

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À ENGENHARIA
E GESTÃO

FREDERICO LOPES FIUZA

UMA PROPOSTA BASEADA EM UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA MITIGAR A
RUPTURA DO VAREJO FARMACÊUTICO NO MOMENTO DA ESCOLHA E
COMPRA DO CLIENTE

CAMPOS DOS GOYTACAZES

SETEMBRO – 2020

FREDERICO LOPES FIUZA

UMA PROPOSTA BASEADA EM UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA MITIGAR A
RUPTURA DO VAREJO FARMACÊUTICO NO MOMENTO DA ESCOLHA E
COMPRA DO CLIENTE

Projeto de Dissertação submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Área de Concentração em Sistemas Computacionais.

ORIENTADOR: FREDERICO GALAXE PAES

CAMPOS DOS GOYTACAZES

SETEMBRO – 2020

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

F565p Fiuza, Frederico
UMA PROPOSTA BASEADA EM UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO
PARA MITIGAR A RUPTURA DO VAREJO FARMACÊUTICO NO
MOMENTO DA ESCOLHA E COMPRA DO CLIENTE / Frederico Fiuza
- 2018.
56 f.: il. color.

Orientador: Frederico Paes

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Campos dos
Goytacazes, RJ, 2018.
Referências: f. .

1. Mercado farmacêutico. 2. Ruptura do varejo. 3. Varejo de
farmácias. I. Paes, Frederico, orient. II. Título.

FREDERICO LOPES FIUZA

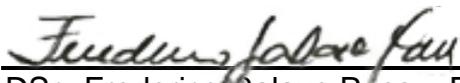
UMA PROPOSTA BASEADA EM UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA MITIGAR A
RUPTURA DO VAREJO FARMACÊUTICO NO MOMENTO DA ESCOLHA E
COMPRA DO CLIENTE

Projeto de Dissertação submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Área de Concentração em Sistemas Computacionais.

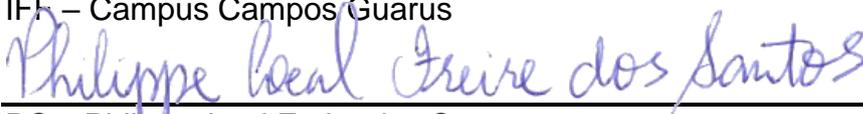
Aprovada em: 31 de marco de 2020.
Comissão Examinadora:



DSc. Carlos Leonardo Ramos Póvoa
UENF – CCT



DSc. Frederico Galaxe Paes – Presidente da Banca (Orientador)
IFF – Campus Campos Guarus



DSc. Philippe Leal Freire dos Santos
IFF – Campus Campos Centro

CAMPOS DOS GOYTACAZES

SETEMBRO – 2020

Dedico este trabalho ao meu pai, Ailton Souza Fiuza (in memoriam) que nos deixou apenas fisicamente enquanto eu o redigia, pelo seu maior ensinamento legado aos seus filhos: Lutar de pé sempre até o último suspiro e nunca se render.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo por ter enchido a terra da sua glória e ter colocado no coração de alguns homens o ardente desejo de compreender esse universo imbuindo os mesmos de capacidade cognitivas sem igual. Esses destoam dos demais pois de forma graciosa tem o privilégio de contemplar e entender parcialmente a Glória do Criador na sua criação.

Agradeço aos meus pais por seus esforços para me legar o que de melhor poderiam e que me ajudaram a manter: a honestidade que me impele ser um perseguidor inveterado da verdade; a coragem para não temer falar sobre a verdade uma vez descoberta mesmo ante a alguns perigos; a temperança a qual ainda estou aprendendo para saber que nem sempre é necessário expor o que penso e a integridade que me capacita manter como pilares os ensinamentos e princípios que recebi.

Agradeço a minha esposa e filhas que me ajudam e me dão forças para continuar as minhas pelejas mesmo ante as agruras que se erguem. Por tais estou disposto a enfrentar os exércitos do mundo e vencê-los se preciso for.

Agradeço aos meus amigos que me deram voto de confiança e nutrem uma amizade numa troca salutar de sabedorias que fazem de mim uma pessoa melhor.

Agradeço ao Frederico Galaxe e ao Henrique da Hora que cumprem o papel de verdadeiros educadores que não desistem do orientando por menos auspicioso que ele venha parecer.

RESUMO

A ruptura do varejo, isto é, quando o cliente não encontra o produto desejado, é um dos maiores causadores de evasão de clientes. O mercado farmacêutico em plena expansão não está ileso a esse problema que é comum as cadeias de estabelecimentos varejistas. O objetivo deste trabalho é propor uma solução para mitigar a ruptura do varejo farmacêutico com o propósito de garantir uma compra mais assertiva para o cliente. Foi elaborado um modelo de Programação Linear Inteira (PLI) para obter a alocação ótima dos produtos às farmácias, minimizando o custo da cesta de produtos. O modelo foi resolvido utilizando o *solver* IBM ILOG® CPLEX®, sendo encontradas as soluções ótimas para todas as instâncias testadas com tempos de processamento inferiores a um segundo, validando o modelo proposto.

Palavras-chave: Mercado farmacêutico; Ruptura do varejo; Varejo de farmácias.

ABSTRACT

The breakdown of the retail, when the customer does not find the desired product, is one of the biggest cause of customer evasion. The expanding pharmaceutical market is not unscathed from this problem common to other chains of retail establishments. The objective of this work was to propose a solution to mitigate the rupture of pharmaceutical retail in order to guarantee a more assertive purchase for the client. A integer linear programming model was developed to obtain the optimal allocation of products to pharmacies, minimizing the cost of the products. The model was solved using IBM® ILOG® CPLEX® solver, and the optimal solution has been found for all tested instances with processing times less than one second, validating the proposed model.

Key words: Pharmaceutical Market; Pharmaceutical retails; Breakdown of retail.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia de suprimentos da área farmacêutica.	11
Figura 2 - Expressão fórmula canônica de problemas de Programação Linear.	18
Figura 3 - Fórmula de exemplo de um problema de programação linear.	20
Figura 4 – Modalidade venda presencial.	24
Figura 5 - Resultado <i>Google Trends</i>	25
Figura 6 - Modalidade de encomenda por comunicação de dado e voz.	26
Figura 7 - Modalidade de encomenda, compra por solução de terceiros.	27
Figura 8 - Modalidade por encomenda, modelo otimizado.	33
Figura 9 - Etapas para solução.	35
Figura 10 - Divisão das tecnologias por fases.	36
Figura 11 - Modelo de arquitetura tecnológica.	38
Figura 12 – Parâmetros envolvidos em uma alocação de n produtos a m farmácias.	42
Figura 13 - Dados da Instância F5_n7m10.	44
Figura 14 - Tempo de resposta em função do número de chamadas do CPLEX.	46
Figura 15 - Comparativo de tempo das chamadas sequencial e <i>Multrithread</i>	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre canais.	32
Tabela 2 - Tamanhos das instâncias geradas.	44
Tabela 3 - Resultado dos testes computacionais.....	45

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Apresentação.....	9
1.2 Objetivo.....	10
1.3 Problema de Pesquisa.....	10
1.4 Justificativas.....	10
1.5 Estrutura do trabalho.....	13
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Introdução.....	14
2.2 Indústria Farmacêutica.....	14
2.3 Ruptura do Varejo.....	15
2.4 Gestão de Processo de Negócios.....	16
2.5 Modelos de Programação Matemática.....	17
CAPÍTULO III – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	21
3.1 Introdução.....	21
3.2 Tipo de Pesquisa.....	21
3.3 Etapas Iniciais da Pesquisa.....	21
3.3.1 Etapa 1 – Processos para aquisição no varejo farmacêutico.....	23
3.3.1.1 Venda Presencial.....	23
3.3.1.2 Venda Remota.....	24
3.3.2 Etapa 2 – Canais de venda.....	27
3.3.3 Etapa 3 – Popularidade das soluções de terceiros.....	28
3.3.4 Etapa 4 – Interações do cliente.....	28
3.3.5 Etapa 5 – Modelo de otimização.....	28
3.4 Análises.....	29
3.4.1 Direto presencial.....	30
3.4.2 Comunicação de Dados e Voz.....	30
3.4.3 Consulta Remédio.....	31
3.4.4 Farmácia App.....	31
3.5 Proposta.....	32
CAPÍTULO IV – ARQUITETURA DA SOLUÇÃO.....	34
4.1 – Introdução.....	34
4.2 – O Aplicativo Pediufarma®.....	34
4.3 – A arquitetura tecnológica.....	34
CAPÍTULO V – MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO.....	39
5.1 – Introdução.....	39

5.2 – Revisão da Literatura	39
5.3 – Apresentação do problema	41
5.4 – Testes computacionais	43
CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES	50

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O crescimento do mercado farmacêutico nas últimas décadas tem sido impulsionado pelos medicamentos genéricos (GOMES et al., 2014, p. 97). Além disso, o Brasil possui um elevado gasto com medicamentos, principalmente nas famílias de menor renda (FIUZA; LISBOA, 2001), causando um impacto significativo no orçamento de milhões de lares e criando um cenário propício para a livre concorrência de mercado, onde a busca pelo medicamento que esteja disponível pelo menor preço, se torna cada vez mais frequente e relevante.

Apesar de ser um mercado competitivo e maduro ainda é comum acontecer as rupturas do varejo, ou seja, um cliente procurar um produto e não o encontrar. Já se fizeram estudos e propostas para resolver essa questão de ruptura num esforço conjunto entre distribuidoras de medicamentos e os pontos de vendas, as farmácias.

Nesse cenário, onde os estabelecimentos possuem produtos idênticos tornando o mercado muito mais competitivo, o diferencial repousa no estabelecimento que possua o item desejado a pronta entrega, pelo menor preço, que seja facilmente solicitado através de seus canais de vendas e que o produto chegue as mãos do cliente o mais breve possível.

Para melhor entendimento, a presente pesquisa propôs classificar e dividir as etapas do processo de venda do varejo, a saber: venda presencial ou venda remota, sendo a última classificada pela maneira como se comunica a intenção de compra, ou seja, comunicação de voz ou dados. Em seguida, buscou-se no mercado como os estabelecimentos estão realizando os processos de venda e por quais canais com o intuito de propor um meio que possa permitir a mitigação de ruptura através do cliente.

Uma vez conhecido os processos e identificado os gargalos para a formação da cesta de compras (produtos de diferentes estabelecimentos em um único pedido) a presente pesquisa propôs um modelo matemático capaz de minimizar o preço para o consumidor final levando em consideração as restrições de venda dos estabelecimentos, frete, disponibilidade de valor mínimo para pedido.

1.2 Objetivo

Esta pesquisa tem como objetivo propor uma solução que garanta ao cliente uma maior confiabilidade de encontrar o(s) produto(s) que deseja, pelo menor preço, provenientes de diversos estabelecimentos farmacêuticos num único pedido e através de um canal de venda que proporcione mais comodidade. Acredita-se que listando e estudando os principais canais de venda ou canais de marketing, que são um conglomerado de organizações interdependentes inseridas em atividades com objetivo de disponibilizar um produto ou serviço para consumo (COUGHLAN et al., 2011), e aplicar um modelo matemático de otimização na cesta, pode-se apontar o melhor de cada um deles e assim definir o modelo mais adequado.

1.3 Problema de Pesquisa

Apesar de ser um mercado maduro e pujante, isso não é garantia que esteja livre de problemas comuns da cadeia do varejo, tais como: atraso de entrega, falta de matéria prima, rupturas (*stock-out*); sendo que esse último é um dos que causa maior evasão de clientes à concorrência.

Estima-se que quase 60% dos clientes vão procurar em concorrentes e que, aproximadamente, em torno de 3% desistam da compra (GOUVÊA; BIAZZI, 2007). Podemos, assim, inferir que quando um cliente desse mercado toma a decisão de consumir um produto, ele irá fazer em mais de 90% dos casos.

Assim sendo, como garantir que o cliente sempre achará o produto desejado pelo menor preço? Ou ainda, como alocar os produtos desejados às farmácias de modo que se tenha esse menor preço, respeitando as restrições de estoque delas? Este último questionamento nos remete ao campo da Pesquisa Operacional, onde tanto métodos exatos como heurísticos estão disponíveis para serem aplicados ao problema.

1.4 Justificativas

A indústria farmacêutica mundial vem passando por mudanças importantes no que se refere ao perfil de demanda dos produtos, nas competências tecnológicas e no cenário competitivo, motivando as empresas do setor a adotar novas estratégias (GOMES et al., 2014, p. 98).

O Brasil está inserido no contexto global da indústria farmacêutica como um dos mercados mais dinâmicos da última década, onde apresenta taxas de

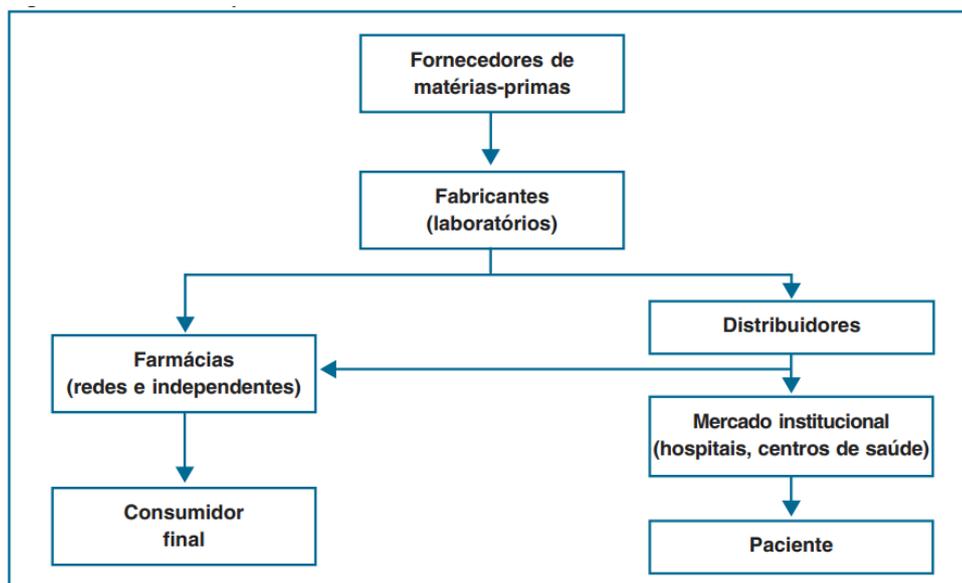
crescimento de dois dígitos. Tal crescimento foi impulsionado pelos medicamentos genéricos e pela ascensão de novos consumidores (GOMES et al., 2014, p. 98).

Como mencionado por Gomes *et al.* (2007, p. 97), o mercado farmacêutico brasileiro cresceu de forma acelerada na última década, em grande parte pelos medicamentos genéricos. Com isso, um novo cenário de concorrência se desenha para a indústria e esta perspectiva reforça a importância das indústrias farmacêuticas do país em revisar as estratégias empresariais para um posicionamento mais competitivo.

Neste cenário, as estratégias comerciais, em especial de inovação tecnológica, ganham uma relevância particular na disputa por diferenciação de produto e geração de valor para as empresas, os pacientes e sistemas de saúde (GOMES et al., 2014, p. 98–99).

Numa cadeia de logística do mercado farmacêutico que se inicia nos fornecedores de matéria prima e em sequência, fabricantes (laboratórios), distribuidores, farmácias em redes e farmácias independentes a ruptura pode ocorrer em qualquer dos “*players*” dessa “*supply chain*”. Num estudo realizado o maior gargalo ocorreu num distribuidor e a maior causa foi “demora para pedir” (GALINDO; DE OLIVEIRA, 2013) representando 39% da quebra na cadeia de suplementos enquanto a farmácia ou varejista correspondia apenas a 2% dessa quebra com a causa “cliente impossibilidade de comprar”, ficando em 8º das causas de ruptura no estudo.

Figura 1 - Cadeia de suprimentos da área farmacêutica.



Fonte: (MACHLINE; AMARAL JÚNIOR, 1998)

Apesar da farmácia ter tido um impacto pequeno na quebra da cadeia de suplementos de insumos farmacêuticos que vai desde o fornecedor de matéria prima até o consumidor final, é na farmácia ou varejista onde o consumidor final sente 100% do impacto da ruptura pois é nele o ponto de interação do deste consumidor com toda a cadeia de suplementos.

O cliente do mercado farmacêutico, ao não encontrar o produto desejado, pode decidir comprar o genérico. Não havendo este, o mesmo pode decidir procurar em outra drogaria (GOUVÊA; BIAZZI, 2007, p. 23).

De acordo com (GOUVÊA; BIAZZI, 2007) ganhar e manter os clientes satisfeitos é o propósito dos negócios, sendo o lucro o resultado final da satisfação dos clientes. Ainda de acordo com os autores, se os clientes insatisfeitos deixarem de comprar os produtos de uma empresa, ela poderá fracassar. A ruptura é um dos fatores que pode gerar insatisfação no consumidor final visto que terá mais trabalho para buscar o item desejado.

No estudo de Gouvêa e Biazzi (2007), onde 106 consumidores de uma drogaria foram entrevistados, obtiveram o seguinte resultado ao serem questionados sobre seu comportamento na situação de não haver encontrado o produto desejado na drogaria:

- 59,3% procuraria em outra drogaria;
- 21,3 % compraria produto genérico;
- 2,8 % apenas desistiria da compra.

Ademais, num relatório extraído do aplicativo *Pediufarma*®¹ feita entre os dias 01/01/2020 e 01/09/2020 mostrou que em média 43% de uma compra realizada contém mais de um item por pedido.

- 56,09% contém apenas 1 item;
- 23,11% contêm 2 itens;
- 8,45% contêm 3 itens;
- 4,91% contêm 4 itens;
- 7,44% contêm 5 itens ou mais;

¹ *Pediufarma*® é o nome do aplicativo de marca registrada desenvolvido como resultado desta pesquisa, atualmente em operação. Outras funcionalidades do aplicativo estão sendo implementadas com previsão de conclusão em Dezembro de 2020. Link <http://onelink.to/pediufarma>

Visto que a ruptura do varejo afeta frontalmente o consumidor final e este uma vez que toma a decisão de compra ele só desiste em quase 3% dos casos e que em torno de 41% da sua cesta compra contém mais de um produto é imprescindível dispor para esse cliente os lugares que possuam os itens desejados e que sua cesta de compra possa sofrer uma otimização por algum modelo matemático aderente que obedeça as restrições de cada estabelecimento.

1.5 Estrutura do trabalho

Esta pesquisa está dividida da seguinte maneira:

No Capítulo II é apresentado o referencial teórico sobre o tema abordado, apresentando dados sobre a indústria e mercado farmacêutico e sobre ruptura de varejo nesse mercado.

No Capítulo III a pesquisa é classificada e os procedimentos metodológicos usados para lograr êxito na mesma é descrito.

No Capítulo IV os procedimentos propostos no capítulo III são aplicados trazendo informações sobre os diversos processos que permeiam os canais de venda do mercado farmacêutico e uma análise sobre esses dados é apresentada.

No Capítulo V é apresentado a arquitetura tecnológica do PediuFarma® e como ele se propõe a resolver o fruto desta pesquisa.

No Capítulo VI é feito um estudo e proposta do modelo matemático que a pesquisa aponta como uma solução para otimizar a cesta de compras.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica para efeito de embasamento teórico. E nas seções seguintes são apresentados conceitos e definições da indústria farmacêutica e de ruptura do varejo.

2.2 Indústria Farmacêutica

Segundo (FIUZA; LISBOA, 2001) os gastos com medicamentos têm crescido nas últimas décadas a taxas elevadas nos países desenvolvidos.

No Brasil, o alto gasto com medicamentos no consumo das famílias, principalmente nas de classe econômicas mais carentes, e os reajustes de preço, normalmente acima dos índices de inflação, mantiveram a indústria farmacêutica como alvo de intenso debate (FIUZA; LISBOA, 2001, p. 1).

De acordo com Fiuza e Lopes (2001, p. 2) a indústria farmacêutica caracteriza-se por elevados investimentos em pesquisa e desenvolvimento, o que gera um ritmo elevado de inovações. Desde a Segunda Guerra Mundial que a indústria farmacêutica caracteriza-se por investimentos maciços e crescentes em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), gerando além de um elevado ritmo de inovação, lançamentos de novos produtos (FIUZA; LISBOA, 2001, p. 16)

Outra característica dessa indústria é que seus produtos são utilizados para doenças, sendo assim, um medicamento ineficaz pode não só apresentar o risco de ser cara demais para sua qualidade desbalanceando desfavoravelmente o custo benefício para o consumidor final, mas também o risco de trazer uma reação adversa, e ainda mais, ser ineficaz no tratamento para o paciente (FIUZA; LISBOA, 2001, p. 8).

De acordo com o Anuário Estatístico do Mercado Farmacêutico (“Anuário Estatístico do Mercado Farmacêutico - 2018 - cosmetovigilancia - Anvisa”, [s.d.]) o mercado industrial farmacêutico movimentou mais de R\$ 76,3 bilhões distribuídos por 4,6 bilhões de embalagens comercializadas. De acordo com o mesmo relatório essa indústria sofre com algumas características de mercado, tais como baixa

elasticidade de demanda², barreiras a novos entrantes e forte assimetria a informações.

O Anuário mostrou ainda que os medicamentos novos apresentam maior representatividade no mercado com um faturamento de mais de R\$ 28 bilhões, embora venha apresentando uma queda na fatia de participação desde 2016 onde detinha 39,4% para 37% em 2018.

Outro relatório conhecido como Guia Interfarma da Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa (“Guia 2019: Apresentação”, [s.d.]), prevê que nos próximos anos haverá um aumento mundial no consumo de medicamentos, incluindo o mercado brasileiro. A estimativa é que em 2023 o mercado farmacêutico brasileiro deva movimentar mais US\$ 43 bilhões, o que possivelmente fará com que o Brasil ganhe duas posições no ranking mundial do mercado saltando da sétima posição para a quinta posição.

2.3 Ruptura do Varejo

Evitar qualquer prejuízo no ponto de venda é essencial para as indústrias e varejistas. Um dos maiores gargalos de perda é a ruptura no varejo. De forma sucinta, a ruptura é a indisponibilidade de um determinado produto no ponto de venda (LEÃO, 2017).

A ruptura é um problema corriqueiro em boa parte dos pontos de venda, e que não deveria ser. Assim sendo, o controle de ruptura é um desafio constante para o setor varejista (TRADEFORCE, 2018).

As consequências da ruptura podem ser bem significativas, como, por exemplo, o consumidor pode adiar a compra, substituir o produto por outro semelhante, comprar de estabelecimento concorrente, o que leva a uma perda de venda e dificuldade na fidelização dos clientes (TRADEFORCE, 2018).

O controle da ruptura pode ser alcançado com a implantação de algumas ações importantes (TRADEFORCE, 2018), a saber:

1. Rever o sortimento da loja;
2. Adotar novas técnicas de reposição;
3. Implantar sistemas eletrônicos de controle;

² Elasticidade da demanda ou elasticidade de demanda mostra o quanto uma variação percentual do preço de um determinado produto ou serviço afeta a demanda por esse bem ou serviço (PIOLA; VIANNA, 1995).

4. Realizar auditorias e inventários periodicamente.

2.4 Gestão de Processo de Negócios

Também conhecido por sua sigla em inglês, BPM (*Business Process Management*) concebe uma nova forma de visualizar as operações de negócios indo além da tradicional estrutura por funções (ABPMP, 2013). Essa abordagem compreende e organiza todo o trabalho que precisa ser desempenhado do processo para entregar o produto ou serviço independente das áreas funcionais ou localizações que estejam envolvidas.

A gestão de processo de negócio, doravante BPM, possui uma abordagem *top down*, (de cima para baixo), onde os níveis mais altos e por isso mais abstratos representam os macroprocessos, passando para os níveis menor começando por processos, subprocessos indo até um nível mais baixo chamado de atividades.

O BPM agrega valor ao negócio trazendo benefício para o mesmo diretamente em 04 (quatro) grupos: organização, cliente, gerência, ator de processo (ABPMP, 2013).

Citando alguns exemplos de benefícios, para a organização ele beneficia numa clareza de definições e responsabilidades, permite acompanhar desempenho de forma mensurável que ajudam melhorar o controle de custos, qualidade num modelo de aperfeiçoamento contínuo. Para o cliente há um impacto positivo os colaboradores atendem melhor as expectativas e os compromissos com clientes são mais bem controlados. A gerência por sua vez consegue melhorar o planejamento e projeções, otimiza o desempenho tem métricas para *benchmarking* interno e externo das operações. Os atores dos processos, os responsáveis pelas execuções das atividades atreladas ao mesmo, ganham maior segurança e ciência sobre as responsabilidades, tem maior compreensão de um todo e podem contribuir para maiores resultados da organização.

Com a modelagem dos processos de um quadro atual “*As Is*”, é possível identificar onde estão acontecendo os gargalos. Gargalos são restrições de uma capacidade que gera uma fila, uma dificuldade de escoamento da demanda no negócio como um todo (ABPMP, 2013). Dessa forma é possível analisar as causas se são externas ou internas podendo-se inferir se são um subdimensionamento de recursos humanos ou equipamentos bem como política ou processos ineficazes.

Quando usado o BPM é capaz de apontar novas formas de se obter melhores resultados, de forma mais eficiente ou rápida.

Num estudo sobre uma distribuidora de medicamentos o BPM foi capaz de gerar uma nova forma de efetuar distribuição de produtos novos na empresa, padronizar o processo, identificar de erros decorrentes da não padronização além de conseguir fazer uma previsão melhor para demanda de itens novos de forma mais eficaz auxiliando uma decisão de compra (KRALIK; MARTINS, 2012).

Em um outro estudo o BPM alinhado a outras abordagens foi capaz de apontar uma forma melhor de gerir o estoque de materiais hospitalares de um hospital universitário. No cenário real houve uma redução de 18% no excesso de estoque enquanto no pior cenário que apresentou valores mais altos a redução foi de aproximadamente 21% do excesso. Com isso foi possível gerir melhor o tempo para ressuprimento alinhado com a demanda (RAMOS; SPIEGEL; ASSAD, 2018).

A mesma técnica aplicada com ferramentas de qualidade mostrou sua utilidade no conhecimento dos macroprocessos para o discente de uma instituição de ensino e o modelo de melhoria mostrou que seria capaz de agir frontalmente na redução dos custos com pessoal e de tempo (MOURA et al., 2019).

2.5 Modelos de Programação Matemática

Na matemática a programação linear se propõe a resolver problemas de otimização, cuja função objetivo e as restrições são todas lineares. É uma ferramenta poderosa que ajuda na tomada de decisão visto que é capaz de, entre outras coisas, atingir um objetivo através de resultados de alocação ótima de recursos obedecendo às devidas restrições.

Registros mais antigos apontam que foi usado pela primeira vez numa publicação em 1827 por Fourier, dando origem ao Método por Eliminação de Fourier-Motzkin (SIERKSMA e ZWOLS, 2015).

Em 1946, Geirge B. Dantzig assim que concluiu seu doutorado tornou-se consultor da *United States Air Force Comptroller* no Pentágono. Para manter-se empregado foi exposto a um desafio por seus amigos Hitcock e M. Wood que consistia em conseguir mecanizar o processo de planejamento do Pentágono, isto é, utilizar equipamentos com dispositivos analógicos ou cartões perfurados (CHAVES, 2011).

Em 1947, Dantzig formulou um modelo matemático que concebia de forma satisfatória a relação tecnológica usualmente encontrada na prática. Uma vez formulado o problema com um modelo matemático, Dantzig resolveu desenvolver no verão de 1947 o algoritmo que ficou conhecido como Método Simplex, concluindo que o método seria uma técnica eficiente (CHAVES, 2011).

A Pesquisa Operacional engloba diversos problemas de modelagem (ou programação) matemática, tendo um campo de atuação abrangente e destacando-se por técnicas que tratam e resolvem problemas de otimização. Os problemas de programação matemática são inúmeros e podem ser agrupadas em:

- Programação Linear;
- Programação Linear Inteira;
- Programação Não-Linear;
- Programação Dinâmica;

Um modelo genérico de um Problema de Programação Linear (PPL) pode ser expresso na forma canônica, conforme Figura 2:

Figura 2 - Forma canônica de um PPL.

$$\text{Maximize } c^T x$$

Sujeito a:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

$$\text{com } x \in R^n, c \in R^n, b \in R^m \text{ e } A \in R^{m \times n}$$

Fonte: autor (2020).

No modelo da Figura 2, \mathbf{x} é o vetor de variáveis a ser determinado, \mathbf{c} e \mathbf{b} são os vetores dos coeficientes conhecidos, \mathbf{A} é a matriz de coeficientes e $(.)^T$ a matriz transposta.

Por outro lado, se todas as variáveis assumirem apenas valores inteiros, então o problema é chamado de problema de Programação Inteira (PI) ou problema de Programação Linear Inteira (PLI). Em contraste com a Programação Linear, o qual pode ser resolvido eficientemente no pior caso, problemas de Programação Inteira são, em muitas situações práticas, classificados como NP-difícil. O problema de Programação Linear Inteira 0 – 1 ou Programação Linear Inteira Binária (PLIB) é

um caso especial de PLI onde as variáveis assumem apenas os valores 0 ou 1 (ao invés de inteiros arbitrários). Este problema também é classificado como NP-difícil e sua versão de decisão foi um dos 21 problemas NP- completos de *Karp* (JÜNGER et al., 2009).

Se apenas algumas variáveis do problema assumem valores inteiros, então o problema é chamado de Programação Linear inteiro Misto (PLIM). Tais problemas são geralmente classificados como NP-difícil porque eles são mais gerais que os problemas de PLI. Existem, contudo, algumas subclasses importantes de problemas de PLI e PLIM que são resolvidos eficientemente, em particular problemas onde a matriz A de coeficientes é totalmente unimodular com termos independentes inteiros, isto é, se a propriedade de total dual integralidade for satisfeita pelo sistema (JÜNGER et al., 2009). Algoritmos que resolvem PLI incluem:

- a) Planos de Corte;
- b) *Branch and Bound*;
- c) *Branch and Cut*;
- d) *Branch and Price*;
- e) *Branch and Cut and Price*;

Com o intuito de exemplificar, suponha o seguinte problema proposto em Chaves (2011, p. 61): Durante a Segunda Guerra Mundial um determinado exército possuía a sua disposição tanques e bombardeiros causando, respectivamente, duas e cinco baixas nas tropas inimigas. Para operar o tanque eram necessários dois soldados (não cabendo adicionais) e para o bombardeiro apenas um. O número de tanques e bombardeiros para operação eram, respectivamente, quatro tanques e cinco bombardeiros. É obrigatório o envio de no mínimo nove soldados que colaborarão com a aliança de coalisão que fará o ataque. Qual o número de tanques e bombardeiros que deveriam ser enviados para causar o maior número de baixas nas tropas inimigas?

Considere as seguintes variáveis:

x_1 : quantidade de tanques;

x_2 : quantidade de bombardeiros;

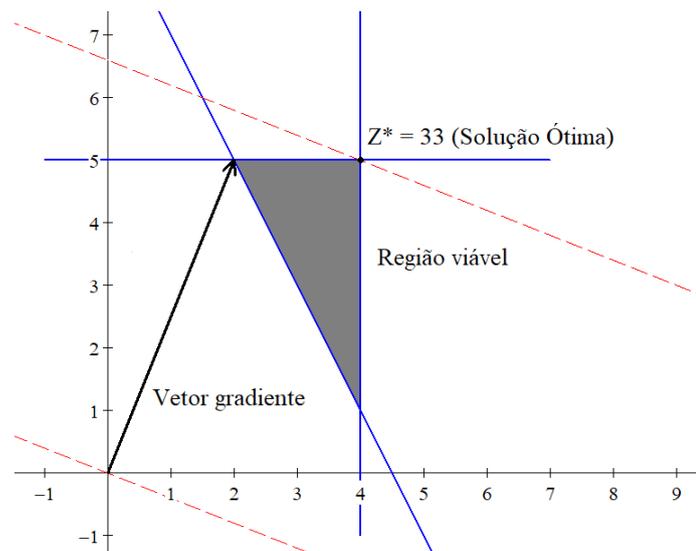
Z : número de baixas nas tropas inimigas

O modelo de Programação Linear do problema (PPL) ficaria expresso da seguinte maneira (CHAVES, 2011, p. 62):

$$\begin{aligned} &\text{Maximize } Z = 2x_1 + 5x_2 \\ \text{s. a.:} & \\ &x_1 \leq 4 \\ &x_2 \leq 5 \\ &2x_1 + x_2 \geq 9 \\ &x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Em virtude do PPL do exemplo possuir apenas duas variáveis, pode-se obter facilmente a solução ótima pelo Método Gráfico, dada por $x_1 = 4$, $x_2 = 5$ e $Z^* = 33$, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Obtenção da solução do exemplo pelo Método Gráfico:



CAPÍTULO III – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Introdução

Neste Capítulo são classificadas as etapas que nortearam a identificação dos principais fatores que determinam uma boa compra no varejo e o ambiente mais adequado as tais relações comerciais.

Para isso, são descritos os principais processos para aquisição de produtos no varejo farmacêutico, bem como os canais de venda disponíveis e os principais aspectos que os diferenciam. Como descrito na Seção 1.2 Objetivo do Capítulo I, acredita-se que listando e estudando os principais canais de venda ou marketing, que são um conglomerado de organizações interdependentes inseridas em atividades com objetivo de disponibilizar um produto ou serviço para consumo (COUGHLAN et al., 2011), pode-se apontar o melhor de cada um deles e assim definir o modelo mais adequado.

Por fim, busca-se realizar um comparativo entre os canais de venda disponíveis à luz dos aspectos definidos, para então concluir qual o melhor processo para aquisição de produtos no mercado farmacêutico.

3.2 Tipo de Pesquisa

Nesse primeiro momento trata-se de uma proposta de melhoria em processos nos canais já existentes. Como não houve ainda a aplicação da proposta, podemos classificar a pesquisa por sua finalidade como uma pesquisa básica. Os processos aqui presentes foram descritos baseados na observação dos processos em estabelecimentos, sendo assim, quanto a sua abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa.

Quanto ao objetivo da pesquisa, podemos classificá-la como exploratória por estarmos explorando um problema ainda presente nos processos de compra atuais. Por fim, devido a alguns procedimentos de compra terem ido as vias de fatos, ou seja, a título de melhor compreensão foram efetivadas, podemos dizer que trata-se de um estudo de caso (DA SILVA; MENEZES, 2005).

3.3 Etapas Iniciais da Pesquisa

Levando em consideração que a pesquisa propõe uma solução que garanta ao cliente encontrar o(s) produto(s) procurado(s) pelo menor preço, é indispensável

para o consumidor final que os processos atuais, bem como os canais nos quais esses processos estejam operando sejam conhecidos, classificados, quantificados e analisados.

Observando-se o processo de venda do varejo no mercado farmacêutico e como o consumidor final interage nesse processo, algumas dúvidas pertinentes surgiram. As dúvidas levantadas foram:

- Como que o consumidor final demanda um produto, o recebe e realiza seu pagamento nesse mercado?
- Quais principais canais por onde essa demanda é transmitida, entendida e atendida?
- Quanto tempo gasta-se para procurar e para finalizar uma venda nesse mercado?
- Como garantir que o consumidor final está pagando o menor preço?
- Como é a comodidade de interação do cliente com esses meios?
- Quem são os principais *players* do mercado *online* e como está sendo sua aceitação e qual processo que usam?
- Como se dá o processo de venda por esses canais e se houver um gargalo onde e como ele ocorre?
- Qual melhor maneira de comprar produtos no varejo farmacêutico e qual o processo que modela essa forma?
- Pode-se melhorar e otimizar todo o processo? Como?

Sendo assim, a fim de buscar responder as perguntas a pesquisa foi dividida nas seguintes etapas:

- **Etapa 1:** Buscar e classificar os principais processos para aquisição de medicamento por um cliente no varejo farmacêutico;
- **Etapa 2:** Classificá-los quanto aos principais canais de venda do cliente;
- **Etapa 3:** Classificar soluções que utilizam canais de venda por aplicativo de acordo com a sua popularidade;
- **Etapa 4:** Descrever os processos da interação dos clientes com os canais, cruzando características comuns e fazendo gradação entre eles.
- **Etapa 5:** Propor um modelo de otimização para asseverar uma melhor compra.

Por se tratar de produtos iguais, quatro aspectos irão diferenciar os canais de compra:

1. **Tempo de procura:** tempo necessário até que o cliente encontre o item desejado;
2. **Tempo para finalizar o processo de compra:** tempo necessário para finalizar o processo e o cliente ter o produto em mãos;
3. **Preço do produto:** o menor preço;
4. **Comodidade:** menor deslocamento e/ou maior conforto do cliente.

Isso posto, pode-se dizer que o processo ideal de compra é aquele que garanta o menor tempo para achar e comprar o produto desejado, pelo menor preço e da forma mais cômoda possível.

Levando em consideração que é possível requisitar mais de um produto por cesta de pedido, é de suma importância que o processo proposto seja capaz de prever as variáveis de regras de vendas inerentes aos estabelecimentos, a saber valor mínimo do pedido, disponibilidade do produto e frete quando se aplicar, e de posse dessas variáveis seja capaz de resolver um problema de alocação ótima de produtos por meio de um modelo de Programação Linear Inteira (PLI).

3.3.1 Etapa 1 – Processos para aquisição no varejo farmacêutico

Nessa fase buscou-se observar quais principais modalidades para aquisição de um produto quanto à perspectiva do deslocamento do cliente, ou seja, se o cliente se desloca até o produto ou vice-versa. Destacam-se duas formas predominantes de se realizar uma venda:

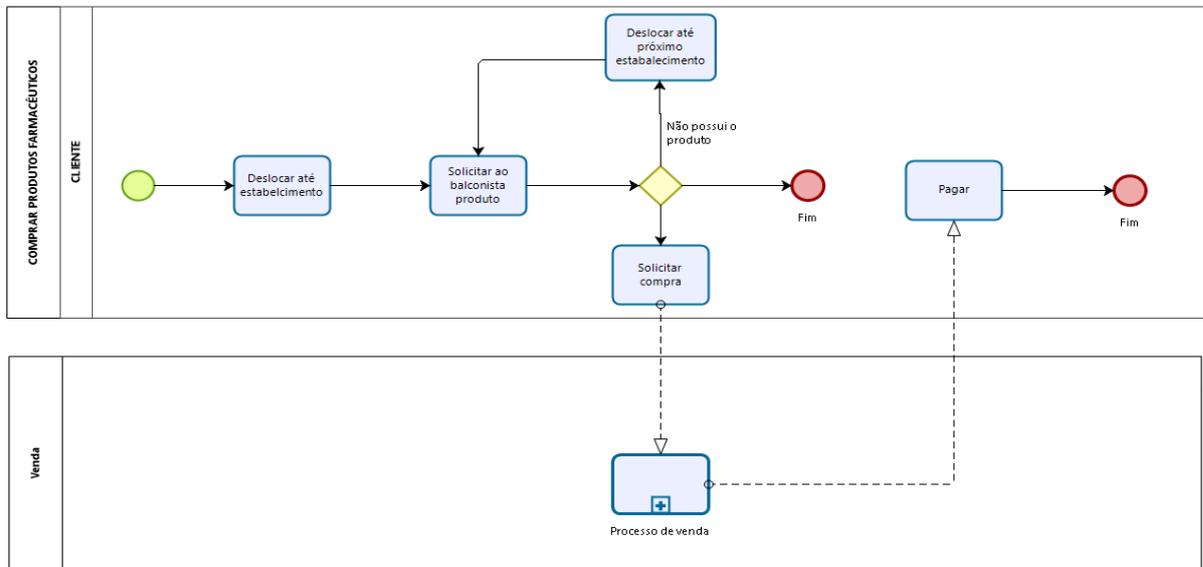
- **venda presencial ou direta:** quando há o deslocamento do cliente até o estabelecimento, onde todo o processo da venda é realizado;
- **venda remota ou indireta:** onde a solicitação do cliente é comunicada ao estabelecimento através de meios de comunicação distintos e todo o processo se desenrola por esse meio até que o cliente receba o produto, sem necessariamente ter se deslocado até o local de venda.

3.3.1.1 Venda Presencial

Nesta modalidade, basicamente o cliente se dirige ao estabelecimento e solicita o produto desejado.

O processo interno, ou seja, o modelo de negócio de cada estabelecimento farmacêutico pode variar, porém, o processo do cliente nessa modalidade é basicamente igual a qualquer loja física do varejo. Para uma melhor compreensão, a Figura 4 apresenta um modelo padrão.

Figura 4 – Modalidade venda presencial.



Fonte: autor.

Para melhor entendimento da Figura 4 cabe ressaltar que na raia “Venda” há uma notação de subprocesso chamado de “Processo de venda”, esse processo foi deixado de forma genérico pois cada estabelecimento realiza um conjunto de atividades que podem ser distintas dos demais.

3.3.1.2 Venda Remota

Nesta modalidade, o cliente entra em contato com o estabelecimento por meio de ligações de aparelhos celulares ou telefone fixo.

a) Comunicação de Voz:

Cliente realiza uma chamada telefônica, é atendido pelo estabelecimento e ele solicita o produto desejado. O estabelecimento verifica se há o produto no estoque. Caso haja, o cliente informa o endereço de entrega e a forma de pagamento. Por fim, o estabelecimento faz a entrega.

b) Comunicação de Dados:

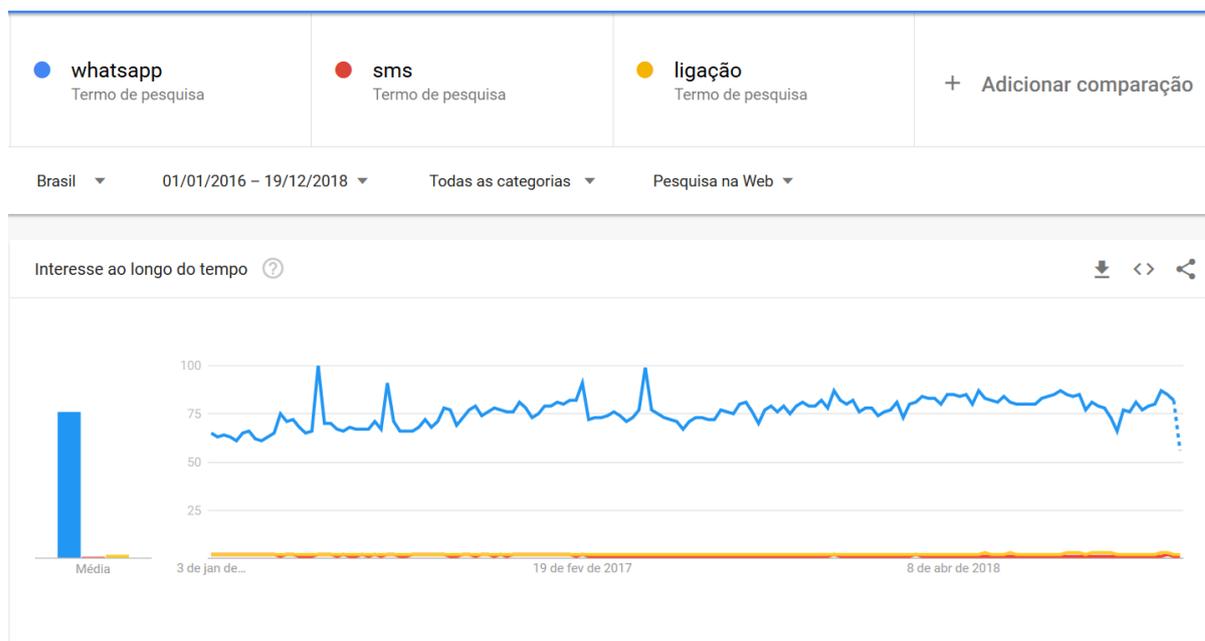
Considera-se comunicação por dados nesta pesquisa todo meio de comunicação que transmita informação conteúdo textual direto ou indireta por meios de sistema através da internet.

Quanto a esta modalidade, destaca-se o uso da ferramenta de comunicação, também classificada como rede social, *WhatsApp*®, capaz de enviar textos, fotos e vídeos usando a internet afim de manter uma conversa entre as partes.

Não em vão notou-se preferência por esse tipo de ferramenta. De acordo com a relatório da *GlobalWebIndex*® (2018), empresa especializada em fornecer dados de perfis público, o *WhatsApp* lidera em termo de taxa de uso mensal a níveis mundiais.

Além disso, outra ferramenta de classificação, o *Google Trends*®, que mostra os termos mais populares buscados em um passado recente no motor de busca do *Google*® (2018) em todo o mundo, sendo possível classificar as tendências de buscas por cronologia e região. Pela Figura 5 pode-se ver que o *WhatsApp* possui maior incidência de interesse em detrimento aos envios de *Short Message Service*, também chamada de SMS, que são mensagens de texto curtos enviados por rede celular e ligação por voz e as chamadas telefônicas.

Figura 5 - Resultado *Google Trends*.



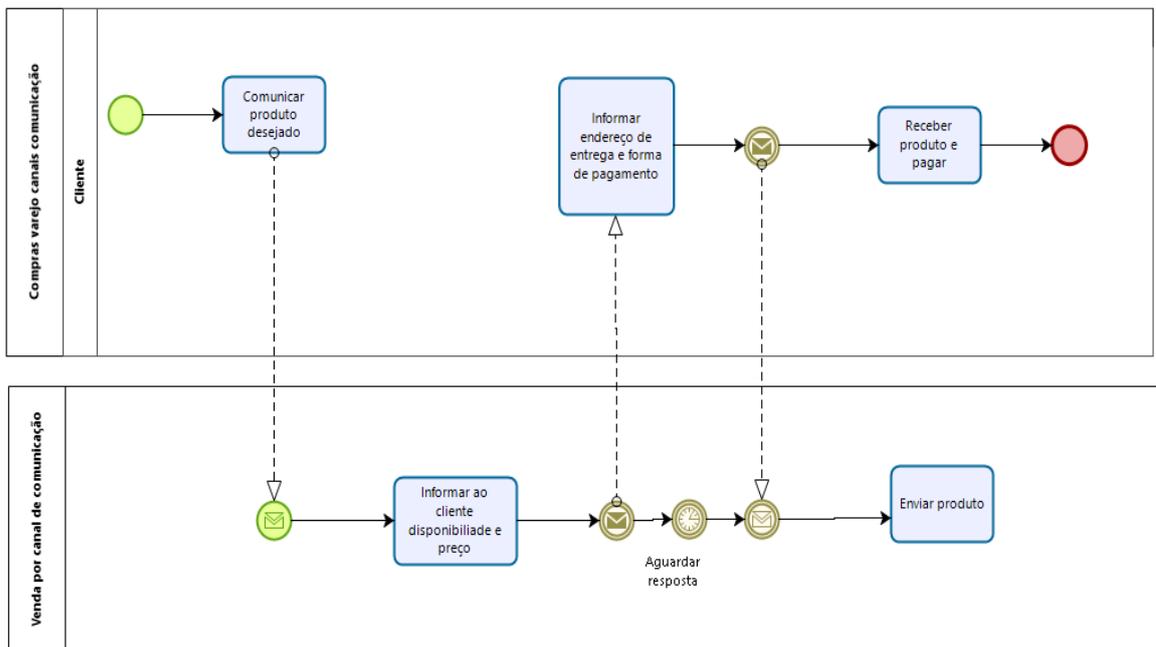
Fonte: (“Google Trends”, 2018)

“Interesse ao longo do tempo números representam o interesse de pesquisa relativo ao ponto mais alto no gráfico de uma determinada região em um dado período. Um valor de 100 representa o pico de

popularidade de um termo. Um valor de 50 significa que o termo teve metade da popularidade. Uma pontuação de 0 significa que não havia dados suficientes sobre o termo.” (“Google Trends”, [s.d.]).

Em resumo, o cliente comunica o produto desejado via *WhatsApp* ao estabelecimento escolhido e aguarda o retorno dele, informando a disponibilidade e o preço. Caso o cliente opte por fechar negócio por este meio, informa o endereço e a forma de pagamento. Este processo é desenhado na Figura 6.

Figura 6 - Modalidade de encomenda por comunicação de dado e voz.



Fonte: autor.

c) Solução de Terceiros:

Foram escolhidas duas soluções de terceiros: o Consulta Remédios (2018) que possui mais de 100 mil *downloads* e o Farmácia App com mais de 10 mil *downloads*.

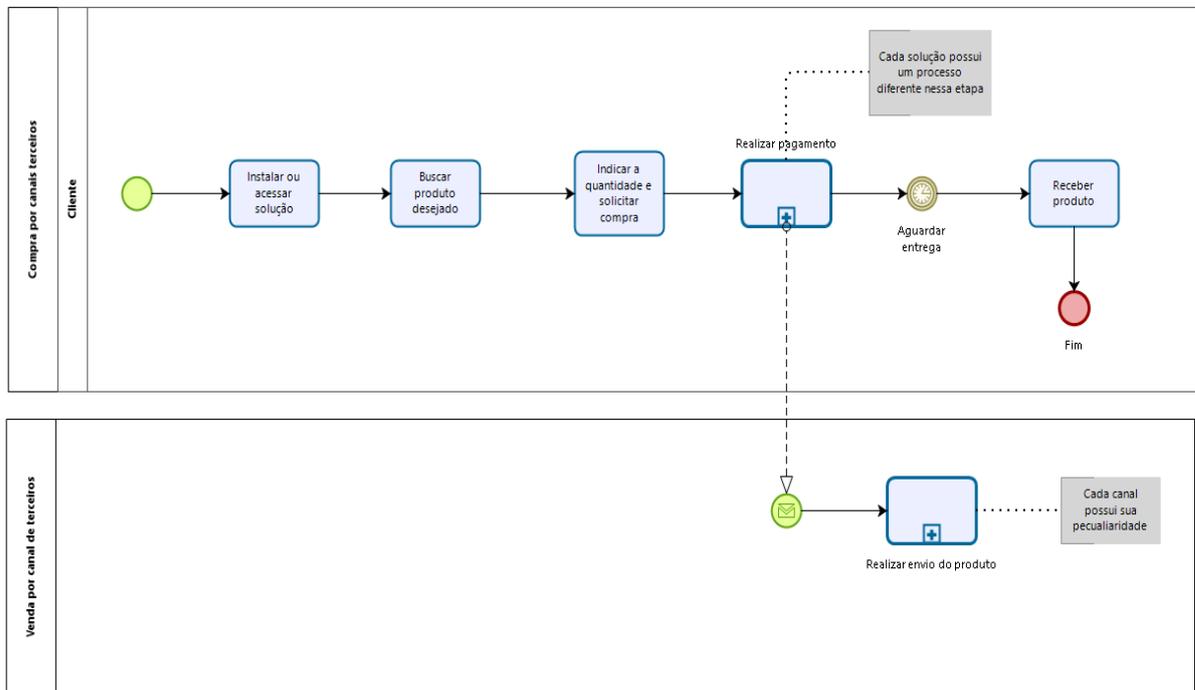
Ambos são “*marketplaces*”, locais onde várias lojas estão presentes em um só endereço eletrônico (BRITO, 2018). O processo padrão entre eles foi desenhado na Figura 7.

A diferença básica entre as duas soluções de terceiros está na forma como o pedido é finalizado.

- No Consulta Remédios, o pedido é redirecionado para a loja virtual da farmácia que está vendendo o produto e finaliza o processo por lá;

- No Farmácia app, o pedido finaliza o processo no próprio aplicativo ou site.

Figura 7 - Modalidade de encomenda, compra por solução de terceiros.



Fonte: autor.

Para melhor entendimento da Figura 7 cabe ressaltar que na raia “Venda por canal de terceiros” há uma notação de subprocesso chamado de “Realizar envio do produto”, esse processo foi deixado de forma genérico pois cada estabelecimento realiza um conjunto de atividades que podem ser distintas dos demais.

3.3.2 Etapa 2 – Canais de venda

Nesta etapa ocupou-se a observar e classificar por quais canais e meios de comunicação os clientes podem solicitar o(s) produto(s) desejado(s). Independente da diversidade dos canais de vendas, os três principais meios pelos os quais um cliente comunica a intenção de compra são três: direta ou presencial, comunicação de voz (ou de dados) e sistema ou soluções de terceiros.

De acordo com (BORTOLLETO et al., [s.d.]) canais de venda são os lugares – físicos ou digitais – em que os produtos são vendidos e entregues aos *shoppers*, entendendo como seu produto atende às necessidades do consumidor.

Quanto aos canais de venda e meios de comunicação do cliente, foram identificados três principais:

- **Direto ou presencial:** Lojas físicas;
- **Por comunicação de voz ou dados:** Telefone, aplicativos de mensagens instantâneas e comércio online próprio;
- **Por soluções de terceiros:** Aplicativos ou soluções de terceiros que servem como aglomerado de estabelecimentos, também conhecidos como “*markplaces*”, locais onde várias lojas estão presentes em um só endereço eletrônico (BRITO, 2018).

3.3.3 Etapa 3 – Popularidade das soluções de terceiros

O objetivo dessa etapa foi analisar aplicativos ou soluções de terceiros que atingiram maiores popularidades para modelar seus processos, levando-se em conta a interação do cliente exclusivamente. Para tal, foi usado como base de popularidade, o número de *downloads* do aplicativo nas lojas oficiais dos sistemas operacionais (SO) para *smartphones* mais populares, a saber, *Play Store* do *Google*® e *iTunes* da *Apple*®. O número de downloads bem como a popularidade dessas soluções foi consultado Julho de 2018.

3.3.4 Etapa 4 – Interações do cliente

Esta etapa tem como objetivo mapear os processos de interação dos clientes com os canais de venda e identificar os pontos de gargalo.

Os gargalos ocorrem quando há uma restrição na capacidade de um processo, criando as filas (ABPMP, 2013, p. 124). Sendo assim é possível verificar onde e como melhorar o processo como um todo.

Depois de identificado os pontos, pode-se agrupar por meio de uma gradação verificar qual seria a melhor forma de realizar a compra, em qual modalidade e em qual canal e o porquê dessa decisão.

3.3.5 Etapa 5 – Modelo de otimização

O problema de encontrar a alocação ótima de um conjunto de produtos com demandas diferentes a um conjunto de fornecedores (farmácias) de modo a minimizar os custos envolvidos, surge quando se pretende desenvolver um sistema de *delivery* por aplicativo em smartphones. Este problema, dentre outras opções, pode ser tratado como um problema de atribuição/alocação (*assignment*), largamente estudado na literatura especializada, onde abordagens de solução utilizando tanto métodos exatos como heurísticos são apresentadas.

Neste sentido, o problema apresentado aqui pode ser formulado como um problema de Programação Linear Inteira Binária (PLIB) e resolvido aplicando-se um método exato apropriado. Em função dos tamanhos (quantidade de produtos e farmácias envolvidos em cada pedido) das instâncias envolvidas serem relativamente pequenos, não há necessidade de recorrer a métodos heurísticos, embora estes não sejam descartados.

Para assegurar uma solução, considerando o tamanho das instâncias em função da média de pedidos, diversos testes computacionais foram conduzidos com instâncias geradas aleatoriamente e a partir de dados reais.

A formulação matemática do mesmo, bem como os testes computacionais conduzidos com as instâncias geradas, são objetos de estudo do Capítulo V.

3.4 Análises

Os resultados e análises aqui descritos são baseados na experiência do autor com os canais de venda (**Etapas 2**), ciente que fatores como comodidade e percepção de gradação de gasto de tempo podem variar de cliente para cliente.

Para que se tenha uma compreensão melhor sobre os aspectos que podem ser os diferenciais na hora de uma compra, a pesquisa estipulou os seguintes critérios:

- Tempo de procura:
 - **Baixo:** tempo \leq 10 minutos;
 - **Médio:** $10 <$ tempo \leq 30 minutos;
 - **Alto:** tempo $>$ 30 minutos;
- Tempo de compra:
 - **Baixo:** tempo \leq 10 minutos;
 - **Médio:** 11 minutos $<$ tempo \leq 2h;
 - **Alto:** tempo $>$ 2 horas;

- Garantia de menor preço:
 - **Baixa:** quando o preço do produto for comparado com até dois concorrentes;
 - **Média:** quando o preço for comparado com mais de dois e menos de nove estabelecimentos;
 - **Alta:** quando o preço do produto for comparado com mais de nove concorrentes;
- Comodidade:
 - **Baixa:** quando é necessário deslocamento e o tempo para procura é alto;
 - **Média:** quando não é necessário o deslocamento, porém o tempo de procura é médio;
 - **Alta:** não há deslocamento e o tempo da procura é baixo.

3.4.1 Direto presencial

A venda direta ou presencial é a mais tradicional do varejo, onde o cliente desloca-se até o estabelecimento. Essa forma possui um tempo de procura elevado, pois considera o tempo de deslocamento até o local e o tempo para verificar a disponibilidade do produto. Caso haja ruptura do varejo, ou seja, o produto não seja encontrado, soma-se o tempo de deslocamento ao próximo estabelecimento para repetir o processo.

Uma vez dentro do estabelecimento que possua o item desejado, o tempo para realização da compra do produto costuma ser rápido, respeitando obviamente as variações de horários de maior ou menor movimento na loja. Nos horários de maior movimento há filas e o tempo para finalizar o processo pode estender-se.

A garantia de estar pagando o menor preço desta forma costuma ser baixa, visto que para isso é necessário comparar os preços entre os diversos concorrentes.

A comodidade também foi baixa, pois além da obrigatoriedade do deslocamento há também a incidência do tempo de procura que pode alongar-se caso o primeiro estabelecimento não possua o item desejado.

3.4.2 Comunicação de Dados e Voz

O processo que envolve o uso de dados ou voz, ou seja, usando o *WhatsApp* ou Telefone apresenta um tempo médio de procura pelo item desejado,

pois é possível em pouco tempo comunicar-se com mais de um estabelecimento solicitando o orçamento.

Uma vez escolhido um orçamento, tanto o tempo para realizar a compra informando a forma de pagamento, como o tempo para a entrega do item são médios, pois de uma forma geral chegam em menos de uma hora.

Existe uma garantia média de comprar com menor preço, pois um número maior de estabelecimentos pode ser consultado num menor espaço de tempo, o que aumentam as chances de escolher um bom preço para o item desejado.

A comodidade é média, pois não há necessidade de deslocamento visto que de casa e de posse de um aparelho de comunicação de voz ou dados ele pode solicitar o item desejado.

3.4.3 Consulta Remédio

Nessa solução de terceiro, destaca-se o tempo de procura que é rápido. Nele é possível ordenar o produto por preço, tendo uma garantia alta de estar pagando o menor preço. Porém, o tempo de compra é comprometido, pois ele direciona o cliente para as lojas virtuais das farmácias ao invés de fechar no próprio site e com um prazo de entrega que em geral leva de um a dois dias, no mínimo. Cada site apontava um tempo diferente de entrega e no geral eram sempre contadas em dias úteis, mesmo utilizando CEPs de locais próximos as farmácias como teste.

A comodidade é alta, pois não é necessário deslocar-se e o tempo de procura é baixo. De forma geral é uma boa opção, necessitando aprimorar o tempo de entrega.

3.4.4 Farmácia App

Assim como o Consulta Remédio o Farmácia App foi ágil na busca e na garantia do menor preço. O processo de compra mostrou-se rápido e trouxe grande comodidade. Diferente do Consulta Remédio, o fechamento da compra se deu no próprio site, ao invés de redirecionar para sites de terceiros, porém, o prazo de entrega também foi contado em dias úteis, o que elevou em muito o tempo de compra.

Para facilitar a visualização, a Tabela 1 cruza os dados dos canais com as modalidades e os aspectos do processo de compra no varejo.

Tabela 1 - Comparativo entre canais.

	Venda presencial	Comunicação de Dado e Voz	Soluções terceiros (Consulta Remédio)	Soluções de Terceiros (Farmácias App)
Tempo de procura	Alto	Médio	Baixo	Baixo
Tempo de compra	Rápido	Rápido/Médio	Demorado	Demorado
Garantia menor preço	Baixa	Baixa	Alta	Alta
Comodidade	Baixa	Média	Média/Alta	Média/Alta
Método	Tradicional	Encomenda	Encomenda	Encomenda

Fonte: autor.

3.5 Proposta

Analisando os dados, a proposta de melhoria é unir o que há de melhor do método tradicional, o tempo de compra, com o que há de melhor do método de encomenda, a velocidade para encontrar o item desejado, a garantia do menor preço e uma alta comodidade. Por eliminação, a única forma de ter a melhor comodidade é via encomenda, ou seja, eliminar o deslocar do cliente até a loja física.

Ademais, como a taxa de insistência de compra é maior do que 90% dos casos é de suma importância que estejam disponíveis para consulta e compra vários estabelecimentos diferentes e que haja um modelo de otimização de preços levando-se em conta critérios de entrega, pedido mínimo e frete, afim de que quando um pedido em determinada farmácia não atingir o mínimo para venda o modelo possa sugerir, quando viável, uma reorganização de forma que a venda seja feita pelo menor preço.

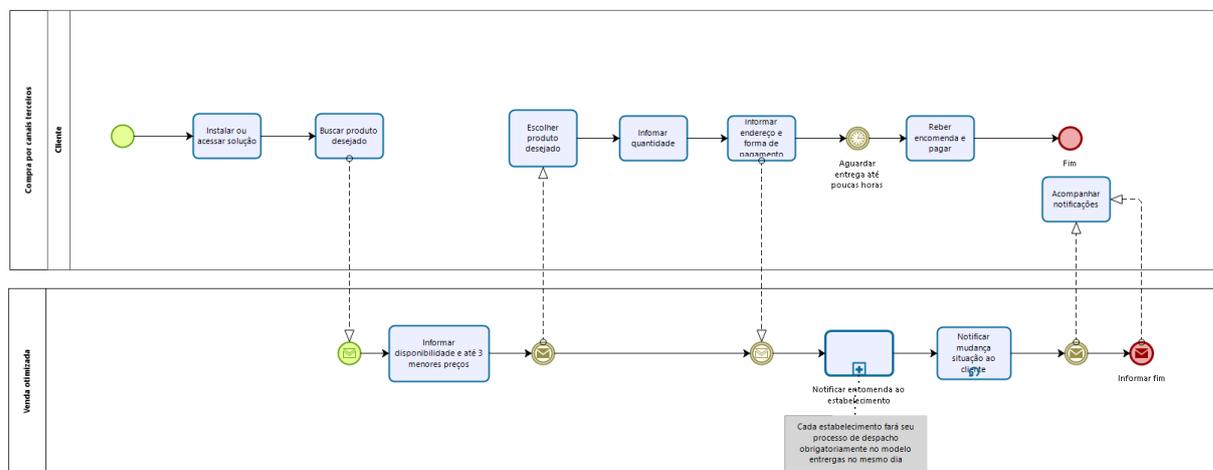
Resumidamente, a melhor maneira de se obter produtos de farmácia seria uma compra feita com um menor tempo de procura, menor tempo de compra, com alta comodidade, com a possibilidade de conter produtos de diversas farmácias e com alta garantia do menor preço.

Para atender a este último critério, é necessário que um modelo de otimização defina a alocação dos produtos as farmácias que assegure uma cesta de pedido aderente às restrições dos estabelecimentos, tais como:

1. Pedido mínimo para aceitação da venda;
2. Frete para entrega;
3. Disponibilidade do produto;
4. Disponibilidade de entrega para o endereço informado;
5. Otimização da cesta;

Assim, tem-se como resultado das análises descritas o seguinte modelo do processo da solução (Figura 8):

Figura 8 - Modalidade por encomenda, modelo otimizado.



Fonte: autor.

Para melhor entendimento da Figura 8 cabe ressaltar que na raia “Venda otimizada” há uma notação de subprocesso chamado de “Notificar encomenda ao estabelecimento”, esse processo foi deixado de forma genérica, pois cada estabelecimento realiza um conjunto de atividades que podem ser distintas dos demais.

CAPÍTULO IV – ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

4.1 – Introdução

Neste Capítulo será abordado mais detalhes sobre o aplicativo PediuFarma®, bem como a arquitetura utilizada para o seu desenvolvimento e como essa arquitetura se comunica entre si a fim de lograr êxito.

4.2 – O Aplicativo PediuFarma®

Mediante as pesquisas realizadas no Capítulo III, bem como as análises e estudos de mercado mostrando a viabilidade de exploração deste nicho, foi proposto o desenvolvimento do aplicativo para *smartphones* PediuFarma®. Trata-se de um ecossistema de soluções tecnológicas que implementa parte do que foi proposto nesta pesquisa, com prazo de conclusão até Dezembro de 2020.

Sua operação efetiva teve início em março de 2020 e com dois meses de atividades já alcançou mais de sete mil *downloads*, tendo como ponto inicial de operação a cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Atualmente, são mais de 50 unidades de farmácias de diversos portes operando através do ecossistema, indo desde farmácias pequenas de bairros a redes de franquias nacionais na cidade citada. A cidade de Macaé-RJ já iniciou o processo de inclusão no aplicativo, em fase inicial e ainda incipiente opera desde a metade do mês de Abril de 2020. Até o final do ano há uma previsão de operarmos em no mínimo 15 cidades de diversos estados.

4.3 – A arquitetura tecnológica

Aplicando a conhecida máxima da política, “*divide et impera*”³, resolvê-las e combinar as soluções numa solução única e global (MOREIRA; VIANA, 2011), foi efetuada a divisão da problemática maior em 4 partes menores, conforme descrito na Figura 9.

³ Conceito da idade média, tendo sido usado pelo imperador romano César, Filipe II da Macedônia e o imperador francês Napoleão (*divide ut regnes*), que consiste em ganhar o controle de um lugar mediante a fragmentação das maiores concentrações de poder e adaptando-o à computação consiste dividir o problema a ser resolvido em partes menores.

Figura 9 - Etapas para solução.



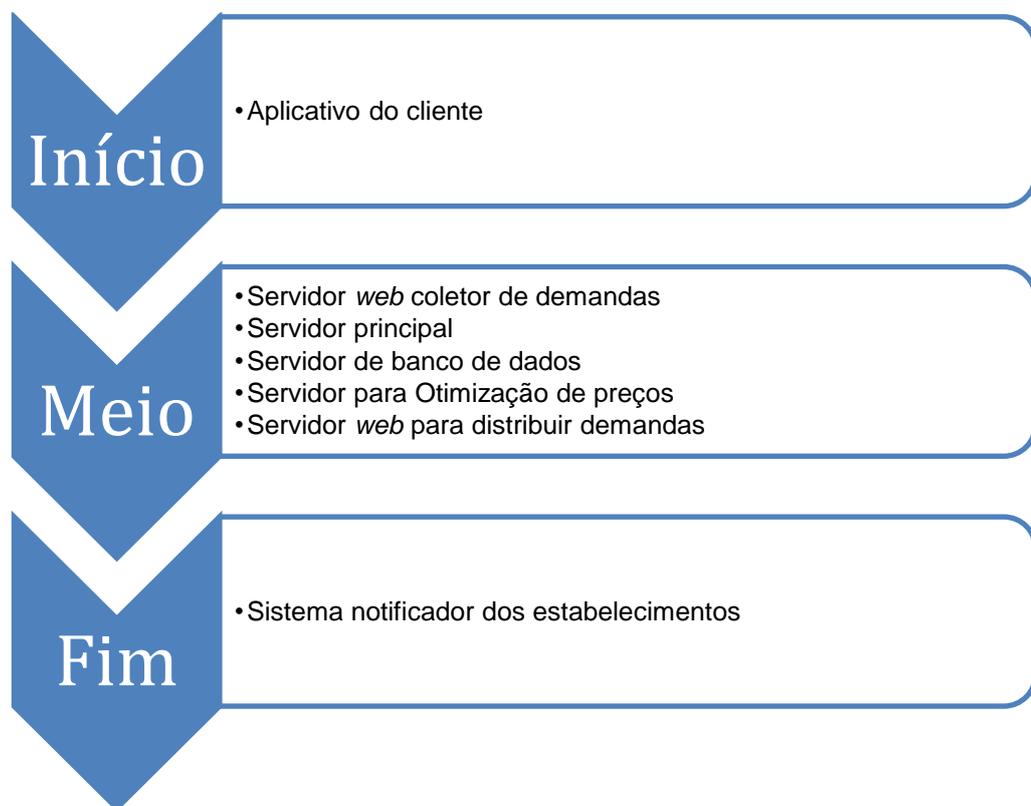
Fonte: autor.

- 1. Coletar a demanda:** etapa responsável por obter do cliente os itens os quais deseja comprar, bem como a localização a qual o cliente deseja que seja entregue o seu pedido.
- 2. Preparar a cesta:** etapa responsável por buscar todos os estabelecimentos elegíveis, bem como as variáveis inerentes ao seu negócio (frete, raio de entrega, valor de frete, valor mínimo de pedido), a fim de atender a demanda do cliente. Cabe ressaltar que o critério responsável por eleger um estabelecimento é possuir o item em estoque e o cliente estar dentro da área entregável do estabelecimento.
- 3. Otimizar a cesta:** etapa responsável em otimizar a cesta mediante a todos os estabelecimento elegíveis que foram retornado respeitando as variáveis para a viabilidade de cada um deles, a saber: o valor do frete e o pedido mínimo aceitável.
- 4. Distribuir demanda:** etapa responsável por notificar os estabelecimentos a demanda do cliente.

Uma vez definido o problema maior e dividido-o em partes menores, restou definir como as partes menores seriam aninhadas com o intuito de facilitar o seu desenvolvimento e manutenção. Seguindo a premissa “*Single Responsibility Principle*”, traduzido para o português como Princípio de Responsabilidade Única, que em programação defende que uma classe deve possuir apenas uma responsabilidade ou ação para executar (MARTIN, 2000), cada etapa foi dividida para seus respectivos servidores sendo as informações armazenadas em um banco de dados. A este cenário agregam-se o aplicativo do cliente que é onde o processo de pedido se inicia e um sistema instalado nos computadores da farmácia que é responsável por notificar a demanda e onde o processo finaliza conforme descrito na Figura 10. Dessa forma, são listadas as seguintes ferramentas tecnológicas usadas para a solução:

1. Aplicativo do cliente;
2. Servidor *web* coletor de demandas;
3. Servidor principal;
4. Servidor de banco de dados;
5. Servidor para Otimização de preços;
6. Servidor para distribuir demandas;
7. Sistema notificador dos estabelecimentos;

Figura 10 - Divisão das tecnologias por fases.



Fonte: autor.

O ponto de partida do problema é um aplicativo no qual o cliente mediante prévio cadastro consegue informar sua localização e montar uma lista de produtos e farmácias que contém a sua demanda.

Uma vez coletado o cliente envia a sua demanda para coletor de demandas que aplica regras de segurança e validação, que dentre outras funções, garante a integridade dos dados e a segurança do mesmo.

O coletor de demandas aciona um servidor principal que é capaz de acessar o banco de dados e extrair dali apenas os estabelecimentos elegíveis para atender a

demanda do cliente. A elegibilidade de um estabelecimento se dá mediante ao cumprimento obrigatório e indispensável de dois critérios:

1. **Possuir estoque:** a fim de mitigar a ruptura do varejo só são elegíveis estabelecimentos que possuem o item em estoque;
2. **Entrega disponível:** o estabelecimento garante a entrega na localização do cliente.

Com os estabelecimentos elegíveis filtrados, o servidor principal aciona o servidor que será responsável por otimizar a cesta.

Esse servidor calcula os dados de entrada das instâncias levando em consideração três itens de negócio do estabelecimento:

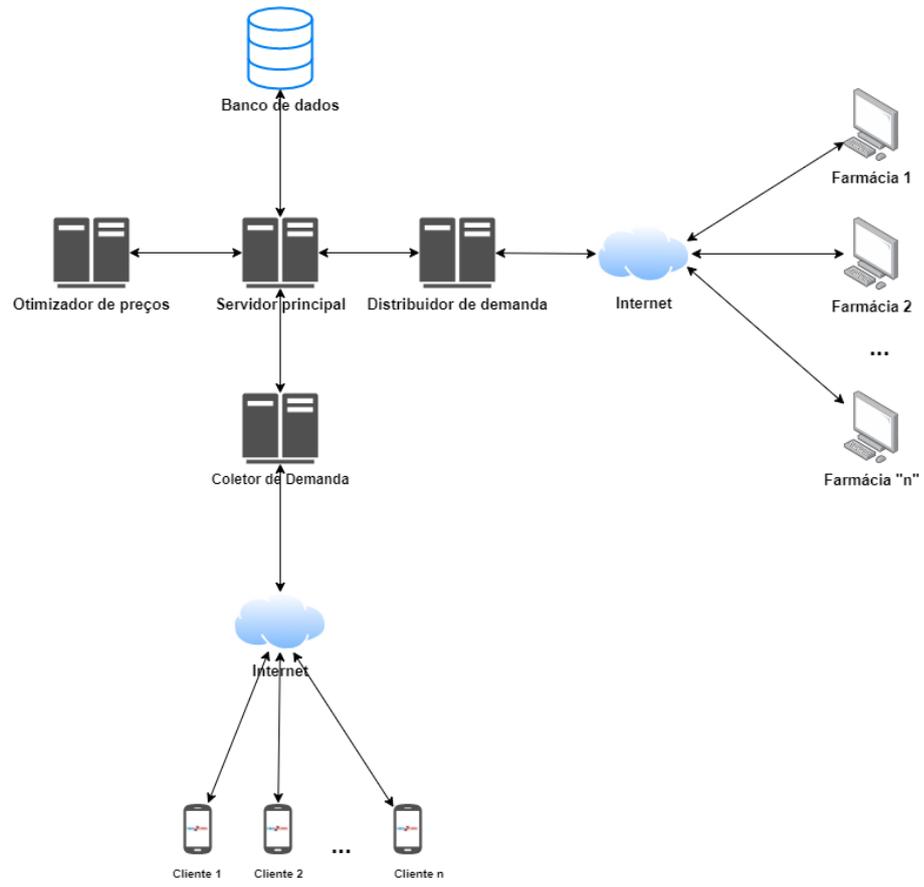
1. Preço do produto.
2. Frete que o estabelecimento cobra.
3. Quantidades disponível dos produtos solicitados nas farmácias.

Após a instância ser construída, um problema de PLI é montado e resolvido por um *solver* (resolvedor). Existem diversos resolvedores disponíveis, alguns proprietários necessitando de licença para uso comercial (e.g. CPLEX, Gurobi e Xpress), outros gratuitos (e.g. COIN-OR e GLPK). De posse da solução exata do problema, o servidor otimizador encaminha para o servidor principal montar a cesta de produtos, notificar e informar ao cliente a cesta e o seu respectivo valor. O cliente aceitando a proposta cabe ao servidor principal acionar o distribuidor de demandas.

O distribuidor de demandas envia a notificação para cada estabelecimento mediante um software instalado nos mesmos aguardando serem demandadas. Cada farmácia receberá apenas a sua demanda bem como os dados do cliente, sua localização e a forma que o cliente deseja pagar. Ressalta-se que numa mesma cesta podem ter “n” produtos de “n” farmácias, porém um único produto é direcionado para uma única farmácia, sendo impossível e inviável para a solução que a quantidade de um item desejado seja distribuído para mais de uma farmácia.

Uma vez distribuída a demanda, o cliente é informado no aplicativo que sua demanda foi enviada e para cada estabelecimento concluindo-se assim a solução do problema. Para que esse processo funcione, fica sob a responsabilidade das farmácias manterem suas tabelas de preços atualizadas no servidor de banco de dados, este processo é feito de forma manual ou de forma automática combinado com os estabelecimentos a melhor forma conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Modelo de arquitetura tecnológica.



Fonte: autor.

CAPÍTULO V – MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO

5.1 – Introdução

O problema de encontrar a alocação ótima de um conjunto de produtos com demandas diferentes a um conjunto de fornecedores (farmácias), que possuam estes mesmos produtos ou parte deles em estoque, de modo a minimizar os custos envolvidos, surge quando se pretende desenvolver um sistema de *delivery* por aplicativo em *smartphones*. Este problema, dentre outras maneiras, pode ser tratado como um Problema de Atribuição/Alocação (*Assignment Problem*), largamente estudado na literatura especializada, onde abordagens de solução utilizando tanto métodos exatos como heurísticos são apresentadas.

Neste Capítulo é apresentado o modelo de programação matemática proposto para resolver o problema da alocação ótima dos produtos às respectivas farmácias, respeitando as restrições do problema. Também é apresentada uma revisão da literatura sobre trabalhos correlatos, bem como testes computacionais para validação do modelo proposto. Para a realização dos testes computacionais, foram geradas 12 instâncias com dados fictícios e dados reais. O modelo mostrou-se eficiente, com todas as soluções ótimas sendo obtidas em menos de um segundo de processamento.

5.2 – Revisão da Literatura

Na busca por trabalhos que de alguma forma estão relacionados ao problema tratado aqui, foi realizada uma pesquisa na base de conhecimento *Scopus*, devido este ser o maior banco de dados de resumos e citações de literatura revisada. Com registro de cerca de 77 milhões de documentos e 16 milhões de autores, a plataforma consegue oferecer uma visão muito mais abrangente da produção científica mundial em diversas áreas (ELSEVIER, 2020).

As palavras-chaves escolhidas foram: Alocação (*Assignment*), Otimização (*Optimization*), Programação Inteira (*Integer Programming*), Remédios (*Drugs*), Farmácias (*Drugstores*). Foram também definidos alguns tesouros referentes a algumas palavras-chaves, conforme descrito a seguir:

- Assignment: Allocation;
- Optimization: Optimal, Optimizer, Maximization, Minimization;
- Integer Programming: MIP, IP.

Dentre os 282 trabalhos encontrados envolvendo otimização e relacionados ao Problema de Alocação, nenhum deles abordam o problema de alocação de produtos/remédios a farmácias/drogarias.

Assis (2014) estuda o Problema de Alocação de Chaves (PAC) em sistemas radiais de distribuição de energia elétrica propondo a instalação otimizada desses dispositivos em locais apropriados das redes, a fim de melhorar a confiabilidade do sistema pela redução do período que os consumidores ficam sem energia. Uma metodologia baseada nos conceitos de Algoritmo Memético juntamente com uma população estruturada é proposta neste trabalho para alocar chaves seccionadoras e de manobra, manuais e automáticas, com diferentes capacidades. A metodologia proposta tem o seu bom desempenho confirmado por diferentes estudos de casos com redes reais de grande porte localizadas no estado de São Paulo.

Freiras Filho (2016) apresenta uma proposta de solução para o Problema de Alocação de Professores em Disciplinas, levando em consideração o processo adotado pela Universidade Federal do Ceará e suas restrições. Para resolver o problema, foi formulado e implementado um modelo de programação linear inteira e realizados experimentos com dados aleatórios e com dados reais para análise do modelo.

Em Yu, Zhang & Lau (2017), o tradicional Problema de Alocação de Portões em Aeroportos (*Airport Gate Assignment Problem - AGAP*) é estendido, onde os custos tradicionais e a robustez são simultaneamente considerados. Para resolver o complexo modelo não linear gerado, os autores propõem um algoritmo de busca local em vizinhança de grande porte adaptativo (*Adaptive Large Neighborhood Search – ALNS*). Comparações com algoritmos de referência da literatura mostram a competitividade do algoritmo proposto para resolver o AGAP.

Em Sanchotene (2018) é tratado o Problema de Alocação de Médicos do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, onde é implementado um método heurístico para solução do problema do hospital. A heurística, então, é comparada com métodos exatos e com um método baseado em programação matemática.

Faudzi *et al.* (2020) resolvem o problema de alocação de alunos estagiários a professores supervisores, maximizando as preferências totais declaradas pelos estudantes. Um modelo de programação inteira é desenvolvido considerando restrições que envolvem a capacidade do professor em função de sua posição acadêmica e associação de gênero aluno-professor. O estudo demonstrou que o método proposto é eficiente evitando ajustes na solução.

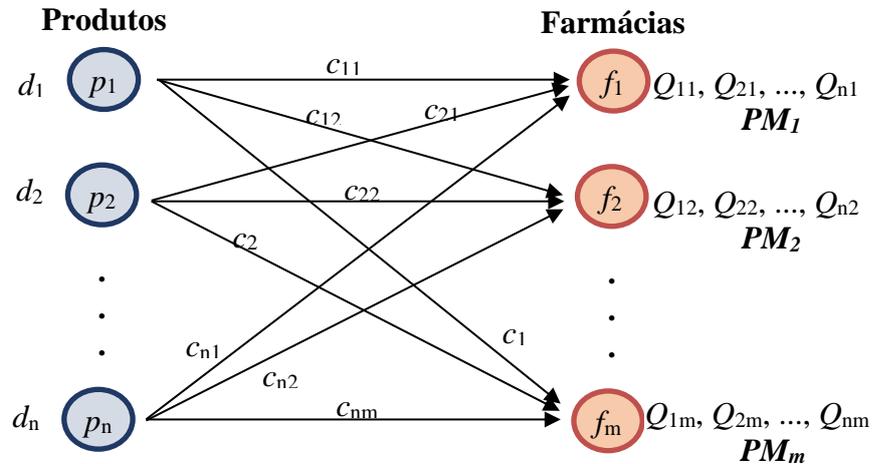
Sindi & Agbelie (2020) lidam com o problema de atribuir serviços de manutenção específicos em um sistema de gestão de pavimentação de uma rede de estradas. Os autores resolvem o problema através de uma metodologia de otimização multiobjetivo que utiliza algoritmos genéticos (AG) e programação inteira mista (PIM). Os resultados mostram que o método proposto é capaz de alocar serviços de manutenção às vias eficientemente, maximizando a vida útil do serviço a um custo mínimo

5.3 – Apresentação do problema

Dados os conjuntos $P = \{p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n\}$ de n produtos e $D = \{f_1, f_2, \dots, f_j, \dots, f_m\}$ de m farmácias, o objetivo é encontrar a alocação ótima dos n produtos às m farmácias, tal que a demanda d_i de cada produto i seja atribuída a uma única farmácia j respeitando a capacidade de estoque Q_{ij} que a farmácia j tem do produto i . Além disso, o valor dos produtos atribuídos à farmácia j não pode ser inferior ao valor do pedido mínimo PM_j para *delivery* estipulado pela mesma. A alocação ótima é dada pela minimização da soma dos preços dos produtos atribuídos às farmácias, considerando o valor do frete F_j que é cobrado por algumas farmácias (Figura 12).

Cabe ressaltar que os produtos de um mesmo tipo só podem ser atribuídos a uma única farmácia, porém, produtos diferentes podem ser atribuídos a farmácias diferentes.

Figura 12 – Parâmetros envolvidos em uma alocação de n produtos a m farmácias.



Fonte: autor.

O modelo proposto para resolver o problema de alocação produtos-farmácias é uma formulação de Programação Linear Inteira Binária (PLIB), cujo objetivo é minimizar o custo de aquisição da cesta de produtos, respeitando as restrições do problema. Para a formulação do modelo matemática proposto para o problema, algumas notações devem ser consideradas.

Conjuntos:

- $I = \{1, 2, \dots, i, \dots, n\}$: onde i é o índice de cada tipo de produto;
- $J = \{1, 2, \dots, j, \dots, m\}$: onde j é o índice de cada farmácia;

Dados:

- c_{ij} : custo do produto i na farmácia j ;
- d_i : demanda do produto i ;
- F_j : frete cobrado pela farmácia j . Caso a farmácia não cobre frete, $F_j = 0$;
- Q_{ij} : quantidade do produto i em estoque na farmácia j ;
- PM_j : valor do pedido mínimo para entrega praticado pela farmácia j .

Variáveis:

- $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o produto } i \text{ é comprado na farmácia } j; \\ 0, & \text{caso contrário;} \end{cases}$
- $y_j = \begin{cases} 1, & \text{se a farmácia } j \text{ é selecionada;} \\ 0, & \text{caso contrário;} \end{cases}$

$$Z = \text{Min} \left(\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} x_{ij} c_{ij} d_i + \sum_{j \in J} y_j F_j \right) \quad (1)$$

s. a. :

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_{ij} d_i \leq Q_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} c_{ij} d_i \geq y_j PM_j \quad \forall j \in J \quad (4)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, y_j \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (6)$$

Neste modelo, a função objetivo (1) minimiza a soma dos custos de atribuição dos produtos às farmácias, considerando os custos do frete eventualmente cobrados pelas mesmas. As restrições (2) garantem que cada tipo de produto seja atribuído ou comprado em uma única farmácia. As restrições (3) garantem que a farmácia j tenha estoque suficiente para atender a demanda do produto i , caso ela seja selecionada. As restrições (4) garantem que a farmácia j só será selecionada se o preço dos produtos atribuídos a ela ultrapassar o preço mínimo de venda PM_j . As restrições (5) garantem que só haverá alocação a uma determinada farmácia, se esta for selecionada. Finalmente, as restrições (6) definem as variáveis do modelo x_{ij} e y_j como binárias.

5.4 – Testes computacionais

Para a validação do modelo matemático proposto, testes computacionais foram realizados em 10 instâncias geradas aleatoriamente usando dados fictícios, instâncias F1_n1m3 a F10_n30m40 (Tabela 2), e duas instâncias usando dados reais, instâncias R1_n10m20 e R2_n15m20 (Tabela 2). O modelo foi implementado utilizando o *software* de otimização IBM® ILOG® CPLEX® *Optimization Studio* v12.9 (CPLEX), que possui uma interface de programação (API) orientada a objetos para a linguagem C++ conhecida como *Concert Technology*. Os testes computacionais foram conduzidos em uma máquina Intel Core i7 – 3517U, 1.9 GHz CPU, 6 GB RAM, rodando em um sistema operacional Windows 10.

A Tabela 2 apresenta na primeira coluna os nomes das instâncias, na segunda coluna as quantidades de produtos n e, na última coluna, a quantidade de farmácias m das doze instâncias geradas, enquanto a Figura 13 apresenta os dados da Instância F5_n7m10 ($n = 7$, $m = 10$).

Tabela 2 - Tamanhos das instâncias geradas.

Instância	nº de Produtos (n)	nº de Farmácias (m)
F1_n1m3	1	3
F2_n1m10	1	10
F3_n3m3	3	3
F4_n3m10	3	10
F5_n7m10	7	10
F6_n7m20	7	20
F7_n10m20	10	20
F8_n10m40	10	40
F9_n30m20	30	20
F10_n30m40	30	40
R1_n10m20	10	20
R2_n15m20	15	20

Fonte: autor (2020).

Figura 13 - Dados da Instância F5_n7m10.

n(tipos diferentes de produtos):		7									
m(quantidade de farmácias):		10									
Custo do produto i (linha) na farmácia j (coluna) (c_{ij}):											
$i \setminus j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2.3	2.5	2	3.7	3	1.8	1.8	2.3	2.3	2.5	
2	10	11	10.1	9.9	9	8	11	10.4	11.2	9.8	
3	15	14.5	15.6	14	13	15.8	16	16.8	16.2	15.9	
4	22	23	22.6	22.1	22.8	23.1	23.6	23.9	24	25	
5	55	44	49	49	47	45	48	45	55	49	
6	34.5	37.9	38.6	37.2	37.3	42.8	41.8	35.7	33.9	37.7	
7	60.6	77.3	77.4	67.2	63.3	76.8	77.7	69.8	77.7	69.7	
F_j	10	15	10	0	15	10	0	0	15	20	
PM_j	10	2	10	0	15	10	0	10	8	2	
Estoque do produto i (linha) na farmácia j (coluna) (Q_{ij}):											
$i \setminus j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	d_i
1	11	13	0	11	10	0	0	11	11	12	1
2	10	11	15	10	12	0	14	13	11	0	2
3	8	9	0	10	10	0	0	0	8	0	1
4	7	6	7	0	5	0	5	8	6	8	3
5	0	7	8	0	0	0	7	5	7	6	2
6	2	2	2	3	1	1	0	0	1	2	1
7	1	2	1	1	0	0	2	3	3	1	1

É importante destacar que uma instância ao ser gerada só deve considerar os produtos disponíveis em estoque em pelo menos uma farmácia. Caso um ou mais produtos estejam em falta em todas as farmácias, este(s) deve(m) ser eliminado(s) da lista de produtos. Isso evita que a solução da instância seja inviável.

De modo a assegurar somente soluções viáveis, foi criada uma etapa de pré-processamento, cujo objetivo é evitar a situação descrita no parágrafo anterior. Deste modo, antes do modelo ser gerado e resolvido é verificado se para cada produto solicitado ao menos uma farmácia atenda a demanda do respectivo produto. Se todos os produtos puderem ser entregues, o modelo é resolvido normalmente, caso contrário, uma mensagem indicando a indisponibilidade do(s) produto(s) é disparada antes de prosseguir para a solução do modelo.

Tabela 3 - Resultado dos testes computacionais.

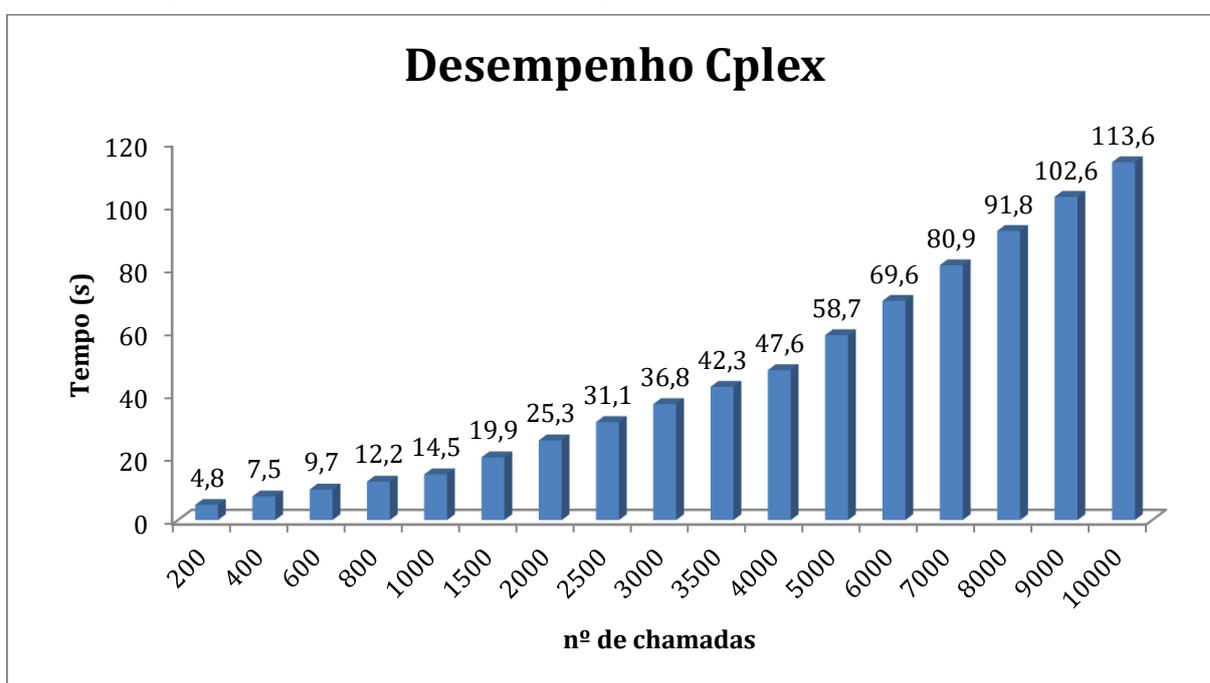
Instância	Z*	t(s)
F1_n1m3	33	0,024
F2_n1m10	14,4	0,038
F3_n3m3	47,2	0,049
F4_n3m10	37,2	0,040
F5_n7m10	297,2	0,049
F6_n7m20	289,2	0,050
F7_n10m20	825,5	0,049
F8_n10m40	825,5	0,068
F9_n30m20	3869,66	0,075
F10_n30m40	3842,52	0,091
R1_n10m20	237,86	0,086
R2_n15m20	591,36	0,082

Na Tabela 3, a segunda coluna apresenta os valores ótimos da função objetivo (Z^*) e a última coluna os tempos gastos em segundos ($t(s)$) para obter o ótimo das instâncias testadas. De acordo com a tabela, todas as instâncias levaram menos que um segundo para serem resolvidas. Mesmo as Instâncias F9_n30m20 e F10_n30m40, criadas para testar a robustez do modelo matemático, embora ocorram com menos frequência na prática, retornaram a solução ótima em menos de um segundo.

Um segundo tipo de teste realizado foi para simular o desempenho do servidor otimizador (Figura 14), cujo objetivo foi tentar medir o maior tempo de espera o qual um cliente pode ser submetido ao fazer um pedido, considerando que

o seu pedido seja o último a ser atendido em um grande número de requisições/chamadas simultâneas. Este teste é importante, pois simula o comportamento do aplicativo PEDIUFARMA® em uma situação de acesso concorrente crescente, algo provável de acontecer na medida em que o número de usuários aumente. Neste teste, mediu-se apenas o tempo total que o CPLEX levou para resolver um determinado número de requisições simultâneas. Para isso, foram utilizadas as 10 primeiras instâncias da Tabela 2, sendo uma instância selecionada aleatoriamente para cada chamada do CPLEX.

Figura 14 - Tempo de resposta em função do número de chamadas do CPLEX.



Fonte: autor.

O teste foi realizado em uma máquina Intel Core i7 – 8565U, 1,99GHz CPU, 4-CORE, 8 processadores lógicos, 16GB RAM, simulando um servidor dedicado. A Figura 14 apresenta os tempos em segundos para diferentes quantidades de requisições simultâneas. Portanto, para uma quantidade de 5000 requisições sequenciais, o último pedido seria atendido após um tempo de aproximadamente 58,7 segundos (menos que 1 minuto).

Destaca-se que um volume de 1000 requisições por segundo seria um volume alto de tráfego do aplicativo, sendo que o tempo de resposta do último cliente seria de menos de 15 segundos (Figura 14). Todos os tempos mensurados não consideram o tempo de transmissão do servidor para o aplicativo. Se o volume

de clientes aumentar, a arquitetura desenvolvida permitiria incorporar mais de um servidor para resolver o modelo, fazendo que o tempo de espera do usuário diminua consideravelmente.

5.5 – Processamento *Multithread*

Uma questão natural que surge é sobre a capacidade de solução do solver do CPLEX (ou de outro solver qualquer) quando se tem centenas ou até mesmo milhares de chamadas simultâneas. Neste cenário, o tempo de uma solução e, conseqüentemente, o tempo de resposta do aplicativo a um dado cliente é de fundamental importância. Para minimizar esse problema, uma opção é recorrer ao processamento *multithreading*.

Threads são múltiplos caminhos de execução que rodam concorrentemente na memória compartilhada e que compartilham os mesmos recursos e sinais do processo pai. Um *thread* é um processo simplificado, mais leve, que consome menos recursos computacionais que um processo, sendo fácil de criar, manter e gerenciar. Além disso, *threads* são utilizados de forma eficiente para a execução de processamento paralelo em sistemas multiprocessados (BUENO, 2020).

Embora o *multithreading* já exista há décadas, o interesse nele tem surgido rapidamente devido a proliferação de sistemas multicore. O processador *multicore* mais comum hoje em dia é o *dual core*, embora os processadores *quad core* estejam se tornando populares. Em sistemas *multicores*, o *hardware* pode colocar vários processadores para trabalhar simultaneamente em diferentes partes de sua tarefa, permitindo, assim, que o programa termine rápido. Para obter total vantagem da arquitetura *multicore* é necessário escrever aplicações *multithread*. Quando um programa divide tarefas em *threads* separados, um sistema *multicore* pode rodar esses *threads* em paralelo (DEITEL & DEITEL, 2009, p.13).

Ainda segundo Deitel & Deitel (2009), quando um programa roda em um computador, as tarefas do programa competem com o sistema operacional pela atenção do(s) processador(es), outros programas e outras atividades que o sistema operacional está executando no momento. Assim, o tempo para executar cada tarefa irá variar baseado na velocidade do processador do computador. Existe também a sobrecarga inerente ao próprio *multithreading*. Simplesmente dividir uma tarefa em dois *threads* e rodá-las em um sistema *dual core*, não significa que a tarefa será

realizada duas vezes mais rápida, embora ainda seja executada mais rápido do que uma chamada de dois *threads* em sequência em um único *core*.

Linguagens modernas como Java e C# possuem suporte nativo a *threads* enquanto C e C++ necessitam de bibliotecas específicas para o mesmo fim. Neste trabalho foi utilizada a linguagem de programação C++ e a Função (5) para disparar *threads*:

```
async(launch::async, startSolver, nome_da_instância);           (5)
```

A função *async* retorna um objeto da classe *future* (biblioteca <future>) que é usado para obter o dado retornado pela função que *async* executa, que no caso é a função *startSolver*, quando a *thread* completa a execução.

A versão da função *async* usada na implementação do modelo toma três argumentos a saber:

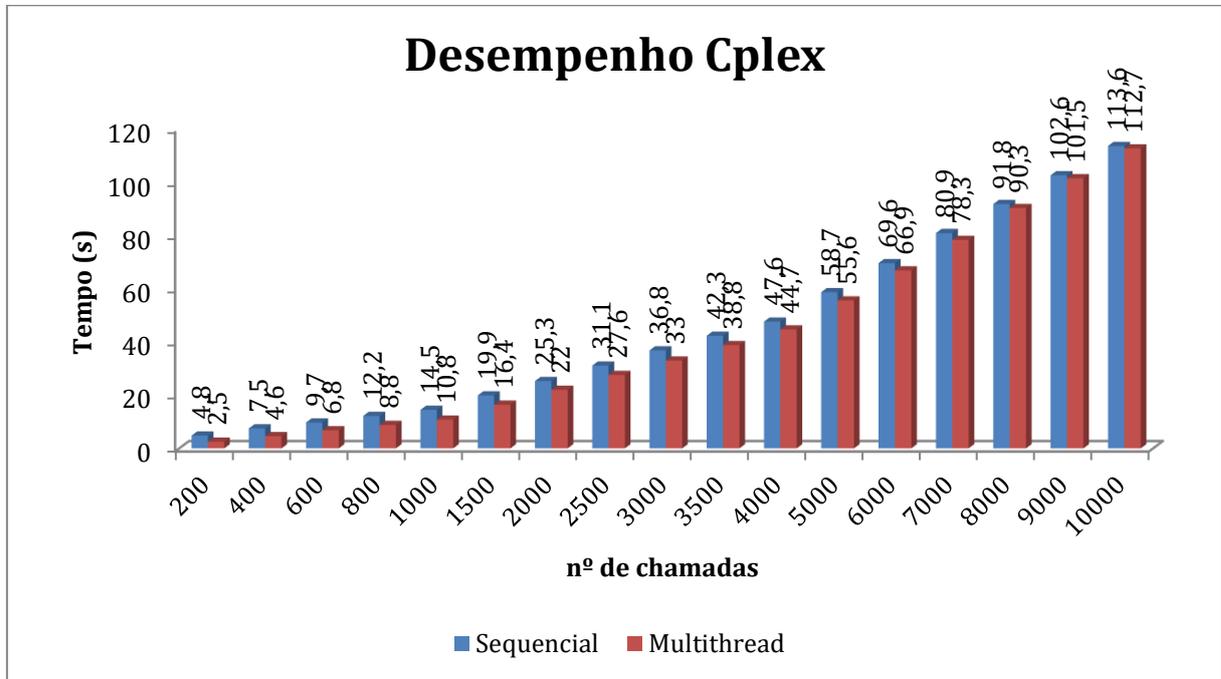
- **Thread launch policy:** as opções para o primeiro parâmetro são: *launch::async*, *launch::deferred* ou ambas separadas pelo operador OR (|). O valor *launch::async* indica que a função especificada no segundo argumento deve ser executada em um *thread* separado. O valor *launch::deferred* indica que a função especificada no segundo argumento deve ser executada no mesmo *thread* quando o programa usa o objeto *future* retornado pelo *template* da função *async* para obter o resultado;
- **Função ponteiro (ou função objeto) a ser executada:** especifica a tarefa a ser realizada no *thread*, que neste caso é a execução da função *startSolver*;
- **Argumentos:** o terceiro argumento, na verdade, pode ter um número qualquer de argumentos adicionais que são passados para a função especificada no segundo argumento. No caso da Função (5), está sendo passado o nome da instância a ser resolvida.

5.5.1 – Testes com *Multithread*

Assim, diante da possibilidade de ganho em eficiência promovido pelo processamento paralelo, foram feitos os mesmos testes da Figura 14 com chamadas *mutithread* e comparado com os testes utilizando chamadas sequenciais. O

resultado com os tempos para diversas quantidades de chamadas é apresentado no gráfico da Figura 15.

Figura 15 - Comparativo de tempo das chamadas sequencial e *Multithread*.



Fonte: autor.

Cabe ressaltar, que segundo o manual IBM ILOG CPLEX *Optimization Studio* (2017) o CPLEX oferece otimizadores paralelos que são implementados para rodar em plataformas *multicore*. Os otimizadores paralelos *multithread* podem ser chamados a partir do Otimizador Iterativo ou das Bibliotecas de Componentes.

Por padrão, o CPLEX usa um número de *threads* igual ao número de núcleos ou 32 *threads* (o número que for menor). Além disso, o CPLEX usa o otimizador paralelo MIP determinístico para resolver problemas de programação inteira mista. Deste modo, o otimizador explora o processamento paralelo enquanto resolve os nós da árvore de *branch & cut* do MIP, explorando o paralelismo enquanto resolve o nó raiz (IBM ILOG CPLEX *Optimization Studio*, 2017).

Como consequência da utilização de otimizadores paralelos pelo CPLEX, percebe-se na Figura 15 que não há uma variação significativa entre os tempos de processamento dos dois tipos de chamadas.

CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES

A pesquisa propõe um processo que possa melhorar a interação do cliente com os estabelecimentos farmacêuticos, de forma que a ruptura do varejo seja mitigada e a compra possa ocorrer no menor tempo, no menor preço e na maior comodidade valendo-se de um modelo de otimização de preços que afiance uma cesta de compra mais barata.

Como consequência deste trabalho foi desenvolvido o aplicativo Pediufarma® que foi concluído parcialmente para operação no mercado e lançado de forma discreta em Maio de 2019 e relançado oficialmente em Março de 2020 vêm apresentando resultados satisfatórios. De forma promissora e eficiente vem atendendo as demandas dos clientes, porém a medida que crescem os números de farmácias e clientes e que ocorre a expansão do negócio aumentando a abrangência territorial do aplicativo, cresce também a necessidade do modelo que otimize a alocação ótima dos produtos, o que encontra-se em fase de desenvolvimento.

Concluiu-se então, de forma objetiva, que buscando o melhor dos canais de comunicação com o cliente é possível traçar um processo que seja capaz de entregar de forma satisfatória o melhor de cada canal de comunicação o que acarretará o cumprimento do objetivo proposto.

É imperativo salientar que o processo proposto aqui foi voltado para o cliente e a forma que ele interage com a solução e que cada estabelecimento possui o seu processo interno os quais não foram alvos da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPMP. **BPM CBOOK Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio**. 1ª ed. Brasil: Association Of Business Process Management Professionals, 2013.

Anuário Estatístico do Mercado Farmacêutico - 2018 - cosmetovigilância - Anvisa.

Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2Fresultado-de-busca%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1%26_3_groupId%3D0&_101_assetEntryId=5730944&_101_type=document>. Acesso em: 7 set. 2020.

ASSIS, L. S. D. (2014). *Otimização de alocação de chaves em redes de distribuição de energia elétrica*. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

BORTOLLETO, N. et al. POLÍTICA COMERCIAL DA EMPRESA RB: Análise Crítica das Políticas de Canais de Distribuição. **POLÍTICA COMERCIAL DA EMPRESA RB: Análise Crítica das Políticas de Canais de Distribuição.**, p. 31, [s.d.].

BRITO, M. **O que é Marketplace? - Vantagens e Desvantagens | MZclick**, 2018.

Disponível em: <<https://www.mzclick.com.br/o-que-e-marketplace-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 19 dez. 2018

BUENO, A. D. Introdução ao Processamento Paralelo e ao Uso de Clusters de Workstations em Sistemas GNU/LINUX. LMPT EMC UFSC Acesso em: 28 de agosto de 2020. Disponível em: <<http://www.rau-tu.unicamp.br/nou-rau/softwarelivre/document>>.

CHAVES, V. H. C. [UNESP. Perspectivas históricas da pesquisa operacional. **Aleph**, p. 117 f. : il., 9 jun. 2011.

Consulta Remédios: Comparador de Preços Online – Apps no Google Play. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.consultaremedios&hl=pt>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

COUGHLAN, A. T. et al. **Canais de Marketing**. Edição: 1 ed. [s.l.] Pearson Universidades, 2011.

DA SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2005.

DEITEL, P. J., DEITEL, H. M. (2009). C++11: Additional Features. In: *C++ for Programmers*. Pearson Education, p. 24.1 – 24.52

ELSEVIER. **Scopus - Content Coverage Guide**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/?a=69451>>. Acesso em: 11 setembro. 2020.

FAUDZI, S., ABDUL-RAHMAN, S., ABD RAHMAN, R., ZULKEPLI, J., & BARGIELA, A. (2020). Optimizing the Preference of Student-Lecturer Allocation Problem Using Analytical Hierarchy Process and Integer Programming. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(1), 261-275.

FIUZA, E. P. S.; LISBOA, M. DE B. BENS CREDENCIAIS E PODER DE MERCADO: UM ESTUDO ECONOMÉTRICO DA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA BRASILEIRA. nov. 2001.

FREITAS FILHO, F. S. D. (2016). *Uma abordagem para o problema de alocação de professores em disciplinas utilizando programação linear inteira*. Trabalho de Conclusão de Curso – Quixadá - CE, Universidade Federal do Ceará – UFCE.

GALINDO, D.; DE OLIVEIRA, J. **RUPTURA EM DISTRIBUIÇÃO DE MEDICAMENTOS - ANÁLISE DOS FATORES CAUSADORES**. SEGeT Simpósio de Excelência em Gestão Tecnológica. **Anais...** In: GESTÃO E TECNOLOGIA PARA A COMPETITIVIDADE. Rio de Janeiro: 23 out. 2013 Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/29518627.pdf>>

GLOBALWEBINDEX. **GlobalWebIndex - Audience Insight Tools, Digital Analytics & Consumer Trends**. Disponível em: <<https://www.globalwebindex.com>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

GOMES, R. et al. O novo cenário de concorrência na indústria farmacêutica brasileira. p. 38, abr. 2014.

Google Trends. Disponível em: <<https://trends.google.com.br/trends/?geo=BR>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

GOUVÊA, M. A.; BIAZZI, M. R. DE. O comportamento do consumidor do setor farmacêutico diante da demanda não atendida – implicações para a cadeia de suprimentos. **Revista de Administração Mackenzie (Mackenzie Management Review)**, v. 8, n. 1, 2007.

INTERFARMA - Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa. Guia 2019. 38 p. Disponível em: <<https://www.interfarma.org.br/public/files/biblioteca/guia-interfarma-2019-interfarma2.pdf>>. Acesso em: 19 abril 2020

JÜNGER, M., LIEBLING, T. M., NADDEF, D., NEMHAUSER, G. L., PULLEYBLANK, W. R., REINELT, G., WOLSEY, L. A. (eds.). (2009). *50 Years of integer programming 1958-2008: From the early years to the state-of-the-art*. Springer Science & Business Media

KRALIK, L. S.; MARTINS, V. L. M. Melhoria de processos de uma distribuidora de medicamentos : análise de cluster e previsão de demanda de itens novos. 2012.

LEÃO, R. **Qual o significado de ruptura no varejo?** Disponível em: <<https://www.tradeforce.com.br/blog/significado-de-ruptura/>>. Acesso em: 29 mar. 2020.

MACHLINE, C.; AMARAL JÚNIOR, J. B. C. Avanços logísticos no varejo nacional: o caso das redes de farmácias. **Revista de Administração de Empresas**, v. 38, n. 4, p. 63–71, dez. 1998.

MARTIN, R. C. Design Principles and Design Patterns. p. 34, 2000.

MOREIRA, F. V. C.; VIANA, G. V. R. Técnicas de Divisão e Conquista e de Programação Dinâmica para a resolução de Problemas de Otimização. p. 23, 2011.

MOURA, A. G. DE et al. Uma proposta de melhoria de processos de negócio para os Institutos Federais. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 19, n. 4, p. 212–243, 30 set. 2019.

PIOLA, S. F. (ORG); VIANNA, S. M. (ORG). Economia da saúde: conceitos e contribuição para a gestão da saúde. **www.ipea.gov.br**, out. 1995.

RAMOS, L. C. F.; SPIEGEL, T.; ASSAD, D. B. N. Gestão de materiais hospitalares: uma proposta de melhoria de processos aplicada em hospital universitário. **Revista de Administração em Saúde**, v. 18, n. 70, 23 fev. 2018.

SANCHOTENE, T. C. (2018). *Abordagem heurística para solução do problema de alocação de médicos do HCPA*. Trabalho de Conclusão de Curso – Porto Alegre – RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

SIERKSMA, G.; ZWOLS, Y. **Linear and integer optimization: theory and practice**. 3rd edition ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2015.

SINDI, W., AGBELIE, B. (2020). Assignments of Pavement Treatment Options: Genetic Algorithms versus Mixed-Integer Programming. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 146(2), p. 04020008.

TRADEFORCE. **4 ações para ter maior controle de ruptura no varejo**, 19 jun. 2018. Disponível em: <<https://accera.com.br/blog/4-acoes-para-ter-maior-controle-de-ruptura-no-varejo/>>. Acesso em: 29 mar. 2020

Yu, C., Zhang, D., Lau, H. Y. (2017). An adaptive large neighborhood search heuristic for solving a robust gate assignment problem. *Expert Systems with Applications*, 84, 143-154.