

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Carolina Tagliani Ribeiro

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS E
FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO PARA APRIMORAMENTO DO
FUNCIONAMENTO DE RESTAURANTES
UNIVERSITÁRIOS**

Porto Alegre
2017

Carolina Tagliani Ribeiro

Aplicação de conceitos e ferramentas da Engenharia de Produção para aprimoramento do funcionamento de restaurantes universitários

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Produção (ou de Qualidade ou de Transportes).

Orientador: Prof. Michel Anzanello, PhD.

Porto Alegre
2017

Carolina Tagliani Ribeiro

Aplicação de conceitos e ferramentas da Engenharia de Produção para aprimoramento do funcionamento de restaurantes universitários

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Michel Anzanello, *Ph.D.*
Orientador PMPEP/UFRGS

Prof. Ricardo Augusto Cassel, Dr.
Coordenador PMPEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Carla Schwengber ten Caten, Dra. (PPGEP/UFRGS)

Professor Guilherme Luz Tortorella, Dr. (UFSC)

Professora Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco, Dra. (PMPEP/UFRGS)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador Michel Anzanello, pela atenção e orientação dada. Sua maneira de trabalhar e o tipo de orientação concedida foram fundamentais para eu concluir o curso com sucesso e adquirir novos conhecimentos. Obrigada!

Agradeço também à minha família que sempre me deu forças e que é minha fonte de incentivo: aos meus pais, por toda a educação que me proporcionaram ao longo da vida e por, nesses últimos dois anos, terem sempre me incentivado a continuar e acreditar que tudo daria certo; ao meu noivo Rafael, por ter estado ao meu lado aguentando meus momentos de cansaço e insegurança, e por ser um exemplo de dedicação e força de vontade - obrigada por me fazer tão bem; à minha irmã e cunhado, por terem compartilhado suas experiências comigo e mostrado que não seria tão difícil assim; e ao meu sobrinho lindo Vicente, que veio ao mundo durante o período do mestrado e trouxe ainda mais alegria à minha vida.

Agradeço à equipe da PRAE/DAL que permitiu que o trabalho fosse realizado, e às nutricionistas e diretoras da DAL pelas informações prestadas.

Às irmãs Boff, Dani e Manu, pela ajuda na coleta de dados. Muito obrigada!

Ao Felipe, pelas inúmeras conversas sobre *softwares*, cálculos e análises – muitas vezes alguém para me escutar era tudo que eu precisava para avançar no estudo.

E, por fim, agradeço a Deus por ter me permitido chegar onde cheguei.

RESUMO

Os serviços de apoio ofertados pelas universidades federais desempenham papel importante na vida acadêmica do estudante, já que possuem como objetivo auxiliar a permanência e formação do aluno. Entre os serviços de apoio existentes está a oferta de refeições pelos restaurantes universitários, que devem se apoiar em uma gestão eficiente a fim de que o serviço possa ser ofertado de forma adequada. Esta dissertação aplica conceitos e ferramentas de engenharia de produção a fim de aprimorar o funcionamento dos restaurantes universitários de uma universidade federal brasileira. Inicialmente é abordada a temática de ajuste da política de solicitação de pedidos ao fornecedor pelo almoxarifado central dos restaurantes. Para isso, são realizadas as seguintes etapas: (i) coleta de dados históricos de demanda; (ii) modelagem das séries históricas com base nos modelos de previsão de demanda; (iii) geração da matriz *bill of materials* de uma refeição padrão; e (iv) geração do relatório MRP (*Material Requirements Planning*). Com a aplicação do método proposto, foi possível identificar que a forma atual de solicitação de pedidos não é adequada e que o relatório MRP pode ser utilizado no ambiente estudado, desde que seja abastecido com informações adicionais. Na sequência, estuda-se, através da simulação computacional, o arranjo físico e capacidade de um restaurante universitário, buscando aprimorar o fluxo de usuários durante o almoço através da redução do tamanhos de filas e tempos de espera. Para tanto, as etapas realizadas incluem (i) análise do sistema para identificação das atividades a serem inseridas no modelo de simulação; (ii) coleta de dados para abastecimento do modelo; (iii) construção e validação do modelo; e (iv) simulação e análise de cenários alternativos. A aplicação no restaurante estudado indica que a inclusão de um quarto aparelho de *buffet*, com a consequente redução da capacidade do salão em 20 lugares, gera benefícios significativos ao fluxo de usuários, reduzindo em 83% o tamanho médio da fila externa e em 73% o tempo médio de espera total.

Palavras-chaves: Previsão de demanda. MRP. Simulação computacional. Restaurante universitário.

ABSTRACT

The support services offered by federal universities play an important role in students' academic life, since they aim to assist their stay and education at university. The supply of meals by university cafeterias is among the existing services, and it must rely on efficient management so that the service can be properly offered. This dissertation applies concepts and tools from Industrial Engineering in order to improve the operation of the university cafeterias of a Brazilian federal university. Initially, the issue of adjusting the ordering policy to the supplier by the cafeterias' central warehouse is addressed. To that end, the following steps are carried out: (i) collection of historical demand data; (ii) modeling of historical series based on demand forecasting models; (iii) generation of a matrix *bill of materials* of a standard meal; and (iv) generation of a MRP (*Material Requirements Planning*) report. The application of this method allowed the identification that the current form of ordering is not adequate, and that the MRP report can be used in the environment studied as long as it is provided with additional information. Next, the physical arrangement and the capacity of a university cafeteria are studied through computer simulation, in order to improve the flow of users by reducing queue size and waiting time. Therefore, the steps carried out include: (i) analysis of the system to identify the activities to be included in the simulation model; (ii) data collection to supply the model; (iii) development and validation of the model; and (iv) simulation and analysis of alternative scenarios. The application of this model in the cafeteria studied indicates that the inclusion of a fourth buffet equipment, in addition to reducing the capacity of the hall in 20 places, generates significant benefits to the flow of users, reducing the average queue size by 83% and the average waiting time by 73%.

Keywords: Demand forecast. MRP. Computer simulation. University cafeterias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Gráfico previsão de demanda modelo <i>naive</i>	31
Figura 2 : Gráfico previsão de demanda modelo média móvel.....	31
Figura 3 : Gráfico previsão de demanda modelo <i>Holt-Winters</i> aditivo.....	31
Figura 4 : Gráfico previsão de demanda modelo <i>Holt-Winters</i> multiplicativo	31
Figura 5 : Gráfico previsão de demanda modelo ARIMA	32
Figura 6 : <i>Bill of materials</i> para uma refeição padrão	34
Figura 7 : Fragmento do relatório MRP	36
Figura 8 : Processo executado pelos usuários do restaurante	58
Figura 9 : Histograma para "pagar refeição"	59
Figura 10 : Histograma para "escolher pratos e talheres"	59
Figura 11 : Histograma para "servir-se no buffet"	60
Figura 12 : Histograma para "realizar a refeição"	60
Figura 13 : Histograma para "descartar resíduos"	60
Figura 14 : <i>Layout</i> gerado no software Promodel	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Notação de Kendall-Lee	53
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Demandas mensais de refeições nos RUs.....	31
Tabela 2: Valores de MAPE para cada modelo.....	32
Tabela 3: Frequência de oferta de guarnições	35
Tabela 4: <i>Lead times</i> e lotes de reposição dos produtos.....	35
Tabela 5: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “pagar refeição”	59
Tabela 6: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “escolher pratos e talheres”	59
Tabela 7: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “servir-se no <i>buffet</i> ”	60
Tabela 8: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “realizar a refeição”	60
Tabela 9: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “descartar resíduos”	60
Tabela 10: Perfil de chegada de usuários	61
Tabela 11: Indicadores da situação atual	62
Tabela 12: Comparativo entre os diversos cenários simulados	65
Tabela 13: Previsão de demanda para o período set/2016 a jun/2017	67
Tabela 14: Indicadores do cenário futuro simulado	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Considerações Iniciais	11
1.2	Justificativa do tema	12
1.3	Objetivos.....	12
1.4	Procedimentos metodológicos	13
1.5	Estrutura da dissertação	14
1.6	Delimitações da pesquisa.....	14
1.7	Referências	15
2	PRIMEIRO ARTIGO: INTEGRAÇÃO DE PREVISÃO DE DEMANDA E MRP EM UM ALMOXARIFADO CENTRAL DE RESTAURANTES UNIVERSITÁRIOS.	16
2.1	Introdução	16
2.2	Revisão Bibliográfica	19
2.2.1	Previsão de demanda	19
2.2.2	Modelos quantitativos de previsão de demanda	21
2.2.2.1	<i>Naive</i>	21
2.2.2.2	Média móvel	22
2.2.2.3	Modelo de <i>Holt</i>	22
2.2.2.4	Modelo de <i>Holt-Winters</i>	23
2.2.2.5	Modelo ARIMA	25
2.2.3	<i>Material Requirements Planning</i> (MRP)	26
2.3	Método de pesquisa	28
2.4	Resultados.....	30
2.5	Conclusão	37
3	SEGUNDO ARTIGO: USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA APRIMORAMENTO DO FLUXO DE PESSOAS EM UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	47
3.1	Introdução.....	47
3.2	Revisão Bibliográfica	50
3.2.1	Simulação Computacional.....	50
3.2.2	Teoria de filas	52
3.2.3	Gerenciamento da Capacidade	54
3.3	Método de pesquisa	55
3.4	Resultados.....	57
3.5	Conclusão	68
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

As universidades federais brasileiras possuem serviços de apoio que visam a auxiliar a permanência do aluno na universidade e sua conseqüente formação. Esses serviços, muitas vezes, não possuem planejamento ou controle adequado por parte da instituição. Um exemplo são os restaurantes universitários, que oferecem refeições a baixo custo para os estudantes e funcionários das universidades. De forma geral, os processos de funcionamento dos restaurantes são adaptados ao longo dos anos para se adequarem ao aumento sistemático da demanda.

Para um bom funcionamento de um restaurante, é fundamental realizar de forma adequada diversas atividades gerenciais, dentre as quais destaca-se o processo de planejamento e controle da produção. Esse processo ajuda a responder questões referentes ao tipo de sistema de produção a ser usado, ao instante e seqüência de produção de um item e ao planejamento de entregas (LUSTOSA *et al.*, 2008). Uma ferramenta importante dentro da área de planejamento e controle da produção é a previsão de demanda. A definição do modelo de previsão de demanda a ser utilizado é uma decisão importante que impacta diretamente na qualidade dos valores previstos e das decisões tomadas a partir deles.

Além disso, também é importante avaliar se o arranjo físico do restaurante é capaz de absorver adequadamente o fluxo existente de usuários. Para essa avaliação, torna-se fundamental: avaliar e ajustar a capacidade do sistema (tarefa que se torna ainda mais importante quando realizada em sistemas de serviços, pois serviços não são bens estocáveis) (ADENSO-DÍAZ; GONZÁLEZ-TORRE; GARCÍA, 2002); estudar estratégias para reduzir filas de espera, as quais surgem quando a demanda de usuários é maior do que a oferta do sistema (HILLIER; LIEBERMAN, 1988; ARENALES *et al.*, 2007); e buscar, através da simulação computacional, alternativas de arranjos físicos que aprimorem o processo. Ao avaliar as informações coletadas, é possível realizar melhorias no sistema visando à redução de filas e conseqüentes tempos de espera.

Ao estudar a capacidade do sistema e a forma com que o planejamento e controle da produção é realizado, é possível identificar oportunidades de melhorias que, ao serem implementadas, aumentam a qualidade do serviço prestado e a satisfação do cliente.

1.2 Justificativa do tema

As universidades federais brasileiras possuem, de forma geral, serviços de apoio que visam a contribuir com a permanência do aluno na universidade (colaborando, dessa forma, para sua formação). Sendo assim, esses serviços, embora não sejam finalísticos, são de muita importância para o público a que se destinam, devendo ser prestados de maneira satisfatória para que permaneçam cumprindo suas funções. Um exemplo desse tipo de serviço é a oferta de refeições pelos restaurantes universitários (BRASIL, 2010).

Os restaurantes universitários da instituição estudada atendem a alunos, servidores e trabalhadores terceirizados da universidade analisada. Reclamações a respeito das refeições servidas, fechamento dos restaurantes sem aviso prévio, tempo elevado despendido na espera para atendimento, entre outros, são comuns de serem realizadas. Por esse motivo, buscou-se estudar os processos dos restaurantes a fim de identificar aspectos que pudessem ser melhorados a fim de reduzir a quantidade de reclamações recebidas. Para a universidade é importante prestar um serviço satisfatório ao público, mesmo se tratando de um serviço de apoio, pois, do contrário, passa-se uma imagem de descaso e incompetência à sociedade. Além disso, a falta de controle formal em alguns setores dos restaurantes universitários também ampara o presente estudo. Dessa forma, tais motivos justificam a realização da pesquisa no âmbito prático.

No contexto teórico, o tema abordado se justifica pelos reduzidos estudos abordando simulação, previsão de demanda e MRP em restaurantes universitários, fazendo com que essa pesquisa venha a contribuir com a produção bibliográfica da área.

1.3 Objetivos

O objetivo geral dessa dissertação é, através da aplicação de ferramentas e conceitos da engenharia de produção oriundos das áreas de planejamento e controle da produção e pesquisa

operacional, aprimorar o funcionamento de restaurantes universitários de uma universidade federal brasileira.

Os objetivos específicos são:

A) identificar o modelo de previsão de demanda quantitativo mais adequado para modelagem dos dados históricos de demanda desses restaurantes;

B) propor uma sistemática utilizando MRP para controle de pedidos de entrega apenas para os itens solicitados pelo almoxarifado central dos restaurantes; e

C) simular computacionalmente diversos arranjos físicos de um restaurante universitário a fim de reduzir filas e tempos de espera.

1.4 Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa é caracterizada, quanto à sua natureza, como pesquisa aplicada, por conta da finalidade prática. Quanto aos seus objetivos, é considerada uma pesquisa exploratória, pelo caráter investigativo. O procedimento utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foi o de estudo de caso, utilizando uma abordagem quantitativa, já que são coletados dados numéricos e realizadas análises a partir deles (YIN, 2001).

A dissertação é composta por dois artigos. O escopo do primeiro artigo contempla a proposição de uma sistemática baseada em previsão de demanda e MRP a fim de adequar a política de solicitação de pedidos de um almoxarifado central. Esse artigo está dividido em duas grandes etapas: identificação do melhor modelo de previsão de demanda dos restaurantes estudados; e levantamento de informações para elaboração de um relatório MRP que oriente a solicitação de pedidos.

O segundo artigo trata da avaliação, considerando a capacidade do sistema, de alternativas de arranjos físicos de um restaurante universitário com o objetivo de identificar o formato que melhora o fluxo de usuários no restaurante. Esse artigo está dividido em duas principais partes: coleta de dados e construção dos cenários, utilizando o *software* Promodel; e a análise dos resultados para identificação do cenário mais adequado.

Os resultados obtidos com os dois artigos serão apresentados para os gestores responsáveis pelos restaurantes universitários para análise da viabilidade de implementação.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em quatro capítulos. O primeiro traz uma introdução ao assunto estudado, a justificativa do desenvolvimento da pesquisa, o objetivo da pesquisa, assim como os procedimentos metodológicos adotados e as limitações do estudo.

O segundo capítulo apresenta o primeiro artigo da dissertação, que trata da proposta de uma sistemática para ajuste da política de solicitação de pedidos ao fornecedor, com base em previsão de demanda e MRP. Busca-se identificar qual o modelo de previsão de demanda mais adequado para o restaurante estudado e, com base nele, elaborar um relatório MRP a fim de verificar se a utilização é válida.

O terceiro capítulo apresenta o segundo artigo dessa dissertação, referente ao uso da simulação computacional para identificação de um cenário que aprimore o fluxo de pessoas em um restaurante. Nesse estudo avaliaram-se os impactos de diversos arranjos físicos na capacidade do sistema estudado, através da observação dos tamanhos de filas e tempos de espera para atendimento.

O quarto capítulo traz as conclusões das pesquisas e também suas limitações. Também são comentadas possibilidades de futuros estudos na área.

1.6 Delimitações da pesquisa

O estudo em questão está delimitado ambiente de restaurantes universitários de universidades públicas. Contudo, pode ser adaptado para restaurantes que não tenham como foco o atendimento ao público estudantil.

O primeiro artigo obteve uma amostra pequena de respondentes para obtenção dos dados de consumo de alimentos e preparo das refeições, visto que apenas uma das seis nutricionistas respondeu às questões. Em relação à utilização o sistema MRP, foi necessário realizar uma simplificação do relatório, por conta das características dos produtos envolvidos. A proposta

realizada no primeiro artigo não atinge a política de compras da Universidade, sendo utilizada apenas para etapas posteriores à compra.

Foi também considerado que o comportamento dos usuários de um restaurante em relação ao consumo dos alimentos é similar ao dos usuários de todos os restaurantes, assim como as quantidades utilizadas nos preparos das refeições.

Para obtenção do comportamento da fila no segundo artigo, foram coletados dados ao longo de uma semana durante o período letivo, não sendo considerados os comportamentos nos outros períodos do ano. Por fim, não foram realizadas análises a respeito do comportamento do consumidor.

1.7 Referências

ADENSO-DÍAZ, B.; GONZÁLEZ-TORRE, P.; GARCÍA, V. A capacity management model in service industries. *International Journal of Service Industry Management*, v. 13, n. 3, p. 286-302, 2002.

BRASIL. Decreto nº 7.234, de 19 de julho de 2010. Dispõe sobre o Programa Nacional de Assistência Estudantil (PNAES). *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 jul. 2010. Seção 1, p. 5.*

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1988. 805p.

LUSTOSA, L. et al. *Planejamento e controle da produção*. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.

2 PRIMEIRO ARTIGO

INTEGRAÇÃO DE PREVISÃO DE DEMANDA E MRP EM UM ALMOXARIFADO CENTRAL DE RESTAURANTES UNIVERSITÁRIOS

Este artigo possui como objetivo propor uma sistemática baseada em previsão de demanda e MRP para ajustar a política de solicitação de pedidos ao fornecedor de um almoxarifado central de restaurantes universitários, visando à minimização dos níveis de estoques e garantia do fornecimento de refeições aos usuários. Para isso, foram coletados dados históricos de refeições oferecidas e realizada a modelagem da série com base em cinco modelos de previsão: naive, média móvel, holt winters aditivo, holt-winters multiplicativo e ARIMA; o melhor método foi identificado através do valor do Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Na sequência, foi elaborada a matriz bill of materials (BOM) de uma refeição padrão dos restaurantes, apoiando-se no conhecimento de especialistas e, por fim, gerado o relatório Material Requirements Planning (MRP). Ao ser aplicado em um caso real, o método de holt winters multiplicativo foi identificado como o melhor método de previsão de demanda para a série analisada, e o relatório MRP se mostrou adequado para alguns itens e incompleto para outros, exigindo, portanto, a inserção de informações adicionais para que o mesmo possa ser utilizado plenamente no contexto de restaurantes universitários.

Palavras-chave: Previsão de demanda. MRP. Restaurante universitário.

2.1 Introdução

Muitas universidades federais brasileiras oferecem a seus usuários, além de seus serviços finalísticos, serviços de apoio que visam facilitar a permanência dos usuários na universidade. Um desses serviços é representado pelas refeições oferecidas pelos restaurantes universitários (RUs), as quais são parcialmente subsidiadas pelas universidades e, por isso, possuem baixo custo para seus clientes. Algumas instituições oferecem esse serviço a toda comunidade universitária, enquanto outras restringem seu uso para um público específico. De uma forma geral, as universidades tendem a priorizar os serviços finalísticos, o que acarreta falhas na gestão de outros tipos de serviços, incluindo a gestão dos restaurantes universitários.

Dentre os processos de gestão de restaurantes universitários se encontram as atividades relacionadas ao planejamento e controle da produção (PCP). O PCP atua nos três níveis hierárquicos de uma organização, respondendo questões relacionadas ao tipo de sistema de produção a ser usado, processos que farão parte do sistema, instante e sequência de produção de cada item de acordo com a demanda do mercado, entre outras questões (LUSTOSA *et al.*, 2008). As decisões em PCP podem ser orientadas por informações coletadas dos clientes a fim de atender as suas expectativas, como em ferramenta proposta por Güçdemir e Selim (2017).

Dentre as ferramentas tipicamente utilizadas pelo PCP, destaca-se a previsão de demanda, que é um prognóstico de eventos futuros, utilizado para fins de planejamento (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Definir um modelo de previsão de demanda que se adeque ao comportamento do perfil de demanda histórica, no entanto, é um grande desafio. A literatura traz uma série de métodos utilizados para prever demanda, dentre os quais destacam-se *naive*, média móvel, método de *Holt*, método de *Holt-Winters* (H-W) e ARIMA. Além da previsão de demanda, outra técnica intimamente ligada ao PCP é o MRP (*Material Requirements Planning*), que tem como objetivo administrar os insumos necessários à operação de um sistema produtivo sem incorrer em demasiado volume de estoques ou escassez de partes/materiais (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009), o que se torna bastante importante quando se trabalha com produtos perecíveis.

Serviços não diretamente ligados à produção das universidades (ensino, pesquisa e extensão) podem acabar sendo menos cobrados por setores de controle e, conseqüentemente, possuírem menor supervisão em sua execução (SILVA; PACHECO; BERNARDES, 2009). Dessa forma, sistemáticas estruturadas para previsão de demanda e gestão de insumos praticamente inexistem (ou são realizadas de maneira insatisfatória) nos RUs, o que resulta na ocorrência de problemas que incluem escassez de alimentos (incorrendo na necessidade de reajuste da programação das refeições); excesso de alimentos (que pode resultar no descarte dos mesmos, caso tenham atingido a data de validade); e insatisfação dos usuários, que impacta diretamente na imagem da universidade perante a sociedade. Além disso, podem ser verificadas penalizações legais às universidades por conta da prestação de serviço inadequado aos seus

clientes. Por fim, é necessário que os responsáveis pelo planejamento das compras saibam justificar suas decisões, quando questionados, no que diz respeito à compra de produtos, oferta de refeições e outras ações, o que se torna ainda mais necessário devido à frequente alternância de gestões da universidade.

Como o estudo é realizado no setor público, a quantidade a ser comprada de cada alimento é definida, de uma forma geral, com bastante antecedência. Normalmente, no primeiro semestre de determinado ano, é aberta uma licitação ou registro de preço para fornecimento de determinado item para o ano seguinte (ou seja, é feita uma previsão das quantidades dos itens que serão necessários para o ano seguinte, e essa quantidade total é licitada). Dessa forma, no início do ano seguinte, a quantidade comprada já está definida, cabendo aos gestores planejarem a entrega desses itens da forma mais adequada ao longo do ano (promovendo um fluxo entre o fornecedor e o almoxarifado central, que, na sequência, distribui para cada RU conforme solicitação). O planejamento das entregas deve ser feito de modo que não haja falta e nem excesso de itens em estoque, já que os mesmos possuem prazo de validade determinado. Esse estudo está focado nas atividades de planejamento de entregas, não incluindo, portanto, os processos envolvidos em aberturas de licitações e registros de preços.

De tal forma, esse artigo propõe uma sistemática baseada em previsão de demanda e MRP com vistas ao controle dos pedidos de ingredientes a serem solicitados pelo almoxarifado central aos fornecedores. Para tanto, inicialmente são coletados dados históricos de demanda de refeições, os quais são modelados por diferentes modelos quantitativos de previsão de demanda. O melhor modelo é definido com base no menor MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). A demanda prevista de refeições é então decomposta nos seus ingredientes através da matriz *bill of materials* (BOM), e um relatório MRP sinalizando os momentos de liberação de lotes, bem como suas quantidades, é gerado. Objetiva-se ajustar a política de solicitação de pedidos, de forma a minimizar estoques e garantir a geração do número de refeições necessárias.

Este estudo se mostra importante para a gestão da universidade, visto que uma previsão de demanda precisa e gestão de estoques adequada com o uso do MRP auxiliam no planejamento das entregas dos itens comprados. Essa maior precisão das entregas visa aumentar o nível dos

serviços dos RUs, reduzindo a insatisfação dos usuários e minimizando gastos desnecessários. Além disso, como o poder público já não consegue aumentar a carga tributária para arrecadar mais verba para a gestão, torna-se necessário racionalizar recursos a fim de cumprir os deveres dos RUs (TRIDAPALLI; FERNANDES; MACHADO, 2011).

Este artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A seção 2 traz uma revisão bibliográfica acerca de tópicos importantes para a fundamentação teórica da pesquisa. Na terceira seção, são descritos os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa, cujos resultados e discussões estão apresentados na seção seguinte. Por fim, na quinta seção, são apresentadas as conclusões do estudo.

2.2 Revisão Bibliográfica

Para um melhor embasamento teórico acerca do assunto tratado neste artigo, é apresentada uma revisão bibliográfica acerca de modelos quantitativos de previsão de demanda e MRP.

2.2.1 Previsão de demanda

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), previsão é o processo de identificar a demanda futura mais provável de se concretizar, com base em informações de concorrentes, preços e marketing, dentre outros, para fins de planejamento. De forma geral, o setor de marketing da empresa é que realiza a previsão de demanda, mas todos os diversos setores também necessitam de previsões para planejar seus processos – que diferentemente do setor de marketing tendem a ser internos à empresa. O setor de recursos humanos, por exemplo, precisa da previsão de demanda para realizar contratações ou treinamento de funcionários; o setor financeiro necessita de previsão a fim de elaborar o orçamento, e assim por diante (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

As previsões de demanda são importantes para auxiliar na tomada de decisões futuras (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012). Qualquer decisão gerencial precisa de determinado período de tempo para ser colocada em prática; portanto, para embasar as decisões, é necessário que o gestor tenha uma visão clara do futuro, de forma que as decisões programadas possam ocorrer no tempo desejado (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Morgan e Chintagunta (1997) testaram e comparam modelos alternativos de previsão de

vendas a fim de avaliar a decisão de manter um restaurante fechado em alguns períodos da semana ou do ano.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), qualquer previsão sempre estará errada, pois é impossível, de fato, prever o futuro. No entanto, é importante que as organizações saibam e busquem métodos para reduzir os erros de suas previsões. Corrêa e Corrêa (2012) afirmam que as empresas devem evitar fazer previsões quando isso for possível, pois tentar antecipar um processo decisório de um cliente é muito arriscado. O ideal, segundo os autores, é que as empresas se aproximem dos clientes e troquem informações, a fim de tentar coordenar a previsão de demanda da empresa com o planejamento do cliente.

Existem duas principais técnicas de realizar a previsão de demanda: modelos qualitativos e quantitativos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Utilizar-se de ambas as técnicas é uma boa forma de integrar o conhecimento de especialistas com métodos preditivos. Os métodos qualitativos são recomendados quando não há dados históricos do comportamento do produto, o que impede o uso de métodos quantitativos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Para previsão de demanda em serviços, é importante considerar as características de tendência e sazonalidade na escolha do modelo de previsão (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2010).

A abordagem qualitativa consiste em coletar opiniões de pessoas que entendam profundamente do assunto e avaliar essas diversas opiniões conjuntamente (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Pode-se também utilizar pesquisas realizadas junto ao consumidor e estimativa de forças de vendas (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Os métodos qualitativos incorporam elementos relacionados ao julgamento e intuição, sendo, portanto, mais subjetivos que métodos quantitativos (CORRÊA; CORRÊA, 2012). As sistemáticas mais amplamente utilizadas para realizar a previsão de demanda de forma qualitativa são: i) painel de especialistas - consiste em um grupo de especialistas reunidos e pensando conjuntamente em como deverá ser o comportamento de um determinado produto em um período futuro; ii) método *Delphi* - especialistas compartilham suas sugestões sobre determinado produto, recebem as sugestões dos demais anonimamente e são incentivados a reconsiderar suas ideias com base no que os outros expuseram com o objetivo de se chegar a

um consenso; iii) planejamento de cenário - especialistas imaginam possíveis cenários futuros a fim de definir ações para alcançar os cenários mais desejados (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012); iv) estimativa de força de vendas - cada vendedor faz sua estimativa para o futuro e depois agregam-se todas elas; v) pesquisa de mercado - busca identificar o interesse do consumidor em determinado produto da empresa (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012); vi) analogia histórica - consiste em a empresa identificar um produto semelhante que se possua dados a respeito a fim de melhorar a previsão de um novo produto, por exemplo (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Os métodos quantitativos, foco deste estudo, podem apoiar-se em i) métodos causais, que analisam a força que determinados fatores externos possuem sobre os fatores que se desejam prever (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009); e ii) séries temporais, que consistem em mapear o comportamento de uma determinada variável em um período passado, a fim de prever seu comportamento futuro (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012) e identificar padrões de comportamento (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Os modelos quantitativos de previsão de demanda abordados neste artigo são agora detalhados.

2.2.2 Modelos quantitativos de previsão de demanda

Para os casos em que se possuem dados históricos, torna-se viável realizar a previsão de demanda usando modelos quantitativos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Nesta subseção são apresentados alguns dos modelos mais utilizados.

2.2.2.1 *Naive*

O método *naive* (ou ingênuo) prevê que a demanda para determinado período é igual à demanda real do período anterior. Esse método pode ser adaptado para absorver características de sazonalidade da série de dados, sendo possível pressupor que a demanda de determinado produto com comportamento sazonal em julho de certo ano é igual à demanda de julho do ano anterior. É um método bastante simples, barato, e que, dependendo da

estabilidade da série de dados, pode trazer bons resultados (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

2.2.2.2 Média móvel

Esse método se baseia na suposição de que a previsão futura pode ser obtida através da média dos n últimos períodos (CORRÊA; CORRÊA, 2012), onde o valor de n costuma ser entre 4 e 7 (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Média móvel é adequada quando a demanda não possui tendência ou sazonalidade (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Esse método consiste em calcular a média da demanda dos períodos anteriores (n períodos) e usar como previsão para o próximo período (t). Após a demanda do período (t) ser conhecida, a mesma deve passar a ser utilizada para calcular a nova média, que gerará a previsão para o próximo novo período ($t+1$). Tal método é apresentado na equação (1).

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n} \quad (1)$$

Onde: D_t = demanda real no período t ; n = número total de períodos da média; F_{t+1} = previsão para o período $t+1$.

Pode-se também ponderar a média utilizando-se pesos para períodos mais significativos (aqueles mais recentes, por exemplo) (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Na média móvel ponderada a soma dos pesos deve ser igual a 1 (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

2.2.2.3 Modelo de Holt

Quando os dados de uma série temporal se mantêm constantes (sem componente de tendência ou sazonalidade), pode-se utilizar o modelo de suavização exponencial simples para realizar a previsão de demanda. No entanto, se há indícios de que a série apresenta uma tendência na série de dados, torna-se necessário utilizar o modelo de *Holt* (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Uma série de dados apresenta tendência quando há aumento ou redução sistemática na média ao longo dos períodos. Para aplicar o método de suavização exponencial com tendência (método de *Holt*) é necessário obter uma estimativa inicial da tendência, que pode ser

estimada através da diferença entre a média da série calculada no período atual e a média calculada no período anterior. As equações de média (2) e tendência (3) são dadas a seguir, assim como a equação da previsão para o período seguinte (4) (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

$$A_t = rD_t + (1-r)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

$$T_t = s(A_t - A_{t-1}) + (1-s)T_{t-1} \quad (3)$$

$$F_{t+1} = A_t + T_t \quad (4)$$

Onde: A_t = média suavizada exponencialmente da série no período t ; r **Erro! Fonte de referência não encontrada.** = parâmetro de suavização para a média, com um valor entre 0 e 1; D_t = demanda no período atual; A_{t-1} = média estimada do último período; T_{t-1} = tendência estimada do último período; T_t = média suavizada exponencialmente da tendência no período t ; s = parâmetro de suavização para a tendência, com um valor entre 0 e 1; F_{t+1} = previsão para o período $t+1$.

Para prever valores para além do período seguinte, é necessário multiplicar a estimativa de tendência pelo número de períodos adicionais e somar esse valor à média atual. Para Morettin e Tolo (2004), a principal desvantagem desse método está em definir valores apropriados dos parâmetros de suavização r e s . Para defini-los, normalmente se ajustam os valores até que os erros sejam os menores possíveis. Esse método é mais adequado para análises de curto prazo, pois quanto mais distante a estimativa, mais frágil ela se torna (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

2.2.2.4 Modelo de *Holt-Winters*

Muitas demandas possuem um padrão sazonal, ou seja, que se repetem a cada período específico. Uma maneira de estudar os efeitos sazonais é utilizar uma técnica de previsão de demanda para cada período sazonal independentemente. O modelo de *Holt-Winters* (H-W) se

divide em duas abordagens: método multiplicativo e método aditivo (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

No método multiplicativo, os fatores sazonais são multiplicados por uma estimativa de demanda média (que pode ser encontrada usando média móvel, suavização exponencial,...) para chegar-se a uma previsão sazonal. As equações (5), (6), (7) e (8) utilizadas nesse método estão descritas a seguir.

$$A_t = r \frac{D_t}{S_{t-s}} + (1-r)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

$$T_t = s(A_t - A_{t-1}) + (1-s)T_{t-1} \quad (6)$$

$$S_t = x \frac{D_t}{A_t} + (1-x)S_{t-s} \quad (7)$$

$$F_{t+1} = (A_t + T_t)S_{t-s+1} \quad (8)$$

Já o método sazonal aditivo é mais simples, pois considera que o padrão sazonal é constante, ou seja, soma-se à estimativa de demanda média do período um valor constante. As equações (9), (10), (11) e (12) fazem referência a esse método (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009):

$$A_t = r(D_t - S_{t-s}) + (1-r)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (9)$$

$$T_t = s(A_t - A_{t-1}) + (1-s)T_{t-1} \quad (10)$$

$$S_t = x(D_t - A_t) + (1-x)S_{t-s} \quad (11)$$

$$F_{t+1} = A_t + T_t + S_{t-s+1} \quad (12)$$

Onde, para ambas as abordagens: A_t = estimativa do nível da série temporal no período t ; r = parâmetro de suavização para a média, com um valor entre 0 e 1; D_t = demanda no período atual; A_{t-1} = média estimada do último período; T_t = média suavizada

exponencialmente da tendência no período t ; T_{t-1} = tendência estimada do último período; S = parâmetro de suavização para a tendência, com um valor entre 0 e 1; S_t = estimativa do componente sazonal da série temporal no período t ; s = número de períodos por ciclo sazonal; λ = parâmetro de suavização para a sazonalidade, com um valor entre 0 e 1; F_{t+1} = previsão para o período $t+1$.

2.2.2.5 Modelo ARIMA

A metodologia proposta por Box and Jenkins (1976) e detalhada em Morettin e Toloi (2010) consiste em ajustar modelos autorregressivos integrados de médias móveis a um conjunto de dados (MORETTIN; TOLOI, 2004). No método ARIMA (p, d, q) considera-se que o valor futuro a ser obtido possui uma relação linear com diversas observações anteriores e erros aleatórios (KHASHEI; BIJARI, 2010). A evolução de recursos computacionais fez com que o método ARIMA se tornasse popular, sendo aplicado em diferentes áreas de estudo (CHRISTODOULOS; MICHALAKELIS; VAROUTAS, 2010).

O modelo possui três passos iterativos: identificar o modelo, estimar parâmetros e verificar o diagnóstico. O primeiro passo consiste em identificar o particular modelo ARIMA a ser ajustado aos dados (MORETTIN; TOLOI, 2004). Deve-se verificar se a série é estacionária, condição necessária para utilização do modelo ARIMA (média e autocorrelação constantes no tempo, por exemplo) (KHASHEI; BIJARI, 2010; WANG, 2011). Pode ser necessária a transformação de dados a fim de poder utilizar o modelo. O segundo passo consiste em estimar os parâmetros, visando minimizar os erros (KHASHEI; BIJARI, 2010). O terceiro passo consiste em verificar se o modelo representa bem a série de dados (MORETTIN; TOLOI, 2004), testando-se as hipóteses do modelo para identificar áreas onde o modelo seja inadequado (WANG, 2011).

Para o modelo ARIMA gerar bons resultados, é necessário que o fenômeno analisado seja relativamente estável, tenha padrão estocástico e que haja uma quantidade significativa de dados históricos (não menos que 30) (GOTTARDI; SCARSO, 1994). Estudo de Wang (2011) confirma essa afirmação, mostrando que em análises com longa base de dados, o modelo

consegue capturar facilmente a tendência da série, trazendo bons resultados – o que não ocorre para períodos de amostragem curtos, com poucos dados disponíveis.

2.2.3 *Material Requirements Planning (MRP)*

Se fosse possível realizar alterações em um processo produtivo de forma instantânea, não haveria necessidade de planejamento nas empresas. No entanto, como qualquer mudança necessita de tempo para se concretizar, é necessário que se faça uma estimativa de necessidades futuras (utilizando sistemas de previsão), para que se possa tomar decisões que tenham o efeito adequado no momento correto (CORRÊA; CORRÊA, 2012). O MRP é um sistema de planejamento que cumpre essa função.

O MRP é um sistema de informações que possibilita a administração do estoque de demanda dependente e as necessidades de pedidos de reposição de insumos de maneira integrada. As principais entradas para que um sistema MRP funcione adequadamente em uma indústria são: a lista de materiais (BOM - *bill of materials*), o plano mestre de produção (MPS - *Master planning schedule*) e um banco de dados de registro dos estoques. A matriz BOM é um registro de todos os componentes de um produto e suas quantidades usadas em todas as partes para composição do produto final (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). É comum encontrar em empresas mais de uma BOM para um mesmo item, pois a produção apresenta alterações informais que não são registradas. Alguns setores costumam nomear a matriz BOM de outra forma, chamando-a de fórmula ou receita, como é o caso das indústrias químicas, farmacêuticas e alimentícias (CORRÊA; CORRÊA, 2012). O MPS indica a quantidade de itens que serão fabricados em um determinado período futuro, com base em previsão de vendas e pedidos já colocados. O banco de registro dos estoques é um controle em que devem ser registradas todas as transações que ocorrem com os itens em estoque, da forma mais precisa possível, para que o balanço de estoque se mantenha correto e o MRP possa ser utilizado da sua melhor maneira. Registro de liberação de pedidos, entrada de recebimentos, cancelamento de pedidos, entre outros, são essenciais para manter o controle do estoque. A partir do MPS, o sistema MRP revela as quantidades necessárias de todos os componentes e matérias-primas para a fabricação da quantidade específica de itens finais (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

A estrutura tradicional de registro do MRP para um determinado item é composta de: (i) necessidades brutas (demanda total do produto nos períodos analisados); (ii) recebimentos programados (pedidos que foram colocados e chegarão em breve à empresa. Se o produto é comprado, a colocação de um pedido pode iniciar o processamento do item no fornecedor ou iniciar o transporte do item do fornecedor ao comprador); (iii) estoque disponível projetado (estimativa da quantidade de estoque disponível a cada período, depois de consumidas as necessidades brutas); (iv) recebimentos planejados (inseridos a fim de impedir que o saldo de estoque disponível fique negativo); e (v) liberação de pedidos planejados (indica a necessidade de liberação de um pedido de determinada quantidade em certo período) (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Alguns fatores de planejamento merecem ser bem discutidos e definidos, pois são importantes para um bom desempenho do sistema MRP. É o caso do prazo de entrega, que, para itens comprados, é o tempo que transcorre desde o envio do pedido para o fornecedor até o recebimento do mesmo; dimensionamento de lote, que deve ser avaliado no momento de colocação de pedidos; e estoque de segurança, que será a base para determinar os momentos de reposição de estoque, a fim de que o mesmo mantenha o nível considerado seguro (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Segundo Callerman (1986) a dificuldade de implementação de um sistema MRP está relacionado às pessoas envolvidas nessa atividade e não à técnica em si. É comum encontrar equipes que não entendem os detalhes da ferramenta; de tal forma, é importante o envolvimento das pessoas que irão trabalhar com o sistema desde as primeiras fases de implementação, para diminuir a insegurança e aumentar a colaboração (PETRONI, 2002). Além disso, é importante que, a cada etapa concluída da implementação, seja fornecido um *feedback* para a equipe demonstrando os resultados obtidos, mantendo a equipe motivada; caso contrário, é comum que as pessoas voltem a utilizar sistemas não estruturados (CALLERMAN; HEYL, 1986).

Uma vantagem prática do MRP é que o mesmo é baseado em regras de fácil compreensão e fornece um sistema robusto de informações, a fim de facilitar e embasar o processo decisório (LOULY; DOLGUI, 2013). Alguns benefícios trazidos pela implementação do sistema MRP

incluem resposta mais rápida às mudanças do mercado (MANTHOU; VLACHOPOULOU; THEODOROU, 1996), redução de estoques (MANTHOU; VLACHOPOULOU; THEODOROU, 1996), redução do prazo de entrega (BARRILARI; PÁDUA, 2008), melhora do nível do atendimento ao cliente (MANTHOU; VLACHOPOULOU; THEODOROU, 1996; PETRONI, 2002; BARRILARI; PÁDUA, 2008;), melhor programação da produção e redução dos custos de fabricação (PETRONI, 2002). A busca por uma implementação de sucesso do sistema MRP deve ser levada a sério, pois isso afeta o desempenho global da empresa (ANG; SUM; YEO, 2002).

2.3 Método de pesquisa

Este estudo caracteriza-se como pesquisa de natureza aplicada, visto que são aplicadas técnicas e conhecimentos para solução de problemas concretos. Quanto à forma de abordagem, é caracterizado como quantitativo, já que são coletados dados numéricos e realizadas análises, também numéricas, a partir deles. No que concerne aos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória e o procedimento utilizado é o estudo de caso (YIN, 2001). Os passos da sistemática proposta são detalhados na sequência.

Passo 1 – Coleta e tratamento dos dados históricos de demanda

Para o desenvolvimento da pesquisa, é inicialmente realizada a coleta de dados históricos da demanda de refeições, junto ao setor responsável, para tornar possível a modelagem dos mesmos. Os dados são agrupados de forma que se obtenha um valor total de refeições demandadas por mês. Após a coleta dos dados, os mesmos são analisados a fim de identificar comportamentos anormais e dados espúrios. Quando dados anormais são encontrados, especialistas são consultados a fim de identificar as causas da variação e avaliar se há chance do fenômeno se repetir. A ação tomada em relação a eles é definida com base na informação obtida com os especialistas.

Passo 2 – Modelagem das séries históricas com base nos modelos de previsão de demanda

Na sequência são geradas modelagens individuais dos dados históricos de demanda mensal. As previsões através dos modelos *naive* e média móvel são geradas utilizando a planilha eletrônica Excel, e as geradas através dos modelos de suavização e ARIMA são feitas

utilizando-se o *software* de análise estatística SPSS. Os valores da série histórica de refeições são então separados em porção de treino e teste, para que seja possível analisar a qualidade das previsões resultantes dos modelos. A porção de treino é definida de forma que haja 60 dados históricos (dados mais antigos), restando seis registros relativos a observações mais recentes para a porção de teste. A qualidade da capacidade preditiva do modelo é avaliada através do MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) dos dados da porção de teste, que relaciona o erro porcentual de previsão de observações que não foram consideradas na construção dos modelos de previsão (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). O modelo responsável pelo menor MAPE é escolhido. O coeficiente de determinação (R^2) do ajuste do modelo aos dados de treino pode ser utilizado para decisão do melhor modelo em situações onde o MAPE de dois ou mais modelos for muito próximo.

Passo 3 – Geração da matriz BOM (*bill of materials*) de uma refeição padrão

O passo 3 está relacionado à geração da matriz BOM que quantifica os ingredientes que compõem uma refeição padrão. Para tanto, identificam-se, utilizando a opinião de especialistas (representadas nesse estudo como as nutricionistas-chefe dos restaurantes), e dados históricos de demanda de itens, os ingredientes que compõem a refeição padrão, a fórmula de preparação dos mesmos e a quantidade servida de cada ingrediente em uma refeição padrão. Cabe salientar que este estudo está focado nos itens que são armazenados no almoxarifado central, excluindo-se assim itens como carnes e hortifrutigranjeiros (ingredientes com reduzido prazo de validade e entregues diretamente aos restaurantes). A matriz BOM é utilizada na geração do relatório MRP, descrito na sequência.

Passo 4 – Geração do relatório MRP

Nessa etapa é gerado um relatório MRP com vistas ao atendimento da demanda de refeições padrão; objetiva-se definir os momentos de colocação de pedidos dos ingredientes analisados, bem como suas quantidades, a fim de evitar a falta/sobra demasiada de itens. Como os *lead times* dos itens são tipicamente tratados em dias, a demanda mensal obtida no passo 2 é dividida pela quantidade de dias úteis de cada mês. São considerados na análise os tamanhos

de lote padrão dos itens e a característica de perecibilidade dos alimentos (sendo essa última uma variável subjetiva que influencia substancialmente na definição do tamanho do pedido).

Alguns itens da refeição padrão são replicados diariamente (feijão e arroz, por exemplo), gerando uma demanda constante ao longo do período de análise. Outros itens que compõem a refeição, no entanto, são definidos como uma categoria genérica, a qual engloba diferentes tipos de preparações (sendo que apenas uma preparação é acrescentada no cardápio do dia). Dessa forma, é necessário verificar a frequência com que cada preparação é oferecida; essa informação pode ser encontrada em dados históricos de composição do cardápio.

Vale lembrar que a análise apresentada neste estudo não envolve as etapas de desenvolvimento de processos licitatórios, abrangendo o processo após a definição dos mesmos (ou seja, envio dos itens dos fornecedores ao almoxarifado central dos RUs).

2.4 Resultados

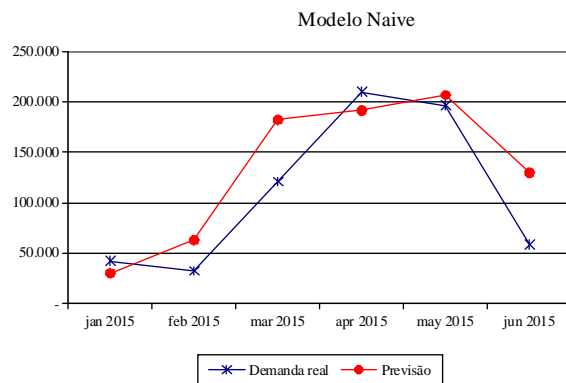
Para realizar a primeira etapa do método proposto, foram consultadas planilhas eletrônicas de controle de usuários disponibilizadas pelo departamento responsável pela gestão dos restaurantes. Com essas planilhas, foi possível obter a quantidade de usuários por mês em cada RU; tais valores foram somados, visto que o almoxarifado atende a todos os seis RUs da universidade (de tal forma, a programação será feita para o total de refeições servidas). Foram coletados os dados de janeiro de 2010 a junho de 2015, sendo que os últimos seis meses da série foram utilizados como porção de teste para a escolha do método de previsão de demanda mais adequado. Identificou-se uma anormalidade nos meses de janeiro e fevereiro de 2015, quando todos os restaurantes foram fechados por problemas de contrato com a empresa fornecedora da mão-de-obra das operações dos restaurantes. Dessa forma, a fim de tornar possível o cálculo do MAPE desse período, foi considerada como demanda destes meses a média das demandas dos mesmos meses nos anos anteriores. Ao analisar-se o perfil de demanda das refeições, é possível identificar um padrão sazonal. A Tabela 1 traz as demandas totais para o período de análise, indicando a quantidade total de usuários atendidos (refeições servidas) no período.

Tabela 1: Quantidade de usuários atendidos nos RUs

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2010	35622	18102	165277	161756	162785	144054	71842	152318	158669	154304	150688	87807
2011	37791	21236	145707	168351	192878	172638	88710	169678	177723	165831	165311	92603
2012	40403	26114	200820	188222	203409	110698	37193	79221	169058	201488	175345	100617
2013	67955	34462	149593	212560	182049	157312	122620	182223	158647	200019	182225	94750
2014	30068	62925	182041	191304	206552	129639	107709	214237	120575	179920	164672	86376
2015	42368	32568	120926	209767	196351	58854						

Fonte: Os autores

A porção de treino dos dados históricos, composta por 60 observações mensais de demanda, foi ajustada a cinco modelos de previsão de demanda, a fim de identificar o que melhor se adequava à série. A porção de teste é formada pelas 6 observações de demanda mais recentes. As Figuras 1 a 5 confrontam os valores previstos por cada modelo e os valores reais da porção de teste.

Figura 1: Gráfico previsão de demanda modelo *naive*

Fonte: Os autores

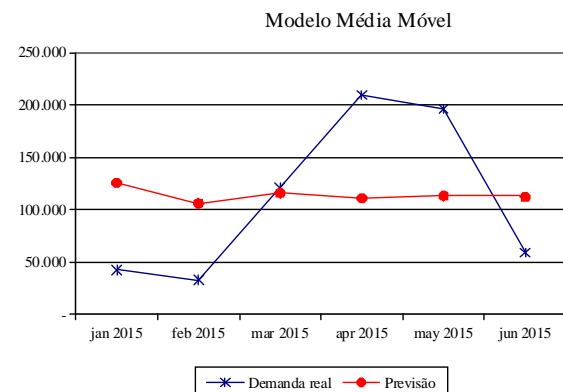
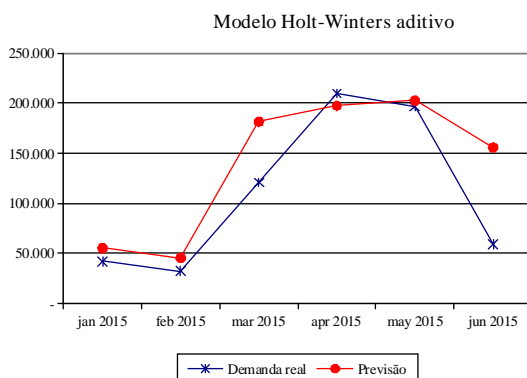
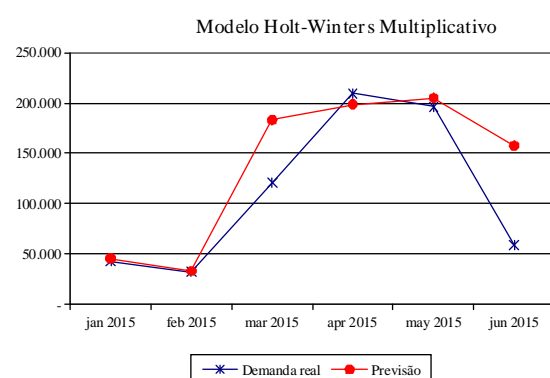


Figura 2: Gráfico previsão de demanda modelo média móvel

Fonte: Os autores

Figura 3: Gráfico previsão de demanda modelo *Holt-Winters* aditivo

Fonte: Os autores

Figura 4: Gráfico previsão de demanda modelo *Holt-Winters* multiplicativo

Fonte: Os autores

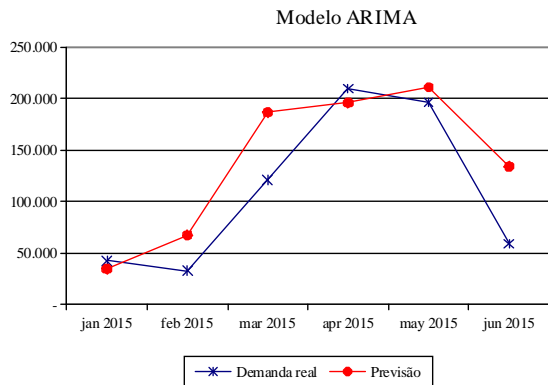


Figura 5: Gráfico previsão de demanda modelo ARIMA

Fonte: Os autores

Para definição do modelo de previsão a ser utilizado, foi analisado o valor do MAPE da porção de teste de cada modelo. Para realizar as previsões com o modelo *naive*, o mesmo foi adaptado a fim de absorver as características de sazonalidade, conforme citado na seção anterior. Nas previsões utilizando média móvel, constatou-se que a média utilizando os dois últimos períodos foi a que apresentou menor MAPE. Dentre as opções de suavização exponencial, foram testados os modelos de *Holt-Winters*, visto que a série de dados apresenta característica de sazonalidade. Na categoria dos modelos ARIMA, o *software* indicou ARIMA (0,0,0)(0,1,0) como a melhor opção. A normalidade dos resíduos foi constatada através do teste de Kolmogorv-Smirnov, realizado também no SPSS. A Tabela 2 mostra os valores de MAPE encontrados para cada modelo.

Tabela 2: Valores de MAPE para cada modelo

	Naive	Média móvel	H-W aditivo	H-W multiplicativo	ARIMA
MAPE	0,512	1,010	0,490	0,398	0,536

Fonte: Os autores

Com base nesses dados, identificou-se o modelo *Holt-Winters* multiplicativo como o modelo a ser utilizado para previsão de demanda da série de dados analisada. Os valores gerados pelo modelo na porção de teste foram arredondados para cima para serem utilizados na geração do relatório MRP (passo 4 do método proposto).

Na sequência, iniciou-se a construção da matriz BOM de uma refeição padrão. Como o estudo foi desenvolvido durante um período em que os servidores da universidade estavam em greve, havia apenas dois restaurantes abertos e, portanto, foram consultados apenas os especialistas alocados nestes restaurantes. Foi obtido retorno de apenas um especialista, cujas informações foram utilizadas na BOM.

Os restaurantes, de uma forma geral, servem diariamente um cardápio composto por saladas, arroz, feijão, guarnição, carne e sobremesa. Para o estudo em questão, a “refeição padrão” foi montada considerando os itens que são armazenados no almoxarifado central, para que fosse possível realizar o planejamento de entrega dos mesmos. Sendo assim, após a consulta com especialistas, definiu-se que a refeição padrão para propósitos de demonstração do método aqui proposto seria composta por arroz, feijão e guarnição. Dos diversos tipos de guarnições existentes, foram identificadas três que são compostas basicamente de itens que são armazenados no almoxarifado central: farofa, massa e polenta. A partir daí, foram obtidas, através dos especialistas, as receitas de cada preparação e a quantidade consumida *per capita*, definindo a quantidade que compõe cada refeição padrão. A matriz BOM resultante é apresentada na Figura 6; todos os valores são apresentados em quilos, com exceção da refeição padrão, que é representada em unidade, e do óleo, que é apresentado em litros. A partir da matriz é possível visualizar a quantidade necessária dos ingredientes dos níveis 1 e 2 para a produção de uma refeição padrão.

Tabela 3: Frequência de oferta de guarnições

Item	Quantidade de vezes em que aparece no cardápio	Intervalo de dias entre as ofertas
Farofa	5	36
Massa	10	18
Polenta	9	20

Fonte: Os autores

As previsões de demanda obtidas no segundo passo do método proposto foram divididas pelo número de dias em que os restaurantes estariam abertos, a fim de obter uma previsão diária do número de refeições demandadas. Essa transformação mostrou-se necessária devido ao fato de os *lead times* dos itens serem em dias, tornando inadequado um planejamento mensal de entregas. As previsões diárias foram inseridas no relatório MRP a fim de estabelecer as necessidades de entrega de material. As guarnições foram inseridas no relatório buscando manter o intervalo ilustrado na Tabela 3; quando a colocação do pedido ocorria durante um final de semana ou feriado, o pedido era antecipado para o dia útil anterior.

Os *lead times* incluem, além do tempo desde a colocação do pedido até a efetiva entrega do item, o tempo necessário para realização de atividades administrativas financeiras, anteriores à colocação do pedido. Para definir o momento das colocações de pedido e a quantidade de cada item, foram considerados, além dos *lead time*, os tamanhos de lotes de cada produto. A Tabela 4 mostra os tamanhos de lotes característicos e *lead times* de cada produto do nível 2 do relatório. Por fim, o óleo e o sal são usados na preparação de quase todos os itens do nível 1 e, no relatório MRP, as quantidades foram agrupadas de forma que a necessidade bruta de cada um dos dois itens fosse o somatório das necessidades para cada preparação.

Tabela 4: *Lead times* e lotes de reposição dos produtos

Item	Lead Time (dias)	Lote
Arroz cru	5	30kg
Feijão cru	10	30kg
Farinha de mandioca	10	10kg
Massa crua	4	10kg
Farinha de milho	10	25kg
Óleo	6	18l
Sal	4	30kg

Fonte: Os autores

Na sequência, foi gerado o relatório MRP de forma a atender a demanda de refeições gerada pela previsão, atentando para a definição de uma frequência adequada de recebimento de pedidos. A Figura 7 ilustra parte do relatório gerado, mostrando as movimentações dos itens de nível 2; uma versão integral do mesmo é apresentada no anexo A. Todas as quantidades apresentadas estão em quilogramas, com exceção do óleo, que é apresentado em litros. As colunas hachuradas fazem referência a finais de semana e feriados - dias em que não é possível fazer a liberação do pedido.

Por se tratar de itens alimentícios, que são servidos logo após a preparação, pode-se observar que não há estoque dos itens do nível 0 e 1; além disso, considera-se que a liberação do pedido e a entrega agendada ocorrem no mesmo dia da necessidade bruta.

		Abril														
Dia		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Arroz cru, nível 2																
Necessidade bruta (kg)	516	516	0	0	0	516	516	516	516	516	0	0	516	516	516	
Entrega agendada (kg)	5400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5400
Estoque esperado	667	5551	5036	5036	5036	5036	4520	4005	3489	2974	2458	2458	2458	1943	1427	
Liberação planejada de pedido										5400						
Feijão cru, nível 2																
Necessidade bruta	295	295	0	0	0	295	295	295	295	295	0	0	295	295	295	
Entrega agendada	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	0	0	0	0	0	0	
Estoque esperado	1671	1376	1082	1082	1082	1082	787	492	198	2903	2608	2608	2608	2314	2019	
Liberação planejada de pedido														3000		
Farinha de mandioca, nível 2																
Necessidade bruta	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Entrega agendada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Estoque esperado	746	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
Liberação planejada de pedido																
Massa crua, nível 2																
Necessidade bruta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	313	0	0	
Entrega agendada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	0	
Estoque esperado	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	344	344	
Liberação planejada de pedido									600							
Farinha de milho, nível 2																
Necessidade bruta	0	0	0	0	0	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Entrega agendada	0	0	0	0	0	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Estoque esperado	24	24	24	24	24	24	253	253	253	253	253	253	253	253	253	
Liberação planejada de pedido																
Óleo, nível 2																
Necessidade bruta	37	29	0	0	0	33	29	29	29	29	0	0	37	29	29	
Entrega agendada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Estoque esperado	2383	2346	2316	2316	2316	2316	2283	2254	2224	2195	2165	2165	2165	2128	2099	
Liberação planejada de pedido																
Sal, nível 2																
Necessidade bruta	11	9	0	0	0	17	9	9	9	9	0	0	13	9	9	
Entrega agendada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Estoque esperado	1845	1834	1825	1825	1825	1825	1808	1799	1790	1780	1771	1771	1771	1758	1749	
Liberação planejada de pedido																

Figura 7: Fragmento do relatório MRP

Fonte: Os autores

Diversas conclusões de cunho prático são derivadas do relatório gerado. Percebe-se que a quantidade em estoque dos itens farinha de mandioca, óleo e sal no início do ano são suficientes para todo o período de planejamento, não sendo necessário solicitar envio ao almoxarifado. Para o sal e o óleo, esse fato é explicado pela utilização dos mesmos em outras preparações (como carnes e saladas), justificando uma quantidade grande em estoque no início do período analisado. Já a farinha de mandioca é utilizada para a preparação de outros dois produtos, mas que não possuem frequência elevada no cardápio; de tal forma, não se justifica a manutenção de grande quantidade em estoque. Tal constatação mostra que o planejamento de entrega de itens atualmente executado não é adequado, o que pode ser justificado pela inexistência de ferramenta formal de gestão de insumos. Os pedidos são realizados com base na experiência dos responsáveis pelo almoxarifado, que definem quando e quanto de cada item é necessário solicitar ao fornecedor.

Percebe-se ainda que a utilização do relatório nos restaurantes universitários é possível, mas, para uma utilização plena e eficaz, são necessárias algumas adaptações. Seria interessante inserir no relatório todas as preparações realizadas pelos restaurantes, para evitar a ocorrência de planejamentos incompletos de itens (como no caso do sal e óleo). Com base no relatório, não seria necessário solicitar entrega desses itens no período analisado, no entanto sabe-se que os mesmos são utilizados em diversas outras preparações, sendo muito provável que o consumo da quantidade em estoque se esgote durante o período analisado. Sendo assim, o formato adotado para preenchimento do relatório neste artigo é eficaz para os itens que são utilizados exclusivamente numa preparação específica (caso do arroz cru, feijão cru e massa crua). De forma geral, a farinha de mandioca possui outras duas utilizações além da farofa, e a farinha de milho, outras três utilizações além da polenta, mas as duas preparações estudadas nesse artigo são as que ocorrem com mais frequência. Sendo assim, para esses itens, a utilização do relatório também não está totalmente completa, apesar de, no caso da farinha de milho, ter havido necessidade de colocação de pedido.

2.5 Conclusão

O presente estudo propôs a integração de ferramentas de previsão de demanda e MRP com vistas à organização de pedidos de um almoxarifado central de restaurantes universitários.

Esse objetivo é justificado pela inexistência de procedimentos formais de controle operacional no setor estudado.

Em termos operacionais, foi inicialmente realizada uma coleta de dados históricos referentes ao número de refeições servidas ao longo de um período específico. Na sequência, cinco diferentes modelos de previsão de demanda foram ajustados aos dados, sendo escolhido aquele que conduzia aos menores valores de erro preditivo (MAPE). A previsão gerada pelo modelo selecionado abasteceu as necessidades brutas do relatório MRP. Gerou-se então uma matriz BOM junto a especialistas para identificar itens e quantidades que compunham uma refeição padrão, assim como as receitas das preparações de cada item. Por fim, gerou-se o relatório MRP a fim de posicionar a colocação de pedidos ao longo de determinado horizonte de operação.

Após a coleta dos dados históricos de demanda, percebeu-se que os mesmos possuíam padrão sazonal. Depois de testados os modelos de previsão de demanda, identificou-se que o melhor modelo para prever a demanda de refeições no setor estudado foi o método de *Holt-Winters* multiplicativo. Esse modelo apresentou o menor MAPE dentre os modelos analisados e, portanto, possui a melhor capacidade preditiva. Ao elaborar o relatório MRP, foi possível constatar que a atual forma de solicitação de entrega de itens não é adequada. Por sua vez, o relatório MRP mostrou-se adequado para os itens de nível 2 arroz cru, feijão cru e massa crua, e incompleto para os demais itens, visto que os mesmos são usados em diferentes preparações que não estavam incluídas no estudo. Para uma utilização plena da ferramenta, é necessário inserir no relatório todas as preparações feitas pelos restaurantes. Por fim, o fato de apenas um especialista ter respondido as questões pode ter afetado a precisão dos dados, visto que os dados usados na elaboração da BOM e na frequência de oferta das guarnições foram coletados considerando o comportamento de apenas um dos seis restaurantes existentes. De tal forma, a extensão da sistemática aqui proposta para os demais restaurantes da universidade figura como atividade futura.

Referências Bibliográficas

- ANG, J. S. K.; SUM, C. C.; YEO, L. N. A multiple-case design methodology for studying MRP success and CSFs. *Information & Management*, v. 39, n. 4, p. 271-281, 2002.
- CALLERMAN, T. E.; HEYL, J. E. A model for Material Requirements Planning Implementation. *International Journal of Operations & Production management*, v. 6, n. 5, p. 30-37, 1986.
- CHRISTODOULOS, C.; MICHALAKELIS, C.; VAROUTAS, D. Forecasting with limited data: Combining ARIMA and diffusion models. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 77, n. 4, p. 558-565, 2010.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012. 680p.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. Administração de serviços – Operações, estratégia e tecnologia da informação. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 584p.
- GOTTARDI, G.; SCARSO, E. Diffusion models in forecasting: A comparison with the Box-Jenkins approach. *European Journal of Operational Research*, v. 75, n. 3, p. 600-616, 1994.
- GÜÇDEMİR, H.; SELİM, H. Customer centric production planning and control in job shops: A simulation optimization approach. *Journal of Manufacturing Systems*, v.43, p. 100-116, 2017.
- KHASHEI, M.; BIJARI, M. An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 1, p. 479-489, 2010.
- KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. Administração de produção e operações. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 615 p.
- LOULY, M. A.; DOLGUI, A. Optimal MRP parameters for a single item inventory with random replenishment lead time, POQ policy and service level constraint. *International Journal of Production Economics*, v. 143, n. 1, p. 35-40, 2013.
- LUSTOSA, L. et al. Planejamento e controle da produção. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.

MANTHOU, V.; VLACHOPOULOU, M.; THEODOROU, P. The implementation and use of material requirements planning system in North Greece: A case study. *International Journal of Production Economics*, v. 45, n. 1-3, p. 187-193, 1996.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de séries temporais. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 535p.

MORGAN, M.; CHINTAGUNTA, P. K. Forecasting restaurante sales using self-selectivity models. *Journal of Retailing and Consumer Services*, v. 4, n. 2, p. 117-128, 1997.

PETRONI, A. Critical factors of MRP implementation in small and medium-sized firms. *International Journal of Operations & Production management*, v. 22, n. 3, p. 329-348, 2002.

SILVA, J. E. O.; PACHECO, A. S. V.; BERNARDES, J. F. Estoques no serviço público: um estudo de caso no almoxarifado central da Universidade de Santa Catarina. In: IX COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO UNIVERSITÁRIA NA AMÉRICA DO SUL, 2009. Florianópolis.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 3ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703p.

TRIDAPALLI, J. P.; FERNANDES, E.; MACHADO, M. V. Gestão da cadeia de suprimento do setor público: uma alternativa para controle de gastos correntes no Brasil. *Revista de Administração Pública*, v. 45, n. 2, p. 401-433, 2011.

WANG, C. C. A comparison study between fuzzy time series model and ARIMA model for forecasting Taiwan export. *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 9, p. 9296-9304, 2011.

YIN, R. K. Estudo de caso – Planejamento e métodos. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

3 SEGUNDO ARTIGO

USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA APRIMORAMENTO DO FLUXO DE PESSOAS EM UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

O objetivo deste artigo é avaliar arranjos físicos alternativos visando a aprimorar o fluxo de pessoas em um restaurante universitário (através da redução de filas e tempos de espera), utilizando a simulação computacional. Para o desenvolvimento do estudo, inicialmente analisou-se o sistema a fim de identificar as atividades executadas pelos clientes (usuários) do restaurante universitário (alunos e funcionários). Na sequência foram coletadas amostras de tempos de duração de cada atividade identificada, bem como a taxa de chegada de usuários a restaurante. Foi construído um modelo de simulação computacional e, com a inserção dos dados coletados, o mesmo foi validado. A última etapa foi a simulação de cenários alternativos visando a identificar aquele que melhor atenderia o objetivo proposto. Concluiu-se que o rearranjo físico decorrente da inclusão de um novo aparelho de buffet, obtido por meio da simulação computacional, conduz aos melhores resultados em termos de tempo de espera em fila.

Palavras-chave: Teoria de filas. Simulação computacional. Gerenciamento de capacidade. Restaurante universitário.

3.1 Introdução

Atualmente, as indústrias de serviços lideram a economia mundial (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2010). As organizações que trabalham com prestação de serviços necessitam de apropriado gerenciamento de suas instalações a fim de assegurar fluxos adequados de clientes em suas dependências.

As universidades federais brasileiras prestam serviços à sociedade, identificados como ensino, pesquisa e extensão. No entanto, elas possuem também setores específicos que prestam serviços não diretamente relacionados aos seus objetivos, mas que desempenham papel de apoio para a obtenção das metas. Um desses serviços consiste na oferta de refeições pelos

restaurantes universitários, que possuem características semelhantes às de um restaurante da iniciativa privada.

Dentre as características semelhantes a um restaurante da iniciativa privada, destacam-se espaço definido para disposição de mesas e cadeiras para os usuários, sistema de *buffet* com oferta de alimentos ao estilo *self-service*, necessidade de equipe para preparo dos alimentos, equipe de apoio para reposição do *buffet*, equipe de limpeza e demanda sujeita a variabilidades. A principal diferença em relação a um restaurante da rede privada é o valor das refeições, visto que o preço sugerido pelo estabelecimento universitário costuma ser muito baixo. Em pesquisa com estudantes universitários, Baek, Ham e Yang (2006) concluíram que o preço dos alimentos oferecidos por um restaurante é o fator mais importante para esse público, justamente por esse possuir uma situação econômica mais frágil. Garg (2014) reforça a importância do valor dos alimentos na escolha de estudantes ao concluir que preço é o segundo critério mais importante na escolha do restaurante. Devido ao baixo custo da refeição e ao grande número de usuários, restaurantes universitários costumam apresentar problemas relacionados a filas, esperas e problemas de fluxo de usuários no processo.

A engenharia de produção pode atuar nesses ambientes utilizando conceitos de gerenciamento de capacidade, teoria de filas e simulação a fim de aprimorar o funcionamento do processo. O gerenciamento da capacidade é especialmente importante em serviços, pois tais segmentos não podem estocar capacidade, podendo ocasionar ociosidade de instalações e servidores em determinados momentos, ou formação de fila de clientes aguardando atendimento (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2010). Filas de espera são comuns em diversos sistemas de produção, especialmente em ambientes de serviços e manufatura (ARENALES *et al.*, 2007). As filas surgem sempre que a demanda por determinado serviço é maior que a capacidade de oferta do mesmo. De tal forma, preceitos de teoria de filas buscam identificar o ponto em que se estabelece adequada relação entre capacidade disponível, tempo de espera dos clientes e utilização do sistema (HILLIER; LIEBERMAN, 1988; ARENALES *et al.*, 2007). Já a simulação é utilizada em problemas decisórios de várias naturezas, e duas importantes vantagens dessa técnica consistem na possibilidade de estudar o comportamento de um sistema através de um modelo, não sendo necessário fazer alterações no sistema real,

que seria dispendioso e demorado (HILLIER; LIEBERMAN, 1988; CORRAR *et al.*, 2010); e a possibilidade de comparar alternativas para solução de um problema (CORRAR *et al.*, 2010).

Como não se trata do objetivo principal das universidades, a gestão dos restaurantes tende a ser menos rígida e a demandar menor controle, assim como ocorre com outros serviços de apoio (SILVA; PACHECO; BERNARDES, 2009). Sendo assim, estudos voltados ao dimensionamento de capacidade com vistas ao aprimoramento do fluxo de pessoas em restaurantes universitários não são numerosos na literatura, apesar de tais estabelecimentos oferecerem potencial para melhorias substanciais em seus processos. O inadequado dimensionamento de recursos pode gerar insatisfação dos usuários, aumento nos tempos de espera, formação de grandes filas, mau aproveitamento do ambiente físico e desorganização geral do fluxo de pessoas, além de tornar o ambiente menos agradável para as equipes de trabalho.

Esse artigo utiliza simulação computacional para avaliar arranjos físicos alternativos em um restaurante universitário a fim de aprimorar o fluxo de pessoas no estabelecimento, reduzindo tamanhos de fila e tempos de espera durante o horário de almoço. Para isso, os princípios da teoria de filas e gerenciamento de capacidade serão utilizados e modelados através de um aplicativo computacional de simulação. Em termos de seus passos operacionais, o estudo inicialmente mapeou o processo executado pelos usuários e, em seguida, coletou amostras de tempo de cada etapa do processo. Foram também coletados dados sobre o comportamento da fila, com o intuito de identificar a taxa de chegada. Com essas informações, gerou-se um modelo computacional do sistema em análise e foram simulados diferentes cenários a fim de comparar diversas alternativas de arranjo do sistema. Previamente à geração dos cenários alternativos, o modelo foi validado com base em dados reais.

Este estudo se mostra importante para a gestão da Universidade, pois a maioria dos usuários dos restaurantes é composta por alunos que possuem intervalos curtos para almoço (devido aos horários das aulas). Esse público costuma ficar bastante insatisfeito com o tempo gasto em filas de espera, gerando níveis de insatisfação que impactam diretamente na imagem da Universidade perante a sociedade. Apesar de não ser considerado um serviço finalístico,

entende-se como fundamental buscar a excelência nesse serviço também, visto que é considerado um serviço de apoio para auxiliar na permanência e, conseqüentemente, na formação do usuário.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a primeira seção traz uma breve introdução do assunto a ser tratado; a seção dois apresenta um levantamento bibliográfico aprofundado dos tópicos avaliados no estudo; na seção seguinte são expostos os procedimentos metodológicos empregados para a realização da pesquisa; a quarta seção apresenta os resultados obtidos e, por fim, a última seção traz as conclusões e considerações finais do estudo.

3.2 Revisão Bibliográfica

A fim de apresentar um embasamento teórico acerca do assunto tratado neste artigo, as seções seguintes apresentam uma revisão bibliográfica sobre simulação, teoria de filas e gerenciamento da capacidade.

3.2.1 Simulação Computacional

Mudanças no processo produtivo podem trazer melhorias nas medidas de desempenho do sistema, como redução de tempos de espera, aumento da utilização do sistema e redução do volume de produtos/clientes em filas (LUO *et al.*, 2004). No entanto, nas indústrias, raramente é viável alterar os sistemas reais a fim de avaliar os impactos de determinadas mudanças no processo. Por esse motivo, a construção de um modelo virtual que represente o sistema e que possa ser estudado passa a ser uma alternativa favorável. Os modelos podem ser matemáticos ou físicos, sendo que os matemáticos podem ser resolvidos através de uma solução analítica ou através da simulação (CORRAR *et al.*, 2010). Quando os problemas são complexos a ponto de não poderem ser facilmente resolvidos analiticamente - quando possuem muitas variáveis para controlar ou muitas hipóteses a considerar, por exemplo -, utiliza-se a simulação (HILLIER; LIEBERMAN, 1988). Com ela, o sistema real é subdividido em componentes menores, cujos comportamentos possam ser preditos, e são construídas as interfaces entre esses diversos componentes. Depois disso, o modelo é ativado, e é possível obter o efeito da interação das diversas partes, umas com as outras (HILLIER; LIEBERMAN, 1988).

É importante apontar que a simulação é, inerentemente, uma técnica imprecisa, com estimativas estatísticas e não exatas (HILLIER; LIEBERMAN, 1988). Além disso, como os dados coletados para caracterização do processo em análise e construção do modelo são uma amostra do conjunto total de observações (CORRAR *et al.*, 2010), não é possível garantir que a melhor opção resultante do processo de simulação seja a melhor possível (HILLIER; LIEBERMAN, 1988; CORRAR *et al.*, 2010). Sendo assim, a simulação passa a ser utilizada com o objetivo de comparar o desempenho de diferentes alternativas e identificar a opção mais adequada (HILLIER; LIEBERMAN, 1988).

Para realizar uma simulação é preciso desenvolver um modelo que represente o sistema real adequadamente. Para isso, é necessário que o responsável por essa tarefa se familiarize e entenda profundamente o sistema de forma a reproduzir os elementos e interações necessários entre elementos em um dígrama de fluxo lógico. Com isso se torna possível criar regras de operação para cada elemento do sistema (HILLIER; LIEBERMAN, 1988).

Outra vantagem do uso da simulação é que os gestores dos processos podem participar ativamente da tomada de decisão durante a construção do modelo, o que traz um maior entendimento aos gestores dos efeitos de suas ações sobre o processo (HOGARTH; SOYER, 2015). A simulação é, portanto, uma ferramenta versátil que pode trazer benefícios para diversas operações em diferentes áreas, incluindo operações de serviço e de manufatura.

Simulação computacional tem sido vastamente aplicada em sistemas produtivos e de prestação de serviços. Gul (2015) utilizou a técnica para solucionar problemas em um departamento de emergência de um hospital em situação de desastre (inundações, erupções vulcânicas, terremotos). Nessas situações o departamento recebia um número elevado de pacientes e diversas ineficiências acabavam surgindo, como dificuldades nos processos de triagem e registro dos pacientes, falta de espaço físico e problemas de comunicação diversos. Por sua vez, Jiménez-García *et al.* (2014) utilizaram o *software* Promodel para realizar experimentos sem precisar alterar o sistema real de um ambiente de manufatura lean. O estudo simulou dois cenários: no primeiro, cada operador de empilhadeira poderia entregar os materiais apenas para as células para as quais tinham sido designados; no segundo, os operadores entregavam material para qualquer célula, conforme demanda (randômico). O

modelo de simulação foi desenvolvido em sete etapas: definição do problema, coleta de dados, desenho do modelo, validação, análise com período de aquecimento, execução e análise de resultados. Considerando o objetivo de reduzir as perdas por falta de material, a configuração randômica foi a mais adequada. Kim *et al.* (2010) também utilizaram o mesmo *software* para explorar as vantagens da simulação. Em estudo de Hwang e Lambert (2008), a simulação foi utilizada para avaliar as interações entre diversos recursos em um restaurante e analisar os níveis de desempenho de cada cenário analisado. Field, McKnew e Kiessler (1997) concluíram, ao utilizar simulação em um restaurante, que essa é uma ferramenta poderosa para a tomada de decisão em uma empresa.

3.2.2 Teoria de filas

Filas de espera surgem sempre que a demanda por um determinado serviço é maior que a capacidade de oferta (HILLIER; LIEBERMAN, 1988; ARENALES *et al.*, 2007), sinalizando a necessidade de aprimoramento do processo com vistas à redução dos tempos de espera (VASS; SZABO, 2015). Segundo Kokkinou e Cranage (2013), a busca pela redução dos tempos de espera tem sido um dos principais objetivos das empresas prestadoras de serviços.

A teoria de filas estuda as relações entre as demandas de um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários desses sistemas, que podem variar no grau de importância: atrasos em serviços de atendimento de emergência podem custar a vida de uma pessoa, enquanto atrasos na coleta de lixo tendem a ser menos onerosos (ARENALES *et al.*, 2007). No entanto, superdimensionar o sistema em termos de capacidade produtiva a fim de impedir a formação de fila traz custos muito elevados, podendo tornar o sistema inviável (HILLIER; LIEBERMAN, 1988). De tal forma, é importante que a gestão encontre o equilíbrio entre capacidade do sistema e tempo de espera na fila (HWANG; LAMBERT, 2008). Esse equilíbrio pode não ser claramente identificado pela teoria de filas, mas a mesma contribui com informações necessárias para a tomada de decisão, mostrando características da fila de espera e durações dos tempos de espera (HILLIER; LIEBERMAN, 1988).

Os sistemas de filas podem ser classificados em quatro categorias: (i) fila única e um servidor; (ii) fila única e múltiplos servidores em paralelo; (iii) múltiplas filas e múltiplos servidores em

paralelo; e (iv) fila única e múltiplos servidores em série (ARENALES *et al.*, 2007). É importante enfatizar que um servidor não é necessariamente um indivíduo; ele pode ser, por exemplo, um grupo de pessoas (equipe de manutenção) ou uma máquina (assim como o cliente pode ser uma máquina também) (HILLIER; LIEBERMAN, 1988; ARENALES *et al.*, 2007).

Para ser possível analisar um sistema de filas é necessário ter informações sobre três elementos básicos (ARENALES *et al.*, 2007): (i) o processo de chegada de usuários ao sistema (representado pelo intervalo entre chegadas de usuários na fila); (ii) a disciplina da fila (forma com que os usuários são selecionados para atendimento – primeiro que chega é o primeiro a ser atendido, por exemplo); e (iii) o processo de atendimento dos usuários (representado pelo tempo de atendimento do usuário pelo servidor).

Para simplificar a análise dos sistemas de fila, os mesmos foram classificados conforme a notação de Kendall – Lee. Essa notação, apresentada no Quadro 1, inicialmente possuía três características (A, B e m) e depois outras três foram incluídas (C, K e N) (HILLIER; LIEBERMAN, 1988; ARENALES *et al.*, 2007). O significado da representação é trazido no Quadro 1.

Quadro 1: Notação de Kendall-Lee

Símbolo	Significado
A	Distribuição de probabilidade do processo de chegada
B	Distribuição de probabilidade do processo de serviço
m	Número de servidores em paralelo
C	Disciplina da fila
K	Número máximo de usuários no sistema
N	Tamanho da população

Fonte: Os autores

Teoria de filas pode ser utilizada em diversos setores da indústria de serviços. Vass e Szabo (2015) utilizaram a teoria para estimar a quantidade necessária de recursos humanos em um departamento de emergência de um hospital considerando o tempo médio de espera do paciente até o atendimento. Li e Zhang (2015) concluíram que entender a dinâmica do comportamento das filas era essencial para elaboração de estratégias eficazes de controle de tráfego, ao passo que Prager *et al.* (2015) investigaram os impactos dos tempos de espera em

aeroportos norte americanos (conferência de passaporte e inspeção aduaneira) na economia do país, concluindo que haveria um ganho à economia ao se reduzir esses tempos de espera.

Mais alinhado com os objetivos deste artigo, Roy, Bandyopadhyay e Banerjee (2016) utilizaram teoria de filas para investigar a interação entre os clientes, os recursos na cozinha e a quantidade de mesas de um restaurante, visando identificar se os recursos na cozinha eram suficientes para garantir determinado nível de serviço ao cliente. Naquele estudo, foi concluído que as mesas eram o recurso gargalo do restaurante. Hwang e Lambert (2008) sinalizam que as expectativas dos clientes quanto ao tempo de espera são muito individuais e não há um valor absoluto que precise ser atingido, pois isso depende da característica do cliente e também dos serviços prestados.

3.2.3 Gerenciamento da Capacidade

Um serviço é uma experiência pessoal e intransferível, e é consumido ao mesmo tempo em que é produzido. Por esse motivo, equilibrar a prestação de um serviço com as demandas de clientes é um desafio imposto aos gerentes de negócios (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2010). Acrescenta-se que, no contexto de serviços, o planejamento da capacidade se torna mais difícil pela impossibilidade de estocar o serviço para o uso posterior, como ocorre na manufatura (ADENSO-DÍAZ; GONZÁLEZ-TORRE; GARCÍA, 2002).

O gerenciamento de capacidade tem um impacto significativo na qualidade percebida pelo cliente e, por isso, é um fator crítico para o sucesso de uma organização (HWANG; LAMBERT, 2008). Existem duas principais estratégias para gerenciar a capacidade, que podem também ser usadas em conjunto (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2010): (i) nível de capacidade: trabalha com gestão da demanda (incentivo de preço, reservas,...), buscando adaptá-la ao nível de capacidade do sistema; e (ii) adequação à demanda: trabalha com gestão da capacidade (turnos de trabalho, capacidade compartilhada,...), buscando atender a demanda da forma em que ela se apresenta.

Em estabelecimentos prestadores de serviços ligados à alimentação como restaurantes, percebe-se que os mesmos podem perder clientes quando há problemas com sua capacidade e conseqüente imposição de espera aos clientes pelo atendimento. Devido à inconstância da

chegada de clientes ao restaurante, é necessário que a gerência seja capaz de tomar decisões de forma dinâmica. É importante que as decisões de capacidade sejam tomadas ao se observar o sistema como um todo e não apenas itens específicos como recursos humanos e *layout* (HWANG; LAMBERT, 2008). É comum os gestores planejarem a capacidade com o foco no marketing ou na operação, o que leva a dois extremos: do ponto de vista do marketing, a capacidade é planejada de forma exagerada, buscando garantir a satisfação do cliente, sendo que existe um nível de serviço depois do qual o cliente não percebe mais diferença, tornando o excesso de capacidade totalmente desnecessário; já do ponto de vista operacional, os gerentes tendem a enxugar a capacidade garantindo apenas o mínimo de satisfação dos usuários, o que pode não ser vantajoso para a empresa (HWANG; GAO; JANG, 2010).

Hwang e Lambert (2008) mostraram que aumentos da capacidade em restaurantes (através do aumento do número de mesas) influencia o comportamento dos clientes, visto que, ao reduzir-se significativamente o tempo de espera para sentar-se, tende a aumentar o tempo de espera por processos ocorridos após a obtenção de uma mesa (como espera para fazer o pedido, para receber o pedido, para receber e pagar a conta). Os autores concluíram que, apesar de alguns impactos negativos, o ganho com a redução da espera para sentar-se foi positivo (visto que clientes que esperam muito tempo até obterem uma mesa estão mais propensos a deixarem o restaurante sem consumir). Além disso, tais resultados sugerem que pode ser necessário adicionar outros tipos de recursos no sistema para que se obtenha um ganho real no sistema como um todo.

3.3 Método de pesquisa

Esta pesquisa possui natureza aplicada, pois são avaliados problemas reais através da utilização de técnicas e conhecimentos da engenharia de produção. Possui uma abordagem quantitativa, já que os dados coletados são dados numéricos e as análises realizadas a partir deles também são numéricas. Esta é uma pesquisa exploratória e procedimento utilizado é o estudo de caso (YIN, 2001). O método pode ser dividido em quatro etapas, que estão detalhadas na sequência.

Etapa 1 – Análise do sistema

A primeira etapa do trabalho consiste em observar o processo executado pelos usuários ao almoçarem no restaurante, a fim de poder representá-lo apropriadamente através de um fluxograma. Essa etapa tem por objetivo identificar as atividades das quais será necessário coletar os tempos de execução para inserção no modelo de simulação.

Etapa 2 – Coleta de dados

Após a identificação do processo executado pelos usuários, são coletadas amostras de tempo de ciclo de cada atividade: pagar a refeição no caixa, selecionar talheres e pratos, servir-se no *buffet*, realizar a refeição e descartar resíduos. Essas amostras são coletadas através de observações em diferentes dias e de diferentes usuários. Definiu-se uma amostra superior a 100 dados descritivos de cada atividade. As amostras coletadas são submetidas a testes estatísticos a fim de identificar se são descritas por alguma distribuição estatística paramétrica. Caso os dados não sejam adequadamente representados por uma distribuição paramétrica, os mesmos são organizados em classes e frequências relativas.

Também é coletada a taxa de chegada de usuários ao restaurante em intervalos de cinco minutos, evitando a suavização da taxa de chegada (intervalo que também foi usado em estudo de Hwang e Lambert (2008)). Esses dados foram coletados ao longo de uma semana (segunda a sexta-feira), no início do semestre letivo, iniciando às 11 horas e finalizando às 13 horas a fim de identificar possíveis variações de comportamento ao longo do dia e da semana.

Etapa 3 – Construção e validação do modelo

A construção do modelo é realizada no *software* de simulação Promodel. Os dados coletados na etapa dois são inseridos no *software* a fim de verificar se o sistema real é adequadamente representado pelo modelo. Para essa verificação, são consultados especialistas na área a fim de avaliarem se as saídas dos modelos são aderentes ao que acontece no sistema real. Tal validação pode ser feita através da checagem do número de usuários que permanecem na fila (bem como na ocupação do salão) em determinados instantes do turno de serviço.

Etapa 4 – Simulação de cenários alternativos

Após a validação do modelo de simulação, diferentes cenários são testados a fim de identificar organizações alternativas com vistas à minimização dos tempos de espera dos

usuários e tamanho da fila. Os cenários a serem simulados são definidos considerando as propostas comumente sugeridas pelos funcionários do setor que não foram testadas na prática a fim de verificar os resultados. Além disso, os cenários testados devem ser plenamente aptos à sua implementação (ou seja, não foram gerados cenários cuja viabilização demandasse orçamentos não condizentes com a realidade da Universidade).

Por fim, avaliam-se os resultados gerados pela simulação dos diferentes cenários. Para tanto, avaliam-se métricas que incluem tempos de espera dos usuários, tamanhos das filas e percentual de ocupação do salão, dentre outros. Paralelamente, avaliam-se custos e exequibilidade de cada cenário testado.

3.4 Resultados

A primeira etapa do trabalho consistiu em observar o processo executado pelos usuários do restaurante a fim de identificar as atividades que poderiam ser classificadas como atividades-padrão, ou seja, executadas por um grande número de usuários. O processo foi resumido em seis passos - a cada passo é possível que o usuário encontre fila, tendo então que aguardar para realizar aquela atividade. O processo mapeado está ilustrado na Figura 8 e descrito a seguir.

- i. O usuário chega ao restaurante e aguarda na fila externa, caso ela exista. Caso contrário, o processo inicia no passo ii.
- ii. O usuário é atendido por um dos três funcionários que recebem os pagamentos das refeições (caixas) e em seguida se desloca para a próxima atividade;
- iii. O usuário seleciona o prato e os talheres que irá utilizar durante a refeição e se desloca para a próxima atividade;
- iv. O usuário se serve em um dos três *buffets* com os alimentos desejados e se desloca para a próxima atividade;
- v. O usuário seleciona um local para sentar-se e realizar sua refeição. Após o término da refeição, se desloca para a próxima atividade; e

- vi. O usuário descarta a sobra do alimento no lixo e deposita prato e talheres nas prateleiras da área de lavagem. Após isso, o usuário se desloca para a saída do restaurante.



Figura 8: Processo executado pelos usuários do restaurante

Fonte: Os autores

Depois de identificadas as atividades realizadas pelos usuários, foram coletadas amostras de tempos de ciclo de cada uma delas. O restaurante universitário estudado funciona no horário de almoço e da janta, sendo que o horário analisado foi o de almoço (das 11h às 13:30h). Cem amostras foram coletadas para cada atividade, sendo que a coleta iniciou sempre depois da primeira meia hora de funcionamento do restaurante, buscando encontrar o sistema em equilíbrio. As amostras foram coletadas de forma aleatória, buscando envolver todos os tipos de usuários (alunos, servidores e funcionários terceirizados) para absorver a maior variabilidade possível. Repetiu-se tal coleta durante vários dias para que não houvesse influência do cardápio do dia nos tempos de execução das atividades (principalmente as etapas de servir-se no *buffet* e descartar resíduos). Após testes, verificou-se que os tempos coletados não são ajustados por distribuições paramétricas. Por esse motivo, foram organizados através de distribuições discretas, conforme apresentado nas Tabelas 5 a 9 e, graficamente, nas Figuras 9 a 13.

Tabela 5: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “pagar refeição”

Frequência (%)	Tempo (s)
27,7	2,4
36,1	4,5
17,7	6,6
6,2	8,7
4,6	10,8
1,5	12,9
1,5	15,0
0,8	17,1
0,8	19,2
0,8	21,2
0,8	23,3
1,5	25,4

Fonte: Os autores

Tabela 6: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “escolher pratos e talheres”

Frequência (%)	Tempo (s)
21	4
20	6
17	8
19	10
8	12
6	14
5	16
2	18
1	20
1	22

Fonte: Os autores

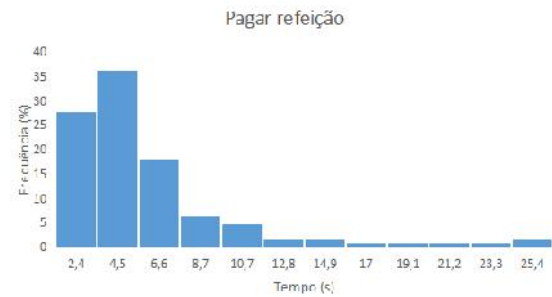


Figura 9: Histograma para "pagar refeição"

Fonte: Os autores



Figura 10: Histograma para "escolher pratos e talheres"

Fonte: Os autores

Tabela 7: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “servir-se no *buffet*”

Frequência (%)	Tempo (s)
6	53,8
21	69,4
23	85
26	100,6
14	116,2
4	131,8
5	147,4
1	194,2

Fonte: Os autores

Tabela 8: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “realizar a refeição”

Frequência (%)	Tempo (min)
13,87	8,2
17,82	11,6
17,82	14,9
23,76	18,3
9,9	21,6
7,92	24,9
4,95	28,3
0,99	31,6
1,98	35,0
0,99	38,3

Fonte: Os autores

Tabela 9: Distribuição de tempos de ciclo da atividade “descartar resíduos”

Frequência (%)	Tempo (s)
9,9	3,2
10,9	5,5
18,81	7,8
29,7	10,1
13,86	12,4
8,91	14,7
4,95	17,0
0,99	19,3
1,98	23,9

Fonte: Os autores

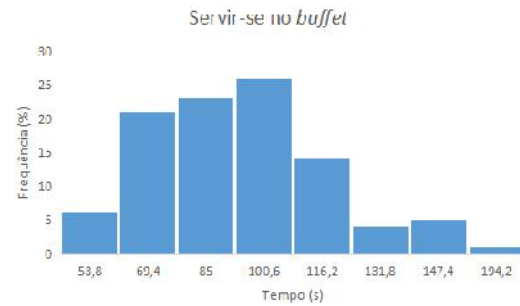


Figura 11: Histograma para "servir-se no *buffet*"

Fonte: Os autores

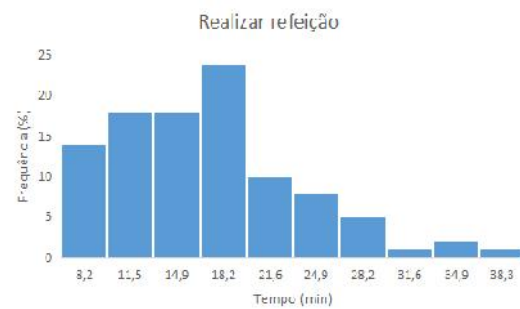


Figura 12: Histograma para "realizar a refeição"

Fonte: Os autores

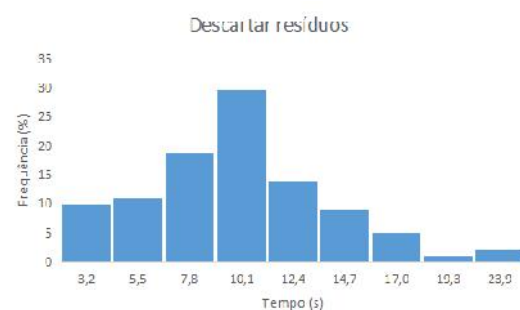


Figura 13: Histograma para "descartar resíduos"

Fonte: Os autores

Depois de coletadas as amostras de tempos de ciclo, buscou-se identificar, através de uma amostra, o perfil de chegada dos usuários ao restaurante. Essa taxa foi coletada utilizando intervalos de cinco minutos e está exibida na Tabela 10. Como esperado, o maior movimento ocorre em torno do meio-dia.

Tabela 10: Perfil de chegada de usuários

Intervalo	Chegada de usuários	Intervalo	Chegada de usuários	Intervalo	Chegada de usuários
10:30h - 11:00h	150	11:50h - 11:55h	103	12:40h - 12:45h	54
11:00h - 11:05h	66	11:55h - 12:00h	114	12:45h - 12:50h	33
11:05h - 11:10h	84	12:00h - 12:05h	132	12:50h - 12:55h	45
11:10h - 11:15h	92	12:05h - 12:10h	121	12:55h - 13:00h	54
11:15h - 11:20h	94	12:10h - 12:15h	113	13:00h - 13:05h	56
11:20h - 11:25h	103	12:15h - 12:20h	118	13:05h - 13:10h	67
11:25h - 11:30h	76	12:20h - 12:25h	78	13:10h - 13:15h	64
11:30h - 11:35h	73	12:25h - 12:30h	69	13:15h - 13:20h	76
11:35h - 11:40h	90	12:30h - 12:35h	46	13:20h - 13:25h	75
11:40h - 11:45h	100	12:35h - 12:40h	48	13:25h - 13:30h	53
11:45h - 11:50h	90				

Fonte: Os autores

Foi observado que existe fila desde antes da abertura do restaurante. Ou seja, pode-se considerar que há um “estoque” de itens a serem processados antes do início do funcionamento do sistema. Por esse motivo há na tabela 10 uma chegada de usuários entre 10:30h e 11h, que cria essa fila anterior à abertura do restaurante. Além disso, obteve-se junto ao setor responsável pelos RUs informações sobre a quantidade de usuários diária do restaurante analisado a fim de validar os dados coletados.

Com os dados inseridos no Promodel, foi realizada a modelagem do processo, o qual foi simulado durante duas semanas. Os resultados gerados foram comparados ao cenário real, para verificar a adequação (validação) do modelo. Após algumas alterações, o modelo foi considerado válido, mostrando-se adequado para o mapeamento do processo em estudo. A Figura 9 ilustra o *layout* gerado no *software*.

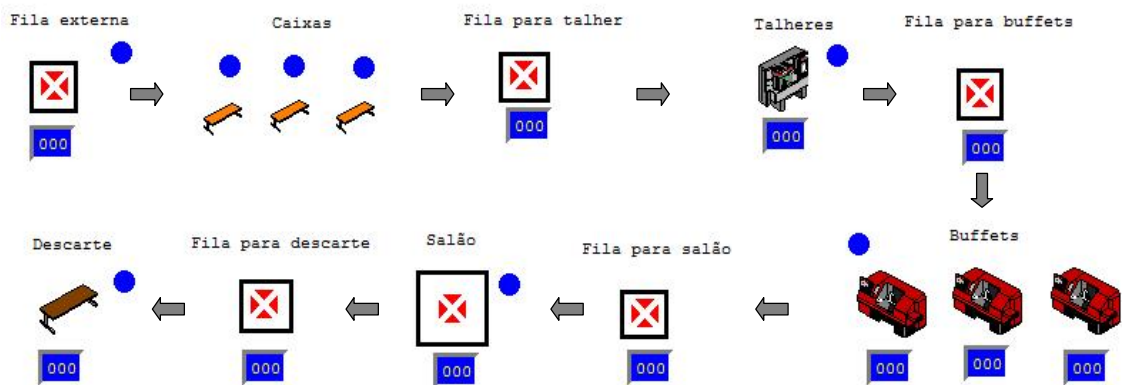


Figura 14: *Layout* gerado no *software* Promodel

Fonte: Os autores

Com o modelo validado, foram definidos os indicadores para comparação da situação atual com os cenários alternativos a serem simulados. Os indicadores escolhidos foram: (i) percentual de utilização do salão; (ii) tamanho médio da fila externa; (iii) tamanho máximo da fila externa; (iv) tempo de espera médio do usuário; e (v) custo da alteração. Com exceção dos valores do indicador (v), que foi obtido após consulta com especialistas e pesquisas na internet, os valores dos demais indicadores são obtidos através de dados fornecidos pelo próprio *software*. A Tabela 11 traz os indicadores coletados na simulação do cenário atual.

Tabela 11: Indicadores da situação atual

Indicadores	Atual
Utilização média do salão	55%
Tamanho médio da fila externa (usuários)	181,74
Tamanho máximo da fila externa (usuários)	591
Tempo de espera médio fila externa (min)	14,45
Tempo de espera médio total (min)	18,08
Custo alteração (R\$)	0
Custo recorrente - mensal (R\$)	0

Fonte: Os autores

O cálculo da utilização média do salão foi restrito ao período em que há entrada de usuários no restaurante (11h às 13:30h). Percebe-se que o processo de ocupação do salão se dá de forma desordenada, identificando-se como uma preferência da maioria dos usuários deixar um lugar vago ao seu lado (em vez de sentar-se imediatamente ao lado de alguém que já esteja à

mesa). Dessa forma, embora uma avaliação visual do salão sugira ocupação próxima à total, percebe-se que tais espaçamentos reduzem a efetiva utilização do salão.

O tamanho médio e máximo da fila também constituem-se em indicadores de relevância, visto que endereçam dimensões frequentemente citadas como insatisfatórias pelos usuários. Por mais que a velocidade de processamento da fila não seja tão lenta, visualmente causa uma impressão ruim aos usuários uma fila muito extensa.

Os tempos médios de espera dos usuários nas filas foram obtidos através da criação de rotinas específicas no Promodel (anexo B). Através deles é possível observar que o tempo médio de espera total é em torno de 18 minutos, sendo que 14 minutos são referentes à espera na fila externa. Esse tipo de espera pode causar ainda mais insatisfação dos usuários; tal aspecto é apontado como crítico por Hwang e Lambert (2008), visto que a espera pelo início da prestação do serviço tipicamente causa maior incômodo ao usuário do que a ocorrida após o início do serviço.

Concluída a simulação da situação atual e coletados os valores dos indicadores, foi iniciada a simulação de novos cenários, a fim de identificar configurações alternativas que possibilitassem aprimorar as características do serviço oferecido. Os seguintes cenários foram propostos e testados:

- Cenário 1 (C1): inclusão de um aparelho de *buffet* idêntico aos já existentes;
- Cenário 2 (C2): adição de um novo operador de caixa idêntico aos já existentes;
- Cenário 3 (C3): aumento da capacidade da estação onde se escolhem os talheres e pratos, dobrando a capacidade atual; e
- Cenário 4 (C4): cenários C1, C2 e C3 aplicados conjuntamente.

Uma alternativa à geração do cenário 4 é a utilização de projeto de experimentos para avaliar os efeitos da soma de todas alterações. Como esse tema não é o foco da pesquisa, o cenário 4 foi simulado no Promodel somando todas as alterações feitas nos cenários anteriores.

O detalhamento das modificações e ajustes demandados por cada cenário é agora apresentado; os indicadores resultantes de cada alternativa são discutidos na sequência. Ao iniciar a

construção do cenário 1 no Promodel, verificou-se que, na prática, não seria possível adicionar um novo aparelho de *buffet* sem que houvesse alterações estruturais no salão. Por esse motivo, o *layout* do restaurante foi analisado a fim de verificar a viabilidade da instalação do novo aparelho de *buffet* e os impactos que essa modificação causaria. De tal forma, avaliou-se a retirada de cinco mesas do salão – ocasionando a diminuição de vinte pessoas na capacidade total do salão – para instalação do novo aparelho de *buffet*. Dessa maneira, o cenário proposto apresenta duas modificações em relação ao formato atual: inclusão de um quarto aparelho de *buffet* e redução da capacidade do salão de 432 para 412 pessoas.

No cenário 2 houve a inclusão de um operador de caixa. Essa inclusão não causou impacto em nenhuma outra estação do restaurante.

Para o cenário 3, assim como ocorrido no cenário 1, há a necessidade de remoção de mesas para duplicar a capacidade da estação onde os usuários retiram talheres e pratos. Isso ocorre porque os utensílios são atualmente dispostos em uma grande prateleira encostada na parede, permitindo acesso por apenas um dos lados. A fim de dobrar a capacidade, a sugestão é que essa prateleira seja movida para o meio do corredor, possibilitando o acesso dos usuários por ambos os lados (atentando para o fato de que pratos e talheres sejam ofertados em quantidade suficiente para suprir esse fluxo). Dessa forma, o cenário 3 diferencia-se do arranjo atual pela capacidade duplicada da estação de retirada de pratos e talheres, bem como pela redução da capacidade do salão de 432 para 420 pessoas.

O último cenário agrega os três cenários testados anteriormente, a fim de verificar se as melhorias trazidas pela soma de todos se sobrepõem às melhorias de cada um individualmente. O cenário 4, portanto, apresenta um aparelho adicional de *buffet*, um operador adicional de caixa, capacidade duplicada da estação de retirada de pratos e talheres e capacidade do salão de 400 pessoas. Uma tabela comparativa entre a situação atual e os cenários testados é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12: Comparativo entre os diversos cenários simulados

Indicadores	Atual	C1	C2	C3	C4
Utilização média do salão	55%	62%	56%	57%	64%
Tamanho médio da fila externa (usuários)	181,74	31,27	161,69	171,43	19,02
Tamanho máximo da fila externa (usuários)	591	175	587	584	171
Tempo de espera médio fila externa (min)	14,45	3,78	12,26	12,57	4,4
Tempo de espera médio total (min)	18,08	4,89	15,63	16,05	6,32
Custo alteração (R\$)	0	4520	1200	1354	7074
Custo recorrente - mensal (R\$)	0	3800	2500	0	6300

Fonte: Os autores

Em relação aos indicadores de custos, percebe-se que, para os cenários 1, 2 e 4, além do custo de aquisição de novos equipamentos, há a necessidade de contratação de mão-de-obra. Por este motivo foram incluídos dois tipos de custos: custo da alteração, referindo-se à aquisição de equipamentos; e custo recorrente, referindo-se à mão-de-obra a ser contratada para atender ao novo formato (incidindo em aumento de gasto mensalmente).

Analisando-se os quatro cenários propostos, foi possível observar que:

- O cenário 1 trouxe uma melhoria significativa no fluxo do restaurante. O tamanho médio da fila externa reduziu em 83% e o tempo de espera médio total dos usuários em 73%. Esses valores são expressivos e tendem a ser facilmente percebidos pelos usuários. Além disso, a quantidade de usuários aguardando para ingressar no sistema no momento de maior acúmulo reduziu de 591 para 175, fato que, visualmente, pode trazer uma mudança na percepção dos usuários quanto à qualidade do serviço prestado.
- Os cenários 2 e 3 também apresentaram melhorias no processo, mas mais discretas do que as trazidas pelas alterações propostas no cenário 1. A redução do tamanho da fila externa não foi significativa, visto que, visualmente, a redução de vinte pessoas não tende a influenciar a decisão do usuário em ingressar na fila ou não. Já a redução do tempo de espera ficou em torno de 13% para o cenário 2 e 11% para o cenário 3. Apesar de serem reduções menores que aquelas apresentadas no cenário 1, esse aspecto pode alterar a percepção dos usuários, visto que o tempo de espera será reduzido em cerca de dois minutos e meio.

- O cenário 4 apresentou redução de quase 90% do tamanho médio da fila externa e de 65% no tempo de espera médio total. O valor máximo de usuários na fila externa foi de 171 pessoas. Essa opção apresentou vantagens semelhantes às obtidas no cenário 1, mas em relação ao tempo médio de espera, o ganho com o cenário 1 foi mais significativo.

Em relação à utilização do salão, nos quatro cenários analisados o valor variou entre 56% e 64%. Esses valores sugerem que, após as alterações propostas, não surgirão problemas de capacidade, pois o salão conseguirá absorver as mudanças sem prejuízos aos usuários.

Concluídas as análises, percebeu-se que os cenários 2 e 3 trazem melhorias que, na prática, não possuem potencial de alterar a satisfação do usuário de forma significativa. Caso se tratassem de alterações que não incorressem em custo, seriam válidas suas implementações. No entanto, como há necessidade de investimento, especialistas de processo entendem como não interessante a implementação dos dois cenários.

Por sua vez, os cenários 1 e 4 trazem melhorias significativas para o processo, e devem ser considerados como possibilidade real de alteração. Os dois cenários apresentam indicadores equivalentes no que concerne a tamanho de fila e tempo de espera. No entanto, a implantação e manutenção do cenário 4 seria substancialmente mais onerosa à Universidade do que a do cenário 1. Dessa forma, conclui-se que a melhor opção dentre os cenários testados e que atende aos objetivos do estudo (melhora no fluxo de usuários, redução nos tamanhos de filas e tempos de espera), é o cenário 1 (C1), o qual apoia-se na inclusão de um novo aparelho de *buffet* e na redução da capacidade do salão para 412 pessoas.

Após definição do melhor cenário dentre as alternativas avaliadas, o mesmo foi testado frente à elevação de demanda prevista para o horizonte futuro. Essa análise é importante a fim de identificar se o custo da alteração é justificável, trazendo melhorias no sistema por um período considerável de tempo. Os valores de demanda futura foram gerados utilizando o modelo de previsão de demanda mais adequado para os restaurantes universitários estudados identificado no artigo 1 desta dissertação. A previsão foi gerada de setembro de 2016 a junho de 2017 e é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13: Previsão de demanda para o período set/2016 a jun/2017

Mês	Demanda	Mês	Demanda
sep 2016	36136	feb 2017	10701
oct 2016	49070	mar 2017	45845
nov 2016	47492	apr 2017	50325
dec 2016	29017	may 2017	50749
jan 2017	12258	jun 2017	28208

Fonte: Os autores

Com base nestes dados, foi possível estimar o percentual de aumento médio da demanda de usuários frente à demanda atual, verificando-se um incremento de 18%. Assim, o perfil de chegada dos usuários foi ajustado em +18%, proporcionalmente distribuídos nos intervalos da Tabela 10. Os indicadores gerados nesta simulação, considerando o arranjo físico do cenário 1, são descritos na Tabela 14.

Tabela 14: Indicadores do cenário futuro simulado

Indicadores	Cenário futuro
Utilização média do salão	72%
Tamanho médio da fila externa (usuários)	105,99
Tamanho máximo da fila externa (usuários)	540
Tempo de espera médio fila externa (min)	8,01
Tempo de espera média total (min)	9,48

Fonte: Os autores

Percebe-se que, com o aumento da demanda, a eficiência do fluxo de atendimento de usuários no restaurante tende a reduzir quando comparado ao cenário C1, mas ainda acena como melhor do que o cenário atual. De tal forma, pode-se concluir que a ausência de melhorias no momento atual conduzirá o processo a uma situação insustentável no futuro, com tempos de espera e tamanho de filas demasiadamente longos.

Algumas percepções oriundas da simulação devem ser acrescentadas. Percebe-se que, tanto no cenário 1 quanto no cenário que considera aumento na demanda de usuários, os usuários podem ter dificuldade em encontrar local disponível às mesas para realizarem a refeição nos intervalos de maior fluxo de pessoas no restaurante, por conta do aumento da utilização do salão. Essa condição ocorre porque é comum o ingresso de grupos de usuários com a intenção de realizarem a refeição juntos à mesa. Como a utilização do salão estará aumentada, os

assentos vagos estarão em quantidade reduzida, tornando mais difícil a localização de quantidades maiores de assentos vagos próximos uns aos outros. Esse fato mostra que, apesar do salão ter a capacidade necessária para atendimento da demanda, na prática os usuários podem ter uma percepção equivocada e, inclusive, prejudicarem o fluxo de pessoas no restaurante por não estarem ocupando a capacidade disponível. Como nesses casos os usuários já estarão com suas bandejas na mão e com o alimento servido (ocasionando, portanto, uma espera bastante indesejada), sugere-se que os operadores de caixa, ao perceberem que existem pessoas aguardando para sentarem-se às mesas, impeçam a entrada de novos usuários ao restaurante até que o fluxo seja normalizado. Essa ação resultará em aumento do tempo de espera e tamanho da fila externa, mas por ser executada eventualmente e o tempo de sua duração ser curto, os prejuízos trazidos com a proposição da ação não devem impactar negativamente na percepção do usuário em relação ao serviço prestado.

Outra ação que pode ser executada a fim de reduzir a insatisfação dos usuários devido à dificuldade em encontrar locais vagos na quantidade e localização desejadas é a realização de uma campanha de conscientização a respeito das mudanças realizadas. Dessa forma, o usuário estaria ciente de que uma maior dificuldade para encontrar locais vagos é menos impactante do que os benefícios obtidos: redução de 73% no tempo médio de espera total e redução de 83% no tamanho médio da fila externa. Ao permitir que os usuários se apropriem dessas informações, a satisfação com o serviço deve aumentar, sobrepondo-se ao prejuízo causado pela menor disponibilidade de assentos.

Outra questão de cunho prático derivada do estudo é a possibilidade do aumento da demanda devido à melhoria do serviço prestado. Espera-se que, ao reduzir filas e tradicionais longos tempos de espera, as pessoas passem a ver o restaurante como boa opção para suas refeições (não somente no aspecto de baixo custo). Se isso ocorrer, é importante reavaliar a capacidade do restaurante, assim como gerar novas previsões de demanda.

3.5 Conclusão

Este artigo aplicou simulação computacional discreta para identificar, dentre diversos cenários alternativos, aquele que aprimora o fluxo de usuários através da redução do tamanho de filas e

tempo de espera em um restaurante universitário. Tal análise justifica-se pelo montante de insatisfação dos usuários do restaurante em relação àqueles quesitos (visto que a maior parte do público é composta por alunos, que possuem pouco tempo disponível para almoço devido aos horários das aulas).

Para atingir o objetivo proposto, inicialmente analisou-se o sistema para identificar as atividades executadas pelos usuários durante sua permanência no restaurante. Na sequência, foram coletadas amostras de tempo de ciclo de cada uma dessas atividades, bem como a taxa de chegada de usuários na fila. Gerou-se então um modelo de simulação no *software Promodel*, o qual foi validado; por fim, diferentes cenários possíveis de serem colocados em prática foram testados e avaliados com base em indicadores que incluíram tempo de espera, número de usuários na fila e ocupação do salão. Identificou-se então o cenário entendido como mais adequado à obtenção do objetivo proposto.

O cenário que apresentou melhor resultado, com base nos indicadores escolhidos, foi a alternativa que consistia na inclusão de um quarto aparelho de *buffet* e na redução da capacidade do salão em 20 lugares. Essa modificação reduz em 83% o tamanho médio da fila externa e em 73% o tempo médio de espera total. Ao ser testado para verificar o desempenho em um cenário futuro com aumento de demanda previsto, tal arranjo ainda se mostrou viável e com desempenho melhor do que o cenário atual. Dessa forma, conclui-se que a alteração do *layout* do restaurante para o cenário 1 proposto é válido e possibilita melhorias no fluxo de usuários e redução nos tamanhos de fila e tempos de espera no restaurante. Tais resultados são benéficos para os usuários e também para a administração, visto que as reclamações e insatisfações serão reduzidas.

Referências

ADENSO-DÍAZ, B.; GONZÁLEZ-TORRE, P.; GARCÍA, V. A capacity management model in service industries. *International Journal of Service Industry Management*, v. 13, n. 3, p. 286-302, 2002.

ARENALES, M. et al. Pesquisa operacional – para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 524p.

BAEK, S. H.; HAM, S.; YANG, I. S. A cross-cultural comparison of fast food restaurant selection criteria between Korean and Filipino college students. *International Journal of Hospitality Management*, v. 25, n. 4, p. 683-698, 2006.

CORRAR, L. J. et al. Pesquisa operacional – para decisão em contabilidade e administração. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 496p.

FIELD, A.; MCKNEW, M.; KIESSLER, P. A simulation comparison of buffet restaurants: Applying monte carlo modeling. *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, v. 38, n.6, p. 69-79, 1997.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. Administração de serviços – Operações, estratégia e tecnologia da informação. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 584p.

GARG, A. Mechanic clues vs. humanic clues: student's perception towards service quality of fast food restaurants in Taylor's University Campus. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 144, p. 164-175, 2014.

GUL, M.; GUNERI, A. F. A comprehensive review of emergency department simulation applications for normal and disaster conditions. *Computers & Industrial Engineering*, v. 83, p. 327-344, 2015.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. Introdução à pesquisa operacional. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1988. 805p.

HOGARTH, R. M.; SOYER, E. Providing information for decision making: contrasting description and simulation. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, v. 4, n. 3, p. 221-228, 2015.

HWANG, J.; GAO, L.; JANG, W. Joint demand and capacity management in a restaurant system. *European Journal of Operational Research*, v. 207, n. 1, p. 465-472, 2010.

HWANG, J.; LAMBERT, C. U. The interaction of major resources and their influence on waiting times in a multi-stage restaurant. *International Journal of Hospitality Management*, v. 27, n. 4, p. 541-551, 2008.

JIMÉNEZ-GARCÍA, J. A. et al. Material supply system analysis under simulation scenarios in a lean manufacturing environment. *Journal of Applied Research and Technology*, v. 12, n. 5, p. 829-838, 2014.

KIM, W. K. et al. Simulation model for extended doubled-ended queueing. *Computers & Industrial Engineering*, v. 59, n. 2, p. 209-219, 2010.

KOKKINO, A.; CRANAGE, D. A. Using self-service technology to reduce customer waiting times. *International Journal of Hospitality Management*, v. 33, p. 435-445, 2013.

LI, J.; ZHANG, H. M. A generalized queueing model and its solution properties. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 79, p. 78-92, 2015.

LUO, W. et al. Impact of process change on customer perception of waiting time: a field study. *Omega*, v. 32, n. 1, p. 77-83, 2004.

PRAGER, F. et al. Economy-wide impacts of reduce wait times at U.S. international airports. *Research in Transportation Business & Management*, v. 16, p. 112-120, 2015.

ROY, D.; BANDYOPADHYAY, A.; BANERJEE, P. A nested semi-open queueing network model for analyzing dine-in restaurant performance. *Computers & Operations Research*, v. 65, p. 29-41, 2016.

SILVA, J. E. O.; PACHECO, A. S. V.; BERNARDES, J. F. Estoques no serviço público: um estudo de caso no almoxarifado central da Universidade de Santa Catarina. In: IX COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO UNIVERSITÁRIA NA AMÉRICA DO SUL, 2009. Florianópolis.

VASS, H.; SZABO, Z. K. Application of queueing model to patient flow in emergency department. Case study. *Procedia Economics and Finance*, v. 32, p. 479-487, 2015.

YIN, R. K. Estudo de caso – Planejamento e métodos. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXO B – rotinas criadas no Promodel para obtenção dos tempos médios dos usuários
nas filas

Atributos criados:

aStartTime = clock(), referente ao ingresso na fila externa;

bStartTime = clock(), referente ao ingresso na “fila talher”;

cStartTime = clock() referente ao ingresso na “fila *buffer*”.

Variáveis criadas:

TempoCiclo; TempoMédio; TempoTotal; Total; TempoCiclo2; TempoMédio2; TempoTotal2;
Total2; TempoCiclo3; TempoMédio3; TempoTotal3; Total3

Rotinas criadas:

Chegada nos caixas:

TempoCiclo = clock() - aStartTime

inc TempoTotal, TempoCiclo

if TempoCiclo > 0 then

inc Total

TempoMedio = TempoTotal/(Total+1)

Chegada na estação de escolha de pratos e talheres:

TempoCiclo2=clock()-bStartTime

inc TempoTotal2, TempoCiclo2

if TempoCiclo2 > 0 then

inc Total2

$\text{TempoMedio2} = \text{TempoTotal2}/(\text{Total2}+1)$

Chegada nos *buffets*:

$\text{TempoCiclo3} = \text{clock}() - \text{cStartTime}$

inc TempoTotal3, TempoCiclo3

if TempoCiclo3 > 0 then

inc Total3

$\text{TempoMedio3} = \text{TempoTotal3}/(\text{Total3}+1)$

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns serviços de apoio prestados pelas universidades federais brasileiras são muito importantes para auxiliar na permanência dos alunos nas universidades. Por esse motivo, é importante que esses serviços sejam prestados de forma satisfatória. No entanto, por não possuírem o mesmo nível de atenção por parte da administração que os serviços finalísticos recebem, esses serviços costumam ser executados de forma ineficiente, sem procedimentos formais de controle operacional.

O objetivo deste estudo foi propor alterações visando aprimorar o funcionamento de restaurantes universitários, através da aplicação de ferramentas e conceitos da engenharia de produção - especialmente das áreas de planejamento e controle da produção e pesquisa operacional. Para tanto, o primeiro artigo buscou identificar o modelo de previsão mais adequado à demanda dos restaurantes estudados para, na sequência, propor a utilização de relatório MRP para adequar a política de solicitação de pedidos ao fornecedor. As atividades foram operacionalizadas em quatro etapas: (i) coleta e análise dos dados históricos de demanda; (ii) modelagem das séries históricas obtidas no passo (i) com base nos modelos preditivos; (iii) elaboração da matriz BOM de uma refeição padrão e; (iv) geração do relatório MRP utilizando as informações obtidas nos passos anteriores.

Dentre os modelos avaliados no artigo 1, percebeu-se que o modelo de *Holt-Winters* multiplicativo conduziu ao menor valor de MAPE, sendo recomendado para geração das previsões de demanda das refeições. Ao gerar o relatório MRP, identificaram falhas na forma com que a solicitação de pedidos é feita atualmente. Além disso, o relatório se mostrou adequado para gerenciamento de pedidos dos itens arroz, feijão e massa. Para que o relatório possa ser utilizado de forma completa, englobando a totalidade dos produtos fornecidos, é necessário que sejam inseridas todas as preparações elaboradas pelo restaurante universitário - e não apenas aquelas pertencentes à “refeição padrão”.

O segundo artigo abordou o uso da simulação computacional como ferramenta para analisar arranjos físicos alternativos de um restaurante universitário, buscando identificar uma opção que aprimorasse o fluxo de usuários. Essa análise foi realizada em quatro etapas: (i)

análise do sistema a fim de identificar as atividades executadas pelos usuários; (ii) coleta da duração da execução de cada atividade identificada na etapa anterior (através de amostragem) e coleta da taxa de chegada de usuários ao sistema; (iii) construção e validação do modelo em um *software* de simulação e; (iv) simulação de cenários alternativos para comparação com base em indicadores definidos.

Dentre os cenários simulados, o que apresenta melhor desempenho é o cenário que inclui um quarto aparelho de *buffet* no restaurante e a redução da capacidade do salão em 20 lugares. Esse cenário também se mostrou robusto para atender a demanda futura prevista obtida no artigo 1 dessa dissertação, com desempenho melhor do que a situação atual. Dessa forma, conclui-se que o rearranjo físico do sistema pode trazer melhorias no fluxo de usuários.

De acordo com os objetivos descritos no capítulo 1 deste trabalho, conclui-se que os mesmos foram atingidos de forma satisfatória, pois se identificaram propostas viáveis de alterações nos restaurantes universitários que, ao serem implementadas, trarão melhorias aos seus funcionamentos, tanto em termos do aprimoramento da política de solicitação de pedidos ao fornecedor, quanto na melhoria do fluxo de usuários no sistema.

Futuros estudos incluem: (i) identificação de todas as preparações elaboradas pelos restaurantes a fim de obter um relatório MRP completo; (ii) busca de informações oriundas dos outros cinco restaurantes a fim de identificar possíveis variações entre eles; e (iii) extensão da análise do arranjo físico realizada no artigo 2 aos demais restaurantes, visando ao aprimoramento de toda a rede de restaurantes da Universidade.