x121	x122	x123	x124	x125	x221	x222	x223	x224	x225	x321	x322	x323	x324	x325
	1	Segunda	s1 (Noite)	1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
			s2 (Tarde)	2			1			1	1				1	1			
			s3 (Manhã)	3				1				1					1		
			s4 (madrugada)	4					1				1					1	
	2	terça	s1 (Noite)	5	1				1	1				1	1				1
			s2 (Tarde)	6		1					1					1			
			s3 (Manhã)	7			1					1					1		
			s4 (madrugada)	8									1						1
	3	Quarta	s1 (Noite)	9				1	1				1	1				1	1
			s2 (Tarde)	10		1				1					1	1			
			s3 (Manhã)	11			1				1					1			
			s4 (madrugada)	12								1							1
	4	Quinta	s1 (Noite)	13			1	1				1	1				1	1	
			s2 (Tarde)	14					1					1					1
			s3 (Manhã)	15		1				1					1				
			s4 (madrugada)	16															
	5	Sexta	s1 (Noite)	17		1	1				1	1				1	1		
			s2 (Tarde)	18				1					1					1	
			s3 (Manhã)	19					1					1					1
			s4 (madrugada)	20											1				
	6	Sábado	s1 (Noite)	21		1	1			1	1				1	1			
			s2 (Tarde)	22				1				1					1		1
			s3 (Manhã)	23					1				1						1
			s4 (madrugada)	24										1					
	7	Domingo	s1 (Noite)	25	1				1	1				1	1				1
			s2 (Tarde)	26			1				1					1			
			s3 (Manhã)	27				1				1					1		
			s4 (madrugada)	28									1						1
	8	Segunda	s1 (Noite)	29				1	1				1	1				1	1
			s2 (Tarde)	30		1				1					1				
			s3 (Manhã)	31			1				1					1			
			s4 (madrugada)	32															
	9	terça	s1 (Noite)	33				1				1					1		
			s2 (Tarde)	34					1				1					1	
			s3 (Manhã)	35						1				1					1
			s4 (madrugada)	36															
	10	Quarta	s1 (Noite)	37	1	1				1	1				1	1			
			s2 (Tarde)	38				1				1					1		1
			s3 (Manhã)	39					1				1						1
			s4 (madrugada)	40										1					
	11	Quinta	s1 (Noite)	41	1				1	1				1	1				1
			s2 (Tarde)	42			1				1					1			
			s3 (Manhã)	43				1				1					1		
			s4 (madrugada)	44															
	12	Sexta	s1 (Noite)	45				1	1				1	1				1	1
			s2 (Tarde)	46		1				1					1				
			s3 (Manhã)	47			1				1					1			
			s4 (madrugada)	48															
	13	Sábado	s1 (Noite)	49				1	1			1	1				1	1	
			s2 (Tarde)	50					1				1						1
			s3 (Manhã)	51		1				1					1				
			s4 (madrugada)	52															
	14	Domingo	s1 (Noite)	53			1				1	1				1	1		
			s2 (Tarde)	54				1					1					1	
			s3 (Manhã)	55					1					1					1
			s4 (madrugada)	56															
	15	Segunda	s1 (Noite)	57	1	1				1	1				1	1			
			s2 (Tarde)	58				1				1					1		
			s3 (Manhã)	59					1				1					1	
			s4 (madrugada)	60															
	16	terça	s1 (Noite)	61		1			1	1				1	1				1
			s2 (Tarde)	62			1				1					1			
			s3 (Manhã)	63				1				1					1		
			s4 (madrugada)	64															
	17	Quarta	s1 (Noite)	65				1	1				1	1				1	1
			s2 (Tarde)	66		1				1					1				
			s3 (Manhã)	67			1				1					1			
			s4 (madrugada)	68															
	18	Quinta	s1 (Noite)	69				1	1				1	1				1	1
			s2 (Tarde)	70					1					1					1
			s3 (Manhã)	71			1			1					1				
			s4 (madrugada)	72															
	19	Sexta	s1 (Noite)	73		1	1				1	1				1	1		
			s2 (Tarde)	74				1					1					1	
			s3 (Manhã)	75					1					1					1
			s4 (madrugada)	76											1				





# Apêndice XIII – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 4 (TTMMF)

variáveis				X141	X142	X143	X144	X145	X241	X242	X243	X244	X245	X341	X342	X343	X344	X345	
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Restrições do dia e do turno	Dia	Dia (Semana)	Turno	si	Horário de Trabalho 4 (TTMMF)														
					X141	X142	X143	X144	X145	X241	X242	X243	X244	X245	X341	X342	X343	X344	X345
	1	Segunda	s1 (Noite)	1	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
			s2 (Tarde)	2	1	1				1	1					1	1		
			s3 (Manhã)	3			1	1				1	1					1	1
			s4 (madrugada)	4															
	2	terça	s1 (Noite)	5															
			s2 (Tarde)	6	1				1	1				1	1				1
			s3 (Manhã)	7		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	8															
	3	Quarta	s1 (Noite)	9															
			s2 (Tarde)	10	1				1	1				1	1				1
			s3 (Manhã)	11		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	12															
	4	Quinta	s1 (Noite)	13															
			s2 (Tarde)	14				1	1				1	1					1
			s3 (Manhã)	15	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	16															
	5	Sexta	s1 (Noite)	17															
			s2 (Tarde)	18			1	1				1	1					1	1
			s3 (Manhã)	19	1				1	1				1	1				
			s4 (madrugada)	20															
	6	Sábado	s1 (Noite)	21															
			s2 (Tarde)	22		1	1				1	1			1	1			
			s3 (Manhã)	23				1	1				1	1				1	1
			s4 (madrugada)	24															
	7	Domingo	s1 (Noite)	25															
			s2 (Tarde)	26	1	1				1	1				1	1			
			s3 (Manhã)	27			1	1				1	1				1	1	
			s4 (madrugada)	28															
	8	Segunda	s1 (Noite)	29															
			s2 (Tarde)	30	1				1	1				1	1				1
			s3 (Manhã)	31		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	32															
	9	terça	s1 (Noite)	33															
			s2 (Tarde)	34				1	1				1	1					1
			s3 (Manhã)	35	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	36															
	10	Quarta	s1 (Noite)	37															
			s2 (Tarde)	38			1	1				1	1					1	1
			s3 (Manhã)	39	1				1	1				1	1				
			s4 (madrugada)	40															
	11	Quinta	s1 (Noite)	41															
			s2 (Tarde)	42	1	1				1	1				1	1			
			s3 (Manhã)	43			1	1				1	1				1	1	
			s4 (madrugada)	44															
	12	Sexta	s1 (Noite)	45															
			s2 (Tarde)	46	1				1	1				1	1				1
			s3 (Manhã)	47		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	48															
	13	Sábado	s1 (Noite)	49															
			s2 (Tarde)	50				1	1				1	1					1
			s3 (Manhã)	51	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	52															
	14	Domingo	s1 (Noite)	53															
			s2 (Tarde)	54			1	1				1	1					1	1
			s3 (Manhã)	55	1				1	1				1	1				
			s4 (madrugada)	56															
	15	Segunda	s1 (Noite)	57															
			s2 (Tarde)	58		1	1				1	1				1	1		
			s3 (Manhã)	59				1	1				1	1				1	1
			s4 (madrugada)	60															
	16	terça	s1 (Noite)	61															
			s2 (Tarde)	62	1	1				1	1				1	1			
			s3 (Manhã)	63			1	1				1	1				1	1	
			s4 (madrugada)	64															
	17	Quarta	s1 (Noite)	65															
			s2 (Tarde)	66	1				1	1				1	1				1
			s3 (Manhã)	67		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	68															
	18	Quinta	s1 (Noite)	69															
			s2 (Tarde)	70				1	1				1	1					1
			s3 (Manhã)	71	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	72															
	19	Sexta	s1 (Noite)	73															
			s2 (Tarde)	74			1	1				1	1					1	1
			s3 (Manhã)	75	1				1	1				1	1				
			s4 (madrugada)	76															







# Apêndice XV – Modelo Solver do Capítulo 3 – Horário de Trabalho 6 (NTMMF)

variáveis				X161	X162	X163	X164	X165	X261	X262	X263	X264	X265	X361	X362	X363	X364	X365	
				0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1	
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Restrições do dia e do turno	Dia	Dia (Semana)	Turno	si	Horário de Trabalho 6 (NTMMF)														
					X161	X162	X163	X164	X165	X261	X262	X263	X264	X265	X361	X362	X363	X364	X365
	1	Segunda	s1 (Noite)	1	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
			s2 (Tarde)	2	1					1					1				
			s3 (Manhã)	3		1	1				1		1				1	1	
			s4 (madrugada)	4															
	2	terça	s1 (Noite)	5					1					1				1	
			s2 (Tarde)	6	1					1					1				
			s3 (Manhã)	7		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	8															
	3	Quarta	s1 (Noite)	9				1					1					1	
			s2 (Tarde)	10						1				1					
			s3 (Manhã)	11	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	12															
	4	Quinta	s1 (Noite)	13			1					1					1		
			s2 (Tarde)	14				1					1					1	
			s3 (Manhã)	15	1				1	1				1	1			1	
			s4 (madrugada)	16															
	5	Sexta	s1 (Noite)	17		1					1								
			s2 (Tarde)	18			1					1				1		1	
			s3 (Manhã)	19				1	1				1	1				1	
			s4 (madrugada)	20															
	6	Sábado	s1 (Noite)	21	1					1					1	1			
			s2 (Tarde)	22		1					1					1			
			s3 (Manhã)	23			1	1				1	1				1	1	
			s4 (madrugada)	24															
	7	Domingo	s1 (Noite)	25					1					1				1	
			s2 (Tarde)	26	1					1					1				
			s3 (Manhã)	27		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	28															
	8	Segunda	s1 (Noite)	29				1					1					1	
			s2 (Tarde)	30					1					1				1	
			s3 (Manhã)	31	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	32															
	9	terça	s1 (Noite)	33			1					1					1		
			s2 (Tarde)	34				1					1					1	
			s3 (Manhã)	35	1				1	1				1	1			1	
			s4 (madrugada)	36															
	10	Quarta	s1 (Noite)	37		1					1					1			
			s2 (Tarde)	38			1					1					1		
			s3 (Manhã)	39				1	1				1	1				1	
			s4 (madrugada)	40															
	11	Quinta	s1 (Noite)	41	1					1					1				
			s2 (Tarde)	42		1					1					1			
			s3 (Manhã)	43			1	1				1	1				1	1	
			s4 (madrugada)	44															
	12	Sexta	s1 (Noite)	45					1					1				1	
			s2 (Tarde)	46	1					1					1				
			s3 (Manhã)	47		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	48															
	13	Sábado	s1 (Noite)	49				1					1					1	
			s2 (Tarde)	50					1					1				1	
			s3 (Manhã)	51	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	52															
	14	Domingo	s1 (Noite)	53				1					1					1	
			s2 (Tarde)	54					1					1				1	
			s3 (Manhã)	55	1					1	1				1			1	
			s4 (madrugada)	56															
	15	Segunda	s1 (Noite)	57		1					1						1		
			s2 (Tarde)	58			1					1						1	
			s3 (Manhã)	59				1	1				1	1				1	
			s4 (madrugada)	60															
	16	terça	s1 (Noite)	61	1					1					1				
			s2 (Tarde)	62		1					1					1			
			s3 (Manhã)	63			1	1				1	1				1	1	
			s4 (madrugada)	64															
	17	Quarta	s1 (Noite)	65					1					1				1	
			s2 (Tarde)	66	1					1					1				
			s3 (Manhã)	67		1	1				1	1				1	1		
			s4 (madrugada)	68															
	18	Quinta	s1 (Noite)	69				1					1					1	
			s2 (Tarde)	70					1					1				1	
			s3 (Manhã)	71	1	1				1	1				1	1			
			s4 (madrugada)	72															
	19	Sexta	s1 (Noite)	73				1				1					1		
			s2 (Tarde)	74					1				1					1	
			s3 (Manhã)	75	1					1	1			1	1			1	
			s4 (madrugada)	76															





## Apêndice XVII – Modelo Solver do Capítulo 3 – Restrições e Soluções Finais

					29	FO (minimizar)	
Restrições do dia e do turno	Dia	Dia (Semana)	Turno	si			
						Mínimo de bombeiros por turno	
	1	Segunda	s1 (Noite)	1	6	6	>=
			s2 (Tarde)	2	6	6	>=
			s3 (Manhã)	3	6	6	>=
			s4 (madrugada)	4	6	3	>=
	2	terça	s1 (Noite)	5	6	6	>=
			s2 (Tarde)	6	6	6	>=
			s3 (Manhã)	7	7	6	>=
			s4 (madrugada)	8	3	3	>=
	3	Quarta	s1 (Noite)	9	8	6	>=
			s2 (Tarde)	10	6	6	>=
			s3 (Manhã)	11	6	6	>=
			s4 (madrugada)	12	3	3	>=
	4	Quinta	s1 (Noite)	13	7	6	>=
			s2 (Tarde)	14	7	6	>=
			s3 (Manhã)	15	7	6	>=
			s4 (madrugada)	16	3	3	>=
	5	Sexta	s1 (Noite)	17	6	6	>=
			s2 (Tarde)	18	6	6	>=
			s3 (Manhã)	19	8	6	>=
			s4 (madrugada)	20	3	3	>=
	6	Sábado	s1 (Noite)	21	6	6	>=
			s2 (Tarde)	22	6	6	>=
			s3 (Manhã)	23	6	6	>=
			s4 (madrugada)	24	6	3	>=
	7	Domingo	s1 (Noite)	25	6	6	>=
			s2 (Tarde)	26	6	6	>=
			s3 (Manhã)	27	7	6	>=
			s4 (madrugada)	28	3	3	>=
	8	Segunda	s1 (Noite)	29	8	6	>=
			s2 (Tarde)	30	6	6	>=
			s3 (Manhã)	31	6	6	>=
			s4 (madrugada)	32	3	3	>=
	9	terça	s1 (Noite)	33	6	6	>=
			s2 (Tarde)	34	7	6	>=
			s3 (Manhã)	35	7	6	>=
			s4 (madrugada)	36	3	3	>=
	10	Quarta	s1 (Noite)	37	6	6	>=
			s2 (Tarde)	38	6	6	>=
			s3 (Manhã)	39	8	6	>=
			s4 (madrugada)	40	3	3	>=
	11	Quinta	s1 (Noite)	41	6	6	>=
			s2 (Tarde)	42	6	6	>=
			s3 (Manhã)	43	6	6	>=
			s4 (madrugada)	44	6	3	>=
	12	Sexta	s1 (Noite)	45	6	6	>=
			s2 (Tarde)	46	6	6	>=
			s3 (Manhã)	47	7	6	>=
			s4 (madrugada)	48	3	3	>=
	13	Sábado	s1 (Noite)	49	8	6	>=
			s2 (Tarde)	50	6	6	>=
			s3 (Manhã)	51	6	6	>=
			s4 (madrugada)	52	3	3	>=

14	Domingo	s1 (Noite)	53	7	6	>=
		s2 (Tarde)	54	7	6	>=
		s3 (Manhã)	55	7	6	>=
		s4 (madrugada)	56	3	3	>=
15	Segunda	s1 (Noite)	57	6	6	>=
		s2 (Tarde)	58	6	6	>=
		s3 (Manhã)	59	8	6	>=
		s4 (madrugada)	60	3	3	>=
16	terça	s1 (Noite)	61	6	6	>=
		s2 (Tarde)	62	6	6	>=
		s3 (Manhã)	63	6	6	>=
		s4 (madrugada)	64	6	3	>=
17	Quarta	s1 (Noite)	65	6	6	>=
		s2 (Tarde)	66	6	6	>=
		s3 (Manhã)	67	7	6	>=
		s4 (madrugada)	68	3	3	>=
18	Quinta	s1 (Noite)	69	8	6	>=
		s2 (Tarde)	70	6	6	>=
		s3 (Manhã)	71	6	6	>=
		s4 (madrugada)	72	3	3	>=
19	Sexta	s1 (Noite)	73	7	6	>=
		s2 (Tarde)	74	7	6	>=
		s3 (Manhã)	75	7	6	>=
		s4 (madrugada)	76	3	3	>=
20	Sábado	s1 (Noite)	77	6	6	>=
		s2 (Tarde)	78	6	6	>=
		s3 (Manhã)	79	8	6	>=
		s4 (madrugada)	80	3	3	>=

21	Domingo	s1 (Noite)	81	6	6	>=
		s2 (Tarde)	82	6	6	>=
		s3 (Manhã)	83	6	6	>=
		s4 (madrugada)	84	6	3	>=
22	Segunda	s1 (Noite)	85	6	6	>=
		s2 (Tarde)	86	6	6	>=
		s3 (Manhã)	87	7	6	>=
		s4 (madrugada)	88	3	3	>=
23	terça	s1 (Noite)	89	8	6	>=
		s2 (Tarde)	90	6	6	>=
		s3 (Manhã)	91	6	6	>=
		s4 (madrugada)	92	3	3	>=
24	Quarta	s1 (Noite)	93	7	6	>=
		s2 (Tarde)	94	7	6	>=
		s3 (Manhã)	95	7	6	>=
		s4 (madrugada)	96	3	3	>=
25	Quinta	s1 (Noite)	97	6	6	>=
		s2 (Tarde)	98	6	6	>=
		s3 (Manhã)	99	8	6	>=
		s4 (madrugada)	100	3	3	>=
26	Sexta	s1 (Noite)	101	6	6	>=
		s2 (Tarde)	102	6	6	>=
		s3 (Manhã)	103	6	6	>=
		s4 (madrugada)	104	6	3	>=
27	Sábado	s1 (Noite)	105	6	6	>=
		s2 (Tarde)	106	6	6	>=
		s3 (Manhã)	107	7	6	>=
		s4 (madrugada)	108	3	3	>=

	28	Domingo	s1 (Noite)	109		8	6	>=
			s2 (Tarde)	110		6	6	>=
			s3 (Manhã)	111		6	6	>=
			s4 (madrugada)	112		3	3	>=
	29	Segunda	s1 (Noite)	113		7	6	>=
			s2 (Tarde)	114		7	6	>=
			s3 (Manhã)	115		7	6	>=
			s4 (madrugada)	116		3	3	>=
	30	terça	s1 (Noite)	117		6	6	>=
			s2 (Tarde)	118		6	6	>=
			s3 (Manhã)	119		8	6	>=
			s4 (madrugada)	120		3	3	>=
						29	30	<=
						5	5	<=
						14	15	<=
						10	10	<=
						1	1	>=
						1	1	>=
						1	1	>=
						1	1	>=
						3	3	>=
						3	3	>=
						3	3	>=
						3	3	>=
						2	2	>=
						2	2	>=
						2	2	>=
						2	2	>=