



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Simulação do serviço de almoços nas cantinas do Pólo II da Universidade de Coimbra**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

**Autor**

**André Leal Ferreira**

**Orientador**

**Professora Doutora Marta Cristina Cardoso de Oliveira**

**Júri**

**Presidente** Professor Doutor **Cristóvão Silva**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Vogal** Professora Doutora **Margarida Isabel Mano Tavares**  
**Simões Lopes Marques de Almeida**  
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Coimbra, Julho, 2013**



Aos meus pais, por tudo.



## Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Agradeço à Professora Doutora Marta Oliveira, orientadora desta tese, pela disponibilidade demonstrada na concretização deste trabalho, motivação, paciência e conhecimentos que me transmitiu.

Ao Professor Doutor Cristóvão Silva, agradeço o seu apoio ao longo da realização do meu trabalho.

Aos meus companheiros de casa, sempre presentes nestes anos e aos amigos que me acompanharam durante o meu percurso académico, pela sua companhia, motivação e pelos momentos que partilhámos.

Aos meus pais que me instruíram com os princípios e valores que me permitiram chegar até aqui. É a eles que devo tudo o que alcancei.

A todos o meu

**Muito Obrigado**



## Resumo

O objetivo deste trabalho é a análise do serviço da Cantina dos SASUC no Pólo II, de modo a propor alterações que reduzam o tempo de espera e serviço dos seus clientes. Dada a complexidade do sistema em análise, opta-se por realizar o estudo com recurso à simulação computacional discreta. Neste contexto, foram identificados os parâmetros do modelo e procedeu-se à recolha dos dados estatísticos e indicadores que permitam realizar a sua validação e credibilização. Uma vez credibilizado o modelo do sistema atual procedeu-se à comparação com diferentes cenários alternativos, de modo a identificar as alterações que conduzem a reduções do tempo de espera. Os cenários estudados consideram quatro medidas que analisam de forma isolada a reorganização dos postos de trabalho, controlo de chegada dos clientes e implementação de um sistema de pagamento. O cenário que integra todas estas medidas também foi analisado.

Globalmente, os resultados evidenciam as vantagens do recurso à simulação discreta de sistemas complexos. Todos os cenários alternativos conduziram a melhorias no tempo total de permanência no sistema. O recurso a medidas de desempenho permite evidenciar que a medida com maior impacto é a que contempla a chegada distribuída de clientes, e definir prioridades nas medidas a serem implementadas.

**Palavras-chave:** Simulação discreta, Sistemas de serviço, Cantina Universitária, Posto de trabalho, Tempo de espera, Tempo de serviço.





## Abstract

The objective of this work is the analysis of the service of SASUC's university restaurant on Pólo II, in order to propose improvements that allow reducing the waiting and the service time of its customers. Given the complexity of the system under analysis, discrete computer simulation is chosen to conduct the study. In this context, the model parameters were identified and statistical data and indicators were collect, in order to enable its validation and credibility analysis. After the current system model becomes credible it is possible is proceed to the comparison of different alternative scenarios, in order to identify changes that lead to waiting time reductions. The scenarios studied consider four measures that analyze separately the effect of reorganizing the work stations, the control of clients' arrivals and the implementation of an automatic payment system. The scenario that integrates all these measures was also analyzed.

Overall, the results show the advantages of the use of discrete simulation of complex systems. All alternative scenarios led to improvements in the total time in the system. The use of performance measures allows to show that the greatest impact results from a distributed arrival of clients, and allows prioritizing the measures to be implemented.

**Keywords** Discrete simulation, Service systems, University restaurant, Work station, Waiting time, Working time.



## Índice

Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas .....	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Simulação discreta de cantinas universitárias .....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Guia de leitura .....	3
2. Metodologia.....	5
2.1. Análise Local.....	5
2.2. Funcionamento e Indicadores Chave das Filas .....	5
2.2.1. Fila 1 – Social.....	10
2.2.2. Fila 2 – Social.....	12
2.2.3. Fila 3 – Grill.....	12
2.3. Métodos de recolha dos dados.....	13
2.4. Indicadores da Fila 1 – Social .....	14
2.4.1. Tabuleiro 1 .....	15
2.4.2. Água 1 .....	16
2.4.3. Prato 1 .....	16
2.4.4. Sopa 1.....	16
2.4.5. Sobremesa 1 .....	17
2.4.6. Pagamento 1 .....	17
2.5. Indicadores da Fila 2 – Social .....	18
2.5.1. Tabuleiro 2 .....	19
2.5.2. Prato 2 .....	19
2.5.3. Sopa_Sobremesa 2.....	20
2.5.4. Água 2.....	20
2.5.5. Pagamento 2.....	21
2.6. Indicadores da Fila 3 – Grill.....	21
2.6.1. Tabuleiro 3 .....	22
2.6.2. Prato_Sopa 3.....	23
2.6.3. Sobremesa 3 .....	23
2.6.4. Água 3.....	24
2.6.5. Pagamento 3.....	24
2.7. Comentário Globais aos Indicadores .....	24
3. Simulação do sistema atual.....	27
3.1. Enquadramento.....	27
3.2. Pressupostos .....	27
3.3. Análise do cenário atual.....	30
3.3.1. Fila 1 – Social.....	30
3.3.2. Fila 2 – Social.....	31
3.3.3. Fila 3 – Grill .....	33
3.3.4. Síntese dos resultados .....	34
3.3.5. Pagamento Automático .....	36

3.3.6. Mesas .....	38
3.3.7. Saída.....	38
4. Análise de cenários alternativos.....	39
4.1. Fila sem o posto Água.....	39
4.2. Filas com as filas intermédias maiores .....	40
4.3. Fila com a chegada de clientes distribuída.....	41
4.4. Fila com sistema de pagamento e gestão .....	43
4.5. Fila com todas as soluções integradas .....	44
5. Conclusões .....	47
5.1. Futuros desenvolvimentos.....	50
Referências Bibliográficas .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Refeições diárias registadas em POS para cada uma das filas - Maio de 2012...	6
Figura 2.2. Total das refeições diárias registadas em POS - Maio de 2012.....	7
Figura 2.3. Distribuição do total de refeições servidas nos meses analisados em função do dia da semana. ....	7
Figura 2.4. Comparação entre o número total de refeições servidas no primeiro e segundo semestre, em função do dia da semana.....	8
Figura 2.5. Médias e desvios padrões das refeições servidas nos vários dias da semana de cada mês, para a Fila 1 – Social. ....	9
Figura 2.6. Médias e desvios padrões das refeições servidas nos vários dias da semana de cada mês, para a Fila 2 – Social. ....	9
Figura 2.7. Médias e desvios padrões das refeições servidas nos vários dias da semana de cada mês, para a Fila 3 – Grill. ....	10
Figura 2.8. Esquema de funcionamento da: (a) Fila 1 – Social; (b) Fila 2 – Social e (c) Fila 3 – Grill.....	11
Figura 2.9. Taxa de chegada de clientes à Fila 1 - Social .....	14
Figura 2.10. Histograma dos tempos despendidos no posto Tabuleiro 1 .....	15
Figura 2.11. Histograma dos tempos despendidos no posto Água 1 .....	16
Figura 2.12. Histograma dos tempos despendidos no posto Prato 1 .....	16
Figura 2.13. Histograma dos tempos despendidos no posto Sopa 1.....	17
Figura 2.14. Histograma dos tempos despendidos no posto Sobremesa 1.....	17
Figura 2.15. Histograma dos tempos despendidos no posto Pagamento 1 .....	18
Figura 2.16 Taxa de chegada de clientes à Fila 2 - Social .....	18
Figura 2.17. Histograma dos tempos despendidos no posto Tabuleiro 2 .....	19
Figura 2.18. Histograma dos tempos despendidos no posto Prato 2 .....	20
Figura 2.19. Histograma dos tempos despendidos no posto Sopa_Sobremesa 2.....	20
Figura 2.20. Histograma dos tempos despendidos no posto Pagamento 2 .....	21
Figura 2.21. Taxa de chegada de clientes à Fila 3 - Grill.....	22
Figura 2.22. Histograma dos tempos despendidos no posto Tabuleiro 3 .....	23
Figura 2.23. Histograma dos tempos despendidos no posto Prato_Sopa 3.....	23
Figura 2.24. Histograma dos tempos despendidos no posto Sobremesa 3.....	24
Figura 2.25. Histograma dos tempos despendidos no posto Pagamento 3 .....	24
Figura 3.1. Esquema do modelo de simulação da cantina dos SASUC no Pólo II. ....	28

Figura 3.2. Pormenor do modelo e legenda dos seus elementos: a) clientes em espera antes das 12 horas; b) chegada dos clientes depois das 12 horas; c) fila de espera antes de entrar no sistema; d) posto de trabalho; e) fila de espera entre postos; f) saída do sistema. ....	28
Figura 3.3. Gráfico da evolução do número de pessoas na fila de espera para o posto Tabuleiro 1, ao longo do tempo, em minutos. ....	30
Figura 3.4. Gráfico da evolução do número de pessoas na fila de espera para o posto Tabuleiro 2 ao Longo do Tempo, em Minutos. ....	32
Figura 3.5. Gráfico da evolução do número de pessoas na fila de espera para o posto Tabuleiro 3 ao longo do tempo, em minutos. ....	33
Figura 6. Impacto dos pagamentos automáticos na Fila 1 – Social. ....	37
Figura 7. Impacto dos pagamentos automáticos na Fila 2 – Social. ....	37
Figura 8. Impacto dos pagamentos automáticos na Fila 3 – Grill. ....	37
Figura 3.9. Gráfico da evolução do número de pessoas nas mesas ao longo do tempo, em minutos. ....	38

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Horário de serviço das filas de serviço das cantinas dos SASUC no Pólo II.....	5
Tabela 2.2. Resultados para o valor P resultantes do teste ANOVA.....	8
Tabela 2.3. Resumo da chegada de clientes à Fila 1 – Social .....	15
Tabela 2.4. Resumo da Chegada de Clientes à Fila 2 – Social .....	19
Tabela 2.5. Resumo da chegada de clientes à Fila 3 – Grill.....	22
Tabela 2.6. Resumo do tempo despendido em cada posto de trabalho.....	25
Tabela 3.1. Capacidade de cada posto de trabalho. ....	29
Tabela 3.2. Capacidade de cada fila de espera para os respectivos postos de trabalho. ....	29
Tabela 3.3. Dados de simulação da fila de espera associada ao primeiro posto de trabalho da Fila 1 - Social .....	31
Tabela 3.4. Dados de simulação da fila de espera associada ao primeiro posto de trabalho da Fila 2 - Social .....	32
Tabela 3.5. Dados de simulação da fila de espera associada ao primeiro posto de trabalho da Fila 3 – Grill. ....	34
Tabela 3.6. Resumo do tempo de espera, da taxa de trabalho e de ocupação para cada posto de trabalho, no modelo atual.....	35
Tabela 3.7. Tempo, em minutos, para a permanência em cada fila.....	36
Tabela 4.1. Resultados da simulação, nas saídas, para o cenário: Fila sem o posto água. ..	40
Tabela 4.2. Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com as filas intermédias maiores.....	41
Tabela 4.3. Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com as chegadas distribuídas.....	42
Tabela 4.4. Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com sistema de pagamento e gestão. ....	44
Tabela 4.5. Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com todas as soluções. ....	45





# 1. INTRODUÇÃO

O atual contexto social tem contribuído para uma maior procura por parte dos estudantes universitários de um serviço de alimentação de qualidade e barato. De facto, nos últimos anos observou-se uma clara tendência dos estudantes para optarem pela refeição social, fornecida pelos serviços das cantinas universitárias, em detrimento de opções mais dispendiosas. Esse aumento da procura resulta num congestionamento dos serviços sociais, em particular no período de almoço, da Cantina dos Serviços de Ação Social da Universidade de Coimbra (SASUC) no Pólo II. A procura deste serviço é normalmente superior à sua capacidade de resposta, o que resulta numa fila de atendimento grande e num tempo de serviço demorado [Duarte e Mota, 2013].

A Cantina dos SASUC é um sistema complexo, que envolve muitas variáveis, nem sempre possíveis de controlar. Neste contexto, não é viável implementar diferentes alterações ao sistema, propostas de forma intuitiva, sem afetar a qualidade do serviço prestado. Por outro lado, para validar as propostas é necessário medir o seu impacto, o que não é fácil em sistemas desta complexidade. Assim sendo, a simulação computacional discreta surge como a ferramenta mais adequada para analisar este tipo de sistemas. A simulação é uma ferramenta estatística que permite o estudo de sistemas reais e estocásticos, incluindo o teste de hipóteses que consideram os parâmetros do sistema e a previsão de comportamentos futuros. O objetivo é recriar o funcionamento lógico do sistema ao longo do tempo num modelo de computador. Nestes modelos as variáveis são alteradas em instantes de tempo discretos, razão pela qual se opta pela designação de simulação discreta. Na prática a simulação discreta não permite otimizar os parâmetros de um sistema e obter resposta exatas, uma vez que consiste em fazer variar os parâmetros de entrada de um modelo do sistema real e analisar o seu impacto nas medidas de desempenho relevantes. As principais vantagens da simulação advêm do fato de o modelo criado poder ser utilizado inúmeras vezes, sem depender da disponibilidade do sistema real para a realização de ensaios, nem incorrer em custos para realizar as experiências [Santos *et al.*, 2012]. A metodologia de suporte à simulação discreta envolve várias etapas: (i) definição do objetivo do estudo; (ii) construção (iii) validação e (iv)

credibilização do modelo. A construção do modelo implica a recolha de valores concretos para os parâmetros do sistema, tais como o número de entidades que entram e os seus tempos de serviço, e o seu tratamento estatístico. Por outro lado, a construção do modelo também implica uma reflexão acerca das simplificações admissíveis, em função dos objetivos. A validação do modelo corresponde à fase em que se analisa se o modelo representa o sistema pretendido. A correção dos resultados do modelo de simulação aos olhos dos gestores ou clientes corresponde à fase de credibilização. Uma vez concluídas estas etapas é então possível avançar para o estudo do sistema. Nesta fase, é necessário definir os cenários alternativos e proceder à sua análise comparativa. Os cenários podem ser propostos pelos gestores, pelos clientes ou pelo analista [Centeno e Reyes, 1998]. Neste contexto, a simulação computacional discreta surge como uma opção atrativa para o estudo da Cantina dos SASUC no Pólo II.

### **1.1. Simulação discreta de cantinas universitárias**

Como referido na secção anterior, a simulação é uma técnica de análise onde se procura recriar o funcionamento de operações reais, enquanto estas evoluem com o tempo. Os modelos de simulação partem de um conjunto de pressupostos acerca do seu comportamento, recolhidos analisando o sistema real, e que expressam as relações lógicas e matemáticas entre os objetos de interesse. O modelo é executado ao longo do tempo, gerando um conjunto de amostras para as medidas de desempenho do sistema.

A simulação tem sido uma ferramenta amplamente aceite para a análise de desempenho no setor dos serviços. No entanto, a sua aplicação envolve o investimento na recolha de dados estatísticos do sistema real. Assim, na análise bibliográfica realizada constatou-se que este tema tem sido mais abordado na simulação de restaurantes, em particular do tipo serviço rápido ou *fast-food* [Curin *et al.*, 2005], do que em serviços do tipo cantinas. Este fato pode estar relacionado com a menor competitividade deste sector de serviços. De facto, pesquisas indicam que o tempo de espera, a atitude dos funcionários e a qualidade dos alimentos influenciam significativamente a frequência de retorno dos clientes e afetam o seu grau de satisfação. O ambiente e disponibilidade de lugares são outros fatores que afetam a frequência de retorno dos clientes, enquanto que a variedade de alimentos aumenta o seu grau de satisfação [Dharmawirya *et al.*, 2012].

No caso das cantinas sociais estes fatores são menos relevantes para a frequência de retorno dos clientes, uma vez que o principal fator de escolha é o custo da refeição. No entanto, também neste caso o tempo de espera afeta a procura do serviço e o grau de satisfação. Por outro lado, tal como referido anteriormente, é expectável que a procura dos serviços de refeição social das cantinas dos SASUC aumente, dada a atual situação económica. Neste contexto, é importante garantir que o serviço pode ser prestado com tempos de espera razoáveis. De acordo com a pesquisa bibliográfica realizada, a simulação discreta revela-se uma ferramenta consensualmente aceite para a análise de cenários alternativos neste tipo de serviços, tendo como medida de desempenho o tempo de espera [Curin *et al.*, 2005; Dharmawirya *et al.*, 2012].

## **1.2. Objetivos**

O objetivo deste trabalho é a análise do serviço da Cantina dos SASUC no Pólo II, de modo a propor alterações que resultem num menor tempo de espera por parte de quem o procura, tornando-o assim mais eficaz. Dada a complexidade do sistema em análise, opta-se por realizar o estudo com recurso à simulação computacional discreta. A construção do modelo de simulação envolve a definição de um conjunto de pressupostos que permitam simplificar o problema, sem comprometer os objetivos. Neste contexto, é necessário identificar os parâmetros do modelo e proceder à recolha dos dados estatísticos que permitam a sua construção. A recolha de dados deve também incluir indicadores que permitam realizar a validação e credibilização do modelo desenvolvido. Uma vez credibilizado o modelo do sistema atual é então possível proceder à sua comparação com diferentes cenários, de modo a identificar as alterações que conduzam a maiores reduções do tempo de espera.

## **1.3. Guia de leitura**

Para facilitar a consulta deste documento, apresenta-se aqui um resumo da sua estrutura. Neste primeiro capítulo, designado Introdução, enquadra-se o problema do estudo de sistemas reais estocásticos complexos e o recurso à simulação computacional discreta de sistemas como ferramenta de análise. No capítulo 2 caracteriza-se o sistema e apresentam-se os dados e analisam-se os indicadores fornecidos e recolhidos. O capítulo

3 é dedicado à descrição do modelo de simulação do sistema atual, bem como à sua validação e credibilização. Uma vez concluída esta etapa, no capítulo 4 são apresentadas diferentes propostas de alterações e determinadas as que resultam num menor tempo de espera dos clientes. Finalmente, no último capítulo são discutidas as principais conclusões e apresentadas algumas proposta de trabalhos futuros.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Análise Local

A Cantina dos SASUC no Pólo II oferece os serviços de pequeno-almoço, almoço e jantar. A presente análise foca-se no serviço de almoço uma vez que é o período de maior procura e, conseqüentemente, mais difícil de gerir.

A cantina está dividida em três linhas: Linha 1 – Social (central), Linha 2 – Social (direita) e Linha 3 – Grill (esquerda), cada uma com características de funcionamento distintas. Cada linha tem associada uma fila de espera, que foi o principal objeto de análise deste estudo. Assim, neste documento opta-se pela designação de Fila em detrimento de Linha.

Os horários de serviço de almoço de cada uma das filas são apresentados na Tabela 2.1. Como a Fila 2 - Social representa um reforço à Fila 1 - Social, importa realçar que em dias de menor procura, tipicamente quarta-feira e sexta-feira, a Fila 2 – Social pode estar fechada. Outro aspeto importante é que as três filas partilham os lugares de refeição disponíveis. Assim, após o pagamento, o cliente tem à sua disposição vários lugares sentados para tomar a sua refeição.

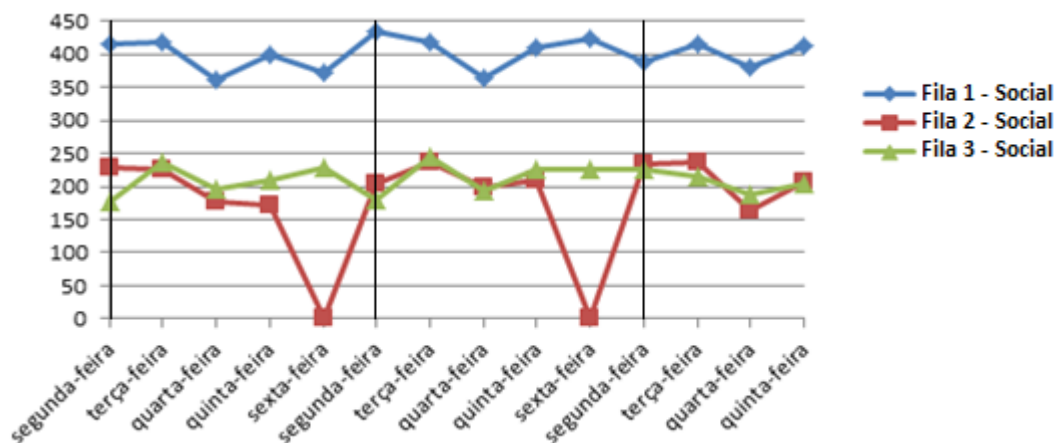
**Tabela 2.1.** Horário de serviço das filas de serviço das cantinas dos SASUC no Pólo II.

	<b>2ª Feira</b>	<b>3ª Feira</b>	<b>4ª Feira</b>	<b>5ª Feira</b>	<b>6ª Feira</b>
<b>Fila 1 - Social</b>	12h - 14:30h	12h - 14:30h	12h - 14:30h	12h - 14:30h	12h - 14:30h
<b>Fila 2 - Social</b>	12h - 13:30h	12h - 13:30h	12h - 13:30h	12h - 13:30h	12h - 13:30h
<b>Fila 3 - Grill</b>	12h - 14:30h	12h - 14:30h	12h - 14:30h	12h - 14:30h	12h - 14:30h

### 2.2. Funcionamento e Indicadores Chave das Filas

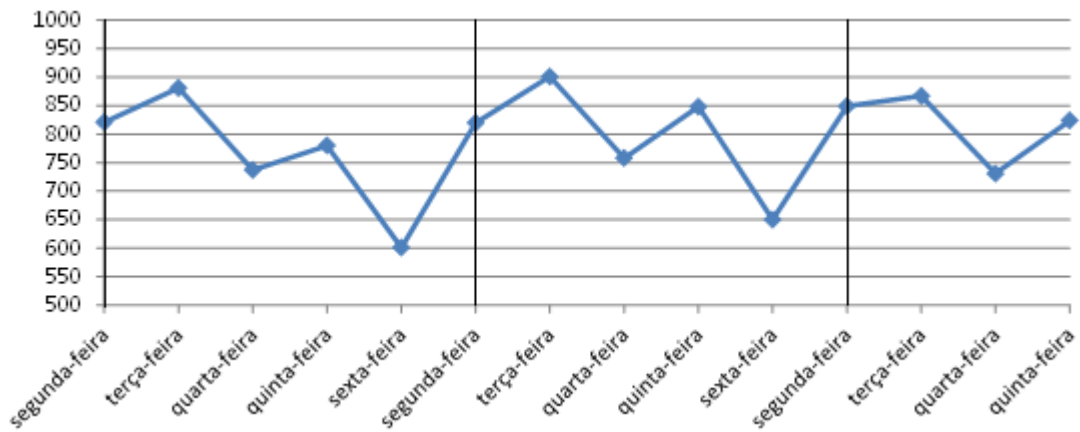
Nesta secção analisam-se os dados fornecidos pelos SASUC de modo a identificar comportamentos distintos das filas, em função do dia da semana, do mês ou do semestre, e determinar indicadores chave que possam ser utilizados na validação do

modelo. As filas de espera apresentam um comportamento dependente da procura por parte dos alunos. Assim, o seu comportamento pode ser influenciado pelo horário de funcionamento, o dia da semana e o mês do ano. Os dados recolhidos pelos SASUC, relativos ao número de refeições diárias servidas, são um indicador da sazonalidade associada ao dia da semana e ao mês, para cada uma das filas. A Figura 2.1 apresenta um exemplo de sazonalidade semanal observado com base no número de refeições servidas em cada fila ao longo do mês de Maio de 2012. Nesta análise foi ignorada a primeira semana do mês correspondente à semana da queima das fitas e, conseqüentemente, atípica no que diz respeito à procura de refeições por parte dos alunos.



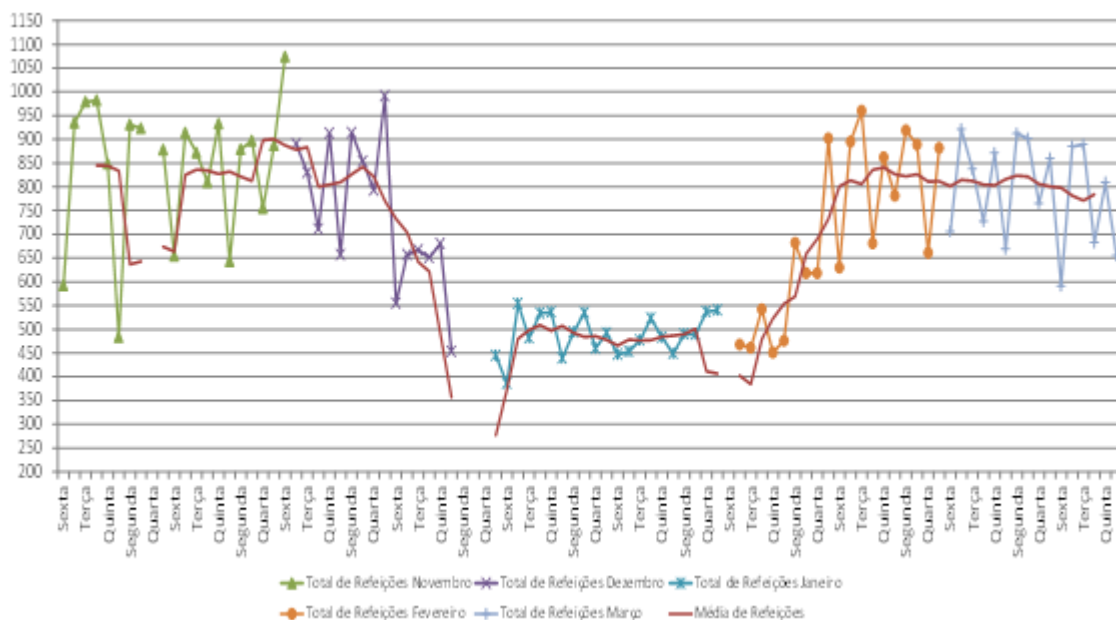
**Figura 2.1.** Refeições diárias registadas em POS para cada uma das filas - Maio de 2012

A Figura 2.2 apresenta o número total de refeições registadas em POS, durante as três semanas do mês de Maio, sendo possível observar que as segundas-feiras, terças-feiras e quintas-feiras são os dias com maior procura. Estes resultados devem-se em parte a tipicamente não haver aulas às quartas-feiras de tarde e a sexta-feira ser o dia de regresso a casa para muitos alunos.



**Figura 2.2.** Total das refeições diárias registradas em POS - Maio de 2012

A Figura 2.3 apresenta o total de refeições servidas nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março. A figura permite observar o comportamento do total de refeições servidas nas três filas, em função do dia da semana e do mês. É facilmente observável que no fim de Dezembro, durante Janeiro e no início de Fevereiro a procura é mais reduzida, uma vez que este intervalo de tempo corresponde ao período típico de avaliações e férias no Pólo II. No restante tempo o número de refeições servidas, em função do dia da semana, apresenta um comportamento idêntico.



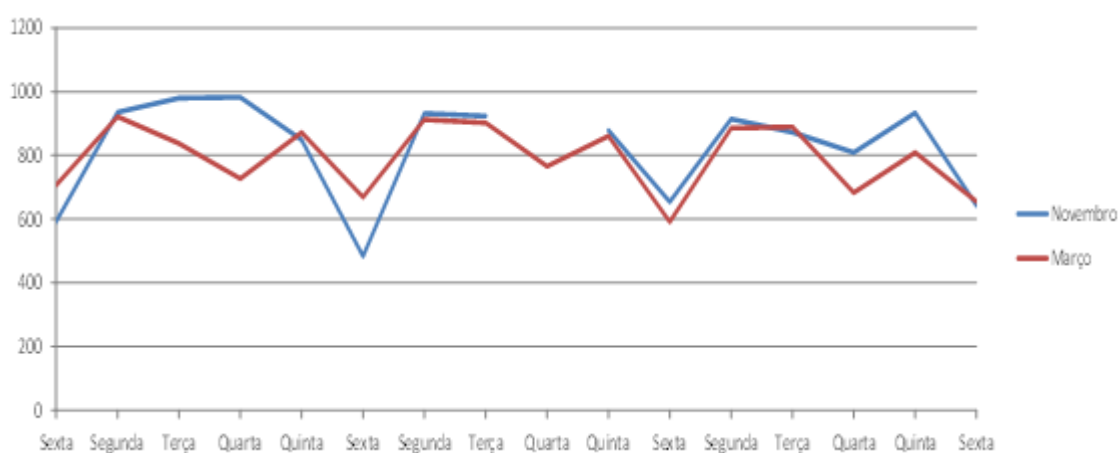
**Figura 2.3.** Distribuição do total de refeições servidas nos meses analisados em função do dia da semana.

Para se ter uma certeza estatística acerca do comportamento das filas, foi realizado um teste ANOVA (usado para comparar a média aritmética de três ou mais grupos populacionais, através da análise de variâncias amostrais), de modo a comparar o número total de refeições servidas nas segundas-feiras, terças-feiras e quintas-feiras, com o das quartas-feiras e sextas-feiras, para os diferentes meses. Com base no Valor P, que nos permite saber se podemos ou não rejeitar a hipótese de todas as médias serem iguais, apresentado na Tabela 2.2 para cada mês, é seguro afirmar que o dia da semana não influencia o número de refeições (Valor P sempre superior a 0,05), sendo o número de refeições estatisticamente semelhante.

**Tabela 2.2.** Resultados para o valor P resultantes do teste ANOVA

	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>
<b>Valor P</b>	0,90	0,75	0,41	0,06	0,10

A Figura 2.4 apresenta o número de refeições servidas ao longo dos meses de Novembro (primeiro semestre) e Março (segundo semestre). Com base nesta figura é possível concluir que, apesar de serem dois meses típicos de semestres diferentes, a mudança de semestre letivo não influencia a procura na cantina.

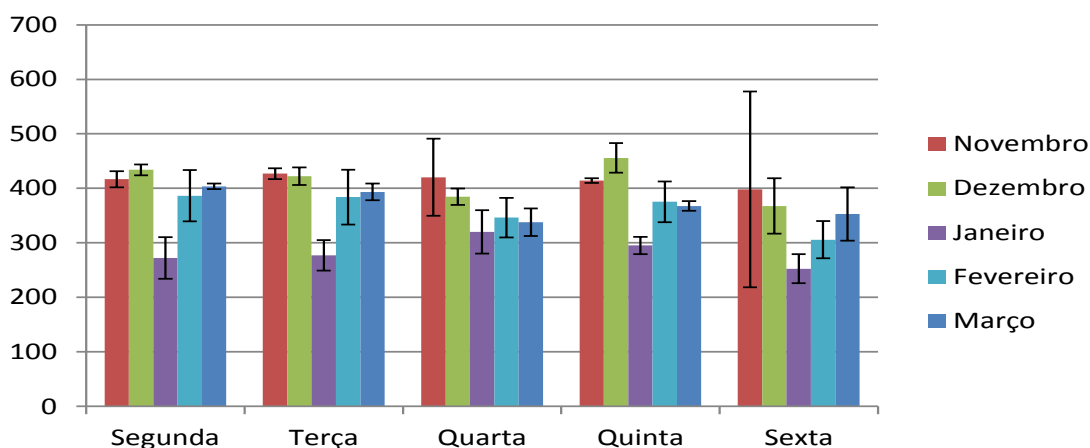


**Figura 2.4.** Comparação entre o número total de refeições servidas no primeiro e segundo semestre, em função do dia da semana



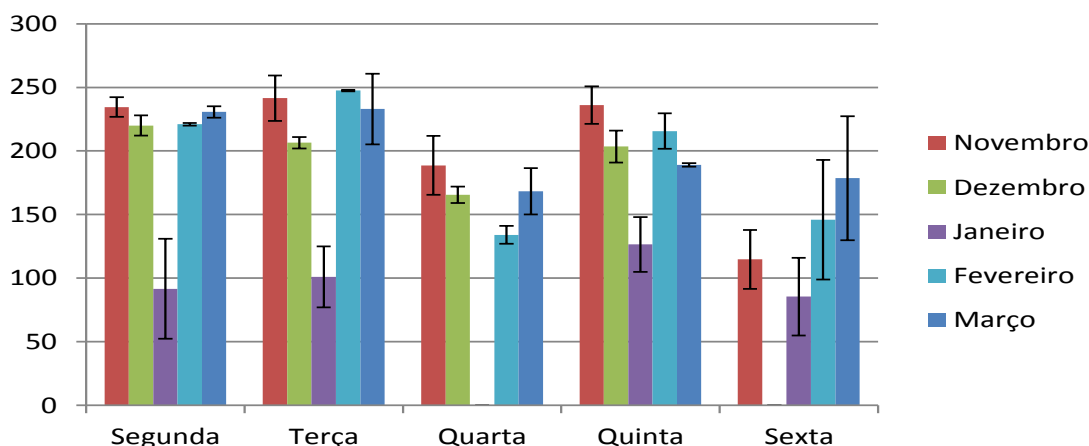
A Fila 3 - Grill e as filas sociais não apresentam o mesmo comportamento estatístico, pois como resultado de um teste ANOVA é retornado um Valor P da ordem de grandeza dos  $10^{-7}$ , que é muito inferior a 0,05.

A Figura 2.5 apresenta a procura média da Fila 1 – Social, que mostra um comportamento idêntico em cada mês para um mesmo dia da semana. A única exceção é o mês de Janeiro, que é considerado um mês anormal por ser período de férias e avaliações.



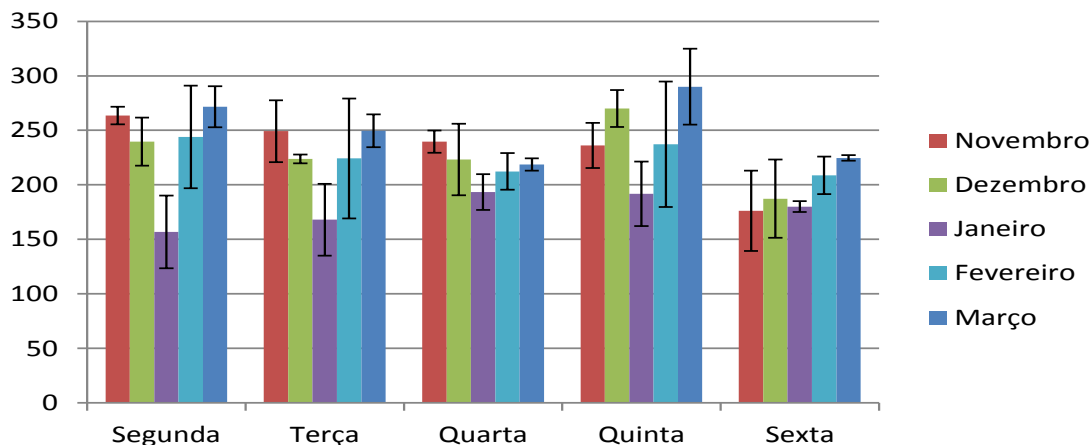
**Figura 2.5.** Médias e desvios padrões das refeições servidas nos vários dias da semana de cada mês, para a Fila 1 – Social.

A Figura 2.6 apresenta os resultados obtidos para a procura média da Fila 2 - Social. Esta fila apresenta comportamentos diferentes para um mesmo dia da semana, em cada mês. De facto, ocorrem flutuações significativas em alguns dias, como a sexta-feira, que apresenta desvios padrões elevados.



**Figura 2.6.** Médias e desvios padrões das refeições servidas nos vários dias da semana de cada mês, para a Fila 2 – Social.

Finalmente, a Figura 2.7 apresenta a procura média para a Fila 3 - Grill, sendo que o comportamento é semelhante em cada mês, para o mesmo dia da semana, havendo algumas flutuações não muito significativas.

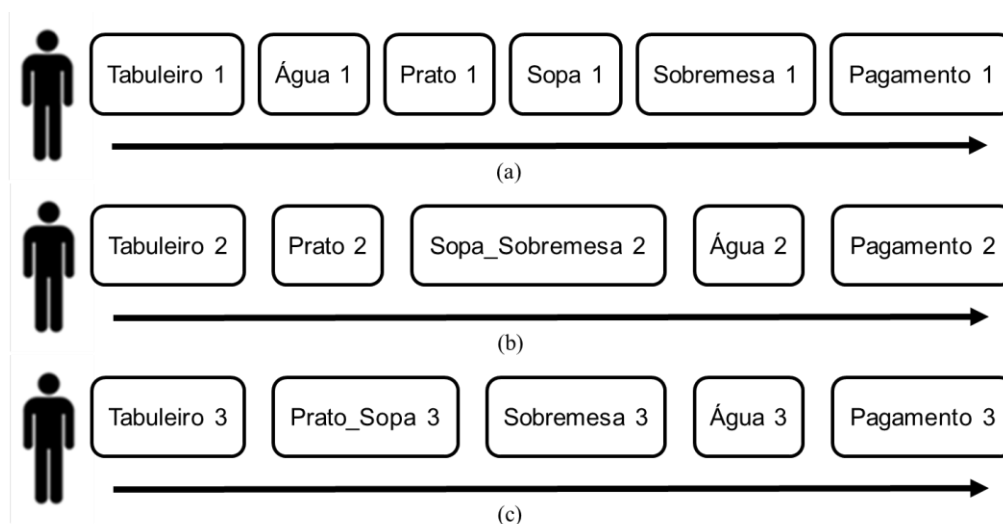


**Figura 2.7.** Médias e desvios padrões das refeições servidas nos vários dias da semana de cada mês, para a Fila 3 – Grill.

Este trabalho procura analisar com maior detalhe o comportamento das filas de espera de cada uma das filas. Neste contexto, as filas foram divididas em postos de trabalho, em que cada posto representa uma tarefa que o cliente tem de realizar. De facto, observa-se que tipicamente o cliente chega à cantina e opta por uma das três filas disponíveis, onde aguarda até que comece o seu serviço. Entre cada um dos postos de trabalho de cada fila existe um tempo de espera, que depende da fluidez do posto seguinte. Nas subsecções seguintes descreve-se o funcionamento de cada uma das filas, bem como as designações adotadas para cada posto de trabalho.

### 2.2.1. Fila 1 – Social

Esta fila encontra-se dividida em seis postos de trabalho, sendo eles: (i) Tabuleiro/Talheres/Guardanapo/Copo, (ii) Água (iii) Prato, (iv) Sopa, (v) Sobremesa, e (vi) Pagamento. A designação adotada para cada posto corresponde sempre às atividades principais seguida do número da fila. O diagrama apresentado na Figura 2.8 (a) procura identificar as várias etapas desta fila.



**Figura 2.8.** Esquema de funcionamento da: (a) Fila 1 – Social; (b) Fila 2 – Social e (c) Fila 3 – Grill

O Tabuleiro 1 corresponde ao posto onde o cliente recolhe o tabuleiro, os talheres, o guardanapo e o copo. Na Fila 1 – Social este posto é sucedido pelo posto Água 1, onde cada cliente enche o seu copo. Importa realçar que há clientes que enchem o copo mais do que uma vez. Como este posto não depende de um funcionário e tem características exatamente iguais nas três filas, a análise realizada será comum para todas as filas.

O posto Prato 1 é onde a refeição é recolhida pelo cliente. Neste posto o cliente pode optar por um prato de carne ou um prato de peixe que, normalmente, já se encontram servidos. No entanto, podem ocorrer algumas situações em que o cliente tem de esperar ou em que a operação de recolha demora mais tempo porque o cliente pede para que seja acrescentada salada ao prato selecionado.

No posto Sopa 1 o cliente recolhe a sopa que, normalmente, também já se encontra servida. No entanto, observa-se que por vezes pode ser necessário esperar que esta seja servida. Há também clientes que optam por não levar sopa ou que levam duas.

O posto Sobremesa 1 é onde a sobremesa é retirada. Também neste caso, por norma, as sobremesas já se encontram servidas. No entanto, observa-se que o cliente pode ter de esperar que estas sejam recolocadas. Há também clientes que optam por não levar sobremesa.

O último posto é o Pagamento 1, onde o cliente pode optar por fazer o pagamento de três formas distintas: em dinheiro, com cartão multibanco ou com senhas

de refeição. O operador regista todos os itens recolhidos pelo cliente, processa a forma de pagamento, efetua o pagamento e dá o comprovativo do pagamento ao cliente.

### **2.2.2. Fila 2 – Social**

Esta fila encontra-se dividida em cinco postos de trabalho, sendo eles: (i) Tabuleiro/Talheres/Guardanapo/Copo, (ii) Prato, (iii) Sopa/Sobremesa, (iv) Água e (v) Pagamento. A designação adotada para os postos é idêntica à utilizada para a Fila 1 – Social. O diagrama apresentado na Figura 2.8 (b) mostra os vários postos identificados para esta fila.

Os postos Tabuleiro 2, Prato 2 e Água 2 são idênticos aos descritos anteriormente para a Fila 1 – Social. No entanto, nesta fila o posto Sopa\_Sobremesa 2 combina no mesmo mostrador a sopa e a sobremesa, razão pela qual foi considerado como sendo um posto único. Tal como na Fila 1 – Social, normalmente a sopa e a sobremesa já se encontram servidas. No entanto, também neste caso observa-se que por vezes o cliente pode ter de esperar que algum destes itens sejam servidos. Também nesta fila existem clientes que optam por não levar sopa e/ou sobremesa, assim como há clientes que optam por levar duas sopas.

A última etapa é o Pagamento 2 que apresenta as mesmas características de funcionamento que o posto homónimo da Fila 1 - Social.

### **2.2.3. Fila 3 – Grill**

Esta fila encontra-se dividida também em cinco postos de trabalho, sendo eles: (i) Tabuleiro/Talheres/Guardanapo/Copo, (ii) Prato, (iii) Sopa/Sobremesa, (iv) Água e (v) Pagamento. A designação adotada para os postos é idêntica à das filas sociais. A Figura 2.8 (c) apresenta o esquema de funcionamento dos postos de trabalho desta fila.

Tal como para as duas filas anteriores, o posto Tabuleiro 3 é onde o cliente recolhe o tabuleiro, os talheres, o guardanapo e o copo. Nesta fila, este posto é sucedido pelo Prato\_Sopa 3, onde a refeição é selecionada e recolhida pelo cliente. No que diz respeito ao prato o operador deste posto serve o que o cliente escolher de entre os pratos da ementa do dia. Em relação à sopa observa-se que, tal como nas filas descritas anteriormente, esta geralmente já se encontra servida. No entanto, também neste caso o

cliente pode ter que esperar pela sopa. Também nesta fila existem clientes que optam por não levar sopa ou por levar duas sopas.

O posto Sobremesa 3 tem um funcionamento idêntico ao posto homónimo da Fila 1 – Social, com a diferença de que neste caso o cliente tem mais opções de escolha. Tal como foi mencionado anteriormente, o posto designado por Água 3 tem um funcionamento idêntico ao posto homónimo da Fila 1 – Social, sendo que neste caso existem mais opções para as bebidas.

O último posto é o Pagamento 3 que apresenta características idênticas de funcionamento aos postos homónimos das filas sociais, com a diferença que neste caso pode ser mais moroso o registo dos itens recolhidos pelo cliente.

### **2.3. Métodos de recolha dos dados**

Os dados apresentados na secção seguinte foram recolhidos através da observação das filas no local, nos dias da semana (segunda-feira, terça-feira e quinta-feira) e horas de maior procura (entre as 12:30 e as 14:00). Os dias de recolha de dados foram selecionados com base na análise realizada anteriormente ao funcionamento das filas. O objetivo foi recolher dados que permitam a descrição do modelo atual para períodos de maior procura.

Para cada posto, identificado na secção anterior, foi registado o tempo total despendido por cada cliente nele, ou seja, ao somatório do tempo de realização da tarefa com o tempo de espera para avançar para o posto seguinte. O comportamento de chegada dos clientes a cada uma das filas de espera foi quantificado por contagem direta do número de pessoas que chegavam em cada intervalo de cinco minutos, durante o horário de funcionamento da cantina. O tempo despendido em cada posto de trabalho foi recolhido com o auxílio de um cronómetro (em segundos). Neste caso optou-se por uma dimensão da amostra de 40 tempos medidos, em cada posto de trabalho com características de funcionamento distintas, em cada fila. Os dados foram registados em papel ou diretamente numa folha de cálculo do Excel, para posterior análise.

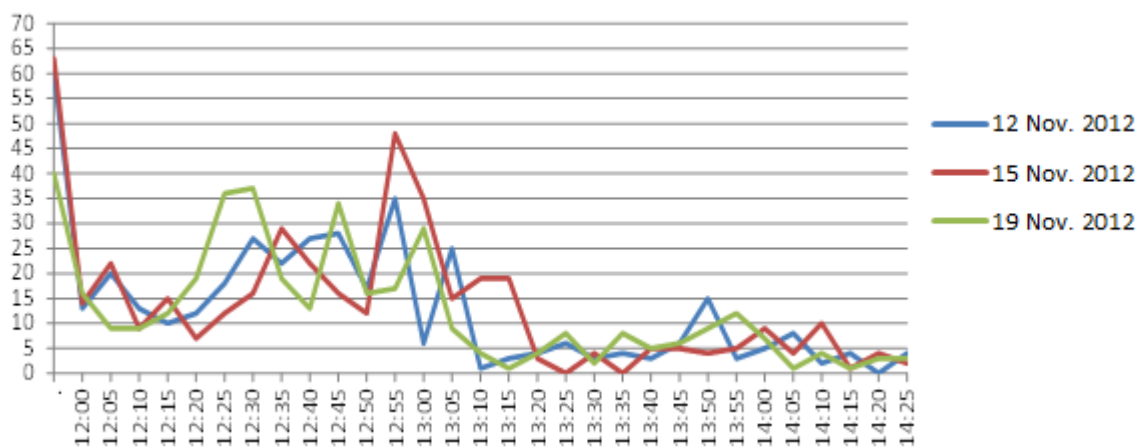
Os diagramas de Pareto apresentados consistem num histograma cujas frequências se encontram organizadas por ordem decrescente da esquerda para a direita. O gráfico apresenta também a curva de frequência acumulada percentual. O número de

blocos dos histogramas é constante e igual a sete. A dimensão de cada bloco é determinada em função do valor mínimo (min) e máximo (max) da série. Assim, os histogramas apresentam sempre sete colunas, sendo a dimensão de cada uma calculada do seguinte modo:

- 1- 0 até min;
- 2- min até Int2 =  $\min + (\max - \min) / 6$ ;
- 3 - Int2 até Int3 =  $\min + 2 * (\max - \min) / 6$ ;
- 4 - Int3 até Int4 =  $\min + 3 * (\max - \min) / 6$ ;
- 5 - Int4 até Int5 =  $\min + 4 * (\max - \min) / 6$ ;
- 6- Int5 até Int6 =  $\min + 5 * (\max - \min) / 6$  e
- 7- Acima de Int6.

## 2.4. Indicadores da Fila 1 – Social

O comportamento da chegada dos clientes a esta fila pode ser observado na Figura 2.9, para cada um dos dias da semana indicados. Observa-se que a distribuição da chegada de clientes à fila de espera é idêntica para os três dias analisados.



**Figura 2.9.** Taxa de chegada de clientes à Fila 1 - Social

A análise da Figura 2.9 permite ainda constatar que antes da abertura da cantina já se encontram clientes à espera, em média 54. O período com uma taxa de chegada mais elevada é o das 12 horas até as 13:10 horas, que apresenta uma média de pessoas a chegar de cerca de 4 por minuto, o que corresponde a um intervalo entre chegadas de 15 segundos. Após as 13:10 horas a média de pessoas a chegar à fila é de

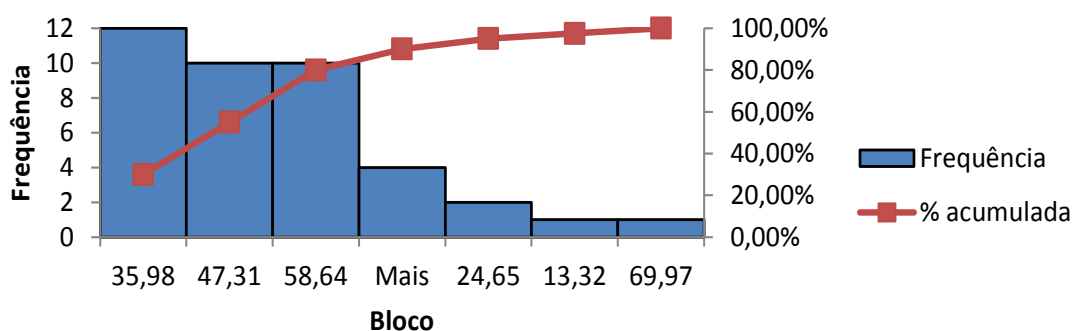
aproximadamente 1 por minuto. A Tabela 2.3 apresenta uma síntese dos resultados obtidos.

**Tabela 2.3.** Resumo da chegada de clientes à Fila 1 – Social

Data	Intervalo Tempo	Total Tempo (min)	Total Pessoas	Média (pess/min)	Máximo
12 Nov. 2012 Segunda-feira	12:00 - 14:30	150	404	2,69	35
15 Nov. 2012 Quinta-feira	12:00 - 14:30	150	429	2,86	48
19 Nov. 2012 Segunda-feira	12:00 - 14:30	150	393	2,62	37

#### 2.4.1. Tabuleiro 1

A Figura 2.10 apresenta o histograma obtido para o tempo despendido neste posto, com o auxílio de sete intervalos de tempo, organizados desde o que apresenta frequência mais elevada até a mais baixa. Do total de 40 amostras recolhidas observa-se que o intervalo entre  $]24.65 - 35.98]$  é o mais frequente, com 12 ocorrências, e os intervalos de  $]0 - 13.32]$  e de  $]58.64 - 69.97]$  são os menos frequentes, com apenas 1 ocorrência cada. A frequência acumulada permite observar que os tempos superiores a 58,64 segundos são pouco representativos, tal como os tempos inferiores a 24,65 segundos.



**Figura 2.10.** Histograma dos tempos despendidos no posto Tabuleiro 1

### 2.4.2. Água 1

O histograma da Figura 2.11 mostra que o intervalo mais frequente é o de  $[7.17 - 13.05]$ , com 19 ocorrências. Os restantes intervalos apresentam frequências iguais ou inferiores a 8 ocorrências. A análise da frequência acumulada permite concluir que os tempos de serviço inferiores a 7.17 e superiores a 24.79 são pouco representativos.

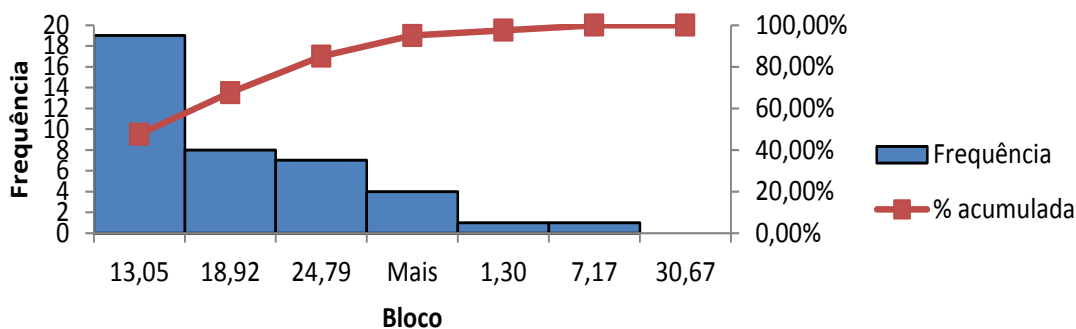


Figura 2.11. Histograma dos tempos despendidos no posto Água 1

### 2.4.3. Prato 1

A Figura 2.12 apresenta o histograma obtido com recurso a sete intervalos de tempo, o que permite observar que o intervalo mais frequente é o de  $[24.76 - 31.78]$ , com 10 ocorrências. A análise da frequência acumulada permite observar que os tempos inferiores a 3.69 segundos e superiores a 31.78 segundos são pouco representativos.

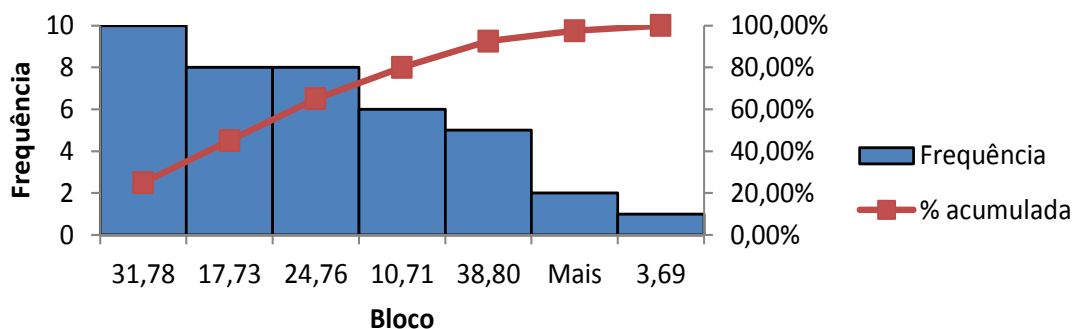


Figura 2.12. Histograma dos tempos despendidos no posto Prato 1

### 2.4.4. Sopa 1

A Figura 2.13 mostra o histograma construído com sete intervalos, que permite concluir que o intervalo de  $[5.45 - 16.29]$  é o mais frequente, com 29 ocorrências, seguido do intervalo de  $[16.29 - 27.12]$ , com 8 ocorrências. Os restantes



têm 1 ou 0 ocorrências. De facto, a análise da frequência acumulada permite concluir que o intervalo de  $]5.45 - 16.29]$  é o mais representativo deste posto. Este resultado está relacionado com o facto de a sopa estar em geral disponível, sendo que as oscilações de tempo estão sobretudo associadas a tempos de espera impostos pelo posto seguinte.

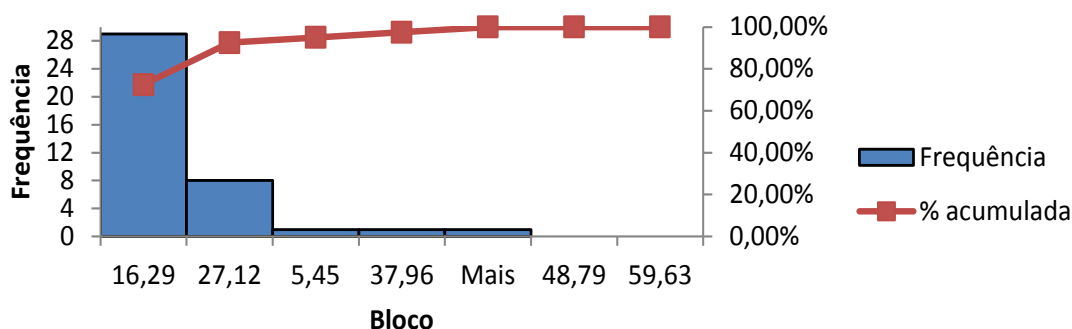


Figura 2.13. Histograma dos tempos despendidos no posto Sopa 1

#### 2.4.5. Sobremesa 1

A Figura 2.14 apresenta o histograma obtido com base em sete intervalos de tempo. A figura permite concluir que os intervalos com maior frequência são o de  $]9.67 - 18.5]$ , com 19 ocorrências e o de  $]0.84 - 9.67]$ , com 12 ocorrências. Os restantes intervalos apresentam um número de ocorrências inferiores ou iguais a 5. A análise da frequência acumulada realça que tempos inferiores a 0.84 e superiores a 18.50 têm uma pequena probabilidade de ocorrência.

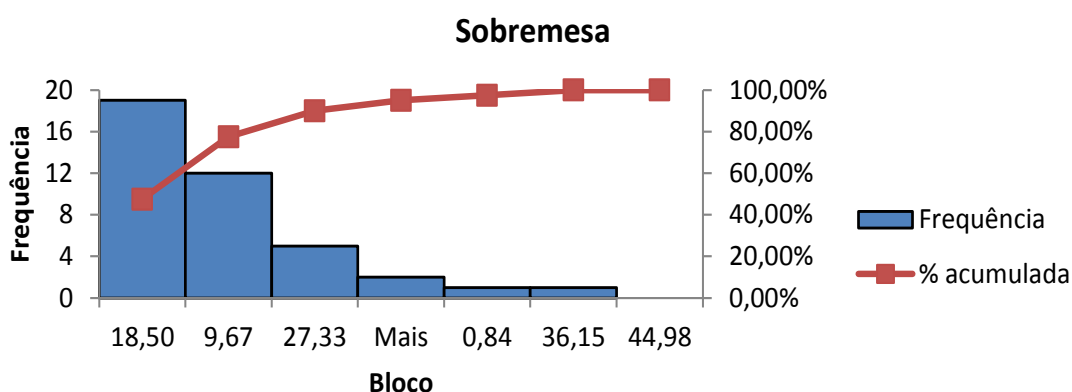


Figura 2.14. Histograma dos tempos despendidos no posto Sobremesa 1

#### 2.4.6. Pagamento 1

O histograma obtido para os tempos associados a este posto é apresentado na Figura 2.15, considerando sete intervalos de tempo compreendidos entre os limites

definidos. O histograma mostra que o intervalo de  $[3.43 - 12.36]$  é o mais frequente, com 17 ocorrências, seguido do de  $[12.36 - 21.29]$  com 15 ocorrências. Os restantes intervalos apresentam um número de ocorrências inferior a 4. A análise da frequência acumulada permite concluir que os intervalos de tempo referidos são os mais representativos do comportamento deste posto.

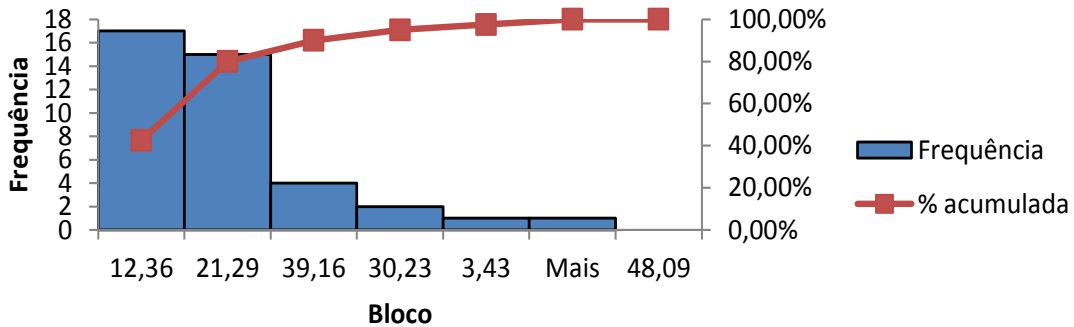


Figura 2.15. Histograma dos tempos despendidos no posto Pagamento 1

## 2.5. Indicadores da Fila 2 – Social

O comportamento da chegada dos clientes a esta fila pode ser observado na Figura 2.16, para os dias indicados. Antes da abertura da cantina já se encontram clientes à espera, 43 no total. O período em que a taxa de chegadas é maior é o das 12:25 horas até as 13:10 horas, onde a média de pessoas a chegar é de cerca de 4 por minuto, a que corresponde um intervalo entre chegadas de 15 segundos. Após as 13:10 horas a média de pessoas a chegar à fila deixa de ser representativa. A Tabela 2.4 apresenta a síntese dos resultados obtidos.

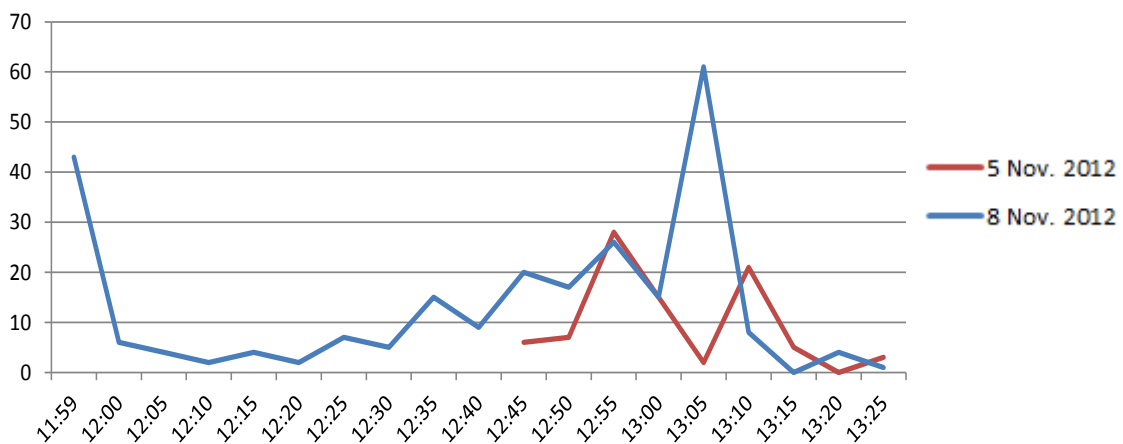


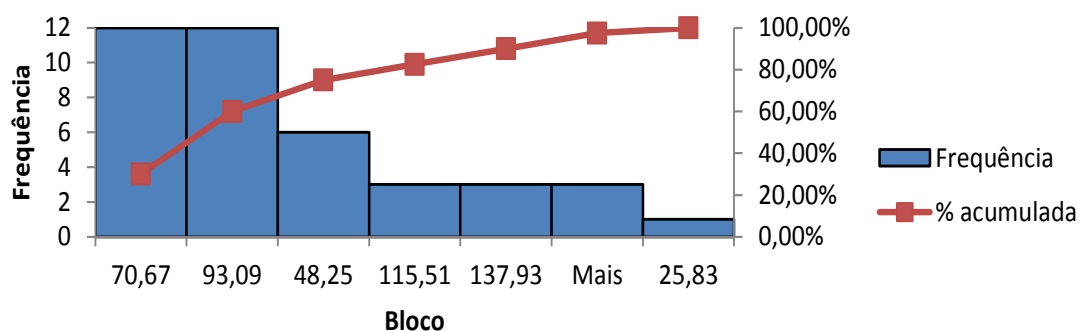
Figura 2.16 Taxa de chegada de clientes à Fila 2 - Social

**Tabela 2.4.** Resumo da Chegada de Clientes à Fila 2 – Social

Data	Intervalo tempo	Total tempo (min)	Total Pessoas	Média (pess/min)	Máximo
5 Nov. 2012 Segunda-feira	12:00 - 13:30	90	87	0,97	28
8 Nov. 2012 Quinta-feira	12:00 - 13:30	90	211	2,34	26

### 2.5.1. Tabuleiro 2

A Figura 2.17 mostra o histograma obtido com base em sete intervalos, sendo que os intervalos de  $]48.25 - 70.67]$  e de  $]70.67 - 93.09]$  apresentam as maiores frequências, com 12 ocorrências cada. O intervalo de  $]0.0 - 25.83]$  é o menos frequente, com apenas 1 ocorrência. A análise da frequência acumulada permite concluir que tempos superiores a 48.25 e inferiores a 25.83 são pouco representativos.

**Figura 2.17.** Histograma dos tempos despendidos no posto Tabuleiro 2

### 2.5.2. Prato 2

O histograma apresentado na Figura 2.18 foi construído com base em sete intervalos de tempo, sendo o de 38.65 – 55.75 o mais frequente, com 11 ocorrências.

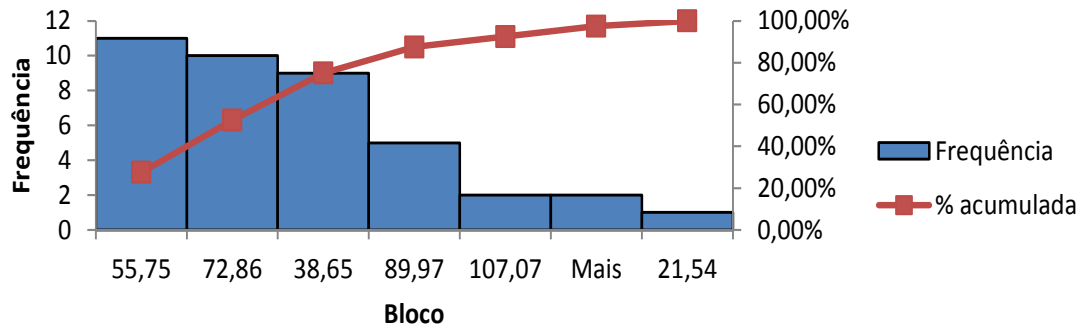


Figura 2.18. Histograma dos tempos despendidos no posto Prato 2

### 2.5.3. Sopa\_Sobremesa 2

O histograma apresentado na Figura 2.19 foi também obtido com sete intervalos de tempo, e permite concluir que o intervalo mais frequente é o de ]5.96 – 14.95], com 15 ocorrências. Os intervalos para tempos inferiores a 5.96 e superiores a 32.92 apresentam frequências baixas. Assim, a análise da frequência acumulada permite concluir que os intervalos de tempo compreendidos entre 5.96 e 32.92 são os mais representativos do comportamento deste posto de trabalho.

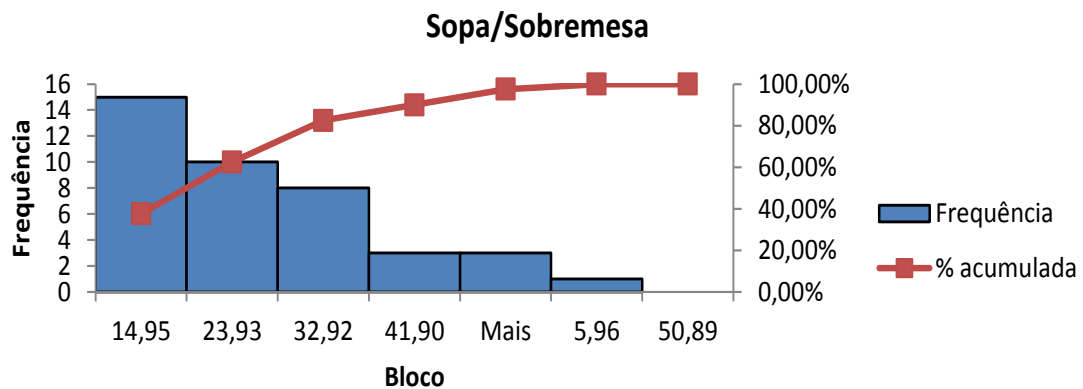


Figura 2.19. Histograma dos tempos despendidos no posto Sopa\_Sobremesa 2

### 2.5.4. Água 2

Para este posto foi assumido um comportamento igual ao descrito no Posto Água 1.

### 2.5.5. Pagamento 2

A Figura 2.20 apresenta o histograma obtido com sete intervalos que permite observar que os intervalos de  $]6.20 - 12.03]$  e de  $]12.03 - 23.70]$  são os mais frequentes, com 10 ocorrências. O intervalo de  $]23.70 - 17.87]$  apresenta 7 ocorrências e os restantes têm valores de frequência menores ou iguais a 5. Assim, a análise da frequência acumulada permite concluir que os tempos superiores a 6.20 e inferiores a 17.87 são os mais representativos do comportamento deste posto de trabalho.

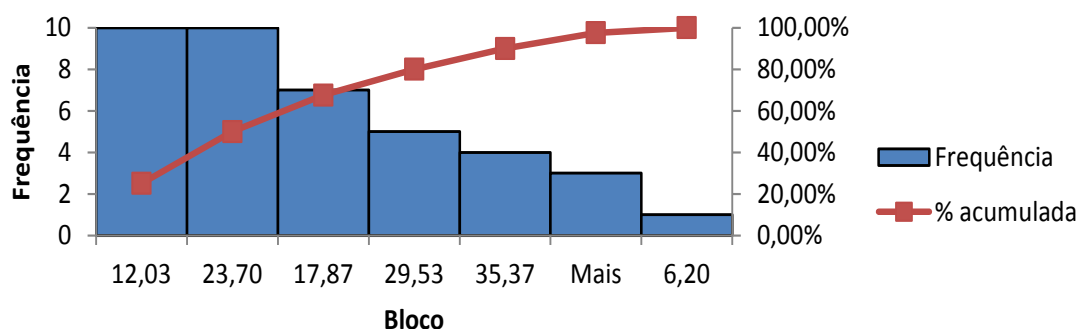


Figura 2.20. Histograma dos tempos despendidos no posto Pagamento 2

### 2.6. Indicadores da Fila 3 – Grill

O comportamento da chegada dos clientes a esta fila pode ser observado na Figura 2.21, para os dias indicados. Tal como para as outras filas, observa-se que antes da abertura da cantina já se encontram pessoas à espera. No entanto, neste caso o número não é significativo. O período em que chegam mais clientes é o das 12:00 horas até as 13:15 horas, onde a média de pessoas a chegar é de cerca de 3 por minuto, a que corresponde um intervalo entre chegadas de 20 segundos. Após as 13:15 horas a média de pessoas a chegar à fila deixa de ser representativa. A Tabela 2.5 apresenta a síntese dos resultados obtidos.

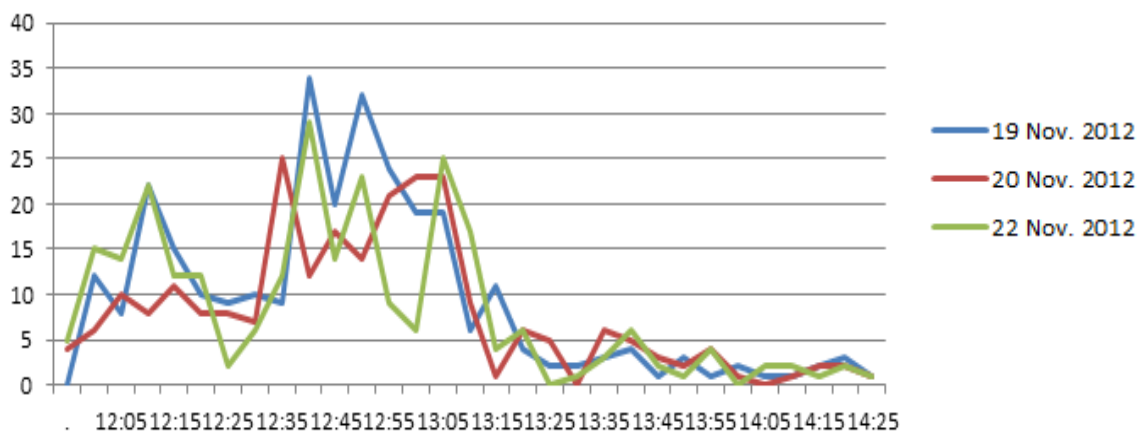


Figura 2.21. Taxa de chegada de clientes à Fila 3 - Grill

Tabela 2.5. Resumo da chegada de clientes à Fila 3 – Grill

Data	Intervalo tempo	Total tempo (min)	Total Pessoas	Média (pess/min)	Máximo
19 Nov. 2012 Segunda-feira	12:00 - 14:30	150	290	1,93	34
20 Nov. 2012 Terça-feira	12:00 - 14:30	150	245	1,63	25
22 Nov. 2012 Quinta-feira	12:00 - 14:30	150	258	1,72	29

### 2.6.1. Tabuleiro 3

O histograma, apresentado na Figura 2.22, mostra que o intervalo de tempo despendido pelos clientes neste posto com maior frequência é o de  $[63.52 - 78.89]$ , com 11 ocorrências, seguido dos intervalos de  $[32.76 - 48.14]$  e de  $[48.14 - 63.52]$ , cada um com 9 ocorrências. A análise da frequência acumulada permite concluir que os tempos inferiores a 32.76 e superiores a 78.89 são pouco representativos.

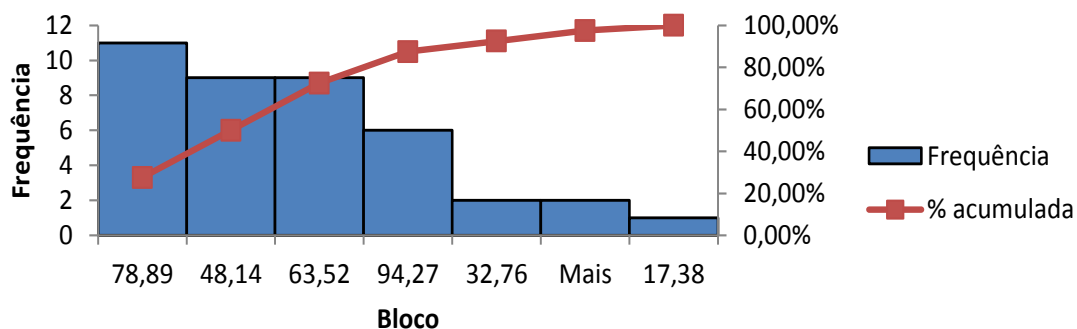


Figura 2.22. Histograma dos tempos despendidos no posto Tabuleiro 3

### 2.6.2. Prato\_Sopa 3

O histograma apresentado na Figura 2.23 permite concluir que o intervalo de  $]22.85 - 44.68]$  é o mais frequente, com 15 ocorrências, seguido do de  $]22.85 - 33.76]$ , que apresenta 14 ocorrências. A análise da frequência acumulada indica que os tempos superiores a 33.76 e inferiores a 22.85 são pouco representativos deste posto de trabalho

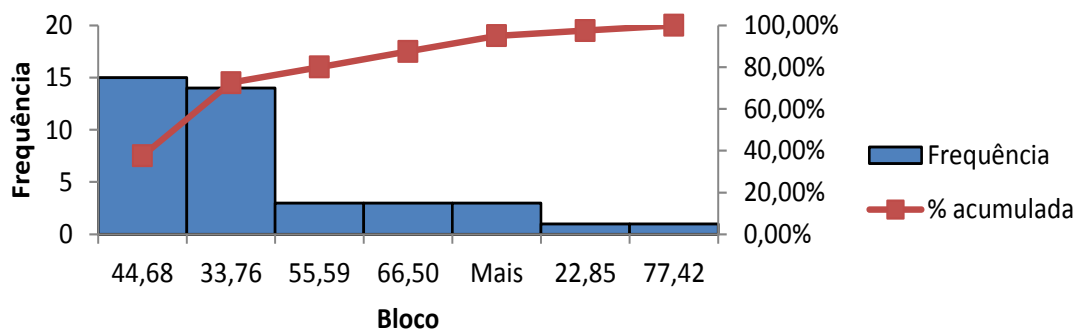


Figura 2.23. Histograma dos tempos despendidos no posto Prato\_Sopa 3

### 2.6.3. Sobremesa 3

No histograma apresentado na Figura 2.24 observa-se que o intervalo mais frequente é o de  $]34.29 - 46.61]$ , com 14 ocorrências. A significância dos dois intervalos seguintes apresenta uma redução de 3 em relação ao anterior. De facto, a análise da frequência acumulada permite concluir que os tempos inferiores a 21.97 e superiores a 46.61 apresentam uma significância reduzida na amostra.

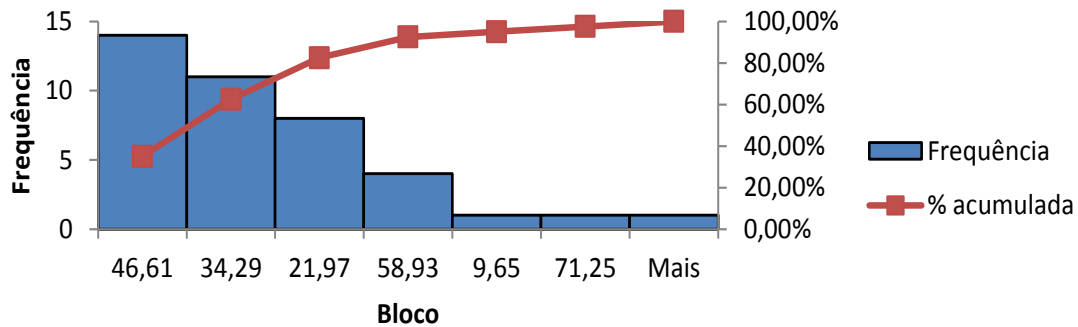


Figura 2.24. Histograma dos tempos despendidos no posto Sobremesa 3

### 2.6.4. Água 3

Para este posto foi assumido um comportamento igual ao descrito no Posto Água 1.

### 2.6.5. Pagamento 3

A Figura 2.25 apresenta o histograma que permite concluir que o intervalo mais frequente é o de  $[9.17 - 21.35]$ , com 18 ocorrências, seguido do de  $[21.35 - 27.44]$ , com 11 ocorrências. Os restantes intervalos apresentam 5 ou menos ocorrências. A análise da frequência acumulada permite concluir que estes dois intervalos são os mais representativos do comportamento deste posto.

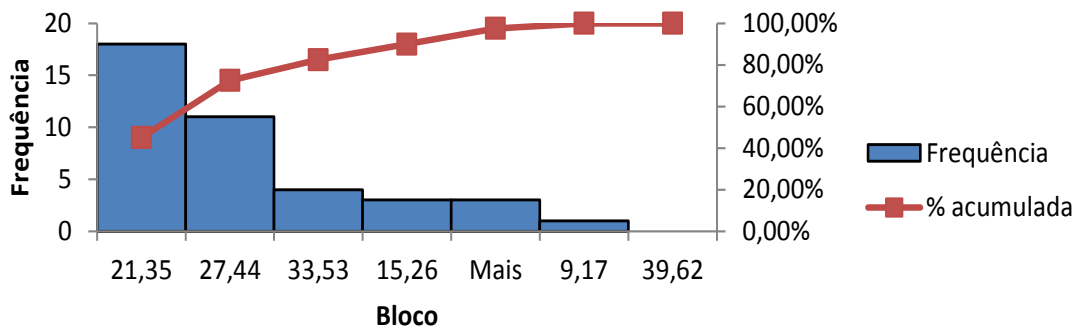


Figura 2.25. Histograma dos tempos despendidos no posto Pagamento 3

## 2.7. Comentário Globais aos Indicadores

Na Tabela 2.6 apresenta-se um resumo do tempo despendido, mínimo, médio e máximo em todos os postos das filas. Globalmente, observa-se que os postos de pagamento apresentam comportamentos muito idênticos. No entanto, é interessante



observar que a Fila 2 – Social apresenta tempos médios despendidos nos postos Tabuleiro 2 e Prato 2 que são praticamente o dobro dos observados para a Fila 1 – Social.

**Tabela 2.6.** Resumo do tempo despendido em cada posto de trabalho

	<b>Tempo despendido (s)</b>		
	<b>Mínimo</b>	<b>Médio</b>	<b>Máximo</b>
<b>Tabuleiro 1</b>	13.32	42.50	81.30
<b>Água 1 = Água 2 = Água 3</b>	1.30	15.60	36.54
<b>Prato 1</b>	3.69	22.00	45.82
<b>Sopa 1</b>	5.45	14.44	70.46
<b>Sobremesa 1</b>	0.84	14.47	53.81
<b>Pagamento 1</b>	3.43	16.00	57.20
<b>Tabuleiro 2</b>	25.83	77.00	160.35
<b>Prato 2</b>	21.54	57.67	124.18
<b>Sopa_Sobremesa 2</b>	5.96	21.45	59.87
<b>Pagamento 2</b>	6.20	19.72	41.20
<b>Tabuleiro 3</b>	17.38	60.24	109.65
<b>Prato_Sopa 3</b>	22.85	41.90	88.33
<b>Sobremesa 3</b>	9.65	33.53	83.57
<b>Pagamento 3</b>	9.17	22.93	45.71



## 3. SIMULAÇÃO DO SISTEMA ATUAL

### 3.1. Enquadramento

Tal como foi referido na introdução, os modelos de simulação são elaborados com o intuito de analisar o comportamento de um sistema real, quando uma simulação física não é possível. Os dados gerados não podem ser tomados como verdadeiros, mas podem ser usados para estimar as medidas de desempenho.

Para um estudo completo do funcionamento das filas da Cantina dos SASUC no Pólo II foi elaborado um modelo de simulação discreta no *software* Simul8 [Simul8], que procura representar fielmente o comportamento do sistema, com base nos dados recolhidos. O presente capítulo visa apresentar os dados resultantes da simulação do funcionamento da Cantina dos SASUC no Pólo II, de modo a permitir a validação do modelo elaborado. Os resultados globais apresentados correspondem aos obtidos com um conjunto de quinze corridas, com um intervalo de confiança de 95%. No entanto, os resultados de evolução temporal correspondem apenas à última corrida. O tempo de simulação para os dados à saída de cada fila corresponde à duração do funcionamento de cada uma, ou seja, 2 horas e meia para a Fila 1 – Social e Fila 3 – Grill e 1 hora e meia para a Fila 2 – Social. Os dados referentes à saída do sistema global são obtidos com um tempo de simulação de 3 horas.

### 3.2. Pressupostos

O modelo elaborado procura representar as várias etapas de cada uma das três filas da cantina. A Figura 3.1 apresenta a estrutura global do modelo sendo perceptível a distinção entre as três filas de espera e a partilha das mesas de refeição. Na Figura 3.2 apresenta-se os detalhes acerca da estrutura adotada para cada Fila.

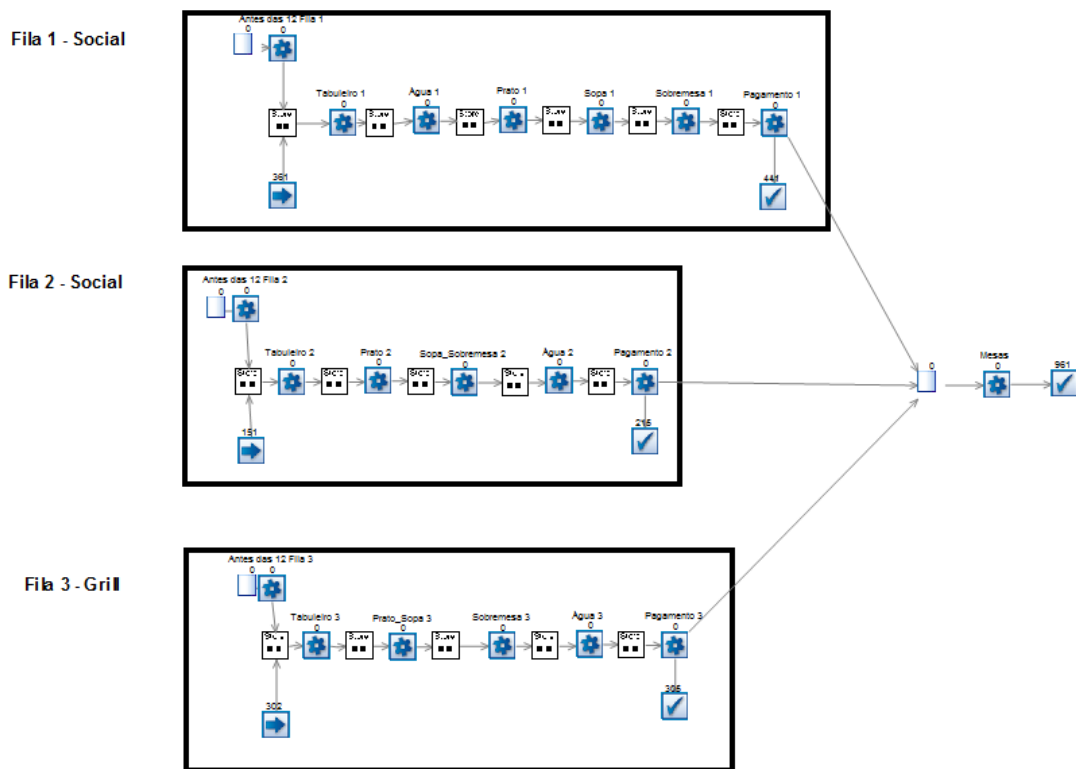


Figura 3.1. Esquema do modelo de simulação da cantina dos SASUC no Pólo II.

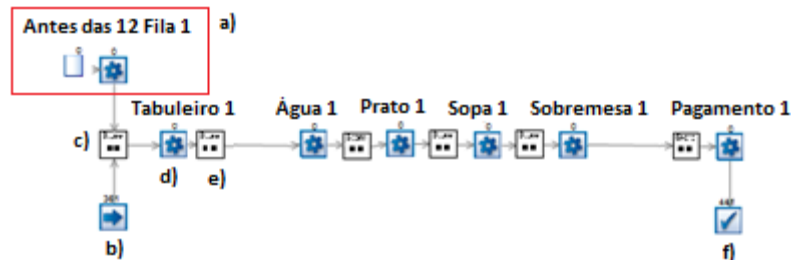


Figura 3.2. Pormenor do modelo e legenda dos seus elementos: a) clientes em espera antes das 12 horas; b) chegada dos clientes depois das 12 horas; c) fila de espera antes de entrar no sistema; d) posto de trabalho; e) fila de espera entre postos; f) saída do sistema.

As variáveis de funcionamento que foram introduzidas no modelo do Simul8, para cada uma das três filas da cantina, resultam do tratamento estatístico dos dados recolhidos no campo. Este tratamento foi realizado com recurso ao *software* EasyFit 5.5 Professional [EasyFit], que permite obter distribuições estatísticas a partir de um conjunto de dados.

No modelo elaborado cada posto de trabalho pode ser utilizado por um número limitado de clientes e é sempre precedido de uma fila de espera com uma dimensão também limitada, de acordo com a recolha de dados no campo. A Tabela 3.1

apresenta os resultados obtidos para a capacidade de trabalho determinada para cada posto. Na Tabela 3.2 apresenta-se a dimensão determinada para cada uma das filas de espera que antecede cada posto de trabalho. Assim, o modelo de simulação elaborado permite a recolha do tempo total que um cliente ocupa num determinado posto, isto é o tempo de serviço (tempo que demora a fazer a tarefa) mais o tempo de bloqueio que é imposto pela fila seguinte (tempo em que fica à espera para seguir em frente na fila).

**Tabela 3.1.** Capacidade de cada posto de trabalho.

<b>Fila 1 - Social</b>		<b>Fila 2 - Social</b>		<b>Fila 3 - Grill</b>	
<b>Posto</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Posto</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Posto</b>	<b>Capacidade</b>
Tabuleiro	3	Tabuleiro	3	Tabuleiro	3
Água	1	Prato	2	Prato/Sopa	2
Prato	2	Sopa/Sobremesa	1	Sobremesa	2
Sopa	1	Água	1	Água	1
Sobremesa	1	Pagamento	1	Pagamento	1
Pagamento	1				

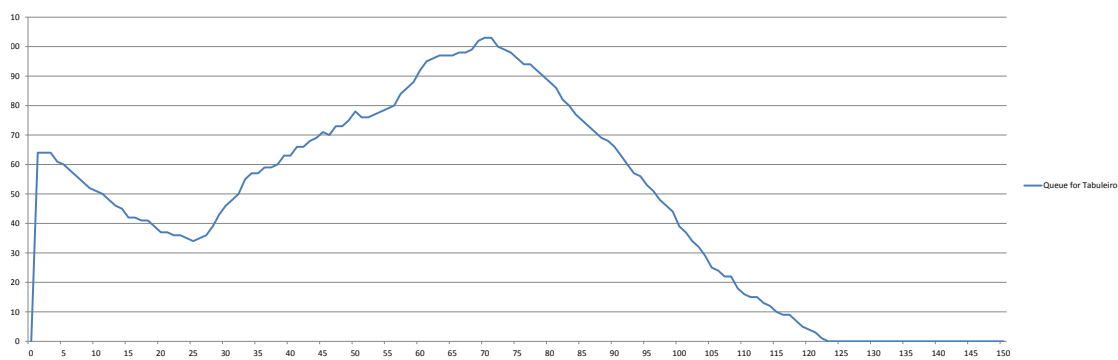
**Tabela 3.2.** Capacidade de cada fila de espera para os respetivos postos de trabalho.

<b>Fila 1 - Social</b>		<b>Fila 2 - Social</b>		<b>Fila 3 - Grill</b>	
<b>Fila para</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Fila para</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Fila para</b>	<b>Capacidade</b>
Água	2	Prato	4	Prato/Sopa	2
Prato	1	Sopa/Sobremesa	3	Sobremesa	3
Sopa	2	Água	2	Água	2
Sobremesa	2	Pagamento	3	Pagamento	2
Pagamento	2				

### 3.3. Análise do cenário atual

#### 3.3.1. Fila 1 – Social

Os resultados recolhidos permitem concluir que esta fila é a que apresenta maior procura, com uma média diária de 409 pessoas. A fila de espera associada ao primeiro posto, designado de Tabuleiro 1, é a que permite uma melhor perceção acerca da evolução da fila de espera global. Assim, a Figura 3.3 apresenta a evolução do número de clientes em fila de espera, ao longo do tempo, sendo possível observar que antes de se iniciarem as tarefas dos vários postos de trabalho existe um período de espera com comportamentos distintos ao longo do tempo.



**Figura 3.3.** Gráfico da evolução do número de pessoas na fila de espera para o posto Tabuleiro 1, ao longo do tempo, em minutos.

Nos primeiros vinte e cinco minutos de funcionamento, isto é, até às 12:25 horas, o número de pessoas na fila é em média de 46, período após o qual esse número aumenta até atingir um máximo de 103 pessoas às 13:10. A partir desta hora o número de clientes na fila de espera diminui gradualmente, sendo que pelas 14 horas a procura é inferior a cinco pessoas por minuto. O resumo dos resultados obtidos para esta fila de espera é apresentado na Tabela 3.3, sendo que os dados referentes a tamanho correspondem ao número de pessoas na fila e os referentes a tempo são apresentados em segundos (s).

**Tabela 3.3.** Dados de simulação da fila de espera associada ao primeiro posto de trabalho da Fila 1 - Social

	<b>-0,95</b>	<b>Média</b>	<b>0,95</b>
<b>Tamanho médio</b>	33,90	40,89	47,88
<b>Tamanho máximo</b>	85,88	95,27	104,66
<b>Tempo médio (s)</b>	756,39	893,08	1029,77
<b>Tempo Máximo (s)</b>	1586,42	1771,06	1955,70

Nas subsecções seguintes apresenta-se o resumo dos resultados obtidos com base no modelo atual, para cada posto de trabalho e a fila de espera precedente. No final, apresenta-se uma subsecção onde é apresentada uma tabela resumo do tempo de espera, da taxa de trabalho (percentagem do tempo que o posto está preenchido com alguém a realizar a tarefa) e a taxa de ocupação (percentagem do tempo em que alguém está a ocupar o posto).

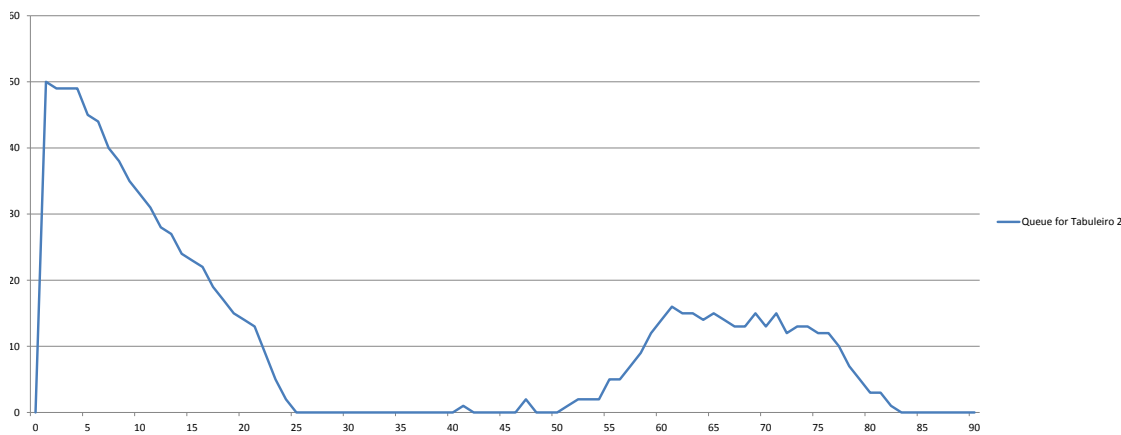
#### **3.3.1.1. Comentários globais**

Os resultados indicam que o posto Tabuleiro 1 está lotado durante as duas primeiras horas de funcionamento, período após o qual é ocupado por apenas uma pessoa, de dois em dois minutos. Observa-se que a fila de espera para o posto Prato 1 está ocupada durante os primeiros 125 minutos, sendo que o tempo máximo de espera é superior a dois minutos. O modelo permite constatar que em média a primeira refeição é servida 5 minutos após a abertura da cantina. A fila de espera que antecede o posto Sobremesa 1 está ocupada 50% do tempo de simulação.

#### **3.3.2. Fila 2 – Social**

Atualmente, esta fila representa um reforço à fila 1, pelo que o seu tempo de trabalho é de 90 minutos, ao contrário dos 150 minutos das outras filas. Os resultados obtidos pelo modelo indicam uma procura média diária de 197 pessoas.

A Figura 3.4 apresenta a evolução da dimensão da fila de espera que precede o posto Tabuleiro 2, ao longo do tempo de simulação. Observa-se que, antes de se iniciarem as tarefas dos vários postos de trabalho, existe um período de espera com comportamentos distintos ao longo do tempo.



**Figura 3.4.** Gráfico da evolução do número de pessoas na fila de espera para o posto Tabuleiro 2 ao Longo do Tempo, em Minutos.

Antes da abertura da Fila 2 - Social já existem pessoas à espera, neste caso cerca de 90. De acordo com os resultados do modelo, estas 90 pessoas são processadas em cerca de 25 minutos. Observa-se também que durante os primeiros 50 minutos quase não chegam pessoas à fila de espera, período após o qual a procura começa a subir até atingir um novo máximo de 16 pessoas, pelas 13 horas. Desta hora até à hora de fecho estão em média cerca de 10 pessoas em fila de espera. O resumo dos resultados obtidos para o primeiro posto de trabalho desta fila é apresentado na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4.** Dados de simulação da fila de espera associada ao primeiro posto de trabalho da Fila 2 - Social

	<b>-0,95</b>	<b>Média</b>	<b>0,95</b>
<b>Tamanho médio</b>	8,34	10,31	12,27
<b>Tamanho máximo</b>	38,44	44,67	50,89
<b>Tempo médio (s)</b>	235,07	280,67	326,27
<b>Tempo Máximo (s)</b>	844,32	983,04	1121,75

### 3.3.2.1. Comentários globais

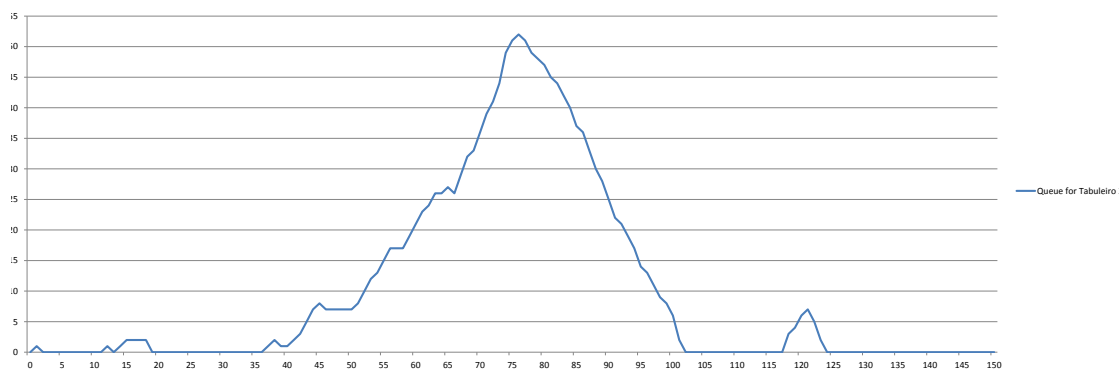
O posto Tabuleiro 2 está lotado das 12 às 12:25 horas e das 12:50 até às 13:22. Os resultados indicam que este posto trata em média duas pessoas por minuto. Observa-se que não é muito frequente a fila de espera do Prato 2 estar lotada, sendo o tamanho médio da fila de 1,67.



### 3.3.3. Fila 3 – Grill

Esta fila é a que apresenta um serviço mais especializado, onde a opção de escolha de refeições é maior. O horário de funcionamento desta fila é de 150 minutos. Os resultados do modelo indicam uma procura média diária é 300 pessoas.

Na Figura 3.5 apresenta-se a evolução da fila de espera que antecede o posto Tabuleiro 3, ao longo do tempo. Antes de se iniciarem as tarefas dos vários postos de trabalho existe um período de espera com comportamentos distintos ao longo do tempo.



**Figura 3.5.** Gráfico da evolução do número de pessoas na fila de espera para o posto Tabuleiro 3 ao longo do tempo, em minutos.

Na Figura 3.5 é visível que o número de pessoas à espera antes da abertura não é significativo. De facto, de acordo com o modelo, durante os primeiros 40 minutos de funcionamento o número de pessoas na fila de espera está abaixo das 5. Neste período a procura começa a subir e atinge um máximo de 52 pessoas às 13:15 horas. Pelas 13:40 todas essas pessoas já avançaram na fila de atendimento. Após duas horas de funcionamento da fila há a chegada de cerca de 7 pessoas, mas até à hora de fecho a procura já não é significativa. O resumo dos resultados obtidos para este posto de trabalho são apresentados na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5.** Dados de simulação da fila de espera associada ao primeiro posto de trabalho da Fila 3 – Grill.

	<b>-0,95</b>	<b>Média</b>	<b>0,95</b>
<b>Tamanho médio</b>	9,84041	10,58381	11,32722
<b>Tamanho máximo</b>	50,70330	53,06667	55,43003
<b>Tempo médio (s)</b>	297,03639	317,21196	337,38754
<b>Tempo Máximo (s)</b>	1136,09143	1197,81876	1259,54609

### 3.3.3.1. Comentários globais

O posto Tabuleiro 3 está lotado das 12:35 às 13:40 horas, sendo que este trata em média duas pessoas por minuto. A fila que precede o posto Prato\_Sopa 3, em média, tem um tamanho de 0,5. O modelo permite constatar que em média 44% do tempo estão duas pessoas neste posto. O posto Sobremesa 3 apresenta um uso médio de 1,4 pessoas.

### 3.3.4. Síntese dos resultados

A Tabela 3.6 apresenta o resumo do tempo de espera, da taxa de trabalho e de ocupação para cada posto de trabalho, obtidos com o modelo atual. Para os postos que podem atender vários clientes em simultâneo não é possível determinar a taxa de trabalho, pelo que se opta por não apresentar estes valores.

As três filas apresentam tempos de permanência no sistema distintos, a Tabela 3.7 mostra os tempos de permanência de um cliente na fila. Esses tempos são o resultado médio de quinze corridas com um intervalo de confiança de 95%. Os resultados permitem constatar que apesar de a Fila 3 – Grill apresentar maior complexidade de operações, associada ao maior número de opções disponíveis para os clientes, o tempo médio de permanência na fila é aproximadamente metade do tempo de permanência na Fila 1 – Social. Este facto pode estar relacionado com a capacidade do posto de trabalho Prato 3 ser aproveitada na totalidade. Por outro lado, também a Fila 2 – Social apresenta tempos médios cerca de metade dos da Fila 1 – Social. Ou seja, o modelo confirma que a fila mais crítica é a Fila 1 – Social. Neste contexto, os resultados também parecem indicar que a Fila 2 – Social de reforço pode estar a ser subaproveitada.

**Tabela 3.6.** Resumo do tempo de espera, da taxa de trabalho e de ocupação para cada posto de trabalho, no modelo atual

	<b>Tempo de espera médio (s)</b>	<b>Taxa de trabalho (%)</b>	<b>Taxa de ocupação (%)</b>
<b>Tabuleiro 1</b>	893	-----	84
<b>Água 1</b>	35	80	87
<b>Prato 1</b>	128	-----	68
<b>Sopa 1</b>	31	63	87
<b>Sobremesa 1</b>	24,5	66	85
<b>Pagamento 1</b>	20	76	77
<b>Tabuleiro 2</b>	280.67	-----	83
<b>Prato 2</b>	46	-----	84
<b>Sopa_Sobremesa 2</b>	11	56	58
<b>Água 2</b>	10	57	71
<b>Pagamento 2</b>	16	71	68
<b>Tabuleiro 3</b>	317.2	-----	71
<b>Prato_Sopa 3</b>	15	-----	53
<b>Sobremesa 3</b>	38	-----	69
<b>Água 3</b>	28	52	71
<b>Pagamento 3</b>	33	76	73

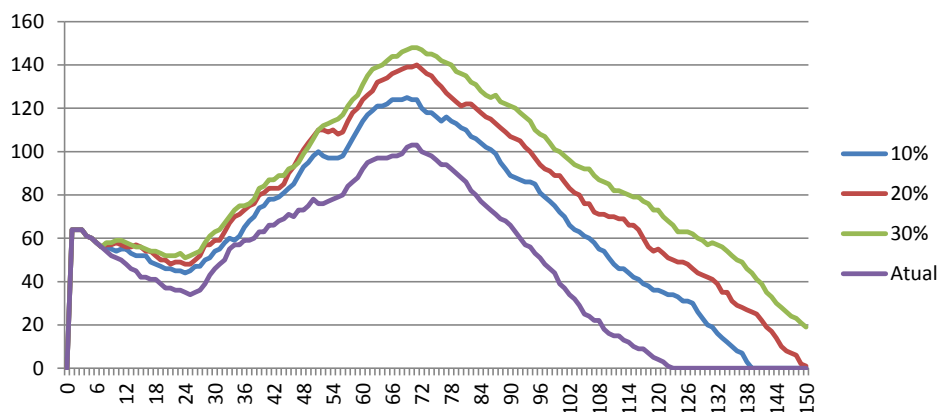
**Tabela 3.7.** Tempo, em minutos, para a permanência em cada fila.

	(min.)	-95%	Média	95%
<b>Saída Fila 1 - Social</b>	<b>Tempo médio</b>	18,01	20,71	23,41
	<b>Tempo máximo na fila</b>	31,54	34,68	37,83
	<b>Tempo mínimo na fila</b>	0,92	1,00	1,09
<b>Saída Fila 2 - Social</b>	<b>Tempo médio na fila</b>	7,13	7,89	8,64
	<b>Tempo máximo na fila</b>	18,27	20,76	23,24
	<b>Tempo mínimo na fila</b>	1,44	1,64	1,83
<b>Saída Fila 3 – Grill</b>	<b>Tempo médio na fila</b>	9,80	10,23	10,67
	<b>Tempo máximo na fila</b>	25,86	26,94	28,01
	<b>Tempo mínimo na fila</b>	1,46	1,57	1,68

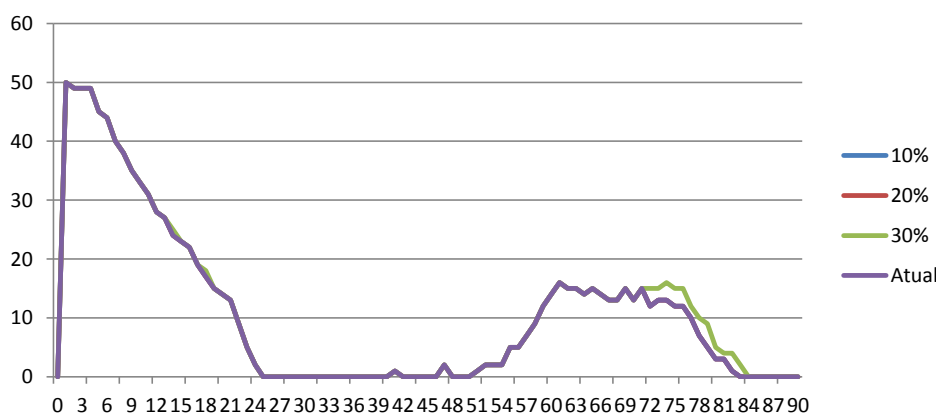
### 3.3.5. Pagamento Automático

Os tempos de serviço relativos aos clientes que pagam com cartão multibanco foram recolhidos, e indicam que em média esta tarefa requer 34 segundos. Uma vez que o pagamento com cartão multibanco apresenta uma distribuição muito aleatória, para determinar uma distribuição estatística representativa será necessário uma amostra de grande dimensão. Assim sendo, como não se sabe a percentagem efetiva de clientes que optam por este tipo de pagamento, foram simulados 3 cenários para diferentes percentagens, 10%, 20% e 30%, de modo a avaliar o impacto na dimensão da fila de espera associada aos postos Tabuleiro.

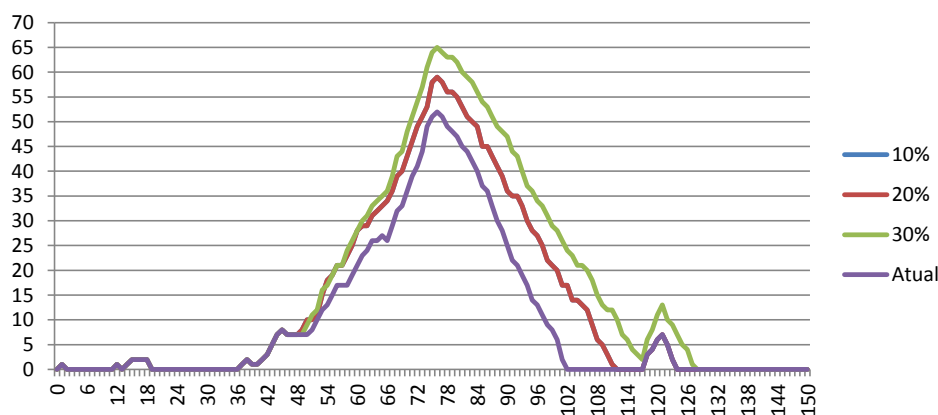
A Figura 6, Figura 7 e Figura 8 apresentam a evolução do número de clientes ao longo do tempo (min.) nas filas de espera que antecedem o posto Tabuleiro, para a Fila 1 – Social, Fila 2 – Social e Fila 3 – Grill, respetivamente. O impacto do pagamento automático é bem claro para a Fila 1 – Social e mais reduzido para a Fila 3 – Grill. Na Fila 2 – Social os pagamentos automáticos parecem não causar grande alteração ao seu funcionamento.



**Figura 6.** Impacto dos pagamentos automáticos na Fila 1 – Social.



**Figura 7.** Impacto dos pagamentos automáticos na Fila 2 – Social.

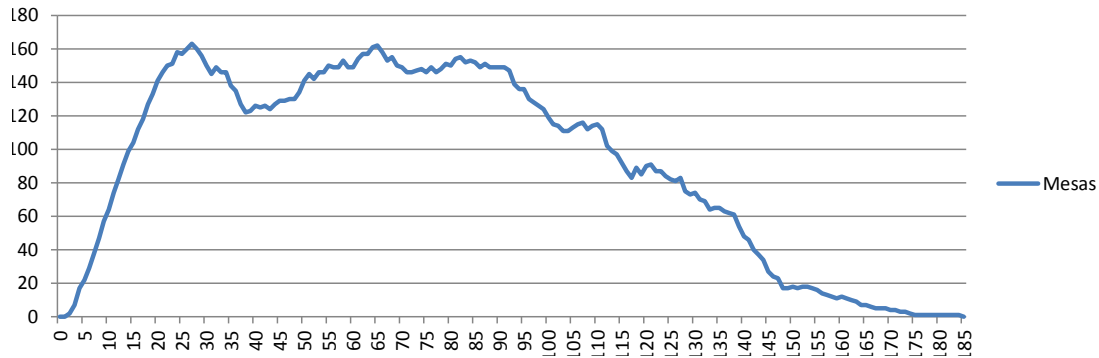


**Figura 8.** Impacto dos pagamentos automáticos na Fila 3 – Grill.

Nas figuras comparam-se os cenários com diferentes percentagens de clientes a optarem por pagamento automático com o cenário atual, onde o pagamento automático foi descartado. Observa-se que, o aumento da percentagem de pagamentos automáticos conduz a piores cenários de simulação. No entanto, importa referir que o cenário atual contempla indiretamente a opção de pagamento automático nos tempos de bloqueio da fila associada a cada posto de pagamento.

### 3.3.6. Mesas

Na cantina existem 480 lugares sentados para as pessoas tomarem as suas refeições. A observação em campo indica que esses lugares nunca são ocupados na totalidade, o que faz com que o tempo de espera para uma pessoa se sentar seja nulo. A Figura 3.9 mostra a evolução do número de lugares ocupados ao longo do tempo de simulação, que comprovam as observações



**Figura 3.9.** Gráfico da evolução do número de pessoas nas mesas ao longo do tempo, em minutos.

Em média o número de pessoas sentadas é de 92, sendo que o máximo de 163 pessoas é atingido às 12:27 horas. Desde esta hora até às 13:52 horas o número de pessoas sentadas é sempre superior a 100.

### 3.3.7. Saída

Esta etapa representa a saída dos utilizadores do sistema, quando o processo da refeição está concluído. Os resultados globais indicam um número médio de refeições servidas no total das 3 filas de 909. Em média uma pessoa demora, desde a entrada até à saída da cantina 33 minutos, podendo no máximo demorar 62 minutos.

## 4. ANÁLISE DE CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Uma vez validado o modelo correspondente ao cenário atual, neste capítulo são analisados cenários alternativos, propostos com o objetivo comum de diminuir o tempo de espera dos clientes na fila. A análise do modelo atual indica que os tempos de espera estão associados às tarefas que os clientes realizam antes da refeição. Neste contexto, considera-se que o tempo de refeição e o número de lugares disponíveis não contribuem para o aumento do tempo total de refeição, pelo que todos os cenários testados correspondem a alterações criteriosas aos postos de trabalho.

De modo a facilitar a interpretação dos resultados obtidos para os diferentes cenários, opta-se por considerar o cenário atual como referência. A comparação é realizada com base nos tempos, médio, máximo e mínimo, em cada fila e no sistema. Os dados apresentados correspondem às oscilações percentuais, do tempo do cenário alternativo, em relação ao modelo atual. Deste modo, opta-se por assinalar com setas verdes para cima as soluções que conduzem a melhorias no tempo. As soluções que resultam em aumentos de tempo são assinaladas com setas vermelhas para baixo. Os cenários assinalados com setas amarelas indicam que o resultado não pode ser aceite estatisticamente, pois ambos os cenários conduzem a intervalos sobrepostos.

### 4.1. Fila sem o posto Água

O cenário proposto passa por retirar o posto Água das diferentes filas. A solução proposta é que os clientes passem a servir-se de água fora da fila, em vários postos distribuídos pela cantina, o que dependendo do número de novos postos conduz a diferentes tempos de saída do sistema.

Os resultados da simulação deste cenário mostram que esta alteração conduz a uma redução no tempo médio de espera dos clientes, como se mostra na Tabela 4.1. No entanto, importa realçar os únicos resultados estatisticamente distintos são os referentes ao tempo mínimo na Fila 1 – Social e Fila 3 – Grill.

**Tabela 4.1.** Resultados da simulação, nas saídas, para o cenário: Fila sem o posto água.

Sem Água		
Saída Fila 1 - Social	Tempo médio na fila	▲ 4,85%
	Tempo máximo na fila	▲ 2,16%
	Tempo mínimo na fila	▲ 16,79%
Saída Fila 2 - Social	Tempo médio na fila	▲ 4,86%
	Tempo máximo na fila	▲ 2,16%
	Tempo mínimo na fila	▲ 15,93%
Saída Fila 3 - Grill	Tempo médio na fila	▲ 1,61%
	Tempo máximo na fila	▲ 1,11%
	Tempo mínimo na fila	▲ 6,53%
Saída Sistema	Tempo médio no sistema	▲ 2,49%
	Tempo máximo no sistema	▲ 1,11%
	Tempo mínimo no sistema	▲ 6,53%

No global, o impacto desta solução é mais sentido nos períodos em que há menos clientes, o que conduz à diminuição dos tempos mínimos de permanência nas filas. Nos períodos de maior afluência os bloqueios impostos pelos postos seguintes continuam a limitar o fluidez da fila.

Para este cenário o número de lugares não mostrou ser um problema. Os tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, são menores na Fila 1 – Social, praticamente iguais na Fila 2 – Social e na Fila 3 – Grill pioram cerca de 5%. No entanto, importa realçar que estes resultados não são estatisticamente distintos.

## 4.2. Filas com as filas intermédias maiores

O cenário proposto passa por aumentar a capacidade das filas intermédias entre todos os postos para cinco, em todas as filas. Isto implicaria uma reorganização da disposição dos postos ao longo de cada uma das linhas, o que parece viável para todas elas. No entanto, para a fila 2 pode ser uma opção mais complicada dadas as suas dimensões físicas.

Os resultados da comparação deste cenário com o atual são apresentados na Tabela 4.2. Embora este cenário não seja estatisticamente distinto do atual os resultados mostram que globalmente os tempos médios são melhorados.



**Tabela 4.2.** Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com as filas intermédias maiores.

Filas Intermédias Maiores		
Saída Fila 1 - Social	Tempo médio na fila	▲ 15,76%
	Tempo máximo na fila	▲ 16,47%
	Tempo mínimo na fila	▲ 3,94%
Saída Fila 2 - Social	Tempo médio na fila	▲ 0,84%
	Tempo máximo na fila	▼ -0,13%
	Tempo mínimo na fila	▲ 8,88%
Saída Fila 3 - Grill	Tempo médio na fila	▲ 0,31%
	Tempo máximo na fila	▲ 0,59%
	Tempo mínimo na fila	▬ 0,00%
Saída Sistema	Tempo médio no sistema	▲ 5,31%
	Tempo máximo no sistema	▲ 7,79%
	Tempo mínimo no sistema	▲ 3,27%

Importa realçar que esta solução permite uma melhor distribuição das pessoas ao longo da linha, o que conduz a um aumento da produtividade dos postos. Também para este cenário o número de lugares não é um problema. Os tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro face aos do cenário atual são menores em todas as filas, sendo que na Fila 1 – Social o tempo reduz cerca de 34%, na Fila 2 – Social cerca de 4% e na Fila 3 – Grill cerca de 17%. Neste caso apenas para a Fila 2 – Social o resultado não é estatisticamente distinto.

### 4.3. Fila com a chegada de clientes distribuída.

Os horários de almoço dos departamentos do Pólo II são normalmente das 13 as 14 horas, o que faz com que a procura da cantina seja muito grande nesse intervalo de tempo. De facto, esse fator é apontado como um dos principais problemas de funcionamento das cantinas pelo responsável do núcleo de Alimentação dos SASUC, Luís Lavrador: “Os horários coincidentes também agravam a espera dos estudantes.” [Duarte e Mota, 2013].

O cenário em análise nesta secção propõe a organização dos departamentos, de modo a que estabeleçam horários de almoço diferentes. Esta gestão do horário dos almoços iria conduzir a uma distribuição faseada da chegada dos alunos à cantina. Assim sendo o cenário proposto tem como princípio a chegada, a um ritmo constante, dos alunos. O tempo entre chegadas foi calculado com base no número total de clientes recebidos por cada fila na simulação do modelo atual. Assim, para a Fila 1 – Social

considera-se um cliente a chegar a cada 23 segundos, na Fila 2 – Social os clientes chegam com intervalos de 27 segundos e na Fila 3 – Grill o intervalo entre chegadas é de 30 segundos.

Os resultados da simulação deste cenário são mostrados na Tabela 4.3, onde se pode concluir que a solução traz claras vantagens para a Fila 3 – Social e para a saída do sistema. Para a Fila 2 – Social esta solução revela-se desvantajosa na comparação direta com o cenário atual, uma vez que os tempos mínimos de espera aumentam com uma distribuição de carga ao longo do tempo. No entanto, como se mostra na secção 3.3.2, no cenário atual esta fila apresenta muitos tempos parados. Neste novo cenário isso não se verifica, pois as taxas de trabalho nos postos são maiores. Assim, esta solução parece permitir uma melhor rentabilização da Fila 2 – Social.

**Tabela 4.3.** Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com as chegadas distribuídas.

Chegada Distribuída		
Saída Fila 1 - Social	Tempo médio na fila	▲ 61,48%
	Tempo máximo na fila	▲ 43,75%
	Tempo mínimo na fila	▼ -11,06%
Saída Fila 2 - Social	Tempo médio na fila	▼ -108,91%
	Tempo máximo na fila	▼ -7,62%
	Tempo mínimo na fila	▼ -490,93%
Saída Fila 3 - Grill	Tempo médio na fila	▲ 72,00%
	Tempo máximo na fila	▲ 81,45%
	Tempo mínimo na fila	▲ 10,67%
Saída Sistema	Tempo médio no sistema	▲ 20,13%
	Tempo máximo no sistema	▲ 18,77%
	Tempo mínimo no sistema	▲ 16,46%

Os lugares para a refeição não são afetados com esta medida e os tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, são estatisticamente distintos e bastante melhores na Fila 1 – Social (cerca 70%) e na Fila 3 – Grill (quase 100%). Pelas razões apontadas anteriormente, na Fila 2 – Social o tempo piora em quase 130%, sendo também estatisticamente válido.

#### 4.4. Fila com sistema de pagamento e gestão

A aplicação de um sistema de pagamento uniforme parece ser uma solução óbvia para se reduzir os tempos de espera. Após pesquisa das soluções disponíveis, selecionou-se a ONEsgp [ONEsgp] que engloba uma plataforma digital e inteligente, com vista à simplificação do pagamento de refeições em cantinas. Esta solução permite aos órgãos competentes uma gestão operacional e a obtenção de dados estatísticos em tempo real. Através de uma plataforma *online* proporciona também o acesso a um serviço de escolha de cantinas, refeições e prato social. O cliente pode proceder à reserva dos produtos alimentares pretendidos, com base na disponibilização da ementa. Nas cantinas os utentes validam a sua compra através do cartão de estudante ou do telemóvel, em terminais de leitura e validação operados por um funcionário.

Os tempos de serviço deste produto foram fornecidos pela ONEsw, através de contacto direto, sendo que esse tempo será no máximo de cinco segundos. Este tempo máximo foi o utilizado na simulação do cenário em que se opta por alterar o posto de pagamento.

A Tabela 4.4 apresenta as oscilações percentuais que esta solução trás face ao modelo atual. Pode-se observar que este cenário é vantajoso em todas as filas, embora na Fila 2 – Social os resultados não possam ser validados estatisticamente. Importa realçar que o modelo atual considera apenas o pagamento em dinheiro, pelo que o impacto desta solução será maior do que os resultados obtidos nesta comparação (ver secção 3.3.5).

**Tabela 4.4.** Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com sistema de pagamento e gestão.

Sistema de Pagamento e Gestão		
Saída Fila 1 - Social	Tempo médio na fila	▲ 36,73%
	Tempo máximo na fila	▲ 35,35%
	Tempo mínimo na fila	▲ 25,85%
Saída Fila 2 - Social	Tempo médio na fila	▲ 6,77%
	Tempo máximo na fila	▲ 2,34%
	Tempo mínimo na fila	▲ 21,59%
Saída Fila 3 - Grill	Tempo médio na fila	▲ 32,11%
	Tempo máximo na fila	▲ 30,10%
	Tempo mínimo na fila	▲ 25,53%
Saída Sistema	Tempo médio no sistema	▲ 15,00%
	Tempo máximo no sistema	▲ 18,05%
	Tempo mínimo no sistema	▲ 18,03%

Também para esta solução o número de lugares sentados não mostrou ser um problema. Os tempos médios das filas dos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, são menores em 35% na Fila 1 – Social, praticamente iguais na Fila 2 – Social e na Fila 3 – Grill são menores em 20%. Apenas os resultados da Fila 2 – Social não são estatisticamente válidos.

#### 4.5. Fila com todas as soluções integradas

Aqui são compiladas todas as soluções anteriormente descritas num modelo único. De facto, apesar da remoção do posto Água das filas não apresentar um forte impacto, pode facilitar o aumento das filas intermédias. Por outro lado, como o aumento das filas intermédias tem um efeito positivo na produtividade dos postos, é expectável que a sua combinação com a chegada de clientes distribuída seja também positiva. Os resultados deste modelo são apresentados na Tabela 4.5. Nesta tabela é visível que as melhorias são bastante significativas para a Fila 1 – Social, Fila 3 – Grill e para a saída do sistema. No entanto, a Fila 2 – Social apresenta resultados desvantajosos, quando comparados com o modelo atual, uma vez que foi adotada a opção de chegada distribuída. Esta medida tinha sido já identificada como desvantajosa, em termos de tempos de permanência, para esta fila, quando aplicada de forma isolada. No entanto, a combinação das diferentes soluções permite reduzir o impacto negativo sobre esta fila (comparar a Tabela 4.3 com a Tabela 4.5).

**Tabela 4.5.** Resultados da simulação, nas saídas, para a alteração: Fila com todas as soluções.

Todas as Soluções		
Saída Fila 1 - Social	Tempo médio na fila	▲ 84.11%
	Tempo máximo na fila	▲ 55.97%
	Tempo mínimo na fila	▲ 47.35%
Saída Fila 2 - Social	Tempo médio na fila	▼ -85.50%
	Tempo máximo na fila	▼ -2.30%
	Tempo mínimo na fila	▼ -355.91%
Saída Fila 3 - Grill	Tempo médio na fila	▲ 80.17%
	Tempo máximo na fila	▲ 85.40%
	Tempo mínimo na fila	▲ 57.95%
Saída Sistema	Tempo médio no sistema	▲ 28.27%
	Tempo máximo no sistema	▲ 21.58%
	Tempo mínimo no sistema	▲ 34.46%

Os lugares para a refeição não são afetados com esta medida. Os tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, são bastante melhores na Fila 1 – Social (cerca de 90%) e na Fila 3 – Grill (quase 100%). Para a Fila 2 – Social o tempo piora em quase 115%. No entanto, neste cenário esta fila apresenta um aumento da produtividade dos postos. Todos estes resultados são estatisticamente distintos.



## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho são sugeridas e analisadas diferentes propostas de alteração ao funcionamento das Cantinas dos SASUC no Pólo II, com vista a reduzir o tempo de espera dos seus clientes. Na primeira etapa de construção do modelo, procedeu-se à análise global do sistema e à identificação dos postos de trabalho de cada uma das filas. A análise global permitiu identificar sazonalidade semanal, sendo que a quarta e a sexta-feira são os dias de menor procura, apesar de esta não variar estatisticamente em relação aos outros dias. Do mesmo modo não foram identificadas diferenças estatísticas em relação à procura mensal ou semestral, sendo que não foram considerados os meses reservados à avaliação, férias ou festividades académicas. Estes resultados foram particularmente importantes para definir o período de recolha de dados, uma vez que o modelo deve representar o pior cenário. Da recolha de dados relativos à taxa de chegada dos clientes e aos seus tempos de serviço, em cada posto de trabalho, é possível observar que há postos homónimos com comportamentos muito idênticos, como o Pagamento 1 e o Pagamento 2, ou o Tabuleiro 2 e o Tabuleiro 3. No entanto, há também postos homónimos com comportamentos bem distintos, como o Prato 1 e o Prato 2, ou a Sobremesa 1 e a Sobremesa 3. De facto, a Fila 2 – Social apresenta tempos médios despendidos nos postos Tabuleiro 2 e Prato 2 que são praticamente o dobro dos observados para a Fila 1 – Social. A diferença de tempos registada para postos homónimos resulta em muito do nível de congestionamento imposto pelo posto seguinte. O aumento de tempo associado a um posto justifica-se por não ser possível ao cliente abandoná-lo depois de ter terminado a tarefa respetiva.

A maior dificuldade sentida na recolha de dados ocorreu com os pagamentos automáticos, uma vez que estes apresentam uma distribuição muito aleatória. Neste contexto, não é fácil determinar uma percentagem efetiva de pagamentos automáticos. Assim, apesar do modelo permitir observar que o aumento da percentagem de pagamentos automáticos conduz a um aumento do tempo de espera da Fila 1 – Social e da Fila 3 – Grill, optou-se por não considerar este parâmetro na análise do modelo atual, bem como dos cenários alternativos. Neste contexto, é expectável que o modelo atual

apresente tempos de espera inferiores ao modelo real, uma vez que considera apenas pagamento com dinheiro. No entanto, importa realçar que os tempos de trabalho de todos os outros postos estão sobredimensionados, uma vez que incluem o tempo da realização da tarefa mais o tempo de espera. Deste modo, o tempo associado ao pagamento automático está contabilizado de forma indireta nos tempos de bloqueio.

A simulação do modelo atual permitiu observar que em média são preciso pouco mais de 23 minutos para percorrer todos os postos da Fila 1 - Social, sendo o máximo de tempo necessário de 38 minutos. Na Fila 2 – Social o cliente leva em média 9 minutos para sair do sistema, sendo o tempo máximo de permanência de 23 minutos. Na Fila 3 – Grill são em média necessários 11 minutos para percorrer todos os postos, podendo ser precisos até um máximo de 28 minutos. As filas de chegada apresentam os seus valores máximos dentro do mesmo intervalo de tempo, i.e. das 12 horas e 40 minutos às 13 horas e 20 minutos. Tal como observado em campo, os 480 lugares sentados, disponíveis para as pessoas tomarem as suas refeições, nunca são ocupados na totalidade, o que faz com que o tempo de espera para uma pessoa se sentar seja nulo. Em média o número de pessoas sentadas é de 92, e o máximo é de 163, pelas 12 horas e 27 minutos. Desde esta hora até às 13 horas e 52 minutos esse número é superior a 100. O número médio de refeições servidas no total das 3 filas é de 909. Em média uma pessoa demora desde a entrada até à saída 33 minutos, podendo no máximo demorar 62 minutos. Estas medidas de desempenho permitem a credibilização do modelo atual.

O primeiro cenário alternativo proposto passa por retirar o posto Água das diferentes filas. Observa-se que o impacto desta medida é mais sentido nos períodos em que há menos clientes, uma vez que nos períodos de maior afluência os bloqueios impostos pelos postos seguintes continuam a limitar a fluidez da fila. Globalmente, os tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, conduzem a resultados que não são estatisticamente distintos.

O segundo cenário proposto passa por aumentar a capacidade das filas intermédias entre todos os postos, em todas as filas. Apesar de globalmente os tempos médios serem melhorados, os resultados indicam que este cenário não é estatisticamente distinto do atual. No entanto, observa-se que esta solução permite um aumento da



produtividade dos postos, bem como a diminuição dos tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro para a Fila 1 – Social (34%) e a Fila 3 – Grill (17%).

O terceiro cenário analisado envolve a chegada distribuída de clientes. Este cenário revela-se desvantajoso em termos de tempos mínimos de espera para a Fila 2 – Social. No entanto, esta solução parece permitir uma melhor rentabilização desta fila, a nível das taxas de trabalho. Os tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, são estatisticamente distintos e bastante melhores na Fila 1 – Social (~70%) e na Fila 3 – Grill (~100%).

O quarto cenário estudado considera a adoção de um sistema de pagamento uniforme, que elimina o recurso ao dinheiro. Este cenário é vantajoso em todas as filas, embora na Fila 2 – Social os resultados não possam ser validados estatisticamente. Os tempos médios das filas dos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, são menores na Fila 1 – Social (35%) e na Fila 3 – Grill (20%).

O último cenário analisado corresponde a um modelo que integra todas as medidas testadas de forma isolada. Observa-se que as melhorias são bastante significativas para a Fila 1 – Social, Fila 3 – Grill e para a saída do sistema. No entanto, a Fila 2 – Social apresenta resultados desvantajosos, consequência da adoção da chegada distribuída. Os tempos médios das filas associadas aos postos Tabuleiro, face aos do cenário atual, são bastante melhores na Fila 1 – Social (~90%) e na Fila 3 – Grill (~100%). Para a Fila 2 – Social o tempo piora (~115%), sendo que a produtividade dos postos aumenta.

Os resultados apresentados evidenciam as vantagens do recurso à simulação discreta de sistemas complexos. De facto, a análise do modelo real e dos diferentes cenários revela que o número de lugares sentados disponíveis não é problemático. Por outro lado, apesar de todos os cenários alternativos testados conduzirem a melhorias no tempo total de permanência no sistema, o recurso a medidas de desempenho permite evidenciar o enorme impacto de soluções como a chegada distribuída, em relação a cenários que envolvem a reorganização dos postos de trabalho nas filas. Por outro lado, a medida associada ao sistema de pagamento uniforme implica custos e não tem um impacto tão elevado como a chegada distribuída. Deste modo, a simulação discreta do sistema auxilia na priorização das medidas a serem implementadas.

## 5.1. Futuros desenvolvimentos

O modelo desenvolvido no âmbito deste trabalho pode ser explorado na análise de outros cenários alternativos. Seria interessante fazer mais corridas do modelo de simulação de modo a que todos os valores retornados sejam aceites estatisticamente, por forma a aumentar o grau de confiança nas conclusões retiradas. Como a Fila 2 – Social apresenta alguns postos com um comportamento anómalo, quando comparada com as outras filas, recomenda-se uma nova recolha de dados.

Caso seja implementada a medida de chegada distribuída de clientes será conveniente proceder a nova recolha de dados, uma vez que dificilmente a chegada de clientes será perfeitamente distribuída ao longo do tempo. Neste contexto, pode ser importante identificar os picos das horas de chegada.

Como futuros desenvolvimentos propõe-se uma nova abordagem à recolha de dados, em que sejam distinguidos os tempos de serviço dos tempos de bloqueio. Esta abordagem permitiria uma melhor análise de situações que envolvam a reorganização dos postos de trabalho, com consequências nos tempos de bloqueio. Neste contexto, sugere-se explorar alternativas que permitam acompanhar o cliente ao longo de cada etapa na fila como, por exemplo, o recurso à tecnologia RFID (*Radio-Frequency Identification*). A ideia é equipar a fila com sensores associados a cada etapa e o cliente com um dispositivo de identificação. Deste modo, seria possível garantir uma recolha de dados correta para cada cliente, um maior número de amostras e uma análise mais eficiente de todos os dados recolhidos de forma digital.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centeno, M.A. e Reyes, M.F. (1998), "So you have your model: What to do next. A tutorial on simulation output analysis", In: Medeiros, D.J., Watson, E.F., Carson, J.S. and Manivannan, M.S. (eds.). Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, pp. 23-29.
- Curin, S.A., Vosko, J.S., Chan, Eric, W. e Tsimhoni, O. (2005), "Reducing service time at a busy fast food restaurant on campus", In: Kuhl, M.E., Steiger, N.M., Armstrong, F.B. and Joines, J.A. (eds.). Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, pp. 2628-2635.
- Dharmawirya, M., Oktadiana, H. e Adi, E. (2012), "Analysis of Expected and Actual Waiting Time in Fast Food Restaurants", Industrial Engineering Letters, 2(5), 8-17.
- Duarte, A. e Mota, G. (2013), "Serviços de alimentação cada vez mais criticados entre os estudantes", A Cabra – Jornal Universitário de Coimbra, Ano XXII, N.º 261, pp. 5.
- EasyFit, MathWave Technologies, Data analysis and simulation, Version 5.5. Acedido em 11 de Julho de 2013, em: <http://www.mathwave.com/>.
- ONEsgp, Crossing Answers, Lda., Acedido em 11 de Julho de 2013, em: <http://www.one2sw.com/onesgp.html>.
- Santos, J.A.A., Alves, R., Possan, E. e Schmidt, C.A.P. (2012), "Simulação da dinâmica operacional de um pequeno restaurante universitário: um estudo de caso", RECEN - Revista Ciências Exatas e Naturais, 14(2), 304-319.
- SIMUL8, Simulation Software Products. Acedido em 11 de Julho de 2013, em: <http://www.simul8.com/>.

