



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LEONARDO DOS SANTOS LOURENÇO BASTOS  
MATHEUS LOPES MENDES

**MAPEAMENTO DAS SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA DE  
REPOSIÇÃO CONJUNTA POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA**

BELÉM  
2015

LEONARDO DOS SANTOS LOURENÇO BASTOS  
MATHEUS LOPES MENDES

MAPEAMENTO DAS SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA DE REPOSIÇÃO  
CONJUNTA POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Bacharelado em Engenharia de Produção da  
Universidade do Estado do Pará.

Área de Concentração: Pesquisa Operacional  
Orientador: Prof. Dr. Denilson Ricardo de  
Lucena Nunes.

BELÉM

2015



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



**“Mapeamento das Soluções para o Problema de Reposição Conjunta por Meio da Revisão Sistemática”.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelo aluno **Leonardo dos S. Lourenço Bastos e Matheus Lopes Mendes**, em 03 de dezembro de 2015, na Universidade do Estado do Pará (UEPA), e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

**Dr. Denilson Ricardo de Lucena Nunes, UEPA**  
Orientador

**Dr. André Cristiano Silva Melo, UEPA**  
1º Avaliador

**M.Sc. Vitor William Batista Martins, UEPA**  
2º Avaliador

Belém/PA, 03 de dezembro de 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelas bênçãos e por ser uma fonte de felicidade e motivação que tem me guiado para alcançar meus sonhos por toda esta jornada.

Agradeço aos meus pais, Carlos e Mônica, e a minha irmã, Isabela, por me apresentarem valores e princípios baseados no amor, e por sempre me oferecerem apoio e conselhos nas minhas decisões de forma incondicional, além de me ensinarem a enfrentar as dificuldades e procurar alcançar meus objetivos.

Agradeço ao meu amigo Matheus Mendes, a todos aqueles amigos que pude conhecer ao longo da trajetória universitária e aos amigos de longa data, por demonstrar que os valores de amizade e companheirismo são muito mais que distâncias ou e compuseram parte do crescimento e desenvolvimento.

Agradeço a Verissa Queiroz, pelo imenso amor e apoio em todos os momentos, os quais fortemente me motivaram a realizar meus sonhos, mesmo em momentos mais difíceis, e a descobrir novos horizontes.

Agradeço à Universidade do Estado do Pará, por me oferecer uma estrutura na qual foi possível conhecer e desenvolver novas ideias que, aos poucos, são capazes de mudar o mundo.

Agradeço ao professor Denilson Nunes pela oportunidade de realizarmos este trabalho, e pela sua orientação e ensinamentos repassados, os quais nos auxiliaram a efetivar este estudo e demonstrar sua importância para a literatura.

Agradeço aos professores, mestres do conhecimento, os quais nos apresentaram o universo belo da Engenharia de Produção, com grande prestatividade, conhecimento e valores éticos imprescindíveis, e que me apresentaram a importância do mundo acadêmico para a profissão, assim como grandes oportunidades de desenvolvimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Carlos e Simone, por não medirem esforços para o meu crescimento ético e moral, além de proporcionarem todo o amor e incentivo e serem uma fonte inesgotável de inspiração.

Agradeço ao meu avô, José Raul, por ser o que é, e o que significa para mim, e a todos membros da família pelo carinho e apoio para que eu chegasse nessa etapa da minha vida.

Agradeço ao meu irmão Arthur, por me fazer entender o que significa ser criança e o significado da palavra compartilhar.

Agradeço ao meu amigo Leonardo Bastos, pela disposição de sempre explorar o nosso melhor em compor este trabalho, e a todos os amigos que conheci dentro e fora da universidade, que me mostraram o quão valioso é a amizade.

Agradeço a minha noiva Alana Baptista, pela ajuda na escolha do curso e pelo apoio incondicional em todos os momentos, e por ser um exemplo de mulher e profissional da área.

Agradeço aos meus “filhos” Balu e Pandora, por demonstrarem o que significa amor incondicional.

Agradeço ao professor Denilson Nunes pela paciência e pela oportunidade de desenvolver este trabalho, sem o qual não poderíamos demonstrar a importância para a comunidade científica.

Agradeço à Universidade do Estado do Pará e o corpo docente de Engenharia de Produção, que nunca mediram esforços em disseminar o conhecimento, e apresentar cada vislumbre do que significa ser “de produção”.

Agradeço também a todos que indiretamente contribuíram para minha formação, mas que por algum motivo não foram citados de forma clara, a todos vocês o meu muito obrigado.

*"Todos os seus sonhos podem se tornar realidade se você tem coragem para persegui-los"*  
- Walt Disney

*"Com grandes poderes vêm grandes responsabilidades"*  
– Stan Lee (Tio Ben) 1922

## RESUMO

BASTOS, Leonardo dos Santos Lourenço; MENDES, Matheus Lopes. **Mapeamento de Soluções para o Problema de Reposição Conjunta (*Joint Replenishment Problem*) por meio da Revisão Sistemática.** 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Pará. Belém, 2015.

A Gestão de Estoques é uma das principais atividades que influenciam diretamente os custos e o nível de serviço ao cliente fornecido pelas empresas. Parte desse processo de gestão representa programar o ressurgimento dos itens acabados e matérias-primas. Uma das formas de programar esse ressurgimento é utilizar modelos de reposição, os quais, em sua maioria, foram elaborados de forma a reduzir os custos totais com estoques. Dentre os diversos modelos existentes, existe um grupo dedicado ao Problema de Reposição Conjunta (*JRP - Joint Replenishment Problem*), que corresponde à reposição de múltiplos itens de forma simultânea, visando a redução dos custos totais. A literatura apresenta diversos modelos exatos e soluções aproximadas para o problema, com diferentes contextos de aplicação e técnicas de solução distintas, o que resulta em grande quantidade de propostas diferentes para o problema. Verificou-se então a necessidade de mapear as principais soluções do *JRP*, bem como suas principais características. Deste modo, nesta pesquisa foi realizado o mapeamento das diversas soluções existentes para o *JRP*, abrangendo o período de 2006 a 2015. O método de pesquisa utilizado foi a Revisão Sistemática, devido à sua metodologia rigorosa em avaliar materiais da literatura, de forma a descrever o que há de maior contribuição. Verificou-se uma grande variedade de soluções relacionadas a diferentes níveis de complexidade, assim como existe uma busca por soluções de fácil entendimento e aplicação. Nesse contexto, percebeu-se que o método heurístico se sobrepôs, devido à sua simplicidade e praticidade de entendimento e aplicação, sendo estas características também uma tendência geral de objetivos nos modelos de soluções do *JRP*, e, portanto, esta revisão contribui como um repositório de informações acerca das abordagens mais recentes do problema

**Palavras-Chave:** *Joint Replenishment Problem*; Revisão Sistemática; Mapeamento de Soluções; Multiproduto.

## ABSTRACT

BASTOS, Leonardo dos Santos Lourenço; MENDES, Matheus Lopes. **Mapeamento de Soluções para o Problema de Reposição Conjunta (*Joint Replenishment Problem*) por meio da Revisão Sistemática.** 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Pará. Belém, 2015.

*The inventory management is one of the main factors that directly influence the cost and customer service level provided by companies. Part of the management process corresponds to programming the replenishment of final products and raw material. One mean of programming this resupply is by using replenishment models, which, in their majority, were developed in order to reduce total inventory costs. Among all the existing models, there is a group related to the Joint Replacement Problem (JRP), which corresponds to the replenishment of multiple items simultaneously in the same order, aiming total cost reduction. The literature presents several optimization and approximation solutions for the problem, with different contexts of application and distinct solution techniques, which result in a large quantity of different solution proposals. In this way, it was verified a necessity of gathering all the main contributions in JRP and their significant features. Therefore, this research performed the mapping of the several solutions to the JRP, considering the period from 2006 to 2015. The research method used was the Systematic Review due to its rigorous methodology in assessing the literature resources in order to describe greatest contributions in the field of study. As a result, it was observed a great variety of solutions related to different levels of complexity as well as there is a search for solutions of easy understanding and application. Hence, it was noticed that the heuristic method detached itself due do its simplicity and practicality in understanding and application. These features also represented a general tendency in objectives in the models of JRP solutions, and therefore, this review contributes as a repository of information regarding the most recent approaches to the problem.*

**Key Words:** *Joint Replenishment Problem; Systematic Review; Solutions Mapping; Multi-product.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Modelos de Previsão de Demanda.....	21
Figura 2 - Gráficos de Níveis de Estoque do Modelo (p, Q).....	25
Figura 3 - Gráficos de Níveis de Estoque do Modelo (p, S).....	25
Figura 4 - Gráficos de Níveis de Estoque do Modelo (T, S).....	26
Figura 5 - Etapas de Pesquisa com base na Revisão Sistemática.....	40
Figura 6 - Gráfico de Percentual da Disponibilidade do Texto das Publicações.....	49
Figura 7 - Distribuição de Publicações em cada ano.....	50
Figura 8 - Porcentagem de Quantidade de Artigos em cada Tipo de Acervo.....	50
Figura 9 - Distribuição da Quantidade de Artigos em Porcentagem para cada Tipo de Acervo entre 2006 e 2015.....	51
Figura 10 - 10 Maiores Acervos em Quantidade de Artigos Publicados.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidades de Artigos Publicados e Acessados por ano. **Erro! Indicador não definido.**

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Desenvolvimento dos Principais Métodos de Solução para o <i>JRP</i> .....	33
Quadro 2 - Etapas de uma Revisão Sistemática.....	37
Quadro 3 - Parâmetros do Protocolo de Revisão para o Problema de Reposição Conjunta.....	42
Quadro 4 - Bases de Periódicos consideradas na Pesquisa.....	46
Quadro 5 - Parâmetros da Classificação Geral - Banco de Dados.....	47
Quadro 6 - Parâmetros da Classificação Específica - Banco de Dados.....	47
Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável.....	54
Quadro 8 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Não-Estável/ Dinâmica.....	77
Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica .....	80
Quadro 10 - Modelos com Abordagem Complementar.....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE - Algoritmo Evolucionário

AED - Algoritmo de Evolução Diferencial

AG - Algoritmo Genético

AGK - Algoritmo Genético modificado para o Múltiplos Inteiros (K)

AGT - Algoritmo Genético modificado para o Tempo de Ciclo Básico (T)

*BCO – Bees Colony Optimization*

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento

CD - Centro de Distribuição

*C-JRP – Constraint JRP ou Problema de Reposição Conjunta com Restrições*

*COP – Can-Order Policy*

*C-RAND – Constrained RAND ou RAND com Restrições*

*DGS – Direct Grouping Strategy ou Estratégia de Agrupamento Direto*

*FCLP – Fixed Charge Location Problem*

*FOA – Fruit Fly Optimization Algorithm*

*FSA – Fuzzy Simulation Approach*

*FSDE – Fuzzy Simulation Approach com Algoritmo Evolucionário*

*IFOA- Improved Fruit Fly Optimization Algorithm*

*IGS – Indirect Grouping Strategy ou Estratégia de Agrupamento Indireto*

*JELS – Joint-Economic Lot Size*

*JRD – Joint Replenishment and Delivery Problem*

*JRP – Joint Replenishment Problem ou Problema de Reposição Conjunta*

LEC - Lote Econômico de Compra

*M-RAND – Modified RAND ou RAND modificado*

*MFJRP - Multi-Family Joint Replenishment Problem*

*MIP – Mixed Integer Programming ou Programação Inteira-Mista*

*PSO – Particle Swarm Optimization Algorithm*

RG - *RAND* modificado com Algoritmo Genético

*SA – Simulated Annealing*

*SWMR – Single-Warehouse Multi-Retailer Problem*

*VHS - Variable Neighborhood Search*

*VMI – Vendor Management Inventory*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 OBJETIVOS GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....</b>	<b>13</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
4.1 GERENCIAMENTO DE ESTOQUES.....	15
4.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
4.1.2 ATIVIDADES DO GERENCIAMENTO DE ESTOQUES.....	17
4.2 MODELOS BÁSICOS DE ESTOQUES.....	21
4.2.1 CONCEITOS BÁSICOS.....	21
4.2.2 PRINCIPAIS SISTEMAS DE CONTROLE DE ESTOQUES.....	23
4.2.3 MODELOS DETERMINÍSTICOS.....	27
4.3 O PROBLEMA DA REPOSIÇÃO CONJUNTA.....	29
4.4 REVISÃO SISTEMÁTICA.....	36
<b>5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>39</b>
5.1 TIPO E DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	39
5.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	40
5.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES.....	46
5.4 ORGANIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DADOS.....	47
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
6.1 EVOLUÇÃO DO ESTUDO DO PROBLEMA DE REPOSIÇÃO CONJUNTA....	48
6.2 MODELOS COM DEMANDA DETERMINÍSTICA ESTÁVEL.....	52
6.3 MODELOS COM DEMANDA DETERMINÍSTICA NÃO-ESTÁVEL (DINÂMICA) .....	75
6.4 MODELOS COM DEMANDA ESTOCÁSTICA.....	78
6.5 INFLUÊNCIAS DE KHOUJA E GOYAL (2008) NOS MODELOS.....	89
6.6 ABORDAGENS COMPLEMENTARES.....	90
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto da gestão de estoques, verificaram-se diversas situações específicas no que tange ao ressuprimento de itens. Como consequência, a literatura oferece um universo de soluções por meio de modelos matemáticos utilizados para cada uma dessas situações específicas. Saracoglu *et al.* (2014) indicam que um bom gerenciamento de estoques se relaciona de forma direta com a política de ressuprimento da empresa e se baseia em um profundo conhecimento dos processos desta última.

O estoque é uma das principais preocupações e investimentos, pois decisões relacionadas a ele causam impacto direto na redução de custos e no aumento de nível de serviço, em qualquer elo da cadeia de suprimentos. Para saber como melhorar a tomada de decisões, os modelos de reposição de estoques definem as regras de como serão feitos esses reabastecimentos, de acordo com a natureza da demanda e as possíveis restrições no sistema de estoques.

Dentro deste contexto, as principais discussões sobre reposição de estoques abordaram as decisões a respeito de o que, como, quanto e quando ressuprir determinado produto ou conjunto de produtos, para que se atinja eficiência no processo de reposição e maior satisfação do cliente (SARACOGLU *et al.*, 2014). Com o surgimento do problema de estoques, começaram a aparecer vários tipos de modelagem para as dificuldades encontradas, métodos de resolução polinomiais, de programação linear, não-linear etc. Além disso, os modelos de estoques mais utilizados trabalhavam somente um produto de cada vez.

Entretanto, surgiu a necessidade de entender o funcionamento da demanda de vários itens repostos simultaneamente, situação conhecida como o *Joint Replenishment Problem (JRP)*. A partir deste ponto, diversos modelos foram gerados para entregar soluções ótimas ou aproximadas, considerando os benefícios em realizar a reposição de múltiplos itens.

De acordo com Salameh *et al.* (2014), o principal conceito por trás do problema de reposição conjunta é que vários itens são ordenados a partir de um único fornecedor e vários produtos compartilham o mesmo meio de transporte. Sabe-se também que o uso dos modelos de reposição conjunta é um fator determinante no ambiente profissional, com o objetivo de reduzir os custos totais em sistemas de

estoques comparados aos custos de demandar itens individualmente (SALAMEH *et al.*, 2014).

Portanto, o presente estudo buscou mapear os diferentes métodos existentes para a resolução do *JRP*, contemplando um horizonte de abrangência do período que vai de 2006 a 2015. O período escolhido tem como justificativa estender o estudo de Khouja e Goyal (2008), que abrangeu o período de 1989 até 2005. De modo geral, utilizou-se dos métodos rigorosos de pesquisa da Revisão Sistemática para identificar, coletar, selecionar, e avaliar a qualidade do material, assim como analisar e descrever as reais contribuições para o desenvolvimento da pesquisa.

Neste contexto, o que serviu de norteador para este estudo foi a seguinte questão de pesquisa: Como mapear as diferentes soluções já publicadas para o Problema de Reposição Conjunta (*JRP*) nos últimos dez anos, agrupando-as por suas principais características de interesse? ”.

Além desta Introdução, a divisão desta pesquisa segue com a delimitação dos Objetivos Geral e Específicos, a Justificativa da Pesquisa, o Referencial Teórico que delimitou o ramo de estudos deste estudo e os principais conceitos utilizados, os Procedimentos Metodológicos que guiaram a realização desta pesquisa, a Análise e Discussão dos Resultados obtidos, as Considerações Finais em relação à pesquisa e, finalmente, a seção de Referências utilizadas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GERAL**

Realizar o mapeamento das soluções existentes para o problema de reposição conjunta de itens, considerando os últimos dez anos de publicações na literatura (2006 a 2015).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Fazer revisão transversal na literatura a respeito das soluções para o Problema de Reposição Conjunta e sobre a metodologia da Revisão Sistemática;
- Definir os principais parâmetros que guiarão a reunião das publicações a respeito do Problema de Reposição Conjunta;

- Destacar as principais soluções encontradas na literatura com base no Protocolo de Revisão;
- Analisar as principais soluções destacadas, a fim de captar as considerações dos respectivos autores na formulação das soluções;
- Estabelecer o mapeamento das soluções conforme a topologia, metodologia utilizada e parâmetros considerados no contexto do problema de reposição conjunta.

### **3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA**

A gestão de estoques é uma atividade bastante discutida nos contextos acadêmico e profissional. De acordo com a estratégia empresarial, os estoques podem interferir de forma direta na satisfação do cliente, na imagem da organização (nível de serviço) e nos custos de produção de forma geral. As decisões em gestão de estoques constituem ainda algumas das maiores preocupações de gestores, sobretudo no que diz respeito a custos de pedido e custos de manutenção, e sua importância e complexidade são intensificados considerando a estratégia e o planejamento de um contexto atual de cadeia de suprimentos global (TÜRKAY e ALPTEKIN, 2013).

Ao se considerar a reposição de estoques, verifica-se que a maioria dos modelos de estoques apresentados nos cursos de graduação em engenharia de produção e administração, bem como aqueles aplicados no mercado, trata da reposição de um único item, seja ela de demanda determinística ou estocástica. Na aplicação profissional, destaca-se que as empresas estão em constante busca de modelos ou decisões em estoques que sejam eficientes e eficazes (TÜRKAY e ALPTEKIN, 2013).

Geralmente, o modo de reposição, assim como o modelo matemático escolhido para cada item, é baseado em uma técnica de segmentação do inventário (o mais comum é a classificação ABC) e, por possuir maior importância para a empresa em termos de valor, a reposição de seu estoque é priorizada. Entretanto, esses modelos não consideram profundamente as influências que estes produtos têm nos custos totais, nos estoques médios e no nível de serviço, assim como nos processos de transporte e no próprio processo produtivo, caso fossem ressupridos de forma conjunta (AMAYA *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2013).

A ideia da reposição conjunta é realizar o ressuprimento de estoques para múltiplos itens, simultaneamente, visando ao menor custo e ao menor nível de estoque médio. Verifica-se na literatura a presença de diversas metodologias, algoritmos e modelos para o *JRP*. Desde sua abordagem inicial, em meados de 1970, diversos métodos foram criados, melhorados e adaptados com o objetivo de obter melhores resultados em custos, tempo de resposta (processamento), quantidade de períodos utilizados no horizonte de planejamento e quantidade de itens a serem repostos. Além disso, na prática, é muito comum as empresas realizarem um pedido de reposição de múltiplos itens, ao invés de cada um, de forma individual (SALAMEH *et al.*, 2014).

Segundo Porras e Dekker (2008), a estratégia de reposição conjunta é capaz de garantir economias em custos de até 13% quando comparados aos modelos que utilizam o Lote Econômico de Compra, considerando um conjunto de vinte produtos. Logo, a carência de informações acerca dos métodos de solução para o *JRP* e dos reais benefícios deste tipo de reposição, em um contexto de mercado, faz com que os modelos de estoques para reposição de um único item sejam mais atrativos por sua simplicidade e rapidez no auxílio à tomada de decisão.

Algumas soluções para o *JRP* garantem o resultado ótimo, porém apresentam tempos de resposta altos e metodologia matemática complexa para a aplicação prática. O *JRP* é considerado um problema do tipo NP-Complexo e, por causa disso, estudos mais recentes focaram na obtenção de respostas eficazes, visando desempenhos mais eficientes, de acordo com o contexto de aplicação, ao invés de buscarem apenas soluções ótimas (KHOUJA; GOYAL, 2008; QU *et al.*, 2015). Apesar de o problema de reposição conjunta ter sido bastante estudado, sua abordagem possui certa complexidade, quando comparado às soluções comumente utilizadas no cotidiano das empresas, o que justifica o grande interesse no desenvolvimento de soluções de fácil entendimento e aplicação, e nesse caso as heurísticas e meta-heurísticas se apresentam como boas opções.

Ainda neste contexto, como o uso dos métodos de reposição conjunta, na prática, é escasso, o *JRP* se torna menos vivenciado na graduação e, portanto, ainda menos utilizado na prática, sobretudo no Brasil, justificado pela maior quantidade de artigos científicos publicados neste campo serem em língua estrangeira. Isto resulta em um menor entendimento da praticidade no *JRP* e na construção de modelos adaptados mais práticos.

Desta forma, a partir da Revisão Sistemática, esta pesquisa tem sua contribuição por estabelecer uma descrição do panorama dos modelos existentes mais recentes e o nivelamento das suas complexidades e aplicabilidades por meio de suas premissas e considerações. A Revisão Sistemática tem contribuído significativamente para o crescimento da pesquisa, visto que identifica a formação do conhecimento e descreve a constituição de cada publicação para um determinado tema (COLICCHIA; STROZZI, 2012; GOHR *et al.*, 2013). Isto mostra ao contexto de *JRP* o que há de mais prático e simples, em termos de desenvolvimento matemático e aplicação prática na literatura, por meio de um repositório de informações acerca dos modelos.

Assim, a pesquisa se justifica pelos problemas e características que o *JRP* apresenta, baseados no contexto citado anteriormente e resumidos nas premissas a seguir:

- Há pouca disseminação do *JRP* na graduação e, por conseguinte, no contexto de mercado, sobretudo no Brasil, sendo que isto poderia fomentar maior estudo sobre o problema e sua aplicação, e a decisão sobre o modelo de estoques a ser utilizado é uma questão importante para as empresas;
- Os métodos já publicados em língua estrangeira são variados, sendo observáveis aqueles que possuem o uso de matemática mais direta e, principalmente, aqueles que utilizam heurísticas e meta-heurísticas;
- Há a necessidade de construção e/ou aplicação de modelos mais práticos, mesmo que não sejam gerais, para que a aplicação de mercado seja simples e direta, e que ofereçam aos gestores respostas com qualidade (KHOUJA; GOYAL, 2008);

#### **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção aborda os principais conceitos em Gestão de Estoques, Modelos de Estoques, e definições para o Problema de Reposição Conjunta, com informações acerca do desenvolvimento do estudo deste contexto e, por fim, a Revisão Sistemática.

##### **4.1 GERENCIAMENTO DE ESTOQUES**

Serão explicitados os conceitos e abordagens principais a respeito de estoques e atividades relacionadas ao gerenciamento de estoques.

#### 4.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A fabricação de produtos para atender uma necessidade do mercado remete à ideia de possuir um fluxo de produção eficiente em custos, mas capaz de suprir o que é demandado. No contexto das grandes empresas, é necessário obter um estudo preciso a respeito da sua demanda, a fim de estabelecer uma programação e controle de produção capaz de reduzir custos e oferecer produtos com qualidade, no tempo certo, na quantidade certa e de forma flexível, em alguns momentos. Desta forma, o gerenciamento de estoques entra como uma área que visa relacionar os fatores Demanda e Produção, com base no contexto apresentado.

Para compreender o entendimento de gestão de estoques, deve-se, primeiro, entender o conceito de estoques. De acordo com Love (1979), estoques corresponde a um conjunto de bens ou materiais em um estado relativamente ocioso até a sua instância de venda. Martin (2010) acrescenta que estoques é um meio de agregar valor de tempo ao produto, e deve funcionar como um fator de equilíbrio entre oferta e demanda.

Neste contexto, visualiza-se que a gestão de estoques abrange um conjunto de decisões e ações que afetam a quantidade de estoques ao longo do tempo, de forma a resultar em benefícios e custos (FREIRE, 2007). Deve-se compreender também que é um desafio manter os níveis de estoques os mais baixos possíveis, sem interferir no fornecimento da quantidade desejada pelo cliente (POZO, 2009).

De acordo com Dias (1993), a maioria das empresas não está mais enfatizando o “quanto”, mas sim o “quando”. Possuir em estoques a quantidade correta no tempo incorreto não garante eficácia, visto que os prazos devem ser cumpridos, para que o produto seja definitivamente entregue. Além disso, o posicionamento dos estoques no tempo correto garante uma maior satisfação do cliente, por meio da confiabilidade que é demonstrada.

A gestão de estoques, portanto, pode ser abordada com uma relação estreita entre custos e níveis de serviço. Esta área busca pelo equilíbrio entre a disponibilidade do produto ao cliente, de forma aceitável, tecnicamente conhecida como nível de

serviço, e os custos de fornecimento para um determinado nível de serviço (BALLOU, 2006).

Dentro desta abordagem, tem-se que o nível de serviço corresponde a probabilidade de que um produto esteja disponível para os clientes (FERNANDES, 2007). Ballou (2010) enfatiza que o nível de serviço é medido pela porcentagem da demanda que é atendida com os estoques disponíveis. O nível de serviço, portanto, pode mostrar ao gestor a eficácia do seu processo produtivo, assim como os custos correspondem à eficiência e ambos caracterizam indicadores ao sistema de estoques.

Havrenne (2008) afirma que ao objetivo do gerenciamento de estoques corresponde à atividade de se ter a quantidade apropriada de material no lugar certo, na hora certa, tudo a custos satisfatórios, buscando sempre a otimização desses fatores citados, para oferecer um nível de serviço elevado ao cliente. Pereira (2007) resume que a gestão de estoques busca sincronizar os processos de compra e venda, a fim de evitar escassez do produto ao cliente.

Em uma visão mais operacional, a gestão de estoques tem o objetivo de ser um fator regulador do fluxo de negócios, visto que os ritmos em que as mercadorias são enviadas e consumidas são diferentes, portanto os estoques compreendem um elemento amortecedor (MARTINS; ALT, 2000). De modo mais gerencial, Ballou (2006) afirma que o objetivo do gerenciamento de estoques é equilibrar a disponibilidade dos produtos, ou serviço ao consumidor, com os custos de abastecimento que são necessários para garantir essa disponibilidade.

#### 4.1.2 ATIVIDADES DO GERENCIAMENTO DE ESTOQUES

Com o intuito de melhor gerenciar os estoques no processo produtivo, as companhias utilizam técnicas e modelos capazes de simular cenários e gerar resultados ótimos em termos de custos e/ou quantidades de estoques. Estes métodos auxiliam à compreensão do sistema de estoques presente na empresa, a fim de beneficiar as tomadas de decisão pelos gerentes de produção. Ballou (2010) comenta que há uma gama de metodologias para controle sobre o inventário que buscam atender tanto às necessidades do nível de serviço quanto à minimização de custos com estoques.

Pozo (2009) afirma que uma das atividades importantes dentro da gestão de estoques é obter uma previsão dos estoques em um determinado intervalo de tempo,

analisá-los com base em um planejamento pré-estabelecido e, com isso, realizar ações corretivas nos momentos de desvios. Desse modo, é necessário ter um planejamento dos supracitados, a fim de estabelecer as metas da produção e, com isso, avaliar o desempenho do sistema produtivo.

Outra atividade principal e bem abrangente é o controle de estoques. Pascoal (2008) define que o controle de estoques é conceituado como a metodologia de administrar a entrada e saída de produtos no processo produtivo. A importância do controle de estoques está na ação de controle de erros e desperdícios, e análise dos dados, a fim de relacionar o investimento feito em estoques (PASCOAL, 2008). Dessa forma, o controle de estoques é capaz de apurar os desvios ocorrentes para a eliminação de erros e melhor direcionar o planejamento dos estoques objetivando, principalmente, a redução de custos.

O controle de estoques deve lidar com o dilema de minimizar os investimentos em estoques, pois eles são de elevados custos e incrementais, porém, uma empresa não pode ficar sem estoques, visto que isso regula os vários estágios da cadeia de suprimentos (PASCOAL, 2008). Portanto, a manutenção dos estoques deve ser eficaz para que o nível de serviço e os custos com estoques sigam o planejamento realizado pela empresa.

Com base no contexto abordado, para garantir um eficiente controle de estoques, Dias (1993) lista algumas diretrizes, a seguir:

- a) Determinar “o que” deve permanecer em estoques;
- b) Estabelecer “quando” ocorre o abastecimento dos estoques;
- c) Estabelecer a quantidade que deverá ser resposta em determinado período;
- d) Acionar o departamento de compras, para solicitar a nova reposição;
- e) Receber e armazenar os materiais estocados, de forma adequada;
- f) Fazer o controle quantitativo dos estoques e estabelecer dados sobre a situação atual dos estoques;
- g) Manter inventários periódicos para avaliar as quantidades de estoques;
- h) Retirar dos estoques itens obsoletos e danificados.

De modo geral, o controle de estoques deve analisar e avaliar o contexto atual dos estoques, do tipo do material estocado e das necessidades de reposição em termos de quantidade, e estabelecer a comunicação com os departamentos vinculados ao processo de reposição.

Com uma abordagem mais financeira, Pascoal (2008) também expressa que a avaliação dos estoques tem como objetivos: ter a certeza de que há a redução do capital imobilizado e de que esteja de acordo com a política da companhia; garantir o uso deste valor como tomada de decisão; e evitar desperdícios com os estoques; alguns dos métodos usados na avaliação financeira são: o custo médio dos estoques, FIFO (*First In, First Out*) e LIFO (*Last In, Last Out*), sendo estes dois últimos utilizados como a ordem de contabilização dos produtos.

De forma mais objetiva, um sistema de controle de estoques deve solucionar problemas como “quanto” e “quando” comprar (PASCOAL, 2008). Devem-se considerar estas questões com base nos objetivos estabelecidos pela companhia a respeito de seus estoques.

As principais vantagens em se ter um sistema de controle de estoques são a redução dos custos de manutenção de estoques, o que libera recursos para investimentos em outras aplicações; a redução de paradas de máquinas por não uso; e a redução de perdas por produtos deteriorados. Além disso, o uso de um sistema de estoques auxilia a diminuição do desvio causado pelo não abastecimento da demanda, ou seja, reduz os custos de perda.

Dentro do controle de estoques, há outras técnicas mais específicas, usadas no contexto da gestão de estoques. Por exemplo, é muito comum iniciar uma avaliação dos estoques por meio de sua classificação. Ferramentas, como classificação ABC, XYZ e 123, são utilizadas para conhecer a importância de certos produtos e seus pesos e impactos ao faturamento total (CHOPRA e MEINDL, 2003; CORRÊA E CORRÊA, 2004; SHAPIRO, 2001; REGO, 2006). Segundo Rego (2006), a curva ABC é uma das ferramentas básicas para gestão, sendo uma das mais utilizadas pelas empresas.

Além de técnicas de classificação, outros métodos utilizados são os de previsão de demanda. O planejamento de estoques é baseado em uma demanda e em um período de tempo a ser trabalhado. Dependendo da natureza da demanda, é

necessário, ou não, realizar uma previsão, uma vez que alguns produtos possuem demandas determinadas ou incertas.

A previsão de demandas é utilizada para o gerenciamento de estoques de produtos que seguem uma demanda independente (probabilística), a qual apresenta incertezas ao longo dos períodos (REGO, 2006). Estas incertezas podem aumentar ao longo do tempo, fazendo com que o modelo necessite de atualizações periodicamente, a fim de que os erros diminuam e que impactos sejam reduzidos.

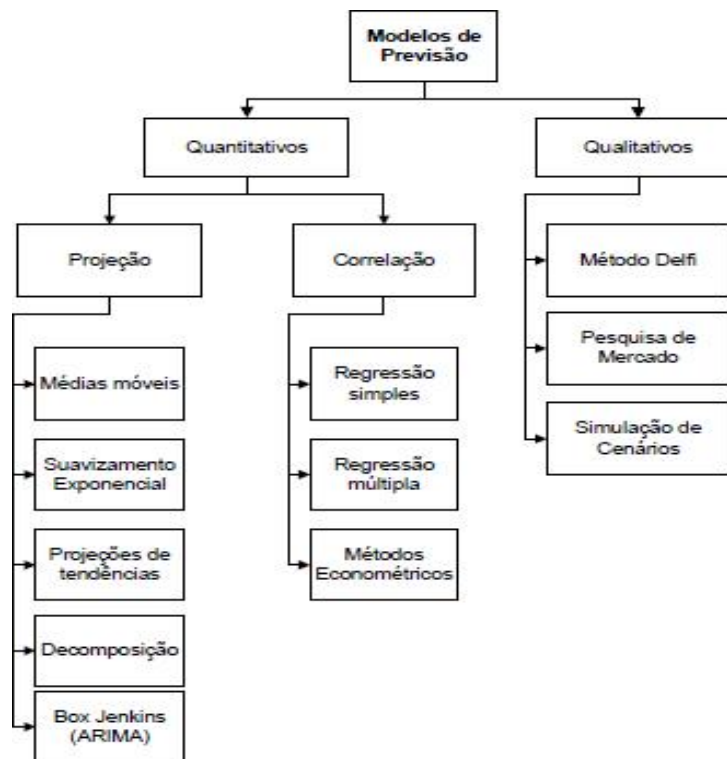
Logo, a previsão de demanda estabelece diretrizes para a programação dos estoques nos próximos períodos e, conseqüentemente, na realização do processo produtivo. Nunes (2014) indica que os objetivos de um modelo de previsão de demanda consideram estimar a demanda esperada, realizar a previsão com antecedência – considerando a flexibilidade na tomada de decisão -, renovar os valores esperados de demanda, considerar a análise da gerência.

As técnicas de previsão de demanda seguem dois tipos de abordagens quanto à natureza da previsão: quantitativas ou qualitativas. A primeira utiliza conceitos matemáticos e estatísticos para realizar previsões e medir erros a partir de séries temporais. Já a segunda utiliza a experiência e subjetividade do profissional, a respeito da demanda, para realizar a previsão (HAVRENNE, 2008).

Na Figura 1, podem ser verificados os modelos de previsão para a demanda considerada independente, de acordo com o contexto citado. No caso da demanda dependente ou determinística, como este tipo de demanda não requer o uso de um modelo de previsão, as informações acerca das necessidades de estoques e dos períodos de tempo são utilizadas diretamente nas decisões sobre o gerenciamento de estoques.

A partir destes dados, estabelecem-se os modelos de estoques, os quais são ferramentas utilizadas para garantir os suprimentos de produtos (matéria-prima e/ou produtos intermediários) necessários.

Figura 1 - Tipos de Modelos de Previsão de Demanda



Fonte: Lustosa *et al.* (2008)

## 4.2 MODELOS BÁSICOS DE ESTOQUES

### 4.2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Os modelos de estoques buscam minimizar os custos de estoques e na operação (REGO, 2006). De acordo com o processo produtivo e com o planejamento dos estoques, há um modelo de estoques que melhor atende às necessidades de reposição: quantidade, período e tipos de produtos. Além disso, os modelos podem considerar situações tais como descontos em grandes quantidades, limite de *lead time* e capacidade de produção do fornecedor, assim como o orçamento total do comprador.

Ballou (2006) comenta que compras grandes só serão consideradas um bom negócio se houver descontos proporcionais no preço, visto que os custos de manutenção dos estoques serão reduzidos. Além disso, a compra antecipada de materiais para os estoques pode amortecer os eventuais aumentos de demanda que podem ocorrer, além de que os preços do produto podem sofrer alterações futuras e, em caso de aumento, a empresa garante um benefício em termos de custos (BALLOU, 2006).

Os modelos de estoques dependem diretamente do tipo de demanda em que serão trabalhados. Em uma demanda considerada independente, os modelos de gestão de estoques são antecipados dos modelos de previsão de demanda. Logo, Silver *et al.* (1998) afirmam que um modelo de reposição de estoques deve responder às seguintes perguntas:

- a) Quando se deve por um pedido de reposição;
- b) Quanto de cada item deve ser repostos;

De acordo com Nador (1966), no contexto da reposição de estoques, modelo é a representação de um sistema sob estudo e, com isso, o modelo mostra ou tenta mostrar a solução ótima de um problema que está sendo estudado.

Os modelos de estoques são utilizados como forma de otimizar a gestão de estoques, portanto, pode-se entender que esses modelos têm propriedades importantes, Tersine (1994) *apud* Havrenne (2008) chama a atenção para as propriedades importantes intrínsecas aos estoques, entre elas, a demanda, o reabastecimento e as restrições do sistema. Como peça fundamental dos modelos, a demanda é vista como componente fundamental da estratégia de definição do modelo de estoques apropriado. De acordo com Freire (2007), a escolha do modelo de gestão eficiente de estoques deve ser precedida da definição dos objetivos da gestão (eficiência em quantidade armazenada/nível de atendimento, faltas ou custos).

Os modelos de estoques, de acordo com a classificação utilizada por Havrenne (2008), podem ser classificados de acordo com o número de camadas do sistema, com o uso ou não de previsões de demanda e com a frequência de revisão.

Na primeira classificação, dividem-se os sistemas em local único ou multilocais (também podendo ser chamados de multicamadas). Havrenne (2008) define que para os de local único, as regras de reposição definem quanto e quando reabastecer, enquanto que para os *multi-echelon* (multicamadas) adiciona-se a questão de onde estocar.

A segunda classificação utilizada leva em consideração o uso de previsão de demanda, a qual divide os modelos de gestão de estoques em ativos - modelos que necessitam da previsão de demanda, e modelos de gestão de estoque reativos - os quais não precisam de uma previsão de demanda para tomar decisões (SANTORO, 2006; FREIRE, 2007).

Os modelos reativos podem ser considerados hipóteses iniciais a respeito do comportamento da demanda, as quais são geradas durante a determinação dos parâmetros iniciais que operam os modelos (FREIRE, 2007). A eficiência destes tipos de modelos em manter os níveis de alta e baixa nos estoques depende de quanto a demanda se afasta de um comportamento constante estacionário (FREIRE, 2007).

Para os modelos reativos, considera-se que as variações de demanda, teoricamente, podem ser previstas, assim como os estoques abastecidos nos momentos da ocorrência da demanda, e na quantidade necessária prevista. A sua eficiência depende, portanto, não da variação da demanda, mas de quanto a previsão se desvia do valor real da demanda (FREIRE, 2007). De modo geral, pode-se verificar que a variação da demanda supracitada afeta ambos os tipos de modelos mencionados.

A terceira e última classificação corresponde à divisão entre as políticas de estoques ou modelos periódicos contínuos. Este último considera os modelos cujo período de revisão é igual a 1 (um), ou seja, igual à menor unidade de tempo adotada na análise do sistema de estoques e modelos periódicos são aqueles cujo período de revisão é superior a 1 (um) (SANTORO, 2006).

Havrenne (2008) explica, em outras palavras, as diferenças entre a classificação dos modelos supracitados como sendo o primeiro, contínuo, já que possui um controle mais rígido dos níveis de estoques e, normalmente, usam estes como base para a decisão de quando reabastecer. Os periódicos, ao contrário, possuem uma frequência pré-estabelecida de revisão e reabastecimento de estoques.

Nesse caso, percebe-se que teoricamente, os modelos contínuos conseguem realizar ações a qualquer momento necessário, porém Freire (2007) afirma que grande parte da aplicação prática de modelos de estoques é feita com a revisão dos parâmetros ao final de cada período, adotando-se a nomenclatura “contínuo” para o período de revisão unitário, que simplifica a simulação do modelo.

## 4.2.2 PRINCIPAIS SISTEMAS DE CONTROLE DE ESTOQUES

### 4.2.2.1 MODELO (p, Q)

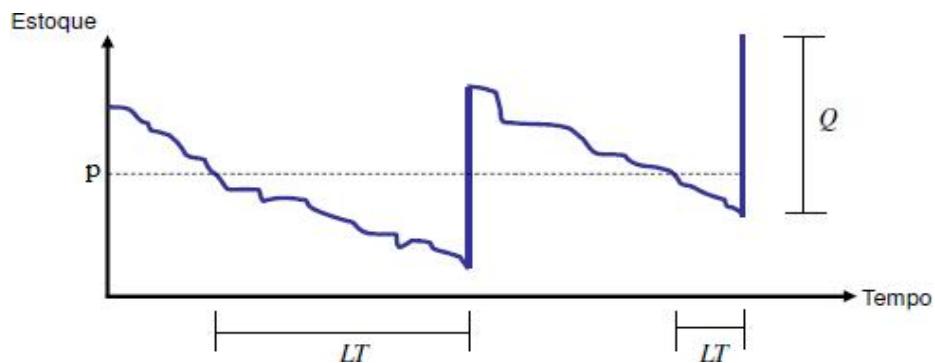
Este modelo é apresentado na política de revisão contínua de estoques. Também é conhecido como Modelo de reposição (s, Q), no qual “s” ou “p” determina o parâmetro de Ponto de Pedido e a forma de reposição é feita com lote fixo “Q”. Para este modelo, a reposição de estoques é feita assim que o nível de estoques se encontra abaixo do Ponto de Pedido, com a quantidade de estoque igual a “Q”, logo este modelo também é chamado de modelo de reposição por pedido (GANESHAN, 1999; HAVRENNE, 2008).

Lustosa *et al.* (2008) indicam que o lote fixo geralmente é determinado pelo modelo Lote Econômico (LEC). Além disso, o Ponto de Pedido é determinado pela soma da demanda média no tempo de ressuprimento e o estoque de segurança (MISSAWA, 2013). O cálculo do Ponto de Pedido pode seguir diversas abordagens, as quais dependem do comportamento da demanda durante o *lead time* e da própria característica deste tempo de espera, isto é, saber se ele é variável ou constante (LUSTOSA, 2008; MISSAWA, 2013).

De maneira abrangente, o cálculo do Ponto de Pedido é parâmetro da função da distribuição acumulada da demanda durante o tempo de reposição, a qual considera em duas fórmulas os custos por unidade de tempo dos pedidos não atendidos; e os custos por unidade de tempo de perda de venda (HOPP e SPEARMAN, 2008).

Como pode ser visto na Figura 2, explicita-se o gráfico dos níveis de estoques para o modelo (p, Q). O pedido de compra é disparado quando o nível de estoques atinge ou se encontra abaixo do Ponto de Pedido. Além disso, este pedido leva certo tempo para ser produzido e recebido (*Lead time* – LT), e durante este período de ressuprimento, os estoques ainda são consumidos pela demanda (HAVRENNE, 2008). Caso o nível de estoques ainda permaneça acima do valor do Ponto de Pedido, nenhum pedido de reposição é feito.

Figura 2 - Gráficos de Níveis de Estoque do Modelo (p, Q)

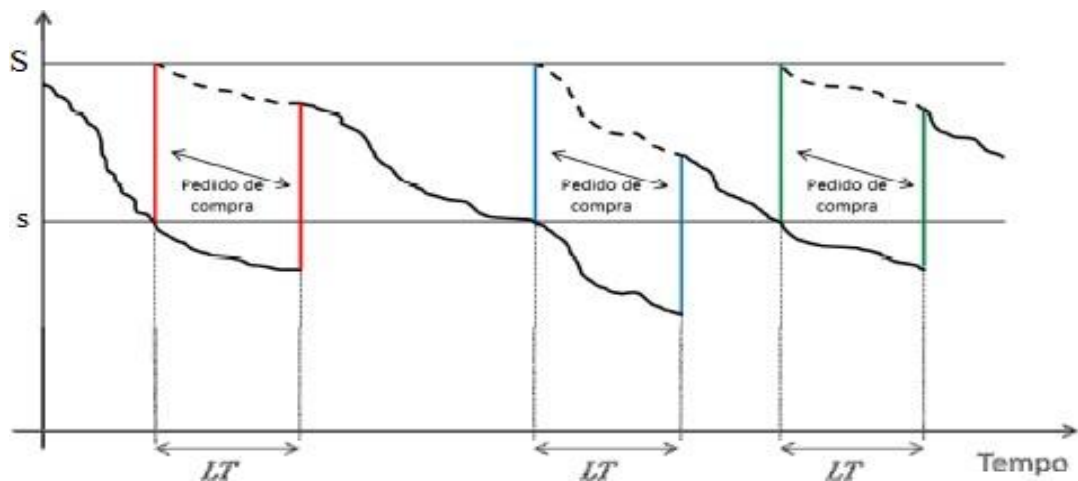


Fonte: Havrenne (2008)

#### 4.2.2.2 MODELO (p, S)

De forma análoga ao modelo (p, Q) este modelo considera uma política de reposição contínua no qual “p” caracteriza o Ponto de Pedido e o parâmetro “S” determina que a reposição feita é igual ao estoque máximo – também conhecido como modelo de reposição do máximo. (HOLZHEY, 2013; REGO, 2014). Para Freire (2007), este modelo também é considerado como Política de Estoque Base, onde o Estoque Máximo é considerado Estoque Base, e a quantidade a ser reposta é determinada pela diferença entre estoque máximo e posição atual dos estoques. Na Figura 3, demonstra-se o comportamento do nível de estoques para o modelo (p, S).

Figura 3 - Gráficos de Níveis de Estoque do Modelo (p, S)



Fonte: Holzhey (2013)

Com este modelo, portanto, realiza-se o um pedido de reposição assim que o nível de estoques se encontrar igual ou menor ao valor do Ponto de Pedido,

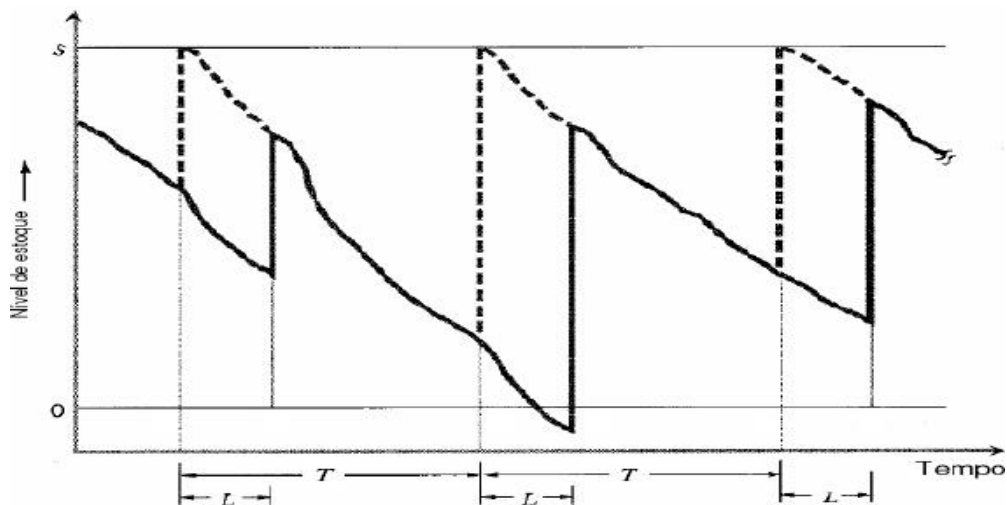
entretanto, diferente do modelo anterior, a quantidade a ser reposta é igual ao que falta para alcançar o limite máximo pré-estabelecido “S” (REGO, 2006, SOUZA, 2012).

Como o pedido de reposição sempre busca atingir o estoque máximo, a quantidade a ser reposta nem sempre é fixa, logo, o cálculo não é tão direto quanto ao uso do LEC, e o valor dos estoques é apresentado sempre entre valores máximos e mínimos do gráfico (LOVE, 1979; SILVER *et al.*, 1998).

#### 4.2.2.3 MODELO (T, S)

Este modelo corresponde à política de reposição periódica, no qual o parâmetro “T” corresponde ao período ou intervalo de revisão, e “S” indica o estoque máximo (REGO, 2006). Conforme é visto na Figura 4, pode-se verificar o comportamento do sistema de estoque no modelo (T, S).

Figura 4 - Gráficos de Níveis de Estoque do Modelo (T, S)



Fonte: Silver *et al.* (1998).

Logo, com uma política diferente, este modelo segue a revisão do nível de estoques em um determinado intervalo de tempo “T” a ser definido, e, de forma parecida ao modelo (s, S), a reposição é feita de forma a atingir o estoque máximo no ponto (REGO, 2006; HAVRENNE, 2008). Havrenne (2008) adiciona que, apesar do período de revisão ser constante, a quantidade a ser reposta é variada, assim como a demanda e o *lead time*, o que resulta na necessidade de estoques de segurança.

Havrenne (2008) comenta que, neste modelo de revisão periódica, o período de revisão “T” está associado com o período econômico, o qual é uma variação da ideia de lote econômico, e cuja fórmula busca determinar o período ótimo para

reabastecer os estoques. Entretanto, na prática, muitas vezes o período de revisão é determinado pelo responsável do setor devido às restrições encontradas no sistema. Recomenda-se também que um conjunto de produtos que são fornecidos por um mesmo local deve possuir um mesmo período de revisão, a fim de facilitar os processos de compra e minimizar custos de pedir (LUSTOSA *et al.*, 2008).

#### 4.2.3 MODELOS DETERMINÍSTICOS

Alguns modelos para demanda determinística também abordam a variação da mesma com o tempo. Na prática, a demanda nem sempre é constante, logo, ela pode apresentar variações as quais impactam diretamente na definição do tamanho do lote e, principalmente, nos custos de pedido e manutenção de estoques, o que ratifica a ideia de que repor sempre a mesma quantidade pode acatar em resultados não desejáveis para o planejamento (SILVER *et al.*, 1998).

Neste contexto, a definição do tamanho do lote a ser reposto e o período de reposição consideram um horizonte de planejamento, o período de tempo com base nas informações da demanda sobre o qual se monta o planejamento de reposição de estoques. Além disso, consideram-se as seguintes definições para o processo de reposição de estoques em demanda determinística não-estável (Silver *et al.*, 1998):

- a) A demanda se comporta de forma contínua ou discreta?

O primeiro caso oferece um comportamento caracterizado por uma taxa de demanda dentro de um período, sendo consideradas pequenas quantidades de demanda a serem repostas dentro de um período. O segundo, demonstra quantidades de demanda em períodos determinados (diariamente, mensalmente, anualmente etc.), passíveis de serem repostos em um único lote, com grande quantidade.

- b) A reposição deve ser feita a qualquer momento ou em períodos de tempo específicos?

Estes casos caracterizam se a reposição deve acontecer em períodos de tempo pré-determinados ou a qualquer momento. Para o tamanho do lote, esta decisão pode definir se ele deve ser um conjunto das necessidades de  $m$  conjuntos de períodos ou em muitos ou poucos pedidos de reposição que consideram necessidades também variadas. Além disso, deve-se considerar

se o lote de reposição deve estar disponível no início ou ao final de cada período.

c) O horizonte de planejamento deve ser finito ou infinito?

Esta última decisão corresponde a definir se o contexto oferece uma limitação de um período específico sobre o qual será planejada a reposição (Ex.: contratos), ou se este período de planejamento não possui fim. No primeiro caso, um horizonte de planejamento finito pode garantir um estoque mínimo ao final de um bloco de períodos, e uma previsão menos incerta dos custos de estoques e das reposições, sobretudo se este período não for muito longo. O segundo caso pode acarretar em custos imprevistos, porém, ele oferece maior flexibilidade quanto à quantidade de estoques ao final de cada período.

Com base no contexto da demanda determinística variável no tempo, na literatura, existem modelos que abordam diferentes contextos e premissas, de acordo com as necessidades em que foram destinados. A partir das considerações de Silver *et al.* (1998), definem-se as seguintes premissas as quais baseiam os modelos determinísticos de demanda não-estável já presentes:

- A demanda é conhecida, porém varia com o tempo, sendo  $D(j)$  a quantidade demandada no período  $j$ , o qual é finito;
- Considera-se que a quantidade necessitada para reposição chega ao início de cada período, logo, o *lead time* é conhecido;
- Não há descontos em preços relacionados aos custos de aquisição e custos de transporte, independentemente do tamanho do lote;
- Fatores como inflação e impostos são considerados constantes e a baixos níveis;
- Não se consideram as vantagens de uma reposição conjunta, logo, cada produto é abordado de forma independente e a reposição é feita em um único item;
- A falta de produtos não é permitida. E o lote de reposição é entregue de uma só vez;

- Os custos de manejo dos estoques provêm apenas da quantidade que é manuseada de um período a outro;

Certos modelos consideram flexibilizações sobre as premissas citadas, o que ocorre de acordo com a limitação do próprio método ou com o objetivo final do modelo, por exemplo, o próprio problema de reposição conjunta, objeto de estudo desta pesquisa, confere um relaxamento da restrição sobre considerar as vantagens de repor múltiplos itens. Desta forma, os principais modelos considerados para este contexto são o método de Wagner-Whitin, a heurística ou método de Silver-Meal, o método *Part-Period Balancing*, e o método *Least Unit Cost (LUC)* (SILVER, 1998).

### **4.3 O PROBLEMA DA REPOSIÇÃO CONJUNTA**

Ao se considerar um relaxamento da restrição de independência entre itens os quais serão repostos, a interação de produtos diferentes em um mesmo lote pode resultar em modificações nos custos, principalmente no parâmetro custos de pedido. Apresenta-se, portanto, o Problema de Reposição Conjunta (*Joint Replenishment Problem - JRP*) no qual se deve coordenar a reposição simultânea de múltiplos itens em um mesmo lote, sendo este proveniente de um mesmo local ou fornecedor (WANG *et al.*, 2012; SALAMEH *et al.*, 2014).

Neste contexto, o JRP considera uma estratégia de ressuprimento conjunto dos múltiplos itens, de modo que otimize ou diminua, principalmente, os custos de pedido e de armazenagem dos estoques (SALAMEH *et al.*, 2014; QU *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2015). Desta forma, para o JRP, considera-se que há dois tipos de custos fixos de pedido, o Geral (*Major*) e o Específico (*Minor*). O primeiro corresponde ao custo total do pedido, abrangendo o lote inteiro, e o segundo representa os custos de pedido específicos para cada item contido no lote a ser repostos (ZHANG *et al.*, 2012).

Estabelece-se, portanto, que o objetivo da reposição conjunta é viabilizar o ressuprimento de diversos itens ao mesmo tempo, com o menor custo possível. Salameh *et al.* (2014) acrescentam que os produtos a serem repostos devem possuir certa interação, tais como pertencer à mesma família de produtos ou serem componentes de um produto final, para que a reposição conjunta seja eficiente. Ressalta-se também que a reposição conjunta oferece economias de custos de transportes, visto que, ao invés de ocorrer vários carregamentos, contendo itens

diferentes cada, estes itens serão transportados por um único meio (SALAMEH *et al.* 2014).

De acordo com WANG *et al.* (2015), o processo de ressuprimento conjunto tem duas vantagens básicas. Primeiramente, o lote contendo vários itens pode ser passível de descontos por parte do fornecedor, dependendo da quantidade de cada item a ser reposta; e também, o pedido simultâneo de mais de múltiplos itens culmina com a diluição dos custos fixos (de pedido), o que reduz o custo total. Além disso, o JRP possui aplicações não só em estoques, mas também é utilizado para diversos contextos nos processos de manufatura (WANG *et al.* 2015)

Segundo Khouja e Goyal (2008), os modelos construídos para o JRP apresentam diversas abordagens as quais também apresentam complexidades distintas, contudo, estes modelos possuem maior representatividade dos problemas reais em comparação aos modelos para único item. Esta complexidade também se justifica pelo JRP ser um problema do tipo NP-complexo (*NP-hard*), conforme a classificação feita por Arkins *et al.* (1989) com base na teoria da complexidade computacional, logo, há maior dificuldade em encontrar soluções eficientes e eficazes, sejam ótimas ou aproximadas, sendo estas últimas aceitas na prática (WANG, *et al.* 2012).

O JRP é um problema bastante estudado desde os trabalhos de Starr e Miller (1962) e Shu (1971), sobretudo devido à sua aplicação no contexto real e aos benefícios em custos oferecidos. Neste contexto, há duas estratégias gerais, utilizadas na literatura para a resolução do problema de resolução conjunta: O *Direct Grouping Strategy* (DGS) – denominada Estratégia de Agrupamento Direto, no qual os produtos a serem repostos são agrupados em um conjunto, assumindo-se que todos os componentes possuem o mesmo tempo de ciclo; e *Indirect Grouping Strategy* (IGS) – denominado Estratégia de Agrupamento Indireto, no qual cada produto no lote de reposição conjunta possui um tempo de ciclo diferente um do outro, o qual é um múltiplo do tempo de ciclo geral do lote de reposição (KHOUJA e GOYAL, 2008; WANG, *et al.*, 2015).

Ao utilizar estas estratégias, diversos modelos foram gerados de forma a solucionar o JRP. A fim de analisar o estado da arte, Khouja e Goyal (2008) apresentam quatro tipos de classificações para os modelos já construídos e publicados acerca do JRP: O JRP clássico, heurísticas para o JRP; JRP para

Demanda Determinística Não-Estável (Dinâmica); e Abordagens Especiais para o JRP.

O primeiro tópico representa o conjunto de métodos e modelos gerados para o JRP, considerando as premissas gerais citadas em Silver *et al.* (1998) e abordadas para o Lote Econômico de Compra – LEC (*Economic Order Quantity* – EOQ). Destaca-se que um dos principais parâmetros considerados é o *cycle time* ou Tempo de Ciclo ( $T$ ), que corresponde ao intervalo tempo entre reposições sucessivas, sendo que  $T = \frac{Q}{D}$ , onde  $Q$  é o tamanho do lote e  $D$  é a demanda anual (KHOUJA e GOYAL, 2008).

Ao considerar a estratégia IGS, o JRP clássico é modelado com um custo total igual a:

$$Custo\ Total = CT(T, K) = CA + CP = \sum_{k=1}^n k D h + \frac{(S + \sum_{i=1}^n s_i)}{2} \quad (1)$$

No qual o Custo Total (CT) corresponde às somas do Custo Total de Armazenagem e Custo Total de Pedido;  $h_i$  é o custo de armazenagem unitário;  $k_i$  é um multiplicador inteiro do conjunto  $K$ ; e  $S$  e  $s_i$  são os custos fixos de pedido Geral e Específico, respectivamente.

Com base nisso, Goyal (1973) desenvolveu um algoritmo enumerativo o qual identifica todos os pontos mínimos locais e, portanto, o mínimo global para a função de custos. Estes algoritmos utilizados para o JRP clássico se caracterizam por serem do tipo enumerativo, sobretudo dos tipos *branch-and-bound* e busca exaustiva. Determina-se um limite máximo e mínimo dos tempos de ciclo, baseado nos períodos considerados para reposição, dentre os quais se verificam as soluções de custo mínimo. Esta análise baseou os modelos posteriores, principalmente para heurísticas, de forma que a solução ótima é achada mais facilmente ou o modelo se adapta sem dificuldades a certos contextos.

Para as considerações a respeito das heurísticas, destaca-se o algoritmo denominado RAND, proposto por Kaspi e Rosenblatt (1991). Este modelo derivou-se de uma melhoria do algoritmo proposto por Silver (1976) para solucionar o JRP, e trata-se da ideia de dividir o intervalo de tempos de ciclo entre um limite mínimo e máximo em pontos  $m$  igualmente espaçados e, então, aplicar o algoritmo de Silver (1976) para resolver o problema (KHOUJA e GOYAL, 2008).

O novo algoritmo RAND foi testado em 4000 problemas gerados aleatoriamente, para quantidades de  $n$  produtos iguais a 10, 20 e 30, e apresentou desempenho em chegar a solução ótima em 98%, 85% e 67% do total de problemas, respectivamente (KASPI e ROSENBLATT, 1991; KHOUJA e GOYAL, 2008).

O RAND, portanto, foi considerado melhor que os algoritmos gerados anteriormente, e se tornou um dos principais métodos utilizados para resolver o problema de JRP, sendo um ponto de comparação para a geração de modelos posteriores. De forma breve, no Quadro 1 é mostrado o andamento realizado por alguns dos principais métodos baseados em heurísticas, os quais possuem destaque na literatura.

Com base nas conclusões de Porras e Dekker (2006), verificou-se que a relação entre o Custo de Pedido Geral e o Custo de Pedido Específico é um indicador importante para saber a aplicabilidade das estratégias, juntamente da quantidade de produtos considerados no modelo. Por meio de experimentos com simulações, observou-se que para valores altos da razão  $S/\bar{s}$ , a estratégia IGS se comportou de forma mais aceitável do que a estratégia DGS, sendo que esta só apresentou resultados melhores quando o valor da razão foi menor (KHOUJA e GOYAL, 2008). Em termos de velocidade, a estratégia DGS se apresentou mais eficiente caso a razão  $S/\bar{s}$  seja pequena (OLSEN, 2005; KHOUJA e GOYAL, 2008).

Informações mais detalhadas a respeito dos algoritmos mencionados podem ser obtidas em: Goyal e Deskmukh (1993), van Eijs (1993), Viswanathan (1996), Hariga (1994), Wilderman *et al.* (1997), Fung e Ma (2001), Viswanathan (2002), Porras e Dekker (2006), e Khouja e Goyal (2008).

Quadro 1 - Desenvolvimento dos Principais Métodos de Solução para o JRP

Idealizador	Descrição	Resultado Experimental
Goyal e Deskmukh (1993)	Ajustaram o parâmetro de limite inferior, de forma a reduzir o tamanho do intervalo de tempos de ciclo.	Considerando um total de 48.000 problemas gerados aleatoriamente para $m = 10$ , o modelo atingiu a solução ótima em aproximadamente 82% dos problemas, em comparação ao RAND que obteve desempenho de 79%.
Viswanathan (1996)	Propôs um algoritmo que considera limites inferiores e superiores mais justos, considerando que a função de custo total depende de "T" ou de "K" convergem apenas em valores próximos da solução ótima. Teve como objetivo a redução do tempo computacional	Foi testado em 5.000 problemas gerados aleatoriamente para "n" igual a 20, 50, 100, 200 e 300 produtos. Comparado ao algoritmo de Goyal (1974), este último apresentou melhor desempenho a medida que a quantidade de itens aumentava, e foi mais rápido quanto maior o custo de pedido geral.
Hariga (1994)	Considerou duas heurísticas. Na primeira os multiplicadores da estratégia IGS não precisam ser inteiros. Na segunda é uma melhoria do algoritmo de Goyal (1974), tendo como condições iniciais os resultados do primeiro.	Ben-Daya e Hariga (1995) realizaram experimentos numéricos comparando as heurísticas de Hariga (1994) com o RAND modificado de Goyal e Deskmukh (1993). O experimento considerou 20.000 experimentos gerados aleatoriamente. Haria (1994) apresentou os menores custos na maioria dos problemas e foi mais rápido para as quantidades de 10 e 20 produtos testados.
Wilderman <i>et al.</i> (1997)	Estabeleceu uma expressão para encontrar os valores ótimos dos multiplicadores "ki" em função de "T". Além disso, considerou o JRP como uma otimização unidimensional de Lipschitz	Ao realizar um experimento similar a Ben-Daya e Hariga (1995), com 2400 experimentos gerados aleatoriamente, definiu que o tempo de processamento do algoritmo aumenta linearmente com o número de produtos e diminui se maior for a precisão desejada.
Fung e Ma (2001)	Considerou limites inferiores mais justos para o tempo de ciclo.	O experimento realizado considerou 4.200 problemas gerados aleatoriamente, com 5, 10, 20, 50, 100, 200 e 300 produtos e $m = 1, 10, 20, 50, 100$ e 200, comparando o modelo apresentado com os modelos de Goyal (1974) e Viswanathan (1996). Não houve a comparação de custos totais, logo não se pode afirmar se os modelos chegaram ao mesmo resultado. Porém, os autores afirmaram que seu modelo era mais rápido que Viswanathan (1996)
Viswanathan (2002)	Ajustou as expressões que definem os limites inferiores e superiores de T do modelo de Fung e Ma (2001)	O experimento realizado foi semelhante ao de Fung e Ma (2001). Viswanathan (1996) mostrou-se mais rápido, o que pode ser devido a uma aplicação incorreta de Fung e Ma (2001) em seus experimentos, de acordo com Viswanathan (2002).
Porras e Dekker (2006)	Considerou as formulações propostas em Wilderman <i>et al.</i> (1997). As considerações de Porras e Dekker (2006) explicam que o algoritmo RAND como um método que verifica um intervalo finito de "T", e escolhe o "T" ótimo entre os limites definidos, considerando o melhor custo total apresentado	Os experimentos numéricos realizados pelos autores utilizou o método de Viswanathan (1996) como comparação. Quando o custo de pedido geral é maior, Viswanathan (1996) é mais eficaz, sendo que quando este custo diminui, o algoritmo proposto se torna a melhor opção. O tempo de processamento do algoritmo proposto foi de um minuto para um problema com 50 produtos.

Fonte: Adaptado de Khouja e Goyal (2008)

Ao seguir, para a classificação referente ao JRP com demanda determinística “dinâmica”, verificou-se que os modelos anteriores consideraram uma demanda determinística estável (não variável com o tempo). Desta forma, esta nova classificação (dinâmica) pode se apresentar um adendo aos modelos propostos, a qual considera uma demanda não-estável em um horizonte finito de planejamento.

Para este contexto, adiciona-se um parâmetro aos modelos ao qual é atribuída a instabilidade da demanda. Alguns algoritmos utilizados na literatura para a resolução são a Programação Dinâmica, algoritmos *branch-and-bound*, e a decomposição de Dantzi-Wolf, e a heurística *Power-of-Two* (Boctor *et al.*, 2004). Segundo Turkey e Alptein (2013), na proposta de um algoritmo baseado em planilhas eletrônicas e heurísticas, este modelo apresentou resultados satisfatórios para a solução do JRP, obtendo valores semelhantes ao algoritmo RAND com o qual foi comparado, para a demanda determinística, e o superou no contexto da demanda estocástica.

Algumas abordagens especiais são consideradas para os métodos apresentados a respeito da resolução do JRP. Estes métodos consideram novas heurísticas e o uso de algoritmos mais desenvolvidos, tais como meta-heurísticas, Computação Evolucionária (*Evolutionary Computing*), Algoritmos Genéticos (*Genetic Algorithms*) e *Differential Evolution Algorithm* - DEA (Algoritmos de Evolução Diferencial - AED) (WANG *et al.*, 2015).

Um dos métodos utilizados ainda para o JRP clássico é a heurística *Power-of-Two*, proposta por Lee e Yao (2003). Utilizando inteiros derivados da base 2, este modelo é aplicado como um caso especial da política de Inteiro Geral (*General Integer Policy*) e apresenta um intervalo de busca de solução mais reduzido.

Para os Algoritmos Genéticos (AG), Khouja *et al.* (2000) apresentaram experimentos, comparando um modelo de AG com o modelo RAND para quantidade de produtos iguais a 10, 20 e 30, em 1200 experimentos gerados aleatoriamente. Concluiu-se que o tempo de processamento do algoritmo AG depende do tamanho da população e, além disso, os algoritmos testados apresentaram o mesmo resultado em cerca de 64% dos problemas, sendo que o algoritmo RAND mostrou menores custos totais em 433 problemas.

Segundo Olsen (2005), em um experimento para comparar os modelos de AG com o algoritmo RAND, obteve-se que este último superou os primeiros em problemas

com até 30 produtos, e os AG foram superiores quando se realizaram testes para 50 produtos e razão de custos de pedidos no intervalo [0,25; 0,45]. Pode-se verificar que o algoritmo RAND ainda é amplamente considerado para os testes e apresenta resultados bastante satisfatórios, mesmo possuindo uma complexidade relativamente menor de desenvolvimento em relação às abordagens de algoritmos genéticos.

Outros algoritmos, como o proposto por Wang *et al.* (2015), apresentaram características de meta-heurísticas para desenvolver o problema de JRP. O algoritmo baseado no comportamento de moscas (*Fruit Fly Optimization Algorithm – FOA*) é uma das técnicas mais atuais publicadas neste contexto. Uma versão melhorada deste algoritmo (*Improved FOA – IFOA*) demonstrou um comportamento mais rápido do que o modelo baseado em AED, porém foi ligeiramente mais lento do que o modelo AG com o qual foi comparado, e possui desempenho maior quando mais itens são considerados na reposição (WANG *et al.*, 2015).

Khouja e Goyal (2008) também conferem modelos para o JRP com demanda estocástica. Estes modelos conferem uma demanda de comportamento variável ou probabilística as quais também são não-estáveis com o tempo. Além disso, apesar de incerta, a demanda é estacionária e as soluções existentes buscam reduzir o custo total esperado por unidade de tempo (KHOUJA; GOYAL, 2008). Neste contexto, há duas principais diretrizes de solução para o JRP com demanda estocástica.

A primeira corresponde a *Can-Order Policy (COP)*, a qual foi elaborada por Balintfy (1964). Nesta política de reposição, ou conjunto de políticas do tipo *Can-Order*, estabelece-se que há dois pontos de ressuprimento dos estoques, o *must-order point*, que corresponde ao ponto em que é necessário repor os estoques de um item, e o *can-order point*, nível que estabelece o possível ressuprimento dos estoques (AXSÄTER, 2006).

Desta forma, a *COP* determina que se um item qualquer atingir o seu *must-order point*, uma ordem de ressuprimento é acionada, e verificam-se os níveis de estoques de outros itens sendo que caso estes níveis estejam igual ao abaixo do *can-order point*, os respectivos itens são adicionados à ordem anteriormente iniciada (JOHANSEN; MELCHORS, 2003; AXSÄTER, 2006). Destacam-se que outras técnicas criadas com base na *COP* podem ser vistas em Silver (1981) e Federgruen *et al.* (1984).

A segunda abordagem é denominada *Periodic Replenishment Policy* (PRP), foi introduzida por Atkins e Iyogun (1988) e considera uma demanda que segue a distribuição de Poisson. Sua primeira política (T, M) considerava que todos os produtos seguiam um mesmo intervalo de revisão T, e cada produto é repostado a um nível de estoque base pré-determinado M, neste período. Posteriormente, uma abordagem modificada da primeira política considerou que um conjunto de produtos seguiria o período de revisão T, enquanto que outros produtos que também precisassem ser repostos teriam um período de ressuprimento correspondente a uma parte do período T (ATKINS; IYOGUN, 1988; KHOUJA; GOYAL, 2008)

De modo geral, as duas políticas abordadas seguiram as primeiras elaborações de modelos para o JRP com demanda estocástica. De forma análoga aos modelos para o JRP clássico abordado anteriormente.

Posteriores contribuições podem ser vistas em Patusmsichai (1992), Zheng e Federgruen (1991) Viswanathan (1997), Eynan e Kropp (1998) - considera previsões de demanda normalmente distribuída e estoques de segurança, Qu *et al.* (1999), Melchior (2002), Johansen e Melchior (2003) – abordam descontos com base na distribuição de Bernoulli, Nielsen e Larsen (2005) – utilizam a teoria de decisão Markoviana para avaliar custos do modelo periódico com distribuição de Poisson, Lee e Chew (2005), Minner e Silver (2005), e Ozkaya *et al.* (2006) - propõem uma nova política a qual combina a abordagem periódica e contínua.

#### 4.4 REVISÃO SISTEMÁTICA

A realização de uma revisão da literatura compete uma das atividades-chave acerca de informação e prática na comunidade de pesquisa. De acordo com Tranfield *et al.* (2003), uma revisão da literatura permite que o pesquisador avalie o desenvolvimento de determinado ramo de pesquisa, e que seja possível determinar um questionamento o qual norteará futuros estudos. Verifica que houve um aumento na quantidade de bases de dados disponíveis para pesquisa e pesquisadores se veem com poucas ferramentas eficazes para estabelecer critérios para uma revisão da literatura com qualidade (GOHR *et al.*, 2013).

Uma das formas eficazes e científicas de realizar uma revisão da literatura com qualidade é a Revisão Sistemática. Este tipo de revisão tem origem no ramo das ciências da saúde e sua aplicação na pesquisa, no campo da administração, auxilia a

eliminação de vieses e a explicitação de parâmetros e premissas dentro do processo de revisão (TRANFIELD *et al.*, 2003).

A Revisão Sistemática apresenta um processo mais transparente, de forma a ser replicável e científico, em relação aos métodos de revisão mais narrativos - os quais não apresentam etapas pré-configuradas. O processo da Revisão Sistemática confere buscas exaustivas em recursos publicados e até não publicados de forma a maximizar as informações e, conseqüentemente, a qualidade da pesquisa (TRANFIELD *et al.*, 2003).

Algumas técnicas dentro da Revisão Sistemática que auxiliam à redução de vieses no processo de busca de informações são a meta-análise e a meta-síntese. Estas técnicas viabilizam a demonstração dos dados de formas mais objetivas, porém, contém o máximo de qualidade de informação, visto que seguem o processo norteado pela questão de pesquisa determinada (TRANFIELD *et al.*, 2003).

O processo de Revisão Sistemática proposto por Tranfield *et al.* (2003), com base na pesquisa no campo da administração, segue o modelo apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Etapas de uma Revisão Sistemática

---

**Etapas de uma Revisão Sistemática**

---

Identificar a necessidade de realizar a Revisão

Preparar a proposta de Revisão

Desenvolver o Protocolo de Revisão

Realizar a busca de informações

Selecionar os estudos relevantes

Avaliar a Qualidade dos Estudos

Extrair dados e monitorar o processo

Sintetizar os dados

Relatar os resultados e recomendações

Praticar as evidências obtidas

---

Fonte: Adaptado de Tranfield *et al.* (2003)

Inicialmente, é necessário que se determine uma questão de pesquisa a qual norteará e motivará realização da revisão sistemática (Proposta de Revisão). Posteriormente, define-se um Protocolo de Revisão, o qual consta em um documento no qual serão estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão dos estudos que serão pesquisados.

Tranfield *et al.* (2003) indicam que os parâmetros a serem definidos conferem as palavras-chave e termos de pesquisa (expressões ou títulos) os quais são definidos a partir de uma revisão prévia sobre o assunto de pesquisa. Os estudos deverão presenciar todos os critérios de inclusão, para que sejam destacados e considerados no processo de revisão.

Após estes parâmetros iniciais serem estabelecidos, inicia-se a busca das informações desejadas, sejam elas publicações, livros, teses, dissertações ou inclusive elementos não publicados, mas que estejam inseridos no contexto da pesquisa. Os estudos relevantes serão selecionados a partir da sua relação com os parâmetros do Protocolo de Revisão.

Posteriormente, com um conjunto de estudos já adquiridos, ocorre a extração das informações relevantes sobre o tema em pesquisa. Estes dados conferem detalhes de informações sobre a fonte tais como título, autores, local de publicação (se houver), período, entre outros, assim como informações minuciosas sobre as características do estudo, como conteúdo do trabalho e método de pesquisa (TRANFIELD *et al.*, 2003).

Dessa forma, realiza-se a síntese das informações obtidas de modo a estabelecer a revisão sobre o assunto que norteia o estudo. Tranfield *et al.* (2003) destaca que uma boa revisão sistemática fornece ao leitor um fácil entendimento do assunto revisado por meio da síntese das fontes primárias, com a descrição dos principais exemplos e abordagens e justificativas das conclusões feitas pelo autor. Por fim, os resultados obtidos pela revisão são relatados.

De modo análogo às etapas propostas por Tranfield *et al.* (2003), Gohr *et al.* (2013) propõem uma metodologia para a Revisão Sistemática em estudos da Engenharia de Produção. Os autores dividem a forma de revisão citada em três fases: Perguntas de Pesquisa, Pesquisa/Seleção e Descrição Classificação.

De modo geral, as etapas propostas nesta metodologia abrangem as mesmas abordagens utilizadas em Tranfield *et al.* (2003). Porém, Gohr *et al.* (2013) ainda propõem algumas bases de dados utilizadas amplamente nas pesquisas da Engenharia de Produção. Além disso, os autores propõem que a seleção de artigos a serem utilizadas na revisão deve passar por dois critérios de seleção: o alinhamento das palavras-chave e título com os parâmetros do Protocolo de Revisão e, ainda, a

verificação se, mesmo se a publicação for de destaque para a pesquisa, ela pode ser lida na íntegra, para que se possam ser realizados os próximos passos, sendo que, em caso negativo, o artigo é desconsiderado.

Esta segunda abordagem oferece certa restrição ao conteúdo final da revisão sistemática, porém, isto garante um produto final da revisão com qualidade em conteúdo e disponibilidade de informações. Maiores detalhes acerca da Revisão Sistemática podem ser vistos em Tranfield *et al.* (2003) e Gohr *et al.* (2013).

## **5 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS**

### **5.1 TIPO E DELINEAMENTO DA PESQUISA**

De modo geral, esta pesquisa conferiu a aplicação de técnicas para realização de uma Revisão Sistemática, com a finalidade de coletar e mapear os trabalhos que consideram modelos de solução para o Problema de Reposição Conjunta, publicados no período de 2006 a 2015.

De acordo com Silva e Menezes (2005), esta pesquisa pôde ser classificada de múltiplas formas. Do ponto de vista da sua natureza, esta pesquisa foi considerada como uma pesquisa básica, uma vez que não houve aplicação prática prevista. Do ponto de vista da abordagem do problema, pôde ser considerada uma pesquisa qualitativa, visto que abrangeu os dois tipos de abordagem de problema, no sentido quantitativo, pois foram utilizados números, opiniões e informações para classificação e análise, e no sentido qualitativo, pois o que caracterizou o maior vínculo com o estudo em questão foi ambiente natural ser a fonte direta da coleta de dados e o pesquisador o instrumento-chave, onde o processo e o seu significado foram os focos principais da abordagem.

Gil (1991) *apud* Silva e Menezes (2005) demonstrou que, do ponto de vista dos seus objetivos, este estudo foi considerado como uma pesquisa exploratória, visto que envolveu levantamento bibliográfico, a fim de conhecer o fenômeno abordado para o aprofundamento do conhecimento.

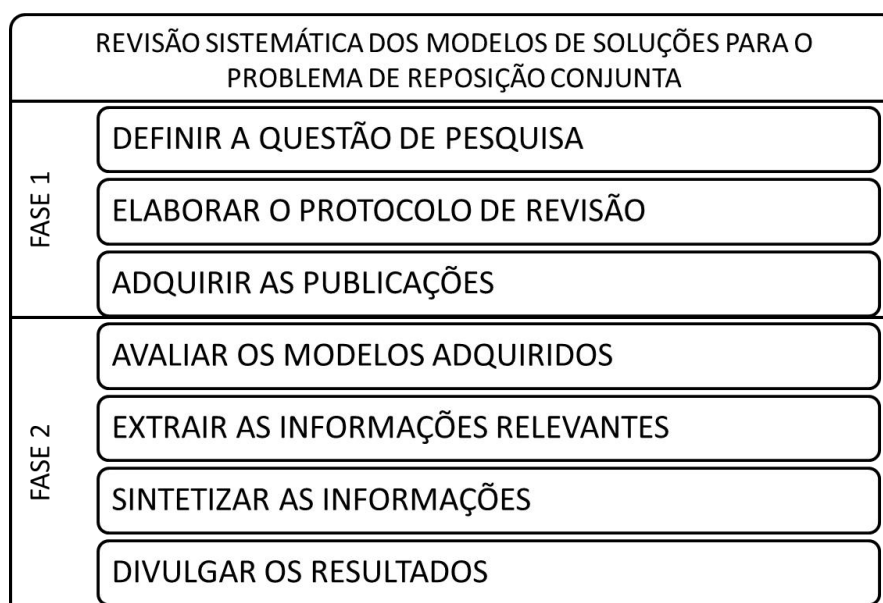
Por fim, do ponto de vista dos procedimentos técnicos, compreendeu-se que o estudo é do tipo bibliográfico, pois se baseou em material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e materiais da internet (SILVA; MENEZES, 2008). Ele também foi classificado como um estudo de caso, tendo em vista que a pesquisa envolveu um estudo profundo e exaustivo de poucos objetos de

maneira que se permitiu o seu amplo e detalhado conhecimento (SILVA; MENEZES, 2008)

## 5.2 ETAPAS DA PESQUISA

Esta pesquisa seguiu o escopo adaptado de uma Revisão Sistemática padrão definida por Tranfield *et al.* (2003), visto que considerou as peculiaridades e parâmetros procurados pelos autores para a realização da revisão a respeito dos modelos de soluções para o Problema de Reposição Conjunta. O delineamento das etapas da pesquisa, as quais são descritas posteriormente, são demonstrados na Figura 5.

Figura 5 - Etapas de Pesquisa com base na Revisão Sistemática



Fonte: Autores (2015)

De forma a estipular uma visão sistemática das etapas a serem seguidas, separou-se a pesquisa em duas grandes fases, delimitadas pela forma de abordagem das publicações. A primeira fase compreendeu a definição do Protocolo de Revisão, com os parâmetros de inclusão e exclusão dos artigos, e a atividade de coleta efetiva deles nas bases de dados estipuladas, a serem detalhadas posteriormente. Na segunda fase, realizou-se uma avaliação dos modelos coletados, de forma a garantir a robustez da revisão com apenas a busca das informações realmente relevantes nos modelos de publicações. A seguir, são descritas com mais detalhes cada etapa do método utilizado.

a) DEFINIR A QUESTÃO DE PESQUISA

Esta primeira etapa constou em definir qual o questionamento que norteou o processo de Revisão Sistemática. Com base na questão de pesquisa deste estudo, e em uma inicial revisão da literatura para conhecimento do Problema de Reposição Conjunta, considerou-se que a questão de pesquisa da revisão sistemática a ser feita foi:

“Qual o panorama dos modelos de solução para o JRP, publicados no período de 2006 a 2015, quanto à topologia, ao método de desenvolvimento (metodologia) e aos parâmetros de desenvolvimento do modelo? ”.

b) ELABORAR O PROTOCOLO DE REVISÃO

Após definida a questão de pesquisa, configurou-se o Protocolo de Revisão Sistemática, documento que contém as principais diretrizes para realização da pesquisa. Foram estabelecidos quais os critérios de inclusão e exclusão das publicações pesquisadas, com base em conjuntos de palavras-chave, o período de publicação (anos), definição de quais tipos de periódicos serão aceitos, e quais parâmetros foram considerados para incluir ou não as publicações na revisão.

Com base na revisão inicial da literatura a respeito do JRP, definiu-se que o conjunto de palavras-chave para esta busca considerou a expressão já citada e sua tradução direta para o inglês, “*Joint Replenishment Problem*”, visto que este é o nome do problema mais utilizado nos trabalhos publicados. Também foram consideradas as variantes “*Joint Replenishment Model*” e “*Multiple Inventory Replenishment*”, as quais também aparecem em algumas publicações sobre o mesmo tópico, porém com menor frequência.

O período considerado para a pesquisa em questão abrangeu um panorama de Janeiro de 2006 até Setembro de 2015 – limite estipulado do ano corrente para recolhimento das publicações, o que caracterizou uma colaboração aditiva ao trabalho de Khouja e Goyal (2008), cujo trabalho de revisão bibliográfica narrativa compreendeu o intervalo de 1989 até 2005.

Em relação aos periódicos compreendidos no estudo, consideram-se quatro tipos principais de classificação dos mesmos, de forma a abranger as principais formas de contribuição científica. Estes tipos foram: “Congresso Nacional”, “Periódico Nacional”, “Congresso Internacional” e “Periódico Internacional”, e caso algum artigo

não fosse presente em alguma dessas classificações, ele possuiria um critério de exclusão sendo, portanto, não aceito para a revisão.

Além dos critérios abordados anteriormente, destaca-se que critérios de inclusão compreenderam o contexto de aplicação em que uma publicação contivesse uma proposta de modelo para solucionar o JRP, tendo como base as premissas do modelo clássico, sendo em demanda com natureza determinística ou estocástica, horizonte de planejamento finito ou infinito, a realização ou não de experimentações entre os métodos de desenvolvimento escolhidos (validação do modelo), e a solução de forma exata ou aproximada.

Algumas abordagens que consideraram o JRP em seu escopo principal compreenderam, por exemplo, situações com *backorders* (acúmulo de demanda não atendida para o próximo período), descontos no preço da reposição, restrição da composição e tamanho do lote ou falta de estoque, entre outros, nos modelos multi-item.

Outro critério de inclusão também considerado foi o JRP no contexto de aplicação da publicação de forma complementar. Neste contexto, o problema principal não é a reposição conjunta, mas se confere que este ambiente multiproduto está contido dentro de um problema mais generalizado e, portanto, o artigo também foi considerado para o processo de avaliação. Como exemplo destas outras abordagens, tem-se o problema multicamada ou multiperíodo.

O principal critério de exclusão se conferiu em artigos que envolvem somente o modelo de único item em seu objetivo principal. Artigos que citaram ou consideraram este tipo de ambiente, porém como forma comparativa ou de forma a embasar o modelo multi-item, foram considerados devido à contribuição no estudo.

Dessa forma, em uma visão sistêmica, o Protocolo de Revisão foi representado com seus parâmetros categorizados no Quadro 3.

Quadro 3 - Parâmetros do Protocolo de Revisão para o Problema de Reposição Conjunta

<b>PROTOCOLO DE REVISÃO</b>
<b>Questão de Pesquisa: "Qual o panorama dos modelos de solução para o JRP, publicados no período de 2006 a 2015, quanto à topologia, ao método de desenvolvimento e aos parâmetros de desenvolvimento do modelo?"</b>

Palavras-Chave	Período	Critérios de Inclusão	Banco de Dados
<i>Joint Replenishment Problem</i>	Janeiro 2006 - Setembro 2015	Publicações em Congressos e Periódicos (Nacionais e Internacionais)	<i>Web of Science</i> ;
<i>Joint Replenishment Model</i>		Propostas de Modelos para o <i>JRP</i> (novos modelos com melhorias e ajustes ou incrementos ao modelo clássico - o artigo deve objetivar solucionar o <i>JRP</i> )	PROQUEST
<i>Multiple Inventory Replenishment</i>		Publicações com comparações entre modelos ( <i>performance</i> ou testes)	SCOPUS
		Critérios de Exclusão	Periódicos CAPES
Problema de Reposição Conjunta		Conteúdo relacionado somente modelo de único item	Google Acadêmico

Fonte: Autores (2015).

### c) ADQUIRIR AS PUBLICAÇÕES

A próxima etapa executada foi a realização da busca das publicações a respeito do JRP, a qual considerou o conjunto de palavras-chave, o intervalo de tempo de publicação e os parâmetros para inclusão definidos no Protocolo de Revisão. Os trabalhos destacados contiveram todas as especificações estabelecidas, conforme definido no protocolo, excluíram-se do acervo final da Revisão Sistemática as publicações que não se encaixaram em, pelo menos, uma das diretrizes estabelecidas.

A conferência dos parâmetros do protocolo na busca foi feita a partir da leitura dos Títulos e dos Resumos (*Abstracts*) das publicações encontradas, assim como das palavras-chave da publicação. Aqueles artigos que obedeceram a todos os critérios de inclusão, definidos no protocolo, foram aceitos e separados para o acervo desta revisão. É válido destacar que esta etapa também foi influenciada pela sensibilidade e conhecimento dos autores acerca do problema, visto que alguns artigos não declaravam, de forma direta, a abordagem do JRP em seus títulos, palavras-chave ou resumos, o que caracteriza ligeiramente a presença de uma característica subjetiva para auxiliar no processo e qualidade da revisão.

Também se destacam os artigos os quais os autores tiveram acesso ao conteúdo na íntegra foram baixados e aqueles indisponíveis foram considerados apenas para a classificação geral da revisão. Para ambos, suas informações foram

separadas para a classificação geral, mesmo aqueles que não tiveram seu conteúdo na íntegra disponível, visto que algumas informações a respeito da publicação em si puderam ser encontradas e seriam utilizadas para uma avaliação da evolução dos estudos acerca do *JRP*. Entretanto, a etapa definitiva para esta atividade é abordada mais adiante. O fim desta etapa finalizou a Fase 1 desta revisão, referente à escolha dos artigos que compuseram esta revisão.

#### d) AVALIAR OS MODELOS ADQUIRIDOS

Após a reunião das publicações, iniciou-se a Fase 2 com esta etapa, baseada nos critérios definidos no Protocolo de Revisão. Dessa forma, esta atividade, constou em analisar os modelos adquiridos em seu conteúdo e características de publicação. Realizou-se, portanto, a leitura completa de cada modelo, observando principalmente as suas considerações acerca do método de desenvolvimento utilizado, das premissas do novo modelo em relação ao *JRP*, dos resultados experimentais para atingir a solução e considerações finais acerca da sua formulação e/ou não aplicação - caso esta estivesse presente.

Portanto, esta etapa caracterizou um segundo filtro dos modelos encontrados, de forma a garantir as informações que realmente foram necessárias para a Revisão Sistemática que foi realizada, em virtude da carência de informações muito explícitas em modelos que aparentemente abordavam *JRP*, na etapa anterior. Desta forma, foram desconsideradas, para o produto final da revisão, aquelas publicações que apresentaram critérios de exclusão, durante a leitura minuciosa de seu conteúdo.

Além disso, nesta etapa também se classificaram os artigos entre aqueles em que o *JRP* participava como problema/escopo principal, e os que citavam o *JRP* dentro de outro problema, também multiproduto, mas com enfoque diferente.

#### e) EXTRAIR AS INFORMAÇÕES RELEVANTES

Nesta etapa, constaram-se apenas os artigos com conteúdo de extrema relevância para a questão de pesquisa. Após a leitura minuciosa das características dos modelos publicados, realizou-se a extração das informações acerca dos mesmos, as quais foram armazenadas em outras planilhas relacionadas com a classificação específica destes artigos.

Conforme citado brevemente numa etapa anterior, foram coletadas informações gerais de todos os artigos da Fase 1. Estes dados compreenderam o ano

de publicação, título e palavras-chave, o tipo de publicação e o nome do local publicado, e, inclusive se seu texto estava disponível para leitura, de forma a se verificar os limites de restrições que abordaram esta revisão

Além disso, ressalta-se que para os artigos com JRP em escopo principal, foram extraídas informações acerca da autoria, natureza da demanda e do horizonte de planejamento, o método de desenvolvimento, um resumo do contexto de aplicação (conteúdo do artigo) e de seus resultados alcançados. Além disso, verificou-se a presença ou não de Khouja e Goyal (2008) como referência em cada publicação, pois foi considerado interessante saber se estas publicações por acaso consideraram as conclusões destes autores em seus trabalhos.

Para aqueles em que o JRP foi considerado complementar, as informações extraídas corresponderam apenas aos nomes dos autores e ano de publicação, e um resumo do contexto de aplicação com o objetivo de informar brevemente qual o problema principal que eles apresentam. O formato das planilhas é abordado em detalhes na Seção 5.3.

#### f) SINTETIZAR AS INFORMAÇÕES

Após a coleta dos dados e armazenamento destas informações, realizou-se uma síntese dos modelos quanto as considerações e contribuições principais que os modelos destacados ofereceram durante o período estabelecido. Utilizaram-se gráficos para mostrar o andamento de publicações, as principais citações, os tipos de métodos e principais características de cada modelo.

#### g) DIVULGAR OS RESULTADOS

Por fim, a divulgação dos resultados correspondeu à redação do texto final desta pesquisa, demonstrando a síntese das informações feita na etapa anterior, na qual constaram as principais informações gerais e comportamento das publicações durante o período estabelecido para Revisão por meio de gráficos, quadros e tabelas, com informações acerca do quantitativo e evolução dos estudos sobre o JRP.

Para as publicações as quais foram consideradas definitivamente para o acervo desta revisão no início da Fase 2, suas informações foram separadas em planilhas com informações sintetizadas acerca do seu conteúdo, o que caracteriza, portanto, um mapa de dados sobre estes artigos, levando em consideração, neste caso, a

natureza da demanda, considerada uma das principais formas de classificar os estudos em JRP.

### 5.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES

Foram realizados processos de coleta de publicações em banco de dados eletrônicos de periódicos. Utilizaram-se os seguintes bancos de dados: *Web of Science (Web of Knowledge)*, Scopus, Proquest, Google Acadêmico e Periódicos CAPES. Estas bases de dados conferiram algumas das principais fontes de publicações utilizadas em pesquisas científicas, sobretudo em publicações relacionadas à execução de uma revisão sistemática.

Além disso, escolheram-se bases de dados eletrônicas, visto que houve rapidez e facilidade de acesso a uma larga quantidade de periódicos nacionais e internacionais, além de que as bases compreenderam periódicos de alto impacto e anais de congressos. As bases selecionadas são gratuitas e suas escolhas também se justificaram devido à universidade em que esta pesquisa foi realizada ter acesso aos periódicos contidos nestas bibliotecas virtuais. No Quadro 4, demonstra-se uma breve descrição de cada plataforma escolhida.

Quadro 4 - Bases de Periódicos consideradas na Pesquisa

<b>Base de Dados</b>	<b>Descrição</b>
<i>Web of Science/Web of Knowledge</i>	Base multidisciplinar a qual confere trabalhos em mais de 10.000 periódicos de alto impacto.
SCOPUS	Base internacional a qual confere mais de 16.000 periódicos em referentes a diversas áreas do conhecimento
PROQUEST (ABI/INFORM)	Confere publicações relacionadas à área de negócios sendo periódicos internacionais, congressos, trabalhos acadêmicos, entre outros.
Periódicos CAPES	Banco de dados pertence a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) o qual contém mais de 33 mil periódicos e 130 bases referenciais internacionais ou nacionais.
Google Scholar	Base de dados do Google que contém publicações online diversas.

Fonte: Adaptado de Gohr *et al.* (2013).

A coleta de dados foi realizada tanto para os artigos na Fase 1 quanto na Fase 2. Na primeira fase, abordaram-se informações em um contexto de classificação geral, compreendendo características das publicações. Na segunda fase, as informações foram extraídas apenas dos arquivos considerados para a revisão, sendo relacionadas às características das propostas em termos aplicação, ambiente estudado, método utilizado e premissas.

#### 5.4 ORGANIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DADOS

Inicialmente, a avaliação das publicações foi feita com base nos critérios de inclusão e exclusão, definidos pelo Protocolo de Revisão, para a aquisição dos modelos relacionados ao JRP, com base na leitura dos títulos e resumos dos mesmos. Posteriormente, uma leitura mais minuciosa no conteúdo de cada publicação foi realizada para avaliar as informações acerca do desenvolvimento do modelo, com a finalidade de extrair os dados relevantes de cada publicação.

Estes dados foram armazenados em planilhas, as quais serviram como banco de dados. Com isso, foi possível categorizar as informações gerais e específicas de cada modelo, conforme explicitado na seção anterior. Gráficos, quadros e tabelas foram utilizados para mostrar o histórico destas informações durante o período de publicação estabelecido, plotados a partir dos dados e informações das planilhas que foram preenchidas. Nos Quadros 5 e 6, é possível verificar o formato e explanação dos campos utilizados para as tabelas principais, das quais foram montados gráficos e retiradas as informações que foram analisadas na seção seguinte, os quais foram baseados na proposta de Gohr *et al.* (2013).

Quadro 5 - Parâmetros da Classificação Geral - Banco de Dados

<b>INFORMAÇÕES DE CLASSIFICAÇÃO GERAL</b>	
<b>Título</b>	Título da Publicação no formato original
<b>Ano de Publicação</b>	Ano em que foi publicada
<b>Autores</b>	Autores da Publicação
<b>Palavras-Chave</b>	Lista de Palavras-Chave utilizadas na publicação
<b>Título do Acervo</b>	Título do congresso ou periódico em que o artigo foi publicado
<b>Tipo de Acervo</b>	Congresso Internacional ou Nacional; Periódico Internacional ou Nacional
<b>Texto na íntegra?</b>	Informação referente à disponibilidade do texto completo de cada publicação. Recebe valores de SIM e NÃO

Fonte: Autores (2015).

No Quadro 6, é possível verificar os principais campos que compuseram o banco de dados e armazenaram as informações de classificação específica.

Quadro 6 - Parâmetros da Classificação Específica - Banco de Dados

<b>INFORMAÇÕES DE CLASSIFICAÇÃO ESPECÍFICA</b>	
<b>Título</b>	Título original da publicação
<b>Autor/ Ano</b>	Informação em formato Autor (Ano) para identificação da publicação.
<b>Natureza da Demanda</b>	Específica a natureza da demanda do contexto do modelo apresentado - Determinística, Dinâmica (Determinística Não Estável) ou Estocástica.
<b>Horizonte de Planejamento</b>	Característica do Horizonte de Planejamento utilizado na publicação - finito ou infinito

<b>Método de Desenvolvimento</b>	Método ou técnica utilizado para desenvolver o modelo (ex: Algoritmos Genéticos, Heurísticas, etc.).
<b>Contexto de Aplicação</b>	Compreende um resumo geral da proposta do modelo, das premissas utilizadas e das abordagens contextuais em que foi aplicado.
<b>Tipo de Solução</b>	Característica do tipo de Solução obtida - Exata ou Aproximada
<b>Resultados Alcançados</b>	Um resumo dos resultados alcançados seja da <i>performance</i> do modelo (tempo de resposta, resultados de testes e comparações com outros modelos, etc.) caso presentes nos resultados da publicação
<b>Cita Khouja &amp; Goyal (2008)?</b>	Parâmetro que especifica se a publicação citou a revisão de Khouja e Goyal (2008). Só é aplicado àqueles artigos publicados a partir de 2008.

Fonte: Autores (2015).

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a aplicação dos procedimentos da Revisão Sistemática foi possível analisar o comportamento das publicações coletadas em termos de classificação geral e classificação específica. A primeira verificou quantidade de artigos publicados por ano, autores mais frequentes e locais de publicação mais utilizados. Já no contexto mais específico, abordaram-se as principais contribuições de cada modelo considerado, avaliado e classificado de acordo com a topologia da demanda.

### 6.1 EVOLUÇÃO DO ESTUDO DO PROBLEMA DE REPOSIÇÃO CONJUNTA

De forma a caracterizar como os estudos acerca do Problema de Reposição Conjunta (JRP) se mostraram ao longo do período avaliado na Revisão Sistemática, tem-se, em um primeiro momento, as quantidades de artigos encontrados nas cinco bases de dados eletrônicas.

Neste contexto, ao final dos procedimentos de coleta e avaliação da revisão, verificaram-se um total de 245 artigos (Tabela 1). Destes trabalhos, observou-se que apenas uma parte foi disponibilizada para leitura na íntegra, devido ao limite de acesso da universidade, conforme especificado anteriormente. Logo, apenas 139 publicações foram consideradas com acesso na íntegra, o que equivale a um total de 56,7% (Figura 6).

Observou-se que a base de dados que mais contribuiu com o acervo foi a base SCOPUS, devido à quantidade de artigos encontrados apenas nela (44 artigos). Além disso, os artigos encontrados apenas na base Google Acadêmico apresentaram maior número de textos disponíveis para acesso na íntegra (20 artigos). Porém, verificou-se que uma quantidade significativa de artigos também foi comum à todas as bases, o que confere uma maior acessibilidade de certos periódicos. Desta forma, a quantidade escolhida de bases pode oferecer uma quantidade de bastante relevância para a revisão realizada.

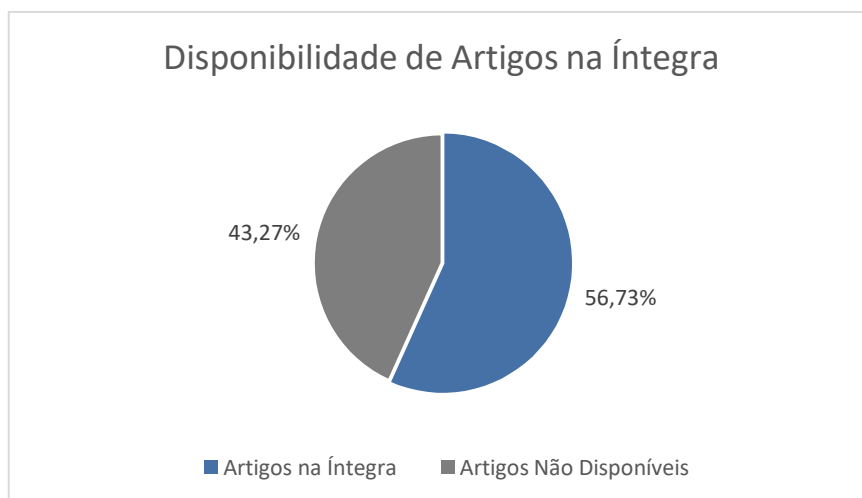
Tabela 1 - Quantidades de Artigos Publicados e Acessados por ano

Anos	Geral	Não Íntegra	Íntegra
2006	15	7	8
2007	18	8	10
2008	27	14	13
2009	29	15	14
2010	25	15	10
2011	20	8	12
2012	29	12	17
2013	36	11	25
2014	28	8	20
2015	18	8	10
<b>Total</b>	<b>245</b>	<b>106</b>	<b>139</b>

Fonte: Autores (2015).

Ressalta-se novamente que a quantidade de artigos que estão na íntegra já conferem apenas aqueles que realmente abordaram o JRP como escopo principal ou como problema complementar. Logo, todos os artigos que apresentaram algum critério de exclusão para a Revisão Sistemática não conferem nestes números. Entretanto, é possível que alguns dos artigos que não foram verificados na íntegra tenham informações relevantes à revisão, porém, os mesmos não foram considerados para as classificações específicas.

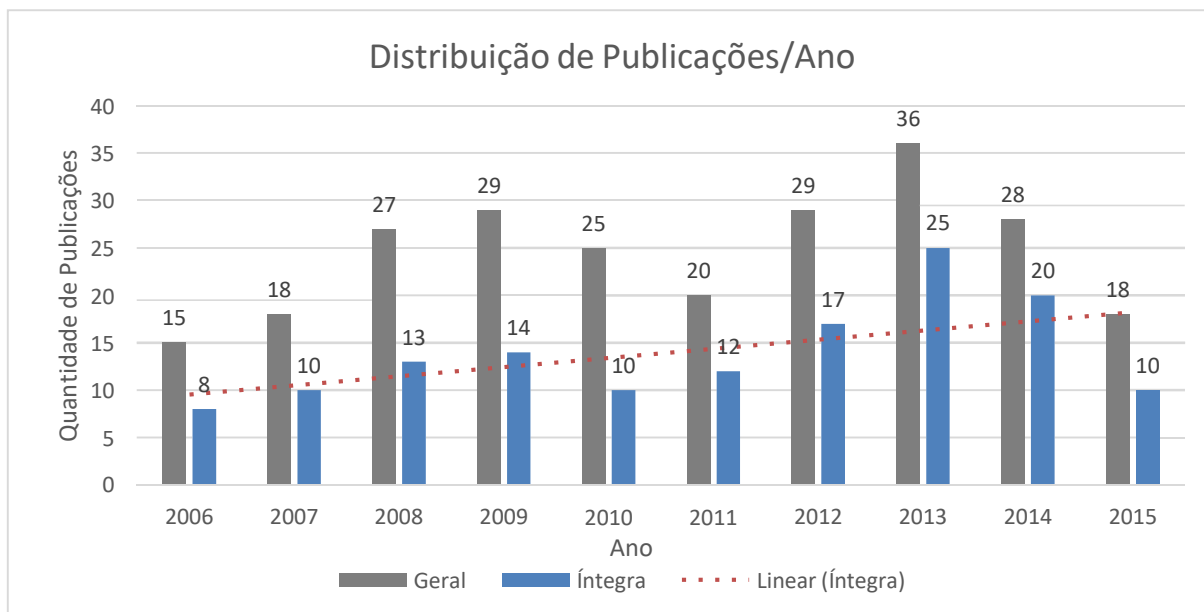
Figura 6 - Gráfico de Percentual da Disponibilidade do Texto das Publicações



Fonte: Autores (2015).

Em seguida, conferiu-se uma análise das quantidades publicadas em cada ano do período revisado. Com base na Figura 7, é possível analisar o comportamento da quantidade total de publicações por ano de modo geral, e para publicações com texto na íntegra. Verifica-se que os comportamentos dos acessos às publicações seguem uma tendência de disponibilidade na íntegra que parte do 10 vai até próximo ao 18, o que demonstra um maior nível de acesso aos artigos mais atuais.

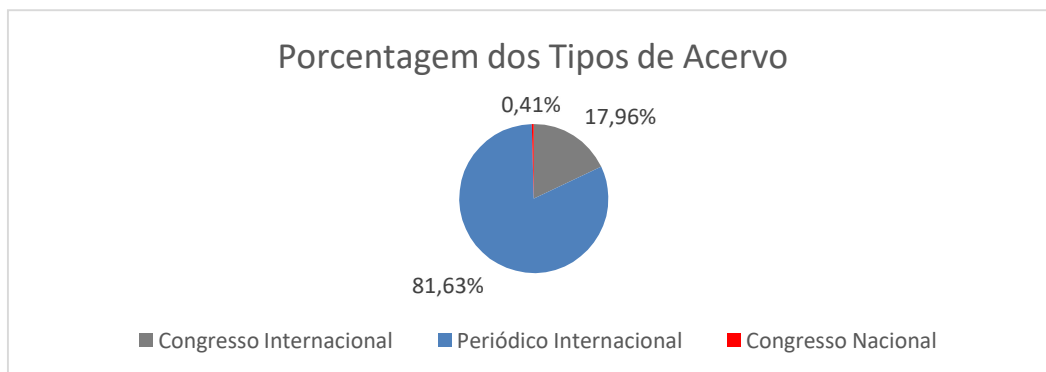
Figura 7 - Distribuição de Publicações em cada ano



Fonte: Autores (2015)

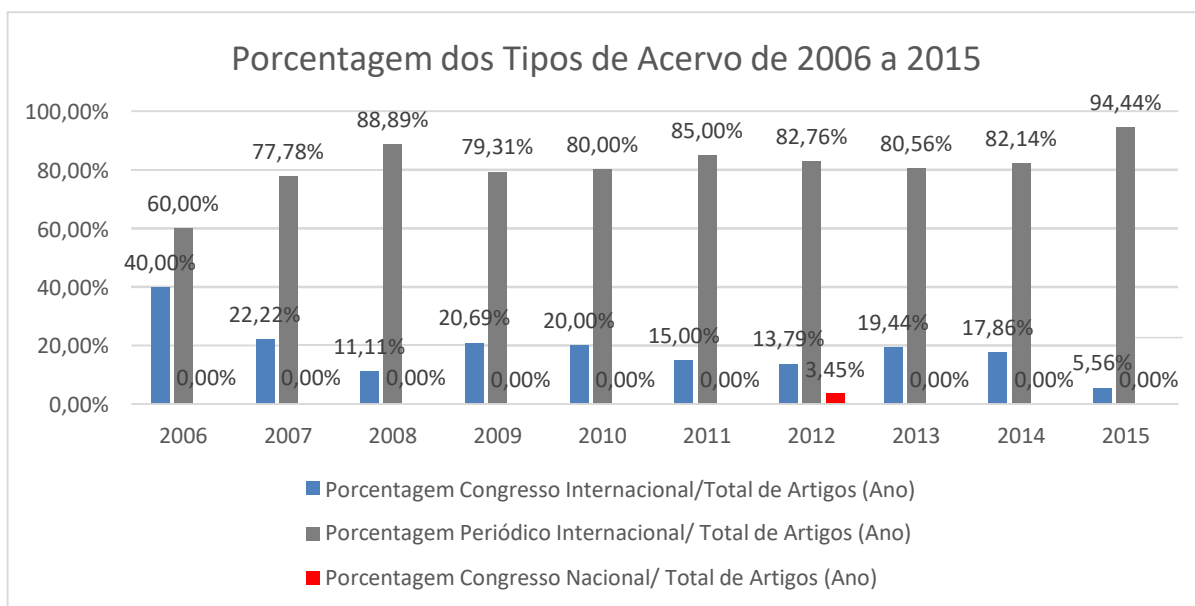
Em termos de locais de publicação, avaliaram-se informações quanto à quantidade de artigos nos quatro tipos de publicações conferidos dos procedimentos metodológicos, com resultados demonstrados nas Figuras 8 e 9. Conforme já esperado e verificado na realização desta revisão, a maioria das publicações conferem o ambiente internacional, com contribuições na língua inglesa, em Congressos e Periódicos Nacionais e Internacionais, com destaque para o segundo o que afirma a justificativa de que o JRP possui poucas contribuições nacionais.

Figura 8 - Porcentagem de Quantidade de Artigos em cada Tipo de Acervo



Fonte: Autores (2015)

Figura 9 - Distribuição da Quantidade de Artigos em Porcentagem para cada Tipo de Acervo entre 2006 e 2015



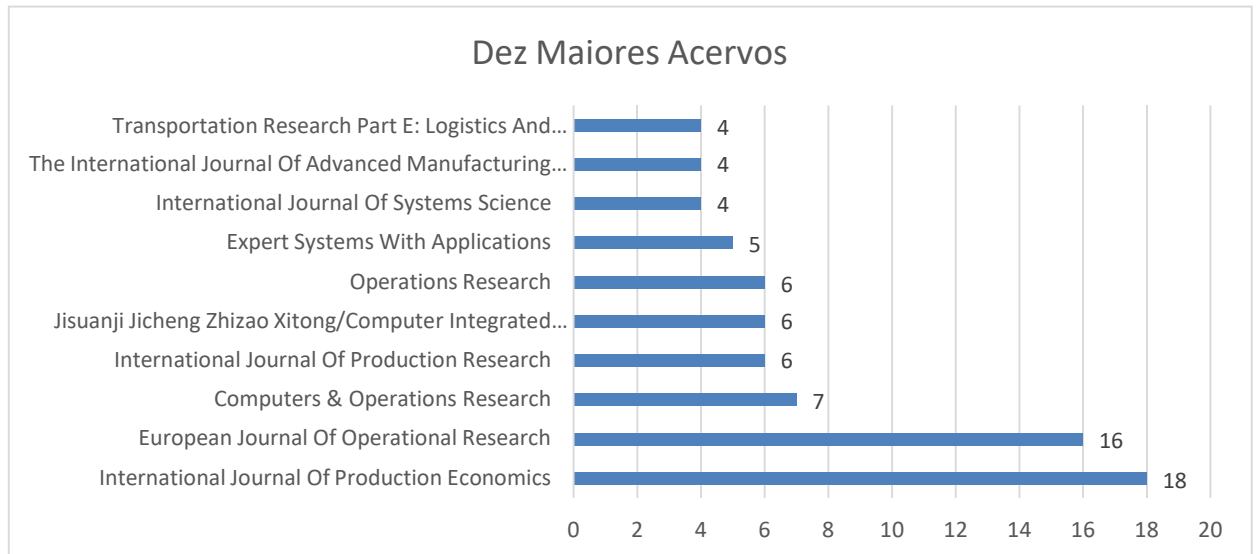
Fonte: Autores (2015).

O destaque da única publicação em Congresso Nacional encontrada confere o “Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional”, sendo que a sua publicação também é em inglês e seu texto foi disponível para compor esta revisão. Logo, o restante dos textos na íntegra também confere o comentário anterior, com maior proporcionalidade de artigos publicados em Periódicos Internacionais.

Além disso, os locais com maior acervo de publicações para os tipos “Congresso Internacional” e “Periódico Internacional”, conferem o *International Journal of Production Economics* e o *36th International Conference On Computers And Industrial Engineering*, respectivamente. Na Figura 10, podem ser verificados que, em termos de quantidades de publicações para dez maiores acervos. Percebe-se uma diferença significativa de publicações aceitas para publicação do periódico *International Journal of Production Economics*, conferindo 18 (dezoito) publicações, comparado ao 10º colocado, o periódico *Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review*, com 4 (quatro) publicações.

Finalmente, seguem-se as considerações acerca dos itens da classificação específica dos artigos cujos textos estavam disponíveis para leitura na íntegra pelo acesso da universidade em que a pesquisa se consolidou.

Figura 10 - 10 Maiores Acervos em Quantidade de Artigos Publicados



Fonte: Autores (2015).

## 6.2 MODELOS COM DEMANDA DETERMINÍSTICA ESTÁVEL

Dentre todos os artigos considerados para a análise de contribuição nesta revisão, pôde-se observar que a maioria dos modelos de JRP se apresentou no ambiente de demanda determinística estável, na qual a procura de cada produto segue uma taxa conhecida e constante em relação ao tempo. Além disso, as propostas de modelos nesta natureza abordaram as premissas do JRP Clássico, com alguns relaxamentos em certas restrições, ou inclusive adição de restrições, com uma vasta aplicação.

Por meio da análise das informações sobre os modelos contidos no Quadro 7, juntamente com a leitura dos mesmos para esta revisão, foi possível observar alguns pontos para destaque em relação ao comportamento dos modelos e suas características:

### a) Em relação ao Horizonte de Planejamento

Observou-se que a maioria das publicações considera a característica infinita para o horizonte de planejamento. Esta premissa nem sempre está bem definida em cada modelo, mas foi possível verificá-la na forma de definir do tempo de ciclo básico nas formas de resolução, principalmente para aquelas que utilizando a Estratégia de Agrupamento Indireto (IGS).

O tempo de ciclo básico define o intervalo de reposição de cada item e, por isso, pode ser limitado ou não pelo horizonte de planejamento. Os modelos propostos que consideraram este horizonte como infinito definem o parâmetro citado como um

dos objetivos da forma de resolução. Dessa forma, estabelece-se um intervalo com limites bem definidos para que o método de desenvolvimento procure potenciais valores de tempo de ciclo básico e, com isso, atingir uma solução ótima ou aproximada. Alguns modelos como Hoque (2006) e Bayindir, Birbil, Frenk (2006) apresentam algumas propostas de novos limites e as incorporam nos seus modelos.

Quanto aos modelos com horizonte de planejamento finito, verificaram-se um total de sete modelos: Levi, Roundy e Shmoys (2006), Hong e Kim (2009), Durán (2012), Rahmouni, Hennet e Fnaiech (2013), Duran e Pozo (2013), Nagasawa *et al.* (2015). A relativa pouca definição de um horizonte de planejamento finito não possui uma justificativa formal na literatura, mas motivou estes modelos a trabalharem neste ambiente. Além disso, acredita-se que o uso de um intervalo finito caracteriza a situação prática de contratos entre fornecedores e compradores, por exemplo, nos quais as demandas já estão determinadas.

Adita-se que a abordagem de um horizonte de planejamento deveria estar mais explícita nos modelos, como forma de esclarecer as abordagens e os motivos de utilização. Por meio desta revisão, verificou-se que os modelos com horizonte de planejamento infinito podem objetivar o uso de um modelo de forma mais geral ao relaxar esta possível restrição de ter um horizonte finito.

b) Ao considerar os Métodos de Desenvolvimento dos modelos abordados

Notou-se que a maioria dos modelos utilizou o método de heurísticas e meta-heurísticas para resolver o problema de reposição conjunta. Alguns poucos, no início de 2006, ainda apresentaram algoritmos de otimização, porém em anos mais recentes, os Algoritmos Genéticos e Evolucionários, assim como heurísticas com formatos de algoritmos foram maior destaque entre os modelos utilizados.

Verificou-se que as Heurísticas apresentaram aplicações mais flexíveis e relativamente simples por terem se estabelecido como um passo-a-passo, o qual pode ser entendido e aplicado de forma prática mais facilmente por gestores e pesquisadores, por exemplo Nilsson, Segerstedt e van der Sluis (2007) que montaram uma heurística que utilizou planilhas eletrônicas para a solução do problema.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Início)

Título	Autor (Ano)	Horizonte e de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>An Efficient Optimal Solution Method For The Joint Replenishment Problem With Minimum Order Quantities</i>	Porras e Decker (2006)	Infinito	Algoritmos de Solução de Otimização Global	Tem como premissa que há uma quantidade mínima a ser pedida em cada tempo de ciclo de reposição; não foram considerados os custos de setup de cada linha de itens distintos.	Exata	A partir dos resultados numéricos: Quando o custo geral fixo $A$ diminui, o tempo de ciclo tende a zero e a reposição independente é melhor que o <i>JRP</i> padrão; e o custo total ótimo do <i>JRP</i> com restrição é o melhor entre as três alternativas avaliadas, mesmo com o uso do fator de correção.
<i>An Optimal Solution Technique For The Joint Replenishment Problem With Storage And Transport Capacities And Budget Constraints</i>	Hoque (2006)	Infinito	Algoritmos de Solução de Otimização Global	Considera restrições de capacidade de transporte e de orçamento ao <i>JRP</i> , porém os valores são delimitados como altos para que não influenciem no tamanho do lote de reposição. Aborda um cálculo simples do limite inferior do tempo de ciclo.	Exata	O novo limite inferior é considerado mais adequado, pois o autor considera que aqueles presentes na literatura são muito altos ou bem menores. Verifica-se que o novo modelo apresenta valores iguais de tempo de ciclo básico e dos múltiplos inteiros para todos os testes com modelos na literatura, o que justifica o resultado ótimo.
<i>Primal-Dual Algorithms For Deterministic Inventory Problems</i>	Levi, Roundy e Shmoys (2006)	Finito	Programação Inteira e <i>Linear Programming Relaxation</i>	Faz uma comparação entre três modelos de inventário, e exhibe um algoritmo primal-dual para solucionar os modelos em questão.	Exata	Não há experimentos com <i>JRP</i> . Mas, alega-se que <i>JRP</i> pode ser resolvido em tempo polinomial ao se fixarem o número de itens ou dos períodos de reposição.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>The Joint Replenishment Problem With Resource Restriction</i>	Moon e Cha (2006)	Infinito	Algoritmo Genético e <i>RAND</i> com Multiplicador de Lagrange	Desenvolve dois algoritmos para a resolução do <i>JRP</i> com restrição de recursos (Capital Investido/Orçamento), considerando os impactos da aplicação da "técnica de penalidade" em Ags. Tem-se um AG e um <i>RAND</i> modificado com um multiplicador de Lagrange. Apresenta-se como referência o algoritmo de Goyal (1975).	Exata	Realiza-se um exemplo numérico com o AG proposto e um <i>RAND</i> modificado, e o modelo de Goyal (1975). O experimento numérico mostra que os três algoritmos têm resultados semelhantes para valores maiores de custo fixo de pedido. Também se percebe que o <i>RAND</i> modificado é melhor em relação a Goyal (1975) para maior quantidade de itens, porém o AG, apesar de ter desempenho comparável, pode ser expandido mais facilmente a outras restrições.
<i>The Joint Replenishment Problem With Variable Production Costs</i>	Bayindir, Birbil e Frenk (2006)	Infinito	Algoritmo de Otimização Global	Apresenta-se um <i>JRP</i> dentro de um ambiente de produção, com custos unitários relacionados ao tamanho do lote de produção e variáveis devido às economias de escala ocorrentes no processo. Logo, no lote cada item é consumido por uma respectiva taxa de produção, a qual é maior que a demanda. Além disso, à medida que o item é adicionado ao lote, o custo marginal de cada produto diminui. Utiliza-se também uma política de estoques do tipo (Si, Ti) para cada item <i>i</i> .	Exata	Verificou-se que o tempo de reposta da CPU se manteve na média, mesmo com o aumento do custo geral de setup. Apesar de o algoritmo ter maiores limites superiores e inferiores de <i>T</i> , ele também causa o aumento nas constantes de Lipschitz aplicadas ao modelo. Em alguns casos com grande número de itens e altos valores de <i>A</i> , o tempo de processamento é menor. Porém, o aumento na precisão e no número de itens aumenta consideravelmente o tempo de reposta.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>A New Iterative Heuristic To Solve The Joint Replenishment Problem Using A Spreadsheet Technique</i>	Nilsson, Segerstedt e van der Sluis (2007)	Infinito	Heurística	Utiliza um algoritmo simples para o <i>JRP</i> clássico com heurísticas em planilhas eletrônicas, sem procurar determinar o melhor intervalo de ciclo, utilizando um método recursivo para balanceamento de custos (relação entre custo de pedido e custo de armazenamento)	Aproximada	O experimento utilizou parâmetros para teste da nova heurística e um limite de quociente entre custos igual a 1,4 para decisões sobre a aproximação dos resultados provenientes de Kaspi e Rosenblatt (1991). Verifica-se que em relação ao modelo de referência, a nova proposta teve desempenho equiparável. Além disso, observou-se que a heurística funciona melhor usando os custos fixos de pedido são elevados.
<i>Joint Replenishment Problem with Multisupplier using Hybrid Genetic Algorithm</i>	Yoo e Gen (2007)	Infinito	Híbrido (Algoritmo Genético e <i>Simulated Annealing</i> )	Considera o <i>JRP</i> com multifornecedores ( <i>multisupplier</i> ). Utiliza o <i>Simulated Annealing</i> como forma de melhorar o desempenho do Algoritmo Genético.	Aproximada	O novo algoritmo foi testado primeiramente com os algoritmos de Moon (2005) e Khouja (2000) e, posteriormente, o mesmo teste foi realizado sem o <i>Simulated Annealing</i> . Verifica-se que a primeira abordagem (com <i>Simulated Annealing</i> ) apresenta melhores resultados em termos de custo e resposta computacional.
<i>A New Algorithm Of Deterministic Joint Replenishment Problem</i>	Zhijie, Fang e Mozhen (2008)	Infinito	<i>Simulated Annealing</i> e Lagrange Relaxation	Aborda o <i>JRP</i> Clássico. Utiliza o Relaxamento de Lagrange para garantir um intervalo de ciclo básico mais estreito, e o SA para determinar a solução ótima.	Exata	Comparou-se o novo algoritmo com os modelos de Hariga (1994) e Fung e Ma (2001). A nova proposta mostrou resultados ótimos similares ao da literatura, sendo que o custo total é menor com valores de tempo de ciclo básico iguais. Porém, o novo algoritmo teve maior tempo de reposta, o que foi relevado devido à maior qualidade da solução.

Quadro 8 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

<b>Título</b>	<b>Autor (Ano)</b>	<b>Horizonte de Planejamento</b>	<b>Método de Desenvolvimento</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Tipo de Solução</b>	<b>Resultados Alcançados</b>
<i>A Sensitivity Analysis Of Solving Joint Replenishment Problems Using The RAND Method Under Inaccurate Holding Cost Estimates And Demand Forecasts</i>	Wang e Cheng (2008)	Infinito	RAND	Contexto em que a previsão de demanda a demanda e dos custos de armazenamento podem ser incorretos. Estes erros dependem da quantidade de itens estimados incorretamente, do tipo de produto e da porcentagem de desvios observada. Autores afirmam que é a primeira vez que o AED é utilizado para o JRP com interdependência.	Exata	O teste utilizado teve como base um dos problemas de Kaspi e Rosenblatt (1991). Verificou-se que na nova abordagem do RAND, quando os custos de armazenamento são muito altos, os tamanhos dos lotes são menores e as frequências de reposição são maiores. Além disso, para os custos totais, o aumento na demanda causa um incremento de até 5% nos custos; e uma subestimação da demanda pode adicionar até 15% no custo total.
<i>A Solution Method For The Joint Replenishment Problem With Correction Factor</i>	Porras e Decker (2008)	Infinito	Algoritmo Enumerativo	Utiliza um fator de correção ao JRP Clássico. Este fator simboliza a ocorrência de reposições "vazias" de certo item em determinada instância de tempo e, matematicamente, impede que o custo total tenda ao infinito caso o tempo de ciclo básico tenda a zero.	Aproximada	Um experimento similar ao de Viswanathan (2002) é utilizado e comparado aos dois novos algoritmos. Verificou-se que o para altas quantidades de itens, o algoritmo de Viswanathan teve melhor desempenho, o que é justificado pelo mesmo consumir mais esforços do computador para ajustar os limites do tempo de ciclo. Os modelos com correção apresentam bom desempenho em relação ao de Viswanathan (2002)

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

<b>Título</b>	<b>Autor (Ano)</b>	<b>Horizonte de Planejamento</b>	<b>Método de Desenvolvimento</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Tipo de Solução</b>	<b>Resultados Alcançados</b>
<i>An Economic Order Quantity Under Joint Replenishment Policy To Supply Expensive Imported Raw Materials With Payment In Advance</i>	Taleizadeh et al. (2008)	Infinito	Meta-Heurística ( <i>Harmony Search</i> )	Situação em que 10% do pagamento é feito quando o pedido é realizado, e o restante ao decorrer da entrega. Além disso, considera restrições de capacidade de armazenamento, transporte, quantidade total de pedidos por ano e orçamento.	Exata	Realizou-se um experimento com 16 produtos, no qual a função objetivo converge à solução ótima a partir da 80ª iteração. Não são feitas análises comparativas a outros modelos.
<i>Inventory Replenishment With Interdependent Ordering Costs: An Evolutionary Algorithm Solution</i>	Olsen (2008)	Infinito	Algoritmo Evolucionário	Considera os efeitos da interdependência entre os custos específicos de pedido dos itens que compõe um mesmo lote, o que ocorre em duas ocasiões: quando o custo específico de um item aumenta quando este item é ordenado juntamente de outros itens; e quando itens são restringidos de compor um mesmo pedido. Além disso, aborda-se tanto a estratégia <i>DGS</i> quando <i>IGS</i> para resolver o problema.	Aproximada	Os tempos computacionais do novo algoritmo foram melhores do que o algoritmo com enumeração e a heurística de referência, os quais usavam o <i>RAND</i> . Além disso, o algoritmo evolucionário proposto pode facilmente considerar novas restrições e apresenta melhor desempenho à medida que as restrições aumentam.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<p><i>A Genetic Algorithm For Joint Replenishment Based On The Exact Inventory Cost</i></p>	<p>Hong e Kim (2009)</p>	<p>Finito</p>	<p>Algoritmo Genético</p>	<p>Apresenta uma função de custo exata e compara duas abordagens em algoritmos genéticos: uma utilizando a função de custo total no <i>JRP</i> clássico, e outra com um estimador do custo exato.</p>	<p>Aproximada</p>	<p>Os dois algoritmos propostos foram testados com os modelos de Goyal (1974) e o <i>RAND</i>. Os AGs propostos apresentaram soluções melhores, apesar de o tempo computacional ter sido relativamente alto. Além disso, apresentaram soluções bem próximas daquelas exatas. Os AGs tendem a ser mais efetivos à medida que os custos variáveis de pedido são próximos do custo fixo de pedido. Além disso, o estudo de caso verifica que o AG pode ser aplicado no <i>JRP</i> com <i>spare parts</i>.</p>
<p><i>A Multi-Objective Joint Replenishment Inventory Model Of Deteriorated Items In A Fuzzy Environment</i></p>	<p>Wee, Lo e Hsu (2009)</p>	<p>Infinito</p>	<p>Modelo <i>Fuzzy</i></p>	<p>Função multiobjetivo com reposição de múltiplos itens perecíveis e demanda dependente do nível de estoque em um ambiente <i>Fuzzy</i>. Formula-se um primeiro modelo que considera maximizar o lucro médio por unidade de tempo e o retorno do investimento (<i>ROI</i>) em estoque; e o segundo, o qual se baseia na taxa de demanda.</p>	<p>Aproximada</p>	<p>Verifica-se que no primeiro modelo, a função objetivo é atingida com qualidade, porém é possível que a solução viole os resultados esperados do tomador de decisão em relação aos parâmetros <i>Fuzzy</i>. Para o segundo, parâmetros desejados apresentaram uma razão de valor aproximado ao ótimo.</p>

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>An Optimal Supply Policy for Multi-product Multi-retailer Using Simulated Annealing Method</i>	Hsiau e Lin (2009)	Infinito	<i>Simulated Annealing</i>	Considera o <i>Multi-buyer Multi-item Replenishment Problem (MJRP)</i>	Aproximada	Compara-se o algoritmo de SA com um algoritmo Genético com base em Khouja <i>et al.</i> (2000). O SA foi melhor que o AG em termos de tempo computacional, e à medida que a quantidade de itens é aumentada. Alega-se que o SA é mais fácil de ser implementado, além de que ele também auxilia o fornecedor a planejar o seu sequenciamento de ordens. Além disso, o SA apresentou a solução ótima e o sistema com itens ressupridos conjuntamente é mais eficiente.
<i>Constraint Joint-Replenishment Inventory Control Problem With Fuzzy Rough Demand</i>	Taleizadeh, Nikpour e Zarei (2009)	Infinito	Meta-Heurística e <i>Fuzzy Rough</i>	Estendeu o modelo de LEC com múltiplos itens para a situação de aquisição de matéria-prima de alto custo, com <i>incremental discount</i> , custos de apuramento, transportes e taxas.	Aproximada	Apresenta que o LEC estendido é considerado como um problema de inteiro misto, para isso foram propostos três meta-heurísticas como forma de resolver o problema não-linear de <i>Fuzzy Rough</i> .

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Constraint Multiproduct Joint-Replenishment Inventory Control Problem Using Uncertain Programming</i>	Taleizadeh, Niaki e Nikousokhan (2011)	Infinito	Híbrido ( <i>Harmony Search, Rough Simulation, e Fuzzy Simulation</i> )	A demanda segue número de LR Fuzzy e são consideradas as mesmas restrições de Taleizadeh <i>et al.</i> (2008), além do nível de serviço.	Aproximada	Para validar o novo modelo, eles são comparados a um modelo de AG e um modelo de <i>Particle Swarm Optimization</i> na literatura. Verifica-se que em termos de função objetivo, o novo modelo tem melhor desempenho. Além disso, a análise de sensibilidade verifica que o tempo de ciclo é sensível ao tempo de pré-pagamento, e aumenta ou diminui proporcionalmente com ele. Por outro lado, a função objetivo é sensível aos aumentos no lead time, proporcionalmente, e o aumento no tempo de pré-pagamento, diminui o custo total.
<i>Deterministic EOQ With Partial Backordering And Correlated Demand Caused By Cross-Selling</i>	Zhang, Kaku e Xiao (2011)	Infinito	Algoritmo de Otimização	Aborda <i>backorder</i> e <i>cross-selling</i> (itens complementares). Um dos produtos é o item principal, o qual é diretamente transformado em receita, com demanda independente e pode sofrer <i>backorder</i> ; o outro item, secundário, é parcialmente correlacionado com a demanda do primeiro. Uma perda na venda do item secundário reduz a demanda do item secundário a uma taxa constante.	Exata	São formulados e comparados dois modelos, o <i>1-Model</i> e o <i>k-Model</i> (tempos de ciclos diferentes). Cerca de 80% dos problemas, ambos mostraram o mesmo resultado; Caso itens sejam perdidos (demanda perdida) para o <i>1-Model</i> , então eles também serão assim no <i>k-Model</i> . Além disso, o <i>k-Model</i> caracteriza melhor a situação no contexto real.

Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>The Joint Replenishment And Freight Consolidation Of A Warehouse In A Supply Chain</i>	Moon, Cha e Lee (2011)	Infinito	Heurística e <i>RAND</i>	Os intervalos entre reposições são estacionários e quasi-estacionários (dinâmicos). Para ambos são realizados uma heurística e um <i>RAND</i> modificado.	Aproximada	Mostra o desenvolvimento do modelo de reposição conjunta e dos algoritmos propostos são eficientes porque conseguiram cumprir com a proposta de resultados aproximados para as políticas de reposição. Os resultados provam que os algoritmos quasi-estacionários são superiores em conseguirem custos mais baixos dos que os estacionários, obtendo novas escalas de economia em transporte sem afetar significativamente o serviço ao cliente.
<i>Using an Efficient New Gene for Genetic Algorithm to Solve the Multi-buyer Joint Replenishment Problem</i>	Lin e Hsiau (2011)	Infinito	Algoritmo Genético	Considera o <i>Multi-buyer Multi-item Replenishment Problem (MJRP)</i> , e para resolvê-lo utiliza GA modificado (AGT) que adota a ferramenta <i>new gene</i> .	Aproximada	Compara o AGT com o AGK de Khouja <i>et al.</i> (2000). O tempo médio de resolução com o AGK foi melhorado em 97,805% pelo AGT proposto. O estudo afirma que eventualmente o AGT é superior tanto na qualidade das soluções quanto na velocidade de processamento.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>A Differential Evolution Algorithm For Joint Replenishment Problem Using Direct Grouping And Its Application</i>	Wang, He e Zend (2012)	Infinito	Algoritmo de Evolução Diferencial	Aplica o Algoritmo de Evolução Diferencial na estratégia <i>DGS</i> .	Aproximada	Utilizaram-se os parâmetros de Olsen (2005) e o modelo de AE da mesma para tentar o novo algoritmo. O AED traz melhor resultados que o AE para todos os casos; o AED apresenta melhores valores de custos à medida que o número de itens aumenta. Em termos de resposta computacional, verifica-se que o AED é mais rápido que o AE até o ponto em que o número de itens é igual a 30 itens, com 500 iterações. A partir deste limite, o AE é mais rápido.
<i>A Heuristic Framework Based On Linear Programming To Solve The Constrained Joint Replenishment Problem (C-JRP)</i>	Amaya, Carvajal e Castaño (2012)	Infinito	Heurística	Considera o <i>JRP</i> com restrições em recursos de forma generalizada ( <i>C-RAND</i> )	Aproximada	Compara-se o modelo atual com o <i>JRP</i> clássico com restrições. O novo modelo apresenta melhores resultados em que 93% dos problemas simulados, sendo que a diferença de resultados se deu em 8% aproximadamente. Em termos de tempo computacional, o <i>C-RAND</i> apresentou melhor desempenho.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>A Novel Differential Evolution Algorithm For Joint Replenishment Problem Under Interdependence And Its Application</i>	Wang <i>et al.</i> (2012)	Infinito	Algoritmo de Evolução Diferencial	Aplica o AED tanto na <i>DGS</i> quanto na <i>IGS</i> , sendo que na segunda presença interdependência dos custos variáveis de pedido.	Aproximada	Em comparação do modelo de AE de Olsen (2008), verifica-se que o AED pode abranger mais restrições ao modelo. Utilizando os parâmetros de do AE, verifica-se que o AED foi melhor em todas as quantidades de item propostas. Em termos de média total, o AED apresentou melhores resultados em até 6%. Em termos de tempo de resposta, o AED foi mais rápido na maioria dos testes, porém, a partir de 50 itens, o AE apresentou menor tempo computacional. Um segundo experimento foi feito para testar a eficácia do AED. Em cerca de 98% dos problemas com 20 e 30 itens, o AED foi melhor que o AE, além de que apresentou menor tempo computacional.
<i>An Extension Of Partial Backordering EOQ With Correlated Demand Caused By Cross-Selling Considering Multiple Minor Items</i>	Zhang (2012)	Infinito	Algoritmo de Otimização Global	Propõe uma extensão do modelo de Zhang <i>et al.</i> (2011) para tratar com vários itens secundários com demandas correlacionadas a um item principal, considerando ainda um de <i>fill rate</i> .	Exata	Entrega uma versão mais aplicável do modelo de LEC com demandas correlacionadas. O estudo também faz com que o modelo de Zhang <i>et al.</i> (2011) seja mais aplicável aos sistemas de inventário do mundo real
<i>Comparing two metaheuristics for the Joint Replenishment Problem with Quantity Discounts</i>	Durán (2012)	Finito	Meta-Heurística	Compara as técnicas de <i>PSO</i> e <i>AG</i> para resolução do <i>JRP</i> com descontos	Aproximada	Mostra que os resultados obtidos por <i>AG</i> são melhores que os de <i>PSO</i> , porém a dispersão deste é menor do que <i>AG</i> .

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Model And Heuristic Algorithm Of The Joint Replenishment Problem With Complete Backordering And Correlated Demand</i>	Zhang, Kaku e Xiao (2012)	Infinito	Heurística	Considera uma demanda correlacionada e <i>backordering</i> de um item principal com itens secundários. A heurística proposta busca equilibrar os custos de pedido com os custos de armazenagem pelo ajuste de frequências do ciclo dos itens secundários para otimizar o custo total de estoques	Aproximada	O experimento realizado compara o novo algoritmo de otimização com a heurística de Nilsson <i>et al.</i> (2007), a qual baseou a nova heurística. Verifica-se que ambas as heurísticas se aproximam do resultado ótimo, com um desvio de cerca de no máximo 0,07%. A nova heurística apresenta melhor desempenho em todos os problemas, devido que o seu passo adicional de ajuste dos múltiplos inteiros dos itens secundários. Além disso, A diferença entre as heurísticas também diminui à medida que o número de itens secundários aumenta. Em termos de tempo computacional, verifica-se que a nova heurística apresentou maior eficiência tanto para custos altos e baixos.
<i>A Joint Replenishment Model Under Transportation Batch and Quantity Discounts</i>	Kang, Lee e Chin-Yi (2013)	Finito	Híbrido ( <i>Mixed Integer Programming e Particle Swarm Optimization</i> )	Constrói-se um <i>PSO</i> eficiente para resolução problemas de dimensionamento de lotes	Exata e Aproximada	Verifica-se que o <i>MIP</i> apresenta melhor desempenho em custos em relação ao <i>PSO</i> , sendo que o primeiro também apresenta solução ótima e o segundo uma solução aproximada.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Determining The Optimum Ordering Policy In Multi-Item Joint Replenishment Problem Using A Novel Method</i>	Ho (2013)	Infinito	Heurística	Utiliza as técnicas de <i>Cycle Time Division</i> e <i>Recursive Tightening</i> para encontrar uma solução ótima ao <i>JRP</i> com ciclos restritos. O primeiro método gera um conjunto de intervalos que contém o potencial tempo de ciclo ótimo e a respectiva frequência de reposição ótima, e o segundo método realiza a diminuição das opções de intervalos o que facilita a busca do tempo de ciclo ótimo.	Exata	Verifica-se que o novo modelo tem melhor desempenho que o modelo de Nissan <i>et al</i> (2007). Além disso, o autor afirma que em comparação a outras heurísticas, o novo modelo sempre tem o resultado ótimo e a sua eficiência aumenta à medida que o número de itens é maior.
<i>Heuristics for the joint multi-item replenishment problem under trade credits</i>	Tsao e Teng (2013)	Infinito	Heurística	Considera o modelo de <i>JRP</i> com pagamento em créditos - a prazo, e utiliza duas heurísticas: balanceamento de custos e procura extrema.	Aproximada	Comparação das duas heurísticas: a de balanceamento de custos é mais lenta em relação à de procura extrema e diferença aumenta significativamente com o aumento em número de itens.
<i>Mixed Integer Linear Programming For Delivery Planning In Joint Replenishment Problems</i>	Rahmouni, Hennet e Fnaiech (2013)	Finito	<i>Mixed Integer Linear Programming e RAND</i>	Considera um planejamento de entregas dos produtos e restrições de orçamento e transporte dos fornecedores	Aproximada	Mostra que os resultados obtidos pela modelagem deles reduzem os custos totais em até 17,5% se comparado aos resultados de Lu <i>et al.</i> (2010). De acordo com o experimento numérico a <i>performance</i> mais eficiente ocorre quando a abordagem do planejamento de ciclo comum quando comparado a clássica abordagem cíclica total.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Revisiting A Fuzzy Rough Economic Order Quantity Model For Deteriorating Items Considering Quantity Discount And Prepayment</i>	Taleizadeh, Wee e Jolai (2013)	Infinito	Modelo <i>Fuzzy</i> , Abordagem de LEC e Meta-Heurísticas	Considera a reposição de itens com base no LEC, considerando um ambiente <i>Fuzzy</i> , para itens com fator deterioração e descontos no tamanho do lote.	Aproximada	Nos termos de processamento o algoritmo <i>BCO</i> se comportou de forma parecida ao <i>PSO</i> , e de forma superior ao <i>AG</i> e <i>VHS</i> . O mesmo é válido para a minimização de custo total.
<i>Solution Of The Spare Parts Joint Replenishment Problem With Quantity Discounts Using A Discrete Particle Swarm Optimization Technique</i>	Duran e Pozo (2013)	Finito	Meta-Heurística ( <i>PSO</i> e <i>AG</i> )	Apresenta a definição e solução do <i>JRP</i> de sistemas de peças de reposição, operados por fornecedores que dão descontos em quantidade comprada, e solucionados pela otimização de modelo utilizando as técnicas de <i>PSO</i> e <i>AG</i> .	Aproximada	Pode se observar que ambos os algoritmos mostram uma repetibilidade adequada, embora a amplitude obtida pelo algoritmo <i>PSO</i> é inferior; os resultados de <i>AG</i> são mais adequados em termos dos valores mínimos obtidos. Além disso, <i>PSO</i> mostrou um desempenho um pouco melhor em termos de uma menor dispersão. No entanto, ambos os algoritmos tendem a apresentar resultados semelhantes quando o tamanho do problema está a crescer.
<i>Joint Order of Multi-item Inventory Control Model</i>	Tian (2014)	Infinito	Heurística	Utiliza a classificação <i>ABC</i> e gera uma modelagem para resolver o problema dos produtos Classe <i>A</i> e <i>B</i>	Aproximada	Mostra a importância da classificação <i>ABC</i> para a reposição conjunta, fazendo com que os produtos <i>A</i> e <i>B</i> tenham prioridade na reposição conjunta.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

<b>Título</b>	<b>Autor (Ano)</b>	<b>Horizonte de Planejamento</b>	<b>Método de Desenvolvimento</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Tipo de Solução</b>	<b>Resultados Alcançados</b>
<i>Joint Replenishment Problem with Carbon Emissions Constraint</i>	Schaefer e Konur (2014)	Infinito	Algoritmo Genético	O modelo considera restrições de emissões de carbono provenientes das atividades logísticas.	Aproximada	À medida que o limite de carbono aumenta, o custo total diminui, mas as emissões totais aumentam; os custos de setup e setup de emissão diminuem, enquanto os custos de armazenagem e armazenagem de emissão aumentam.
<i>Joint Replenishment With Imperfect Items And Price Discount</i>	Paul, Wahab e Ongkunaruk (2014)	Infinito	Heurística	Verificar o impacto causado no processo de reposição pela porcentagem de produtos defeituosos. Logo, a política proposta considera que cada item tem uma porcentagem de itens defeituosos a cada lote. O autor apresenta um modelo em que não há descontos, e no segundo considera descontos no tamanho do lote. Ao custo total do modelo, é adicionado um custo residual referente às unidades de produtos defeituosos.	Aproximada	Para o primeiro algoritmo, verifica-se que quando a porcentagem de produtos com defeito aumenta, o custo por período de tempo também aumenta; assim como aumenta a quantidade a ser reposta, o que irá cobrir a quantidade defeituosa.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Continuação)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Joint Replenishment Model With Substitution</i>	Salameh et al. (2014)	Infinito	Heurística	Propõe a resolução do <i>JRP</i> com substituição para dois produtos, apresentando um modelo de reposição conjunta, combinando os trabalhos de substituição e reposição conjunta, buscando uma solução para resolver o modelo de reposição conjunta com substituição ( <i>JRMS</i> ) para dois produtos enquadrados no modelo clássico de lote econômico	Exata	Consegue provar que o modelo que utiliza a substituição de itens consegue uma redução de 23% em relação ao modelo que não considera a substituição na sua definição.
<i>Solving A New Bi-Objective Joint Replenishment Inventory Model With Modified RAND And Genetic Algorithms</i>	Yousefi e Sadjadi (2014)	Infinito	Híbrido ( <i>RAND</i> e <i>AG</i> )	Considera-se o <i>JRP</i> com duas funções objetivo: uma para minimizar os custos com o estoque, e a outra considerando o investimento por unidade de tempo.	Aproximada	Comparam-se três algoritmos para solucionar o problema proposto: um <i>RAND</i> Modificado ( <i>M-RAND</i> ); um algoritmo genético; e um híbrido do <i>RAND</i> com o <i>AG</i> ( <i>RG</i> ). Resultados: no total de soluções verificou-se que as melhores foram 71,75% do <i>RG</i> e 26,75% do <i>GA</i> . Para altos valores de custo fixo de pedido e quantidade de itens, o <i>RG</i> é a melhor opção e tem melhor desempenho computacional que os dois outros algoritmos. Ao comparar com os resultados da literatura, verifica-se que <i>RAND</i> apresenta os melhores resultados em 83% das soluções.

Quadro 7 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Estável (Conclusão)

Título	Autor (Ano)	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Applying Genetic Algorithm For Can-Order Policies In The Joint Replenishment Problem</i>	Nagasawa et al. (2015)	Finito	Algoritmo Genético	O artigo objetiva propor um método para encontrar o parâmetro ótimo de uma política de <i>can-order</i> , o nível <i>can-order</i> , e um modelo para cada item de vendas perdidas. Minimizando assim, a quantidade de pedidos, inventário e <i>shortage</i> , se comparado ao modelo clássico de <i>JRP</i> , cujo objetivo é reduzir o custo total.	Aproximada	Mostra-se que os cromossomos da política <i>can-order</i> ultrapassam os resultados de pedidos feitos separados, o estudo mostra ainda que esses pedidos separados não promovem uma gestão efetiva do inventário. O método obtém sucesso em reduzir a quantidade de pedidos e a quantidade de <i>shortages</i> .
<i>Differential Evolution Algorithm for Constraint Joint Replenishment Problem with Indirect Grouping Strategy</i>	Chengyan et al. (2015)	Infinito	Algoritmo Evolucionário	O artigo utiliza um algoritmo evolucionário através do agrupamento indireto de estratégia para resolver o <i>JRP</i> com restrições, são propostos os procedimentos e a estrutura do mesmo, sendo assim, a proposta do artigo é desenvolver um algoritmo evolucionário prático capaz de resolver o problema de reposição conjunta com restrições ( <i>CJRP</i> ) e comparar esse modelo a heurísticas já conhecidas.	Aproximada	O AED apresenta uma <i>performance</i> bem parecida com a do <i>CRAND</i> , e confirma-se que o AE é superior quando comparado ao AG para valores altos quando $n$ ( $n=30$ and $50$ ).
<i>The Dynamic Family Assignment Heuristic</i>	Bayley e Bookbinder (2015)	Infinito	Heurística	Utiliza a abordagem <i>Bin Packing</i> e <i>MFJRP</i> para determinar o pedido ótimo	Aproximada	Não apresenta resultados alcançados, apenas fala sobre os modelos de <i>MFJRP</i> e <i>Bin Packing</i>

Fonte: Autores (2015).

Algumas avaliações dos métodos heurísticos para proximidade com a solução ótima se deram pelo método de balanceamento de custos, no qual se calcula uma razão entre os custos de pedido e os custos de armazenamento de estoques, sendo o resultado ótimo igual a um, como em Nilsson, Segerstedt e van der Sluis (2007). Esta é uma abordagem considerada simples e prática de se realizar no cotidiano empresarial e influenciou trabalhos posteriores como o de Zhang, Kaku e Xiao (2012), os quais consideraram o *backordering* como premissa do modelo.

Além disso, uma justificativa do uso da heurística se confere em que este método, apesar de obter uma solução aproximada, garante maior praticidade de aplicação, mesmo com a presença de um tempo computacional relativamente alto.

Destaca-se também que a abordagem de *Mixed-Integer Programming* foi utilizada como forma de definir os parâmetros de tempo de ciclo básico para modelos com estratégia IGS. Além disso, modelos como Yoo e Gen (2007), Taleizadeh, Niaki e Nikousokhan (2011), Kang, Lee e Chin-Yi (2013) e Yousefi e Sadjadi (2014) trouxeram algoritmos híbridos como forma de resolver o problema, devido à capacidade dessa complementaridade de algoritmos favorecer principalmente a qualidade das soluções.

Os modelos também verificaram a utilização inédita de alguns métodos, de acordo com o conteúdo do texto. Este é o caso do Algoritmo de Evolução Diferencial (AED) em Wang, He e Zend (2012) e Wang *et al.* (2012), sendo uma linha de trabalhos que abordaram a estratégia de grupamento direto (DGS), com a justificativa de tempo de processamento relativamente menor. Além disso, o uso de *Simulated Annealing* em Zhije, Fang e Mozhen (2008) e Hzuai e Lin (2009), demonstram que a ferramenta auxilia à convergência na função objetivo, de forma com que evite que a resposta se prenda a um valor ótimo local mais cedo nos algoritmos que utilizaram esse método.

Aquelas publicações que se embasaram no modelo RAND de Kaspi e Rosenblatt (1991), representados em Wang e Cheng (2008) e Rhamouni, Hennet e Fnaiech (2013), e seu uso como método de referência para testes, demonstraram que ainda é uma heurística bastante considerada, devido à sua eficácia e eficiência ainda comprovadas. Verificou-se que estes modelos possuem uma abordagem similar àqueles que utilizam um Algoritmo de Otimização Global, de modo a determinar um tempo de ciclo básico ótimo para solucionar o JRP.

Os métodos de desenvolvimento aplicados ao JRP com demanda determinística estável, portanto, são bastante variados, com peculiaridades diferentes, o que incrementa a abrangência de estudos para este problema, visto que o JRP, por ser um problema NP-*Hard*, ainda demonstra grande complexidade de ser generalizado. Além disso, a presença das heurísticas também demonstra que os estudos buscam aplicações mais práticas, as quais possam ser facilmente implementadas e utilizadas no setor privado. Com isso, verificou-se que as conclusões de Khouja e Goyal (2008) são estabelecidas na década seguinte ao período que foi considerado para a sua revisão narrativa.

c) Quanto ao Contexto de Aplicação dos Modelos

Este parâmetro seguiu uma compreensão simultaneamente ao Método de Desenvolvimento utilizado em cada publicação, visto que, para cada complexidade do problema, uma técnica ou modelo é mais adequada para a solução. Logo, percebeu-se que, apesar de ter uma grande variedade na aplicação do JRP ao longo dos anos analisados, há algumas tendências ou similaridades nos modelos observados.

Um fato a ser observado foi a presença relativamente baixa de modelos que consideraram o JRP clássico. A variante original do problema ainda é um modelo de referência para novos modelos, entretanto, conforme também atestado por Khouja e Goyal (2008), foi interessante observar que tentativas de generalização do problema, relaxamento ou inclusão de novas restrições demonstraram que o JRP tem sido aplicado em diversos tipos de contextos práticos, situações cotidianas entre as empresas.

Dessa forma, é interessante verificar que a literatura tem apresentado uma tendência de resolver situações cotidianas, tais como a perda de vendas por falta de estoques, descontos no tamanho dos lotes de reposição, pagamentos parcelados ao fornecedor e interdependência de custos entre os diferentes produtos que compõem o mesmo lote. Além disso, também há o chamado “JRP com restrições de recursos” (*resource restriction*), no qual é adicionado ao modelo clássico algum tipo de limite, por exemplo, o orçamento, a capacidade de carga no transporte, e/ou a quantidade mínima de pedido.

Outro destaque se apresentou em trabalhos como, Zhang, Kaku e Xiao (2011), Zhang, Kaku e Xiao (2012) e Zhang (2012), os quais trouxeram o contexto em que

existe um item principal e vários itens secundários que possuem demanda correlacionada com o primeiro produto. Esta representatividade também é bastante presente no contexto cotidiano quando, por exemplo, é necessário comprar um componente principal e seus complementos de certo fornecedor. A abordagem por correlação influencia tanto na estratégia IGS quanto DGS, sendo que na primeira, pode-se determinar tempos de ciclo básico semelhantes para produtos correlacionados, e, na segunda, pode-se determinar a presença de produtos correlacionados em um mesmo grupo.

Algumas outras abordagens verificadas também mostraram a consideração de fatores de deterioração de produtos, que podem ser relacionados à reposição de produtos perecíveis, como em Wee, Lo e Hsu (2009) e Taleizadeh, Wee e Jolai (2013); o contexto de incorporar possíveis erros de previsão de demanda, com em Wang e Cheng (2008) e itens defeituosos dentro de um lote, em Paul, Wahab e Ongkunaruk (2014); e o uso de um fator de utilização dos produtos à medida que são repostos, como em Bayindir, Birbil e Frenk (2006).

Poucos modelos apresentaram a utilização da estratégia DGS, representados por Wang, He e Zend (2012), Wang *et al.* (2012), os quais foram baseados em Olsen (2008). Torna-se significativo verificar o uso desta estratégia, pois a maioria dos modelos apresentados no período revisado, e na literatura antes deste, compreenderam a IGS. Além dessa justificativa, estes modelos compreendem que a estratégia DGS, e os modelos aplicados a ela, podem garantir mais benefícios em tempo computacional, sobretudo pelo uso de Algoritmos Evolucionários, em especial o Algoritmo de Evolução Diferencial que é apresentado por eles.

#### d) Comentário acerca dos Resultados alcançados

A demonstração dos resultados compreendeu informações referentes ao desempenho da nova proposta em relação aos algoritmos de referência na literatura, tais como o RAND de Kaspi e Rosenblatt (1991) e Goyal (1974). Todos os algoritmos apresentados no período revisado obtiveram melhor desempenho em relação àqueles aos quais foram comparados. Entretanto, é possível realizar alguns comentários acerca dos principais pontos verificados.

Os modelos heurísticos apresentaram soluções bastante próximas do resultado ótimo ao qual eles foram comparados em cada publicação correspondente. O valor

do desvio em alguns modelos não representou grandes porcentagens, tais como os 0,07% em termos de custo total de Zhang, Kaku e Xiao (2012). Além disso, verificou-se que o uso de heurísticas para a solução do JRP determinístico, apesar de ter certo erro em relação ao modelo ótimo, e tempos computacionais relativamente altos, estes valores podem ser relevados em virtude da praticidade que este modelo pode trazer à aplicação real.

Em relação aos Algoritmos Genéticos, verificou-se que estes tipos de modelos também trouxeram resultados satisfatórios, apesar da sua aplicação não ser tão simples para a prática devido ao conhecimento a ser preciso, a respeito do método de desenvolvimento. Além disso, Moon e Cha (2006) mostram que os AG são mais flexíveis, aos quais novas restrições podem ser facilmente incorporadas a um modelo.

Verificou-se também que apenas Hong e Kim (2009) apresentaram a aplicação de um estudo de caso para o JRP Determinístico Estável. Praticamente em sua totalidade, os experimentos das novas propostas foram conferidos como uma comparação entre elas e os modelos de referência na literatura, relacionados com o mesmo contexto de aplicação. Além disso, Taleizadeh *et al.* (2008), Bayley e Bookbinder (2015) não apresentaram resultados experimentais, o que impediu de saber como estes novos modelos podem ser aplicados. Portanto, verificou-se que a experimentação de uma nova proposta é uma grande contribuição à literatura, pode ser estabelecida ou seguida, a partir de um estudo de caso, relativamente simples, para que se possa simular brevemente sua aplicação na prática.

Dessa forma, compreendeu-se que os resultados obtidos para os novos modelos propostos para o JRP determinístico conferiram sucesso no desempenho, em termos de custo total. No caso de tempo de processamento, é comum verificar que há *trade-off* entre a velocidade de resposta e a complexidade do modelo. Logo, o uso de modelos mais meticulosos e com maior conhecimento matemático resultam em modelos mais robustos e soluções de maior qualidade, o que pode resultar em custos ótimos. Porém, é imprescindível que a aplicação prática seja considerada nos modelos, visto que essas técnicas auxiliam diretamente tomadas de decisões de um gestor e, portanto, devem ser aplicadas de formas simples, sem necessitar investir muito esforço operacional, mesmo com resultados aproximados e tempo de resposta relativamente altos.

### 6.3 MODELOS COM DEMANDA DETERMINÍSTICA NÃO-ESTÁVEL (DINÂMICA)

No contexto da demanda de natureza dinâmica ou determinística não estável (*dynamic demand*), verificou-se que há poucos artigos publicados. Além disso, uma das publicações considerou ainda duas propostas de modelo, sendo uma para demanda determinística estável e outra para a não estável. No Quadro 8 é possível verificar as informações acerca destes trabalhos.

Ao atribuir-se à demanda uma variação no tempo, realmente confere-se uma maior complexidade do sistema em realizar os cálculos ou inclusive chegar à otimização da reposição de estoques. Apesar do número de publicações ser relativamente baixo, uma demanda desta natureza é mais prática, mesmo em horizontes de planejamento infinitos, visto que, por exemplo, a demanda mensal em um ano pode sofrer variações de sazonalidade.

Logo, pode-se observar uma oportunidade de novas pesquisas e modelos considerando a complexidade da instabilidade da demanda no tempo. Além disso, de forma análoga à seção anterior, as observações no Quadro 8, pode-se conferir alguns pontos em destaque de forma mais condensada, devido ao pouco número de artigos com demanda desta natureza.

Em relação ao horizonte de planejamento, conferiu-se que os modelos para o JRP determinístico não-estável apresentaram, em sua maioria, um horizonte de planejamento finito. Entretanto, os modelos não apresentam formalmente uma justificativa para utilizar um horizonte de planejamento finito ou infinito, mas pode-se estabelecer que esta utilização depende do contexto no qual o problema foi aplicado.

Kang, Lee e Lin (2015) apresentaram a definição deste parâmetro no experimento que foi feito, utilizando um horizonte de planejamento de três dias, e Gutiérrez *et al.* (2013) mostraram a característica finita ao abordar um problema de reposição multi-item com demanda dinâmica, no qual, o modelo considerou um horizonte de planejamento bem definido.

No caso de Praharsi *et al.* (2010), como o modelo foi baseado em Nilsson *et al.* (2007), segue-se a premissa de que o horizonte de planejamento é infinito. Dessa forma, o modelo também apresentou o atributo em que o tempo de ciclo básico de cada produto é definido em um horizonte que pode variar de acordo com a necessidade do problema.

Entretanto, de forma análoga à discussão na seção anterior, também é interessante que o horizonte de planejamento seja bem explicitado nos modelos, de forma a delimitar o contexto de pesquisa para o leitor. Além disso, o uso de modelos com um horizonte de planejamento finito com demanda determinística não-estável é diretamente relacionado com a experiência prática em, por exemplo, contratos do setor privado.

Além disso, quanto ao método de desenvolvimento utilizado, verificou-se que o uso de heurísticas se apresentou em maior relevância, por motivos similares aos dos modelos, os quais consideraram a simplicidade deste método em achar soluções aproximadas de qualidade. No caso de Kang, Lee e Li (2015), apresentaram-se dois algoritmos também bastante utilizados no campo do JRP Determinístico de modo geral, com bastante eficácia, sobretudo os algoritmos genéticos e sua flexibilidade.

No caso do contexto de aplicação, as premissas utilizadas pelos modelos foram relativamente variadas. Um destaque se apresentou em Praharsi *et al.* (2010), no qual foram testadas situações onde havia o modelo de JRP clássico, centralizado e descentralizado. O primeiro representou o JRP na sua primeira abordagem, apenas com a situação multiproduto; o segundo considerou que um grupo de multiprodutos foi repostado com tempos de ciclo básicos de cada item semelhantes entre si, e o custo de pedido fixo único para um lote de reposição; e o terceiro referiu-se às reposições de itens de forma independente, no qual o custo fixo de pedido foi adicionado a cada custo variável de pedido de um item repostado

Em relação aos resultados, observou-se que em Praharsi *et al.* (2010), a comparação entre os modelos conferiu a comparação entre diversas opções que um gestor poderia utilizar para reposição de estoques. Porém, o baixo desempenho do modelo centralizado foi verificado pelo estabelecimento de tempos de ciclo de reposição iguais para cada item. Na prática, os itens têm uma necessidade de reposição diferente e que, coincidentemente, podem ser iguais, e isto deve ser levado em consideração no modelo.

Quadro 8 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Determinística Não-Estável/ Dinâmica

Título	Autor/ Ano	Natureza da Demanda	Horizonte de Planejame nto	Método de Desenvolvi mento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>An Integrated Replenishment Model for Transportation and Quantity Discounts Problem</i>	Kang, Lee & Lin (2015)	Dinâmica	Finito	MIP e Algoritmo Genético	Aborda descontos no tamanho do lote e os custos de transporte	Aproximada	Verifica-se que ambos modelos alcançaram o mesmo resultado ótimo. Para modelos de larga escala onde o MIP não é aplicável, o Algoritmo Genético pode se aproximar do resultado ótimo em um curto período de tempo.
<i>An Innovative Heuristic For Joint Replenishment Problem With Deterministic And Stochastic Demand</i>	Praharsi et al. (2010)	Ambas	Infinito	Heurística	Apresenta uma heurística a partir de Nisson et al. (2007) para modelos clássico, centralizados e descentralizados, e demandas determinísticas e estocásticas.	Aproximada	Para os modelos centralizados, a heurística não é favorável pois o modelo não considera os múltiplos inteiros do tempo de ciclo básico, mas é aplicável ao modelo descentralizado. Ao modelo estocástico a heurística pode ser aplicada.
<i>Effective Replenishment Policies For The Multi-Item Dynamic Lot-Sizing Problem With Storage Capacities</i>	Gutiérrez et al. (2013)	Dinâmica	Finito	Heurística	Confere a reposição de itens com demanda variável no tempo com uma solução aproximada e limite de capacidade de armazenamento, e apresenta uma melhoria na abordagem PUSH de Dixon e Poh (1990). Também é levado em consideração uma referência de limite do tempo computacional.	Aproximada	O experimento computacional faz uma relação do modelo proposto com Minner (2009) - CPLEX, considerando apenas custos de pedido e de entrega. Os dois algoritmos apresentaram, em média, tempos computacionais semelhantes. Porém, a heurística, na maioria dos problemas, mostrou tempo menor em relação ao CPLEX e ao limite de tempo, mesmo com o aumento do limite em tempo computacional. A diferença de desempenho em custo entre os dois algoritmos aumenta quanto maior for o número de itens.

Fonte: Autores (2015).

Além disso, no caso de Kang, Lee e Lin (2015), o algoritmo genético apresentou maior potencial de aplicação, visto que em situações de larga escala, o método MIP tornou-se mais trabalhoso. Além disso, Gutiérrez *et al.* (2013) mostraram que, ao considerar limites de tempo de processamento para avaliação, verificou-se que a heurística sempre apresentou respostas mais rápidas, o que evidencia esta propriedade discutida recorrentemente nas publicações

Adita-se que a carência de publicações envolvendo o JRP com demanda determinística não-estável caracterizou uma oportunidade de estudos e aplicações de modelos relacionados. Conforme explicitado, a importância dessa vertente do JRP se dá pela praticidade em que ela representa, devido à instabilidade da demanda representar uma situação cotidiana.

#### 6.4 MODELOS COM DEMANDA ESTOCÁSTICA

Em relação à natureza de demanda probabilística ou estocástica, verificou-se que o JRP foi bastante explorado neste contexto, apesar de a quantidade de artigos com demanda determinística ser maior. A complexidade é ainda maior com a demanda probabilística, devido à decisão de se buscar entender o comportamento da demanda, selecionar a melhor distribuição correspondente à situação real e, principalmente, determinar os parâmetros estáveis para a reposição. Conferem-se as informações sintetizadas para os modelos estocásticos no Quadro 9.

Para os modelos com demanda estocástica, verificou-se uma grande quantidade de propostas de políticas de reposição de estoques, as quais se embasaram na política *can-order* (*can-order policy*, *COP*). Acredita-se que este uso se deve por essa política ser do tipo de revisão contínua, o que pode assegurar menores estoques de segurança, caso seus parâmetros de ponto de reposição (*reorder point*) e ponto de “*can-order*” (*can-order point*) de cada item que compõe o lote de reposição sejam estimados da forma correta. Também se verificaram algumas abordagens embasadas pelo modelo de Revisão Periódica, estudadas por Pantumsinchai (1992).

Dessa forma, também podem ser inferidos alguns comentários em relação às informações do Quadro 9 e a leitura dos artigos de acordo com as classificações a seguir:

a) Em relação ao Horizonte de Planejamento

No caso dos modelos estocásticos, a abordagem infinita foi a mais presente em praticamente todos os modelos considerados nesta revisão. Este fato pode ser verificado devido à própria natureza da demanda ser incerta e, com isso, a generalização do modelo para a abordagem de horizonte de planejamento infinita não confere limites, os quais são estabelecidos por cada modelo. No caso de Moon, Cha e Kim (2008), a abordagem infinita se apresentou no método híbrido de *MIP* e *AG*, e a finita se apresentou apenas no *MIP*.

Em destaque, Narayanan e Robinson (2010) consideraram um horizonte de planejamento com comportamento “dinâmico”. Esta abordagem, apesar de peculiar, tem grandes compreensões práticas. A publicação confere que em um horizonte de planejamento determinado, há uma parte a qual é considerada “fixa”, na qual as decisões de reposição são realizadas com base na demanda, e uma parte final a qual é “variável” onde se verificam os estoques finais, de forma estabelecer decisões para o novo horizonte de planejamento finito o qual se sucederá. Esta aplicação teve uma contribuição interessante no que diz respeito ao planejamento e integração de períodos de horizontes diferentes. Além disso, o horizonte não possui um tamanho determinado, sendo definido a partir da seção variável.

Para os modelos estocásticos, é possível que a abordagem infinita para o horizonte de planejamento ainda seja interessante, visto que a demanda possui certa incerteza. Além disso, os modelos também consideraram políticas de revisão contínua, em sua maioria, o que garantiu um monitoramento relativamente constante dos níveis de estoques. A delimitação de um horizonte se torna interessante em casos de produtos com alta perecibilidade, ou deterioração com o tempo, por exemplo, os quais têm certo tempo de uso bem determinado.

Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica (Início)

Título	Autores	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Analytical Study Of The Multi-Item Joint Replenishment Problem</i>	Huang e Chen (2007)	Infinito	Extensão da Política de Revisão Contínua (Q, S)	Considera as vendas perdidas no setor varejista de forma a estender a política (Q, S), e se assume que a demanda de cada item segue uma distribuição de Poisson. O modelo multi-item é decomposto em modelos compostos de único item para cada produto a ser repostado.	Aproximada	Não há resultados experimentais. O autor alega que a principal contribuição de seu estudo confere em incorporar a situação de vendas perdidas à política (Q, S) em um modelo multi-item, o que, até aquele momento, não tinha sido feito
<i>Effective And Simple EOQ-Like Solutions For Stochastic Demand Periodic Review Systems</i>	Eynan e Kropp (2007)	Infinito	Heurística	Incorpora ao <i>JRP</i> os custos variáveis de perda de demanda por falta de estoque ( <i>stockout</i> ). Considera-se a demanda uniformemente distribuída pela facilidade de aproximação com outras possíveis distribuições e os custos de falta de estoque são modelados em distribuição de Taylor.	Aproximada	Compara-se a nova heurística com a um algoritmo de otimização global. Percebe-se que a primeira tem uma diferença pequena em relação ao resultado ótimo de custo total (cerca de 0,05%)
<i>Replenishment Policies For Multiple Products With Compound-Poisson Demand That Share A Common Warehouse</i>	Minner e Silver (2007)	Infinito	Processo de Decisão de Markov e Heurísticas	O modelo considera um <i>JRP</i> com restrição a capacidade do armazém, a qual limita o tamanho dos lotes de reposição. A demanda segue uma distribuição de Poisson composta ( <i>compound Poisson</i> ), e os estoques de segurança compartilham o mesmo espaço do armazém com os estoques cíclicos. Além disso, a falta de estoques acarreta em penalidades.	Exata	O resultado experimental mostra que a heurística dinâmica apresenta melhor desempenho médio e máximo em relação aos métodos mais estáticos. Porém, quando o número de itens é maior, os desempenhos de ambas heurísticas são equivalentes em termos custo.

Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica (Continuação)

Título	Autores	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>A Note On The Can-Order Policy For The Two-Item Stochastic Joint-Replenishment Problem</i>	Kayis, Bilgiç e Karabulut (2008)	Infinito	Processo de Decisão de Markov e Algoritmo Enumerativo	Realiza um ajuste na política clássica "can-order" para o JRP estocástico. Considera-se modelo para dois itens com demandas em distribuição de Poisson composto, sem utilizar o método de decomposição. Além disso, consideram-se custos de atraso ( <i>backordering</i> ) ao modelo.	Aproximada	Compara-se o novo modelo ao de Federgruen <i>et al.</i> (1984). Ao contrário deste, a nova proposta não propõe um modelo geral para achar valores ótimos da política. O experimento seguiu os parâmetros de custo de Pantumsinchai (1992), e foi verificado que a nova proposta foi melhor que o primeiro trabalho, com diferenças variando de 1% a 10% nos problemas. Além disso, observa-se que o modelo de Federgruen <i>et al.</i> (1994) nem sempre converge aos melhores resultados para a política.
<i>Offsetting Inventory Cycles using Mixed Integer Programming and Genetic Algorithm</i>	Moon, Cha e Kim (2008)	Infinito/Finito	Heurística	O modelo busca minimizar os espaços máximos utilizados em um armazém de cada item. Considera um MIP e AG com horizonte infinito; e MIP no tempo finito, considerada uma abordagem mais realista.	Aproximada	Afirma que os resultados encontrados no horizonte infinito foram melhores do que Murthy <i>et al.</i> (2003) e no horizonte finito, uma maior possibilidade de aplicação no mundo real.
<i>An Association Clustering Algorithm For Can-Order Policies In The Joint Replenishment Problem</i>	Tsai, Tsai e Huang (2009)	Infinito	Algoritmo de Agrupamento e Associação ( <i>Association Clustering Algorithm</i> )	Utilizou uma abordagem de agrupar itens por correlação em uma <i>can-order policy</i> . Utiliza um <i>Association Clustering Algorithm</i> de forma a definir os melhores parâmetros para uma política <i>can-order</i> . Afirma-se que uma boa estratégia é verificar a correlação da demanda a partir de históricos de pedidos. Cada produto tem uma taxa de demanda que segue uma distribuição de Poisson.	Aproximada	Realizou-se o teste com quatro modelos e quatro diferentes configurações de parâmetros: Dois casos "médios" (1. Cada item em um grupo, 2 todos os itens no mesmo grupo), um "pequeno" (3. Itens agrupados por fornecedor) e um "maior" (itens agrupados de acordo com a correlação - modelo proposto). O algoritmo proposto foi melhor que os outros três, em termos de maior lucro gerado.

Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica (Continuação)

Título	Autores	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Solving Joint Replenishment Problem With Deteriorating Items Using Genetic Algorithm</i>	Li, Xu e Zhan (2009)	Infinito	Algoritmo Genético	Aborda o <i>JRP</i> com itens que possuem um fator de deterioração, com custos de redução e falta de estoque e pelo item deteriorado.	Exata	Os autores concluem que como a deterioração acontece no mundo real, tanto na produção quanto no estoque, o assunto tinha sido abordado com o problema de reposição conjunta associado. Desenvolve-se o modelo de reposição conjunta e além disso é criado um algoritmo eficiente na resolução desse problema, o estudo utiliza dois exemplos para confirmar a eficiência do algoritmo, que é certificada pelas resoluções. Demonstra-se também a diferença significativa dos custos quando considerada a deterioração de itens.
<i>The Q(S,S) Control Policy For The Joint Replenishment Problem Extended To The Case Of Correlation Among Item-Demands</i>	Larsen (2009)	Infinito	Algoritmo de Otimização Global	Considerou os impactos das correlações entre itens para a política $Q(s, S)$ sobre o custo total e benefícios entre usar a coordenação e a não coordenação (reposição de item único). Portanto, assume-se que há uma correlação entre as demandas dos itens, e estas seguem um conjunto de distribuições de Poisson, e utiliza-se o método de decomposição.	Exata	O impacto da correlação é analisado a partir da verificação os ganhos entre coordenar e não coordenar. Utilizam-se sistemas de dois itens. Verifica-se que quanto mais negativa for a correlação, o custo é maior, e coordenar a reposição dos itens torna-se a pior opção. Logo, não-coordenar é a melhor opção para todos os casos em que a correlação é negativa e, inclusive, para uma correlação positiva baixa.

Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica (Continuação)

Título	Autores	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>A Search Algorithm for Solving the Joint Replenishment Problem in a Distribution Center with Warehouse-space Restrictions</i>	Yao (2010)	Infinito	Heurística	Cria um algoritmo de busca e duas heurísticas (Proc-FT e busca binária). Aborda o contexto de restrições de espaço em um CD. Considera a técnica "Power-of-Two" para identificar os múltiplos inteiros associados aos custos variáveis de pedido. Uma heurística busca soluções viáveis para o problema, enquanto a segunda determina a melhor solução.	Aproximada	Realizou-se uma demonstração do algoritmo no qual este teve uma resposta computacional de cerca de 5 segundos; e o resultado em termos de custo total teve um erro relativo de cerca de 0,22% do custo total "ótimo" de um modelo sem restrições. Também se realizou um experimento aleatório considerando os parâmetros de van Eij (1993), e verificou-se que o <i>Search Algorithm</i> teve melhor desempenho em relação à abordagem <i>Common Cycle</i> . Além disso, verifica-se que o Search Algorithm gasta um tempo maior para encontrar soluções viáveis ao problema, o que é aumentado a partir de maiores quantidades de itens.
<i>Evaluation Of Joint Replenishment Lot-Sizing Procedures In Rolling Horizon Planning Systems</i>	Narayanan & Robinson (2010)	Dinâmico	Heurística	Avalia nove heurísticas de JRP para dimensionamento de estoque, quatro com a abordagem "forward pass" ("passe-para-frente"), três baseadas em Forgy e Barringer (1987) e duas com fase dupla. Além disso, tem a ideia de implementar a abordagem de horizonte de planejamento dinâmico ( <i>rolling horizon</i> ), visto que os horizontes de planejamento "estáticos" não verificam o estado dos estoques ao final dos períodos	Aproximada	Verifica-se após o experimento que uma das heurísticas em "forward pass" apresenta um sequenciamento mais estável, mas os desvios no custo total são maiores; uma heurística em Forgy e Barringer (1987) tem menores erros no custo total, mas uma instabilidade maior no sequenciamento; e uma com fase dupla tem o segundo maior erro de custos, mas apresenta instabilidades. No total, seis heurísticas apresentaram níveis de instabilidade no sequenciamento bem parecidos. Além disso, o autor observa que horizontes de planejamento mais curtos, com períodos "estáticos" maiores, produzem menores desvios no custo total.

Quadro 10 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica (Continuação)

Título	Autores	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Multi-Item Inventory Control With Full Truckloads: A Comparison Of Aggregate And Individual Order Triggering</i>	Kiesmüller (2010)	Infinito	Algoritmos de Aproximação	Aborda a situação em que o transporte deve ser 100% preenchido, a demanda segue um <i>compound renewal process</i> , e, para cada item, há um fill rate a ser atingindo.	Aproximada	Para o modelo de demanda agregada, verifica-se que quanto mais itens e maior a capacidade do transporte, as soluções aproximadas são de maior qualidade. Quanto menores os tamanhos dos pedidos, a abordagem de pedidos independentes é mais eficaz.
<i>Inventory Control for a Joint Replenishment Problem with Stochastic Demand</i>	Roushdy et al. (2011)	Infinito	Heurística	Utiliza a heurística de Goyal para resolução da política proposta	Aproximada	Apresentam que conseguem diminuir os custos através da política proposta, devido principalmente a utilização de revisão do inventário
<i>The JRP with Multiple Replenishment Sources and Fill Rates</i>	Karalli & Flowers (2011)	Infinito	Heurística	Aborda o fill rate e estoques de segurança para cada tipo de item. Inclui também o <i>Multi-Family JRP</i> .	Aproximada	Em relação ao limite inferior, o algoritmo tem pior desempenho à medida que as quantidades de itens aumentam, mas o contrário acontece na abordagem tradicional do <i>MJRP</i> .
<i>Improved Golden-Section Algorithm For The Multi-Item Replenishment Problem</i>	Hernández, Flores & Vázquez (2012)	Infinito	Algoritmo <i>Golden-Section</i>	Utiliza o algoritmo <i>golden-section</i> com melhoramentos e faz comparações com a heurística <i>RAND</i>	Aproximada	O método exposto não representou uma vantagem quando comparado ao método <i>RAND</i> , tendo em vista que os resultados obtidos pelo método proposto ficaram abaixo das soluções ótimas propostas pela heurística <i>RAND</i> . Os resultados obtidos com essa pesquisa foram de que mesmo com as melhorias feitas no modelo de <i>Golden-section</i> , os resultados não alcançaram uma melhora comparando ao método <i>RAND</i> .

Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica (Continuação)

Título	Autores	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Model And Algorithm Of Fuzzy Joint Replenishment Problem Under Credibility Measure On Fuzzy Goal</i>	Wang et al. (2012)	Infinito	Modelo Fuzzy com FSA e AE	Utiliza a hibridização entre modelo Fuzzy, algoritmo evolucionário e FSA para apresentar um modelo prático para resolução do JRP. Os autores entregam dois algoritmos híbridos para resolução do problema supracitado. Por se tratar de um modelo Fuzzy complexo a sua resolução não se dá por métodos analíticos, por esse motivo é utilizada a hibridização para promover uma abordagem efetiva para lidar com casos sem considerar as formas das funções Fuzzy.	Aproximada	O algoritmo FSDE-I pode subestimar a possibilidade e superestimar o necessário e irá resultar em credibilidade comprometida. A fim de superar a falta de FSDE-I, FSDE-II utiliza-se um FSA modificado que é desenvolvido e comprovado como melhor opção de resolução desse problema.
<i>Joint Replenishment Problem in Multi-Item Inventory Control with Carrier Capacity and Receiving Inspection Cost</i>	Nagawasa et al. (2013)	Infinito	Algoritmo Genético	Propõem um modelo que considera capacidade de caminhão, custo de caminhão e de recebimento de custo de inspeção com os estoques e as faltas na gestão de estoques simultaneamente.	Aproximada	Apresenta que os resultados obtidos pelo estudo são melhores do que os propostos pelo algoritmo que Moon criou.
<i>Online Make-To-Order Joint Replenishment Model: Primal-Dual Competitive Algorithms</i>	Buchbinder et al. (2013)	Infinito	Algoritmo Primal-Dual	Monta três algoritmos competitivos para resolverem o JRP no contexto online e na estrutura Make-To-Order, considerando assim, que nenhum item fica em estoque, ou seja, todos produzidos são vendidos. Utiliza a estratégia de comparar os algoritmos online com os offline.	Aproximada	Como resultado do artigo, são apresentados três algoritmos determinísticos competitivos. É mostrado no estudo que essa abordagem (online algorithms) pode ser bastante eficaz em elaborar políticas robustas que podem ser implementadas sem grande conhecimento da evolução das futuras demandas, o artigo também prova um limite inferior de 2,64 para qualquer algoritmo determinístico online.

Quadro 9 - Síntese de Informações Específicas - Modelos de Demanda Estocástica (Conclusão)

Título	Autores	Horizonte de Planejamento	Método de Desenvolvimento	Contexto de Aplicação	Tipo de Solução	Resultados Alcançados
<i>Spreadsheet Heuristic For Stochastic Demand Environments To Solve The Joint Replenishment Problem</i>	Türkay & Alptekin (2013)	Infinito	Heurística	Propõe uma heurística aplicada ao <i>JRP</i> em planilhas eletrônicas considerando demanda estocástica. O estudo é baseado em Segerstedt (1999) e Nilsson <i>et al.</i> (2007), os quais utilizaram uma heurística de planilhas para demanda determinística, que busca o equilíbrio entre o custo de reposição/pedido e o custo de armazenamento.	Aproximada	Compara-se com o <i>RAND</i> estocástico da literatura, composto por Eynan e Kropp (1998). No experimento inicial determinístico, ambos modelos obtiveram os mesmos resultados no custo total. No caso estocástico, o novo algoritmo teve melhor desempenho, com nível de serviço melhor
<i>An Improved Fruit Fly Optimization Algorithm And Its Application To Joint Replenishment Problems</i>	Wang, Shi & Liu (2015)	Infinito	Meta-Heurística ( <i>IFOA</i> )	Propõe um algoritmo <i>IFOA</i> , incorporando duas melhorias, comparadas ao algoritmo <i>FOA</i> clássico, e usá-lo para resolver problemas de reposição conjunta práticos, considerados problemas <i>NP-Hard</i> .	Aproximada	Comparados a 18 benchmarks, o algoritmo proposto é mais efetivo do que os outros métodos de resolução ( <i>AED</i> , <i>AG</i> , <i>FOA</i> , <i>mFOA</i> e <i>PSO</i> ). O desempenho global do <i>IFOA</i> foi satisfatório na resolução de problemas de otimização de função de alta dimensão. <i>IFOA</i> é mais rápido do que o <i>AED</i> e ligeiramente mais lento do que <i>AG</i> . Sua vantagem se é explicitada quando mais itens estão envolvidos para a <i>JRP</i> .
<i>Replenishment Policies For Multi-Product Stochastic Inventory Systems With Correlated Demand And Joint-Replenishment Costs</i>	Feng <i>et al.</i> (2015)	Infinito	Processo de Decisão de Markov e Heurísticas	Considera-se a correlação de produtos substitutos e complementares, comparando-se a um produto e as suas correlações negativas (substitutos) e positivas (complementares). Afirma que não existem estudos na literatura que focam em construir e testar políticas de estoque que tem produtos com demandas correlacionadas e custos de reposição conjunta.	Aproximada	Destaca-se a importância de incorporar correlação de demanda em vários produtos no gerenciamento de inventário. Nota-se que em problemas pequenos (dois itens) a solução exata pode ser encontrada.

Fonte: Autores (2015)

b) Ao considerar os Métodos de Desenvolvimento dos modelos abordados

Enquanto os modelos determinísticos apresentaram métodos com o objetivo de determinar parâmetros adequados de tempo de ciclo básico, os modelos estocásticos mostraram maior aplicação de seus métodos de desenvolvimento como forma de determinar os melhores valores para parâmetros de reposição, tendo suas propostas, em sua maioria, baseadas na política *can-order*.

Os métodos heurísticos também se apresentaram como mais influentes para os modelos estocásticos por motivos de aplicação de formas simples e repostas satisfatórias para um tempo de processamento alto. Aliado a isso, os Algoritmos Genéticos também se mostraram presentes neste ramo da literatura e levaram em consideração sua capacidade de se adaptar a diferentes restrições.

Entretanto, foi possível destacar a presença da técnica de Processos de Decisão de Markov em muitos modelos apresentados ao JRP estocástico, como em Minner e Silver (2007), Kayis, Bilgiç e Karabulut (2008), e Feng *et al.* (2015). Este método se deve ao fato de se considerar a demanda como uma distribuição de Poisson composta (*compound Poisson*), a qual representa uma série de distribuições de Poisson, para cada tipo de item a ser repostado no mesmo lote.

Um das técnicas utilizadas juntamente aos processos markovianos, a de Decomposição, na qual o problema multiproduto repostado conjuntamente é dividido em vários subproblemas de único item, para cada produto, com demanda estocástica, o que é conferido em Huang e Chen (2007), Kayis, Bilgiç e Karabulut (2008), e Larsen (2009). Dessa forma, a solução do problema é uma junção das subsoluções de cada modelo de único item.

Além disso, nos últimos anos, apresentou-se uma maior variação no uso dos modelos, tendo a presença de meta-heurísticas como em Wang, Shi e Liu (2015), Modelo *Fuzzy* em Wang *et al.* (2012) com base no modelo de mesmo autor para JRP determinístico estável e inclusive algoritmos de aproximação, como em Kiësmuller (2009).

c) Quanto ao Contexto de Aplicação dos modelos

Assim como o uso dos modelos, a aplicação também apresentou variados contextos. Entretanto, a alta complexidade devido às incertezas e ao uso de probabilidade para modelagem das demandas faz com que a formulação dos modelos

seja mais complicada. Dessa forma, alguns modelos para o JRP estocástico ainda são impraticáveis de serem formulados para grandes quantidades de itens e os problemas abordam o uso de dois itens como forma de demonstrar o processo de resolução.

Além disso, os modelos estocásticos apresentaram uma grande presença da abordagem de correlação entre a demanda dos itens. O uso da correlação, desde os modelos determinísticos, tem apresentado uma aplicação interessante do JRP, em virtude da influência entre as demandas dos itens. No caso dos dois itens apresentados em modelos de JRP estocástico, alguns modelos consideraram que já um item principal e outro secundário, cuja demanda depende daquela do primeiro. Alguns produtos como alimentos e equipamentos com acessórios podem compreender esta situação.

Türkay e Alptekin (2013) consideraram uma abordagem mais simples, mesmo para a alta complexidade do modelo estocástico, com o uso de planilhas eletrônicas, caracterizada pela busca do equilíbrio entre custos de pedido e de armazenamento. Esta é uma abordagem interessante para aplicações mais rápidas mesmo que a solução tenha certo desvio em relação ao ótimo.

Ressalta-se também que o modelo estocástico sempre considera a situação de vendas perdidas, e as trata em *backordering* ou em custos de falta de estoques, o qual é adicionado à função objetivo. Verificou-se, portanto, que aos modelos de JRP estocástico, apresentou-se uma grande aplicação de modelos ao contexto em que há itens com demandas dependentes. Além disso, os modelos buscam determinar parâmetros mais adequados para pontos de reposição e quantidades de cada item a ser produzida.

#### d) Comentário acerca dos Resultados alcançados

Em alguns resultados referentes ao experimento realizado com os modelos estocásticos, a nova proposta nem sempre apresentou um desempenho considerável, em termos de custos de resposta computacional. Em relação a este segundo parâmetro, o aumento no tempo de processamento se caracterizou principalmente pela complexidade do modelo em virtude da demanda estocástica. Logo, certamente os modelos estocásticos apresentaram um tempo de solução maior em relação aos modelos determinísticos.

Além disso, aquelas propostas que tiveram resultados satisfatórios nos experimentos mostraram que o custo total é bastante próximo do ótimo, como as análises de Eynan e Kropp (2007) e Kayis, Bilgiç e Karabulut (2008), sendo que estes demonstraram mais eficiência em relação à referência clássica de Pantumsinchai (1992).

Um destaque devido à comparação da nova proposta com o algoritmo RAND foi o modelo de Hernández, Flores e Vázquez (2012). O estudo mostrou que o novo modelo não foi tão eficiente quando o método RAND, o que demonstra a importância e alta capacidade deste último em resolver o JRP, além da sua aplicação no ambiente estocástico.

Adita-se que a maioria dos resultados apresentarem uma solução aproximada é devido, sobretudo, ao uso de heurísticas para a resolução do problema. Entretanto, a complexidade do ambiente estocástico também auxilia na dificuldade em se obter resultados ótimos para o modelo, mesmo para modelos que não utilizaram métodos heurísticos.

## 6.5 INFLUÊNCIAS DE KHOUJA E GOYAL (2008) NOS MODELOS

De forma comum aos modelos classificados, abordados nas seções anteriores, a análise da quantidade de modelos que apontaram os estudos de Khouja e Goyal (2008), em suas referências, conferiram cerca de 40% da presença do trabalho, em um total de 53 artigos publicados e com texto disponível na íntegra entre 2008 e 2015. Verificou-se que a revisão citada tem sido utilizada de forma a complementar a justificativa e estado da arte dos modelos para contextualizar os estudos do JRP antes de apresentarem a proposta dos modelos.

Entretanto, apesar de Khouja e Goyal (2008) não serem citados, suas conclusões a respeito das expectativas e sugestões para trabalhos do JRP, as quais englobaram a necessidade de modelos mais práticos, mesmo com soluções aproximadas, mas com contextos mais aplicados, foi realmente apresentada. Portanto, os modelos considerados por esta revisão apresentaram uma tendência de vasta aplicação do JRP em diversos contextos, e uma maior preocupação em propor modelos mais práticos para o ambiente multiproduto.

## 6.6 ABORDAGENS COMPLEMENTARES

Apesar de não serem incluídos diretamente no escopo principal do artigo, as seguintes abordagens que foram verificadas durante a revisão demonstraram a amplitude em que o JRP tem sido aplicado na literatura mais recente. Estes contextos de aplicação, considerados como complementos ao escopo desta revisão, demonstraram que os estudos acerca do JRP conferiram um nível de fronteira do conhecimento. No Quadro 10, verifica-se uma síntese das informações consideradas para estes modelos de abordagem complementar.

A principal aplicação percebida nesta classificação compreendeu o contexto “*Multi-echelon*” ou multicamada. Esta aplicação já é uma das principais questões atuais com a visão de cadeia de suprimentos integrada e, com isto, gerenciamento integrado de estoques. Logo, verificou-se que o modelo multiproduto já se apresenta neste tipo de estágio, juntamente de abordagens de transportes. Neste caso, modelos compreenderam os membros à jusante da cadeia de suprimentos, o que conferem os pedidos de reposição de estoques de uma empresa ou fábrica e seu fornecedor.

Modelos como Wang *et al.* (2013), Ben-Daya, As'ad e Sliaman (2013), Sana, Chedid e Navarro (2014) inclusive demonstraram aplicações para três estágios, considerando fornecedores, manufatura e vendedor (varejo). Logo, a presença de modelos integrados, além de se apresentar contemporânea, caracterizou uma modelagem mais próxima à realidade prática de reposição, sobretudo com as parcerias que existem, as quais integram informações sobre estoques, de forma a aumentar o nível de serviço ao consumidor final.

Em um nível menos amplo, porém, ainda considerando a situação multicamada, verificou-se o problema “*Single Warehouse Multi-Retailer*” (SWMR), no qual são consideradas as necessidades de reposição de um armazém e vários vendedores ou varejistas, considerando vários tipos de produtos, conforme abordado em Solyah, Sural e Denizel (2010), Abdul-Jalbar *et al.* (2010), Stauffer (2011), Fiestras-Janeiro *et al.* (2011), Elomri *et al.* (2012), Ho, Lai e Huang (2014), Praharsi, Nataliani e Wee (2014), Yi e Reklaitis (2014), e Larsen e Turkensteen (2014), Pukcarnon, Chaovalitwongse e Phumchusri (2014).

Quadro 10 - Modelos com JRP em Abordagem Complementar (Início)

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>
<i>A Lagrangean Relaxation Algorithm For Multi-Item Lot-Sizing Problems With Joint Piecewise Linear Resource Costs</i>	Rizk, Martel e Ramudhin (2006)	Proposta de aplicação de relaxamento e análise das funções de custos	<i>Polymatroid Optimization, Submodularity, And Joint Replenishment Games</i>	He, Zhang e Zhang (2012)	Estuda e analisa uma função côncava, submodularidade em uma otimização <i>Polymatroid</i>
<i>Supply Chain Inventory Strategies Using Fuzzy Neural Network</i>	Wang et al. (2006)	<i>Multi-echelon</i>	<i>Simple Policies for Joint Replenishment Can Perform Badly</i>	Dance, Zoeter e Lee (2012)	Comparação entre heurísticas conhecidas na literatura alegando que elas podem funcionar com baixo desempenho
<i>The Stochastic Joint Replenishment Problem: A New Policy, Analysis, And Insights</i>	Ozkaya, Gurler e Berk (2006)	Política de Controle para o JRP Estocástico e <i>Multi-echelon</i>	<i>The cost allocation issue in joint replenishment</i>	Dror, Hartman e Chang (2012)	<i>Cost Allocation Problem</i>
<i>A Joint Economic Lot-Size Model For An Integrated Supply Network Using Genetic Algorithm</i>	Pourakba, Farahani, Asgari (2007)	<i>Multi-echelon</i>	<i>The Joint Economic Lot Size Problem: A Review</i>	Glock (2012)	Uma revisão sobre o <i>Joint Economic Lot-Size Problem - JELS</i>
<i>An Algorithm For Determining The Best Lower Bound For The Stochastic Joint Replenishment Problem</i>	Viswanathan (2007)	Determinação de limites inferiores	<i>A Joint Economic Lot-Sizing Model For The Hospital's Supplier With Capacitated Warehouse Constraint</i>	Wang e Lee (2013)	<i>Joint Economic Lot-Size Problem - JELS</i> com restrições de capacidade de armazenamento
<i>An Efficient Heuristic Algorithm For A Two-Echelon Joint Inventory And Routing Problem</i>	Jung e Mathur (2007)	<i>Multi-echelon</i>	<i>A Joint Replenishment Inventory-Location Model</i>	Silva e Gao (2013)	<i>Fixed Charge Location Problem (FCLP)</i> . Considera o problema de localização em centros de distribuições que se baseiam em JRP.
<i>The Cost Allocation Problem For The First Order Interaction Joint Replenishment Model</i>	Anily e Haviv (2007)	<i>Cost Allocation Problem</i>	<i>A Multi-Product Multi-Echelon Inventory Control Model With Joint Replenishment Strategy</i>	Zhou, Chen e Ge (2013)	<i>Multi-echelon</i>
<i>The Profit-Maximization Model For A Multi-Item Distribution Channel</i>	Chen e Chen (2007)	<i>Multi-echelon</i>	<i>A Two-Product Inventory Model with a Joint Ordering Policy</i>	Masache (2013)	Uma política de reposição determinística sem experimentos

Quadro 10 - Modelos com JRP em Abordagem Complementar (Continuação)

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>
<i>A Genetic Algorithm For Determining Optimal Replenishment Cycles To Minimize Maximum Warehouse Space Requirements</i>	Yao e Chu (2008)	Problema de Minimizar o Espaço Máximo de Armazenamento para múltiplos itens em um armazém	<i>An Efficient Polynomial-Time Approximation Scheme For The Joint Replenishment Problem</i>	Nonner e Sviridenko (2013)	Uma aproximação de polinômio temporal para o JRP determinístico
<i>A Modified Joint Inventory Policy For VMI Systems</i>	Qinglong et al. (2008)	<i>Multi-echelon</i>	<i>An Integrated Production Inventory Model With Raw Material Replenishment Considerations In A Three Layer Supply Chain</i>	Ben-Daya, As'ad e Sliaman (2013)	<i>Multi-echelon</i>
<i>Cost Allocation For Joint Replenishment Models</i>	Zhang (2008)	<i>Cost Allocation Problem</i>	<i>Approximation Algorithms For The Joint Replenishment Problem With Deadlines</i>	Bienkowski et al. (2015)	Propõe aproximações para o JRD
<i>Determination Of Replenishment Dates For Restricted-Storage, Static Demand, Cyclic Replenishment Schedule</i>	Yao, Chu e Lin (2008)	Problema de Minimizar o Espaço Máximo de Armazenamento para múltiplos itens em um armazém ( <i>Minimize Maximum Warehouse Requirement</i> )	<i>Headquarter-Centered Common Sourcing Management Through Order Coordination And Consolidation</i>	Zhang et al (2013)	Gerenciamento de Recursos Comuns Centralizados em uma Sede ( <i>Headquarter-centered Common Sourcing Management</i> )
<i>Fuzzy Inventory Model With Two Warehouses Under Possibility Measure On Fuzzy Goal</i>	Maiti (2008)	Apresenta um modelo Fuzzy para o varejo e um armazém contendo o JRP para ambos (multicamada)	<i>Model And Algorithm For Fuzzy Joint Replenishment And Delivery Scheduling Without Explicit Membership Function</i>	Wang et al. (2013)	Modelo Fuzzy e JRD Determinístico
<i>The Joint Replenishment And Delivery Scheduling Of The One-Warehouse, N-Retailer System</i>	Cha, Moon e Park (2008)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer e Multi-echelon</i>	<i>Modeling And Optimization For The Joint Replenishment And Delivery Problem With Heterogeneous Items</i>	Qu, Wang e Zeng (2013)	JRD estocástico com itens heterogêneos

Quadro 10 - Modelos com *JRP* em Abordagem Complementar (Continuação)

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>
<i>A Comparison Of Simple Heuristics For Multi-Product Dynamic Demand Lot-Sizing With Limited Warehouse Capacity</i>	Minner (2009)	<i>Warehousing Scheduling Problem</i>	<i>Modeling And Optimization Of Stochastic Joint Replenishment And Delivery Scheduling Problem With Uncertain Costs</i>	Wang <i>et al.</i> (2013)	Modelo <i>Fuzzy</i> com <i>JRD</i> Estocástico
<i>Approximating The Joint Replenishment Problem With Deadlines</i>	Nonner e Souza (2009)	Algoritmo de Aproximação 5/3 e <i>Multi-echelon</i>	<i>Modeling And Optimization Of The Multiobjective Stochastic Joint Replenishment And Delivery Problem Under Supply Chain Environment</i>	Wang <i>et al.</i> (2013)	Modelo de <i>JRD</i> Estocástico com função multiobjetivo (neste caso, considerou o custo total e as quantidades reduzidas de estoque)
<i>Coordinated Deterministic Dynamic Demand Lot-Sizing Problem: A Review Of Models And Algorithms</i>	Robinson, Narayana e Sahin (2009)	Comparação entre Modelos de Single-Item e Multi-Item, com Custos conjuntos e independentes e restrições de capacidade	<i>Non-Cooperative Joint Replenishment Under Asymmetric Information</i>	Körpeoglu, Sem e Güler (2013)	Problema de abastecer vários varejistas utilizando Teoria de Jogos
<i>Dynamic Pricing And Replenishment In The Warehouse Scheduling Problem—A Common Cycle Approach</i>	Transchel e Minner (2009)	Problema de Sequenciamento em Armazéns ( <i>Warehousing Scheduling Problem</i> )	<i>A Three Layer Supply Chain Model With Multiple Suppliers, Manufacturers And Retailers For Multiple Items</i>	Sana, Chedid, Navarro (2014)	<i>Multi-echelon</i>
<i>Optimal Joint Replenishment Decisions For A Central Factory With Multiple Satellite Factories</i>	Hsu (2009)	<i>Just-in-Time</i> e <i>Multi-echelon</i>	<i>A Vendor Managed Inventory Model Using Continuous Approximations For Route Length Estimates And Markov Chain Modeling For Cost Estimates</i>	Larsen e Turkensteen (2014)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer</i> com modelagem em Cadeia de Markov
<i>A Modified Ant Colony Optimization Algorithm For Multi-Item Inventory Routing Problems With Demand Uncertainty</i>	Huang e Lin (2010)	Problema de roteirização de veículos com <i>JRP</i> estocástico e algoritmo de colônia de formigas	<i>Adaptive Model Predictive Inventory Controller For Multiproduct Warehouse System</i>	Yi e Reklaitis (2014)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer</i>
<i>A New Heuristic To Solve The One-Warehouse N-Retailer Problem</i>	Abdul-Jalbar <i>et al.</i> (2010)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer</i> e <i>Multi-echelon</i>	<i>An Approximate Dynamic-Programming Approach To The Joint Replenishment Problem</i>	Segev (2014)	Aproximação da Solução Ótima por meio de Programação Dinâmica no <i>JRP</i>

Quadro 10 - Modelos com JRP em Abordagem Complementar (Continuação)

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>
<i>Efficient And Effective Heuristics For The Coordinated Capacitated Lot-Size Problem</i>	Narayanan e Robinson (2010)	<i>Coordinated Capacitated Lot-Size Problem</i> (uma generalização de conjunto de problemas nos quais o JRP está incluso)	<i>An Innovative Heuristic In Multi-Item Replenishment Problem For One Warehouse And N Retailers</i>	Praharsi, Nataliani e Wee (2014)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer</i> com Heurística em <i>Multi-echelon</i>
<i>Managing Multi-Echelon Multi-Item Channels With Trade Allowances Under Credit Period</i>	Tsao (2010)	<i>Multi-echelon</i>	<i>An Optimal Mixed Batch Shipment Policy For Multiple Items In A Single-Supplier Multiple-Retailer Integrated System</i>	Ho, Lai e Huang (2014)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer e Multi-echelon</i>
<i>The One-Warehouse Multiretailer Problem With An Order-Up-To Level Inventory Policy</i>	Solyah, Sural e Denizel (2010)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer Multi-echelon</i>	<i>Better Approximation Bounds For The Joint Replenishment Problem</i>	Bienkowski et al. (2014)	Apresenta novos limites ( <i>bounds</i> ) para os problemas de JRP clássico
<i>The Periodic Vehicle Routing Problem with the Joint Replenishment Planning under Supply Chain Environment</i>	Huang e Liou (2010)	Problema de roteirização de veículos no JRD Determinístico em um ambiente VMI	<i>Coordinated Logistics: Joint Replenishment With Capacitated Transportation For A Supply Chain</i>	Büyükkaramikli, Gürler e Alp (2014)	<i>Multi-echelon</i>
<i>A Simple And Fast 2-Approximation Algorithm For The One-Warehouse Multi-Retailers Problem</i>	Stauffer (2011)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer</i> e Algoritmo de 2-Approximation	<i>Experimental Analysis of the Applicability of a Multi-Item Constrained EOQ Calculation Algorithm</i>	Miranda et al. (2014)	Faz um melhoramento e correções do método proposto por Iannone (2010)
<i>Cooperative Game Theory And Inventory Management</i>	Fiestras-Janeiro et al. (2011)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer</i>	<i>Joint Replenishment Of Multi Retailer With Variable Replenishment Cycle Under VMI</i>	Verma, Chakraborty e Chatterjee (2014)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer e VMI</i>
<i>Dynamic Lot Sizing For Multiple Products With A New Joint Replenishment Model</i>	Lu e Qi (2011)	<i>Single-Period Problem</i>	<i>Optimal Joint Replenishment, Delivery And Inventory Management Policies For Perishable Products</i>	Coelho e Laporte (2014)	<i>Multi-echelon e JRD</i> Determinístico considerando produtos perecíveis
<i>Meta-Heuristic Algorithms For Solving A Fuzzy Single-Period Problem</i>	Taleizadeh, Barzinpour e Wee (2011)	<i>Single-Period Problem</i>	<i>Optimizing The Joint Replenishment And Channel Coordination Problem Under Supply Chain Environment Using A Simple And Effective Differential Evolution Algorithm</i>	Wang et al. (2014)	<i>Multi-echelon</i>

Quadro 10 - Modelos com JRP em Abordagem Complementar (Continuação)

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>
<i>Multi-Item Dynamic Lot-Sizing With Delayed Transportation Policy</i>	Sancak e Salman (2011)	Política de Transporte	<i>Optimizing The Joint Replenishment And Delivery Scheduling Problem Under Fuzzy Environment Using Inverse Weight Fuzzy Nonlinear Programming Method</i>	Zeng et al. (2014)	JRD determinístico em ambiente Fuzzy e função multiobjetivo para minimizar o custo total não-Fuzzy e maximizar a credibilidade de que o custo total não exceda o orçamento.
<i>Production Control And Replenishment Strategy With Multiple Suppliers</i>	Haiji et al. (2011)	Multi-echelon	<i>RFID Technology Investment Evaluation Model For The Stochastic Joint Replenishment And Delivery Problem</i>	Cui, Wang e Deng (2014)	Investimentos em RFID no JRD Estocástico
<i>A Multi-Item Supply Chain With Credit Periods And Weight Freight Cost Discounts</i>	Tsao e Sheen (2012)	Multi-echelon	<i>The Can-Order Policy for One-Warehouse N-Retailer Inventory System: A Heuristic Approach</i>	Pukcarnon, Chaovalitwongse e Phumchusri (2014)	Single-Warehouse Multi-Retailer com a Política Can-Order
<i>An Effective And Efficient Differential Evolution Algorithm For The Integrated Stochastic Joint Replenishment And Delivery Model</i>	Wang et al. (2012)	Joint Replenishment Problem and Delivery - JRD	<i>A Contrastive Study Of The Stochastic Location-Inventory Problem With Joint Replenishment And Independent Replenishment</i>	Qu, Wang e Liu (2015)	Analisa um problema de localização considerando reposição conjunta e reposição independente.
<i>Coalition Formation And Cost Allocation For Joint Replenishment Systems</i>	Elomri et al. (2012)	Single-Warehouse Multi-Retailer	<i>A Decomposition-Based Heuristic For The Multiple-Product Inventory-Routing Problem</i>	Cordeau (2015)	Problema de roteirização de veículos com múltiplos produtos e multi-period
<i>Computing Near-Optimal Policies In Generalized Joint Replenishment</i>	Adelman e Klabjan (2012)	Propõe uma aproximação para o JRP Generalizado - revisão contínua de itens e roteamento.	<i>A multi-item constrained EOQ calculation algorithm with exit condition: a comparative analysis</i>	Miranda et al. (2015)	Faz um melhoramento do método proposto por Iannone (2010)
<i>Inventory Model Of Deteriorating Items With Two-Warehouse And Stock Dependent Demand Using Genetic Algorithm In Fuzzy Environment</i>	Yadav, Singh e Kumari (2012)	Modelo para itens em deterioração e dois armazéns	<i>A Multi-Item Periodic Replenishment Policy With Full Truckloads</i>	Miranda et al. (2015)	Política de Reposição, definição de limites inferiores e abordagem de transportes

Quadro 10 - Modelos com *JRP* em Abordagem Complementar (Conclusão)

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Contexto de Aplicação</b>
<i>Optimizing Replenishment Policies Using Genetic Algorithm For Single-Warehouse Multi-Retailer System</i>	Yang, Chan e Kumar (2012)	<i>Single-Warehouse Multi-Retailer</i>
<i>Approximation Algorithms For Inventory Problems With Submodular Or Routing Costs</i>	Nagarajan e Shi (2015)	Realiza uma aproximação para o <i>JRP</i> com problema de roteirização

Fonte: Autores (2015).

Outro problema também encontrado foi o “*Cost Allocation Problem*” (CAP) ou “Problema de Alocação de Custos”, representados por Anily e Haviv (2007), Zhang (2008), Dror, Hartman e Chang (2012). Este contexto reflete a decisão de onde alocar custos em um sistema de reposição de estoques, considerando um contexto de *SWMR*, no qual deve-se estabelecer um balanceamento de custos entre vendedores/varejistas, transportadores, ou terceirizados que participam do processo de reposição.

Além disso, foi também presente o denominado “*Joint Replenishment and Delivery*” ou “JRD”, uma abordagem de *JRP* mais voltada para a situação de entrega dos produtos considerados, como em Wang *et al.* (2012) e Zeng *et al.* (2014). Para estes modelos, tem-se um foco maior na tarefa de transportar e até roteirizar o destino dos produtos. Entretanto, a abordagem mais focada na questão das entregas trouxe o seu escopo para um viés mais complementar, apesar de ser considerado uma extensão do *JRP*. As considerações acerca dos transportes também são importantes para a adequação do modelo de estoques ao contexto prático, visto que, por exemplo, em algumas situações, um fornecedor abrange ou necessita tratar da entrega de seu produto para que possa garantir a confiabilidade de seu serviço ao seu comprador.

Em pequena escala, mas também interessante de ser abordado, foi a presença do contexto *Single-Period* no ambiente multiproduto. Este problema, considerado em Lu e Qi (2011) e Taleizadeh, Barzinpour e Wee (2011), declara que existe um período específico delimitado por um horizonte de planejamento ou por um ciclo de vida de um produto (principalmente produtos perecíveis), no qual há a realização pedidos de reposição destes itens no início do período. Taleizadeh, Barzinpour e Wee (2011) exemplificam este problema com as situações em que há um período limitado relacionado a certo produto, como a reserva de um quarto de hotel.

A importância destes modelos também se dá por abranger uma situação em que o tempo é uma restrição importante para o processo de reposição, o que pode abranger a reposição de produtos básicos de alimentação, por exemplo, e garantir uma nova aplicação do JRP inclusive para a extensão à premissa *Multi-Period*, conforme verificado em Cordeau (2015), no qual os produtos podem ser repostos em diferentes períodos dentro do mesmo intervalo definido. Logo, verificou-se que estes vieses dos estudos do JRP apresentam lacunas, o que pode ser explorado por novos interessados.

As demais abordagens complementares envolveram problemas com contextos pontuais o que expressa novamente uma maior variabilidade de problemas e soluções, o que incorpora o corpo de estudo do *JRP*, juntamente com modelos mais generalizados e abrangentes. Dessa forma, foi importante verificar que estas abordagens que incluem o JRP já demonstraram o atual nivelamento dos estudos do ambiente multiproduto em sistemas de estoques, que pode servir de referência para novos desenvolvimentos.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pelo estudo da gestão dos estoques, de forma a resolver um tipo específico e cotidiano do gerenciamento de estoques pelas empresas, o *Joint Replenishment Problem* (JRP) apresenta soluções para reposição de múltiplos itens dentro de um mesmo carregamento (vindo de um único fornecedor). Neste contexto, foi possível verificar que a importância da solução do JRP se dá, principalmente, pelos benefícios em custos de estoques ao se considerar itens diferentes sendo repostos em uma mesma ordem.

A técnica de Revisão Sistemática apresentou uma forma relativamente simples de coletar os diferentes modelos, através de um Protocolo o qual estabeleceu um padrão para pesquisar e selecionar apenas as publicações realmente importantes. Essas diretrizes facilitaram a rápida busca dos artigos, e das informações específicas requisitadas para o mapeamento, de forma a reduzir a subjetividade e garantir a qualidade da análise das revisões bibliográficas.

Com isso, este estudo teve como principal contribuição o mapeamento de soluções para o Problema de Reposição Conjunta, de forma a gerar um repositório de informações sobre as principais publicações adquiridas, entre as desenvolvidas no

período de 2006 e 2015. Estes dados puderam descrever que a evolução do estudo do JRP trouxe um total de 245 artigos, o que é uma quantidade considerável de contribuições ao problema desde o período revisado por Khouja e Goyal (2008). Entretanto, apesar do restrito acesso ao texto completo de alguns artigos, os 139 artigos disponíveis mostraram que o contexto de aplicação dos modelos continua altamente variado, o que beneficia a abrangência do ambiente multiproduto.

Para todos os tipos de demanda, os modelos que utilizaram a heurística como método de desenvolvimento foram mais presentes, e tiveram como motivo a proposta de maior simplicidade e, com isso, rapidez na solução do problema. Além disso, as heurísticas apresentadas, inclusive em algoritmos híbridos, garantiram respostas aproximadas com erros mínimos em termos de custos. A afirmação de que o uso de heurísticas é mais prático, e garante uma solução com qualidade, em detrimento de um tempo de processamento relativamente alto é recorrente entre as propostas, o que mostra uma preocupação da atual literatura em garantir modelos mais práticos, conforme sugerido por Khouja e Goyal (2008).

Além disso, alguns contextos de aplicação cujo foco no JRP é indireto demonstraram que a abordagem multiproduto atualmente é extensa e mais geral, com o enfoque não apenas na reposição de uma fábrica, por exemplo, mas dentro de uma cadeia de suprimentos. Problemas que englobam o ambiente multicamada se apresentaram em maior número, sobretudo a abordagem de duas camadas, com o problema *Single-Warehouse Multi-Retailer*.

Adita-se que outra contribuição deste estudo conferiu a criação de um Protocolo de Revisão para o JRP, juntamente com um repositório de artigos a respeito do tema. Estas mesmas diretrizes poderão ser replicadas continuamente, e a alimentação do banco de dados garantirá um repositório de informações e análises a respeito do problema. Dessa forma, partes interessadas no estudo do JRP podem dar continuidade à revisão para os próximos anos com o objetivo de manter atualizada as perspectivas acerca do problema. Além disso, o modelo de Protocolo de Revisão pode ser modificado para outros problemas de estoques, tendo maior abrangência de utilização.

Notou-se uma lacuna em publicações nacionais, levando em consideração que nenhum artigo encontrado na revisão compreendeu estudos de âmbito como o supracitado. Percebeu-se também que um único artigo publicado em um congresso

nacional no período estudado não tinha como autor um brasileiro, o que gera mais um motivo como forma de encorajar o estudo de JRP no Brasil. O estudo em questão visou elucidar para a comunidade científica brasileira a possibilidade de pesquisa na área para futuros trabalhos, buscando assumir uma contribuição que serve como guia para a exploração de uma área tão promissora no resto do mundo.

Buscou-se realizar uma revisão do problema de reposição conjunta, mostrando a evolução do estudo no período proposto, e definir qual a proporção e tendência do estudo do JRP. Portanto, como forma de proposição para trabalhos futuros, tem-se:

- Como forma de enriquecer o estudo, buscar acesso aos artigos que não tiveram seus textos disponibilizados para leitura na íntegra na universidade em que este estudo se realizou;
- Aplicar um Protocolo de Revisão adaptado para buscar conhecimentos mais específicos àqueles modelos nos quais o JRP foi apresentado de forma complementar, de modo a aumentar a abrangência dos estudos sobre o problema;
- Realizar novas pesquisas relacionadas às lacunas identificadas nesta revisão, de forma a estimular e continuar os estudos do problema, assim como realizar a proposição de novos modelos para o JRP ainda considerando como premissa a aplicação prática do problema, mesmo que haja soluções aproximadas;
- Dar continuidade à revisão apresentada, de forma a atualizar o repositório de publicações acerca do JRP e garantir informações mais recentes acerca dos modelos de solução disponíveis e seus contextos de aplicação.

## REFERÊNCIAS

- ABDUL-JALBAR, Beatriz *et al.* A new heuristic to solve the one-warehouse N-retailer problem. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.265-272, fev. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cor.2009.04.012. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305054809001270?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- ADELMAN, Daniel; KLABJAN, Diego. Computing Near-Optimal Policies in Generalized Joint Replenishment. **Inform Journal On Computing**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.148-164, fev. 2012. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/ijoc.1100.0433.
- AMAYA, Ciro Alberto; CARVAJAL, Jimmy; CASTAÑO, Fabian. A heuristic framework based on linear programming to solve the constrained joint replenishment problem (C-JRP). **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 144, n. 1, p.243-247, jul. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.02.008. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527313000753?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- ANILY, Shoshana; HAVIV, Moshe. The Cost Allocation Problem for the First Order Interaction Joint Replenishment Model. **Operations Research**, [s.l.], v. 55, n. 2, p.292-302, abr. 2007. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/opre.1060.0346.
- ARKIN, Esther; JONEJA, Dev; ROUNDY, Robin. Computational Complexity of Uncapacitated Multi-echelon Production Planning Problems. **Operation Research Letters**, [S. l.], v. 8, n. 2, p.61-66, Apr. 1989
- ATKINS, Derek R.; IYOGUN, Paul O. Periodic Versus “Can-Order” Policies for Coordinated Multi-Item Inventory Systems. **Management Science**, [s. l.], v. 34, n. 6, p.791-796, jun. 1988. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).
- AXSÄTER, Sven. **Inventory Control**. 2. ed. New York City: Springer, 2006. 334 p.
- BALINTFY, Joseph L. On a Basic Class of Multi-Item Inventory Problems. **Management Science**, [s. l.], v. 10, n. 2, p.287-297, jan. 1964. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física**. São Paulo: Atlas, 2010.
- BAYINDIR, Z. P.; BIRBIL, Ş.İ.; FRENK, J. B. G. The joint replenishment problem with variable production costs. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 175, n. 1, p.622-640, nov. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.06.005. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S037722170500500X?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.
- BAYLEY, Tiffany A.; BOOKBINDER, James H. The Dynamic Family Assignment Heuristic. **Ifac-papersonline**, [s.l.], v. 48, n. 3, p.1161-1166, 2015. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.241. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S2405896315004802?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

BEN-DAYA, Mohamed; HARIGA, Moncer. Comparative Study of Heuristics for the Joint Replenishment Problem. **Omega**, [S. l.], v. 23, n. 3, p.341-344, June 1995.

BEN-DAYA, Mohammed; AS'AD, Rami; SELIAMAN, Mohammed. An integrated production inventory model with raw material replenishment considerations in a three layer supply chain. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 143, n. 1, p.53-61, maio 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.10.024. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527310004172?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BIENKOWSKI, Marcin. Approximation Algorithms for the Joint Replenishment Problem with Deadlines. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON AUTOMATA, LANGUAGES AND PROGRAMMING, 40, 2013, Riga. **Proceedings...** Riga: Icalp, 2013. p. 135 - 147.

BIENKOWSKI, Marcin *et al.* Better Approximation Bounds for the Joint Replenishment Problem. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON DISCRETE ALGORITHMS, 25, 2014, Portland. **Proceedings.....** Portland: Acm-siam, 2014. p. 42 - 54. PROCEEDINGS OF THE TWENTY-FIFTH ANNUAL ACM-SIAM SYMPOSIUM ON DISCRETE ALGORITHMS, 25, 2014, [s.i]. **Better Approximation Bounds for the Joint Replenishment Problem.** [s.i]: [s.i], 2014. 13 p.

BOCTOR, Fayez F; LAPORTE, G; RENAUD, Jacques. Models and Algorithms for the Dynamic-Demand Joint Replenishment Problem. **International Journal Of Production Research**, [S. l.], v. 42, n. 13, p.2667-2678, July 2004.

BUCHBINDER, Niv *et al.* Online Make-to-Order Joint Replenishment Model: Primal-Dual Competitive Algorithms. **Operations Research**, [s.l.], v. 61, n. 4, p.1014-1029, ago. 2013. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/opre.2013.1188.

BÜYÜKKARAMIKLI, Nasuh C.; GÜRLER, Ülkü; ALP, Osman. Coordinated Logistics: Joint Replenishment with Capacitated Transportation for a Supply Chain. **Production And Operations Management**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.110-126, 13 jun. 2013. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1111/poms.12041. Disponível em: <<http://api.wiley.com/onlinelibrary/tdm/v1/articles/10.1111/poms.12041>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

CHA, B.C.; MOON, I.K.; PARK, J. H. The joint replenishment and delivery scheduling of the one-warehouse, n-retailer system. **Transportation Research Part e: Logistics and Transportation Review**, [s.l.], v. 44, n. 5, p.720-730, set. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.tre.2007.05.010. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1366554507000592?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

CHEN, Jen-ming; CHEN, Tsung-hui. The profit-maximization model for a multi-item distribution channel. **Transportation Research Part e: Logistics and Transportation Review**, [s.l.], v. 43, n. 4, p.338-354, jul. 2007. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.tre.2005.12.001. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1366554506000123?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Supply Chain Management**. 2. ed. New Jersey: Pearson-prentice Hall, 2003. 567 p.

COELHO, Leandro C.; LAPORTE, Gilbert. Optimal joint replenishment, delivery and inventory management policies for perishable products. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 47, p.42-52, jul. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cor.2014.01.013. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305054814000264?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

COLICCHIA, Claudia; STROZZI, Fernanda. Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. **Supply Chain Management: An International Journal**, [s.l.], v. 17, n. 4, p.403-418, 15 jun. 2012. Emerald.

CORDEAU, Jean-françois *et al.* A decomposition-based heuristic for the multiple-product inventory-routing problem. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 55, p.153-166, mar. 2015. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cor.2014.06.007. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305054814001658?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CORRÊA, Henrique Luiz; CORRÊA, Carlos Alberto. **Administração da Produção e Operações: Manufatura e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2004. 690 p.

CUI, Ligang; WANG, Lin; DENG, Jie. RFID technology investment evaluation model for the stochastic joint replenishment and delivery problem. **Expert Systems With Applications**, [s.l.], v. 41, n. 4, p.1792-1805, mar. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.08.078. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0957417413006994?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

DANCE, Christopher R.; ZOETER, Onno R.; LEE, Haengju. Simple Policies for Joint Replenishment Can Perform Badly. In: INTERNATIONAL MULTICONFERENCE OF ENGINEERINGS AND COMPUTER SCIENTISTS, 2., 2012, Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong: Imecs, 2012. p. 1 - 1. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL MULTICONFERENCE OS ENGINEERS AND COMPUTER SCIENTISTS, 2, 2012, Hong Kong. **Simple Policies for Joint Replenishment Can Perform Badly**. [s.i]: [s.i], 2012. 6 p.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

DROR, Moshe; HARTMAN, Bruce C.; CHANG, Wei. The cost allocation issue in joint replenishment. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 135, n. 1, p.242-254, jan. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.07.015. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527311003161?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

DURÁN, Orlando; PÉREZ, Luis. Solution of the Spare Parts Joint Replenishment Problem with Quantity Discounts Using a Discrete Particle Swarm Optimization Technique. **Studies In Informatics And Control**, [s.i], v. 22, n. 4, p.319-328, dez. 2013.

ELOMRI, Adel *et al.* Coalition Formation and Cost Allocation for Joint Replenishment Systems. **Production And Operations Management**, [s.l.], v. 21, n. 6, p.1015-1027, 4 abr. 2012. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1111/j.1937-5956.2012.01333.x. Disponível em: <<http://api.wiley.com/onlinelibrary/tdm/v1/articles/10.1111/j.1937-5956.2012.01333.x>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ENYAN, Amit; KROPP, Dean H.. Periodic review and joint replenishment in stochastic demand environments. **lie Transactions**, [s. L.], v. 30, n. 11, p.1025-1033, 1998. Springer Science + Business Media

EYNAN, Amit; KROPP, Dean H.. Effective and simple EOQ-like solutions for stochastic demand periodic review systems. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 180, n. 3, p.1135-1143, ago. 2007. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2006.05.015. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221706003778?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

FEDERGRUEN, A.; GROENEVELT, H.; TIJMS, H. C.. Coordinated Replenishments in a Multi-Item Inventory System with Compound Poisson Demands. **Management Science**, [s. L.], v. 30, n. 3, p.344-357, mar. 1984. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).

FENG, Haolin *et al.* Replenishment Policies for Multi-Product Stochastic Inventory Systems with Correlated Demand and Joint-Replenishment Costs. **Production And Operations Management**, [s.l.], v. 24, n. 4, p.647-664, 5 nov. 2014. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1111/poms.12290. Disponível em: <<http://api.wiley.com/onlinelibrary/tdm/v1/articles/10.1111/poms.12290>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

FERNANDES, Milton Guilherme Forestieri. **Simulação de Estratégias de Reposição de Estoques em uma Cadeia de Suprimentos com dois Estágios**. 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FIESTRAS-JANEIRO, M. G. *et al.* Cooperative game theory and inventory management. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 210, n. 3, p.459-466, maio 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2010.06.025. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221710004558?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

FREIRE, Gilberto. **Estudo Comparativo de Modelos de Estoques num Ambiente com Previsibilidade Variável de Demanda**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FUNG, Richard Y. K; MA, X. A New Method for Joint Replenishment Problems. **Journal of The Operational Research Society**, [S. I.], v. 52, n. 3, p.358-362, Feb. 2001.

GANESHAN, Ram. Managing Supply Chain Inventories: A Mutiple Retailer, One Warehouse, Mutiplier Supplier Model. **International Journal Of Production Economics**, Amsterdam, n. 59, p.341-354, 1999.

GAO, Li-lian; ALTAY, Nezh; ROBINSON, E. Powell. A comparative study of modeling and solution approaches for the coordinated lot-size problem with dynamic demand. **Mathematical And Computer Modelling**, [s.l.], v. 47, n. 11-12, p.1254- 1263, jun. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.mcm.2007.02.035. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0895717707002567?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GLOBAL BUSINESS AND TECHNOLOGY ASSOCIATION, 15., 2013, Helsinki. **A Joint Replenishment Model Under Transportation Batch and Quantity Discounts**. Helsinki: [s.i], 2013. 7 p. Disponível em: <<http://gbata.org/wp->

content/uploads/2013/06/GBATA\_2013\_Readings\_Book.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2015.

GLOCK, Christoph H.. The joint economic lot size problem: A review. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 135, n. 2, p.671-686, fev. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.10.026. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527311004567?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

GOHR, Claudia Fabiana *et al.* Um Método para Revisão Sistemática da Literatura em Pesquisas de Engenharia de Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. **Anais** Salvador: ABEPRO, 2013.

GOYAL, Suresh K. Determination of Optimum Packaging Frequency for Items Jointly Replenished. **Management Science**, USA, v. 21, n. 4, p.436-443, Oct. 1973.

GOYAL, Suresh K; DESHMUKH, S. G. A Note on “The Economic Ordering Quantity for Jointly Replenishment Items”. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 31, n. 12, p.2959-2961, Dec. 1993.

GUTIÉRREZ, J. *et al.* Effective replenishment policies for the multi-item dynamic lot-sizing problem with storage capacities. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 40, n. 12, p.2844-2851, dez. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cor.2013.06.007. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305054813001640?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

HAJJI, Adnene *et al.* Production control and replenishment strategy with multiple suppliers. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 208, n. 1, p.67-74, jan. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2010.08.010. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221710005473?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

HARIGA, Moncer. Two New Heuristic Procedures for the Joint replenishment Problem. **Journal of The Operational Research Society**, Great Britain, v. 45, n. 4, p.463-471, Apr. 1994.

HAVRENNE, Pierre Paul Drizul. **Análise e Implantação de Modelos de Reposição de Estoques em um Complexo Hospitalar**. 2008. 148 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

HE, Simai; ZHANG, Jiawei; ZHANG, Shuzhong. Polymatroid Optimization, Submodularity, and Joint Replenishment Games. **Operations Research**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.128-137, fev. 2012. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/opre.1110.1000.

HERNÁNDEZ, S.; FLORES, I.; VÁZQUEZ, J.a.. Improved Golden-Section Algorithm for the Multi-Item Replenishment Problem. **Journal Of Applied Research And Technology**, [s.i.], v. 10, n. 3, p.388-397, jun. 2012.

HO, Wen-tsung. Determining the Optimum Ordering Policy in Multi-Item Joint Replenishment Problem Using a Novel Method. **Mathematical Problems In Engineering**, [s.l.], v. 2013, p.1-9, 2013. Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2013/469794. Disponível em:

<<http://downloads.hindawi.com/journals/mpe/2013/469794.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

HO, Wen-tsung; LAI, Shu-fang; HUANG, Yun-kuei. An Optimal Mixed Batch Shipment Policy for Multiple Items in a Single-Supplier Multiple-Retailer Integrated System. **J Optim Theory Appl**, [s.l.], v. 160, n. 2, p.636-658, 22 fev. 2013. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/s10957-013-0280-1.

HOLZHEY, Klaus Dieter. **Gestão de Estoques de Peças com Múltiplos Fornecedores**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Logísticos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

HONG, Sung-pil; KIM, Yong-hyuk. A genetic algorithm for joint replenishment based on the exact inventory cost. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 36, n. 1, p.167-175, jan. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cor.2007.08.006. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305054807001487?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

HOPP, Wallace J; SPEARMAN, Mark L. **Factory Physics**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

HOQUE, M.A.. An optimal solution technique for the joint replenishment problem with storage and transport capacities and budget constraints. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 175, n. 2, p.1033-1042, dez. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.06.022. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221705005242?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

HSIAU, Hsian-jong; R.LIN, Chun-wei. An Optimal Supply Policy for Multi-product Multi-retailer Using Simulated Annealing Method. **International Journal Of Business And Management**, [s.i.], v. 4, n. 12, p.91-98, dez. 2009. Mensal.

HSU, Shu-lu. Optimal joint replenishment decisions for a central factory with multiple satellite factories. **Expert Systems With Applications**, [s.l.], v. 36, n. 2, p.2494-2502, mar. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.eswa.2008.01.069. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0957417408000717?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

HUANG, Chikong; LIOU, Syuan-hong. The Periodic Vehicle Routing Problem with the Joint Replenishment Planning under Supply Chain Environment. In: Production and Operations Management Society Annual Conference, 21, 2010, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver: POMS, 2010. p. 1 - 10.

HUANG, Shan-huen; LIN, Pei-chun. A modified ant colony optimization algorithm for multi-item inventory routing problems with demand uncertainty. **Transportation Research Part e: Logistics and Transportation Review**, [s.l.], v. 46, n. 5, p.598-611, set. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.tre.2010.01.006. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1366554510000177?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

HUANG, Shuo; CHEN, Jian. Analytical Study of Multi-Item Joint Replenishment Problem. **Systems Engineering - Theory & Practice**, [s.i.], v. 27, n. 12, p.90-95, dez. 2007. Mensal.

I.K.MOON; B.C.CHA; S.K.KIM. Offsetting Inventory Cycles using Mixed Integer Programming and Genetic Algorithm. **International Journal of Industrial Engineering**, [s.l.], v. 15, n. 3, p.245-256, 2008.

JOHANSEN, S G; MELCHIORS, P. Can-order policy for the periodic-review joint replenishment problem. **Journal Of The Operational Research Society**, [s. L.], v. 54, n. 3, p.283-290, mar. 2003. Nature Publishing Group.

JUNG, Jaeheon; MATHUR, Kamlesh. An Efficient Heuristic Algorithm for a Two-Echelon Joint Inventory and Routing Problem. **Transportation Science**, [s.l.], v. 41, n. 1, p.55-73, fev. 2007. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/trsc.1060.0160.

KANG, He-yau; LEE, Amy H. I.; LIN, Ching Hua. An Integrated Replenishment Model for Transportation and Quantity Discounts Problem. In: EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH CONFERENCE ON GLOBAL BUSINESS, ECONOMICS, FINANCE AND BANKING, 2, 2015, Zurique. **Proceedings.....** Zurique: Ear15swiss Conference), 2015. p. 1 - 7. PROCEEDINGS OF THE SECOND EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH CONFERENCE ON GLOBAL BUSINESS, ECONOMICS, FINANCE AND BANKING, 2, 2015, Zurich. **An Integrated Replenishment Model for Transportation and Quantity Discounts Problem**. Zurich: [s.i], 2015. 7 p.

KARALLI, S.M.; FLOWERS, A. D. The *JRP* with Multiple Replenishment Sources and Fill Rates. **California Journal Of Operations Management**, [s.i], v. 9, n. 2, p.1-19, set. 2011.

KASPI, Moshe; ROSENBLATT, Meir J. On The Economic Ordering Quantity for Jointly Replenished Items. **International Journal Of Production Research**, [S. I.], v. 29, n. 1, p.107-114, Jan. 1991.

KAYIŞ, Enis; BILGIÇ, Taner; KARABULUT, Deniz. A note on the can-order policy for the two-item stochastic joint-replenishment problem. **lie Transactions**, [s.l.], v. 40, n. 1, p.84-92, jan. 2008. Informa UK Limited. DOI: 10.1080/07408170701246740.

KHOUJA, Moutaz; GOYAL, Suresh K. A Review of the Joint Replenishment Problem Literature: 1989-2005. **European Journal of Operational Research**, [S. I.], v. 186, n. 1, p.1-16, Apr. 2008.

KHOUJA, Moutaz; MICHALEWICZ, Zbigniew; SATOSKAR, Sandeep P. A Comparison Between Genetic Algorithms and the *RAND* Method for Solving the Joint Replenishment Problem. **Production Planning & Control: The Management Of Operations**, [S. I.], v. 11, n. 6, p.556-564, 2000.

KIESMÜLLER, G. P. A multi-item periodic replenishment policy with full truckloads. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 118, n. 1, p.275-281, mar. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.08.024. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527308002740?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

KIESMÜLLER, G. P. Multi-item inventory control with full truckloads: A comparison of aggregate and individual order triggering. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 200, n. 1, p.54-62, jan. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2008.12.008. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221708010436?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

KÖRPEOĞLU, Evren; ŞEN, Alper; GÜLER, Kemal. Non-cooperative joint replenishment under asymmetric information. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 227, n. 3, p.434-443, jun. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.01.004. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221713000131?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

LARSEN, Christian. The Q(s,S) control policy for the joint replenishment problem extended to the case of correlation among item-demands. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 118, n. 1, p.292-297, mar. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.08.025. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527308002764?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

LARSEN, Christian; TURKENSTEEN, Marcel. A vendor managed inventory model using continuous approximations for route length estimates and Markov chain modeling for cost estimates. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 157, p.120-132, nov. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.08.001. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S092552731400259X?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

LEE, Fang-chuan; YAO, Ming-jong. A Global Optimum Search Algorithm for the Joint Replenishment Problem under power-of-two policy. **Computers & Operations Research**, [S. l.], v. 30, n. 9, p.1319-1333, Aug. 2003.

LEE, Loo Hay; CHEW, Ek Peng. A dynamic joint replenishment policy with auto-correlated demand. **European Journal Of Operational Research**, [s. l.], v. 165, n. 3, p.729-747, set. 2005. Elsevier BV.

LEVI, Retsef; ROUNDY, Robin O.; SHMOYS, David B.. Primal-Dual Algorithms for Deterministic Inventory Problems. **Mathematics Of Operations Research**, [s.l.], v. 31, n. 2, p.267-284, maio 2006. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/moor.1050.0178.

LI, Chengyan *et al.* Differential Evolution Algorithm for Constraint Joint Replenishment Problem with Indirect Grouping Strategy. **Ijhit**, [s.l.], v. 8, n. 5, p.259-266, 31 maio 2015. Science and Engineering Research Support Society. DOI: 10.14257/ijhit.2015.8.5.28.

LI, Chengyan; XU, Xiaofei; ZHAN, Dechen. Solving Joint Replenishment Problem With Deteriorating Items Using Genetic Algorithm. **Journal Of Advanced Manufacturing Systems**, [s.i.], v. 8, n. 1, p.47-56, 2009.

LIANG, Zhijie; ZHAO, Fang; CAO, Mozhen. Algorithm of Deterministic Joint Replenishment Problem. **Logistics**, [s.l.], p.2835-2843, 5 jan. 2009. American Society of Civil Engineers (ASCE). DOI: 10.1061/40996(330)419.

LIN, Chun-wei R.; HSIAU, Hsian-jong. Using an Efficient New Gene for Genetic Algorithm to Solve the Multi-buyer Joint Replenishment Problem. **Contemporary Management Research**, [s.i.], v. 7, n. 4, p.313-328, dez. 2011.

LOVE, S. F. **Inventory Control**. New York: McGraw-Hill, 1979.

LU, Liang; QI, Xiangtong. Dynamic lot sizing for multiple products with a new joint replenishment model. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 212, n.

1, p.74-80, jul. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2011.01.031. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221711000853?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008

MAITI, Manas Kumar. *Fuzzy inventory model with two warehouses under possibility measure on Fuzzy goal*. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 188, n. 3, p.746-774, ago. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2007.04.046. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221707004663?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

MARTIM, Marcus Vinicius. **Balanceamento de Estoques Através de Sistema de Reposição**. 2010. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2010.

MARTINS, Petrônio G; ALT, Paulo R. C.. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

MASACHE, A. A Two-Product Inventory Model with a Joint Ordering Policy. **Advances in Decision Sciences**, [s.l.], v. 2013, p.1-5, 2013. Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2013/595074. Disponível em: <<http://downloads.hindawi.com/journals/ads/2013/595074.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

MELCHIORS, Philip. Calculating can-order policies for the joint replenishment problem by the compensation approach. **European Journal Of Operational Research**, [s. L.], v. 141, n. 3, p.587-595, set. 2002. Elsevier BV.

MINNER, Stefan. A comparison of simple heuristics for multi-product dynamic demand lot sizing with limited warehouse capacity. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 118, n. 1, p.305-310, mar. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.08.034. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527308002788?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

MINNER, Stefan; SILVER, Edward A. Multi-product batch replenishment strategies under stochastic demand and a joint capacity constraint. **IIE Transactions**, [s. L.], v. 37, n. 5, p.469-479, 23 mar. 2005. Informa UK Limited

MINNER, Stefan; SILVER, Edward A. Replenishment policies for multiple products with compound-Poisson demand that share a common warehouse. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 108, n. 1-2, p.388-398, jul. 2007. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.12.028. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527306003422?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

MIRANDA, S. *et al.* Experimental Analysis of the Applicability of a Multi-Item Constrained EOQ Calculation Algorithm. In: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2014, Bali. **Proceedings...** Bali: IEOM, 2014.

MIRANDA, Salvatore *et al.* A multi-item constrained EOQ calculation algorithm with exit condition: a comparative analysis. **IFAC-PAPERSONLINE**, [s.l.], v. 48, n. 3,

p.1314-1319, 2015. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.267. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S2405896315005066?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

MISSAWA, Vanessa Marie. **Estudo de Modelos de Reposição de Estoque para uma Distribuidora de Produtos Importados**. 2013. 133 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MOON, I. K.; CHA, B. C. The joint replenishment problem with resource restriction. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 173, n. 1, p.190-198, ago. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2004.11.020. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S037722170500007X?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

MOON, I. K.; CHA, B. C.; LEE, C. U. The joint replenishment and freight consolidation of a warehouse in a supply chain. **International Journal of Production Economics**, [s.l.], v. 133, n. 1, p.344-350, set. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2009.10.030. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527310000332?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

NADDOR, E. **Inventory Management**. New York: Wiley, 1966.

NAGARAJAN, Viswanath; SHI, Cong. Approximation Algorithms for Inventory Problems with Submodular or Routing Costs. **Computer Research Repository**, [s.i.], p.1-15, 2015.

NAGASAWA, Keisuke *et al.* Applying Genetic Algorithm for Can-Order Policies in the Joint Replenishment Problem. **Industrial Engineering and Management Systems**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.1-10, 30 mar. 2015. Korean Institute of Industrial Engineers. DOI: 10.7232/iems.2015.14.1.001.

NAGASAWA, Keisuke *et al.* Joint Replenishment Problem in Multi-Item Inventory Control with Carrier Capacity and Receiving Inspection Cost. **Operations And Supply Chain Management**, [s.i.], v. 6, n. 3, p.111-116, 2013.

NARAYANAN, Arunachalam; ROBINSON, Powell. Efficient and effective heuristics for the coordinated capacitated lot-size problem. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 203, n. 3, p.583-592, jun. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2009.08.015. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221709005591?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

NARAYANAN, Arunachalam; ROBINSON, Powell. Evaluation of joint replenishment lot-sizing procedures in rolling horizon planning systems. **International Journal of Production Economics**, [s.l.], v. 127, n. 1, p.85-94, set. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.04.038. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527310001714?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

NIELSEN, Christina; LARSEN, Christian. An analytical study of the Q(s,S) policy applied to the joint replenishment problem. **European Journal of Operational Research**, [s. L.], v. 163, n. 3, p.721-732, jun. 2005. Elsevier BV.

NILSSON, Andreas; SEGERSTEDT, Anders; SLUIS, Erik van Der. A new iterative heuristic to solve the joint replenishment problem using a spreadsheet

technique. **International Journal of Production Economics**, [s.l.], v. 108, n. 1-2, p.399-405, jul. 2007. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.12.022. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527306003331?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

NONNER, Tim; SOUZA, Alexander. Approximating The Joint Replenishment Problem With Deadlines. **Discrete Mathematics, Algorithms and Applications**, [s.i.], v. 1, n. 2, p.153-173, 2009.

NONNER, Tim; SVIRIDENKO, Maxim. An Efficient Polynomial-Time Approximation Scheme for the Joint Replenishment Problem. In: International Conference on Integer Programming and Combinatorial Optimization, 16, 2013, Valparaíso. **Proceedings...** Valparaiso: IPCO, 2013. p. 314 - 323.

NUNES, Denilson Ricardo de Lucena. **Gestão de Suprimentos no Varejo: Sistemas de Reposição de Estoques em Duas Camadas e Análise de Esquemas de Monitoramento da Previsão de Demanda**. 2014. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

OLSEN, Anne L. An Evolutionary Algorithm to Solve the Joint Replenishment Problem using Direct Grouping. **Computers & Industrial Engineering**, [S. l.], v. 46, n. 2, p.223-235, Mar. 2005.

OLSEN, Anne L.. Inventory replenishment with interdependent ordering costs: An evolutionary algorithm solution. **International Journal of Production Economics**, [s.l.], v. 113, n. 1, p.359-369, maio 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2007.09.004. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527307002940?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ORLANDO; DURÁN. Comparing two metaheuristics for the Joint Replenishment Problem with Quantity Discounts. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 34, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Cnmac, 2012. p. 994 - 998.

ÖZKAYA, Banu Yüksel; GÜRLER, Ülkü; BERK, Emre. The stochastic joint replenishment problem: A new policy, analysis, and insights. **Naval Research Logistics**, [s.l.], v. 53, n. 6, p.525-546, 2006. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/nav.20147. Disponível em: <<http://api.wiley.com/onlinelibrary/tdm/v1/articles/10.1002/nav.20147>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

PANTUMSINCHAI, Pricha. A Comparison of Three Joint Ordering Inventory Policies. **Decision Sciences**, [s. L.], v. 23, n. 1, p.111-127, jan. 1992. Wiley-Blackwell.

PASCOAL, Janaína Araújo. **Gestão Estratégica de Recursos Materiais: Controle de Estoque e Armazenagem**. 2008. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Centro Universitário de João Pessoa, João Pessoa, 2008.

PAUL, S.; WAHAB, M.i.m.; ONGKUNARUK, P. Joint replenishment with imperfect items and price discount. **Computers & Industrial Engineering**, [s.l.], v. 74, p.179-185, ago. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cie.2014.05.015. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0360835214001685?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

PEREIRA, Carlos Eduardo. **A Administração de Materiais na Cicle DellaGiustina: Descrição, Análise e Propostas**. 2007. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PORRAS, Eric; DEKKER, Rommert. A solution method for the joint replenishment problem with correction factor. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 113, n. 2, p.834-851, jun. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2007.11.008. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527307003386?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

PORRAS, Eric; DEKKER, Rommert. An efficient optimal solution method for the joint replenishment problem with minimum order quantities. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 174, n. 3, p.1595-1615, nov. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.02.056. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221705002699?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

POURAKBAR, Morteza; FARAHANI, Reza Zanjirani; ASGARI, Nasrin. A joint economic lot-size model for an integrated supply network using genetic algorithm. **Applied Mathematics And Computation**, [s.l.], v. 189, n. 1, p.583-596, jun. 2007. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.amc.2006.11.116. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0096300306016328?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

POZO, Hamilton. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais: Uma Abordagem Logística**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PRAHARSI, Yugowati; NATALIANI, Yessica; WEE, Hui-ming. An Innovative Heuristic in Multi-Item Replenishment Problem for One Warehouse and N Retailers. **Jti**, [s.l.], v. 16, n. 1, p.1-8, 1 maio 2014. Petra Christian University. DOI: 10.9744/jti.16.1.1-8.

PRAHARSI, Yugowati; PURNOMO, Hindriyanto Dwi; WEE, Hui-ming. AN INNOVATIVE HEURISTIC FOR JOINT REPLENISHMENT PROBLEM WITH DETERMINISTIC AND STOCHASTIC DEMAND. **International Journal Of Electronic Business Management**, [s.i.], v. 8, n. 3, p.223-230, 2010.

PUKCARNON, Varaporn; CHAOVALITWONGSE, Paveena; PHUMCHUSRI, Naragain. The Can-Order Policy for One-Warehouse N-Retailer Inventory System: A Heuristic Approach. **Engineering Journal**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.53-72, 16 out. 2014. Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. DOI: 10.4186/ej.2014.18.4.53.

QINGLONG, Gou *et al.* A MODIFIED JOINT INVENTORY POLICY FOR VMI SYSTEMS. **International Journal Of Information Technology & Decision Making**, [s.i.], v. 2, n. 7, p.225-240, 2008.

QU, Hui; WANG, Lin; LIU, Rui. A Contrastive Study Of The Stochastic Location-Inventory Problem With Joint Replenishment And Independent Replenishment. **Expert Systems With Applications**, [s.l.], v. 42, n. 4, p.2061-2072, mar. 2015. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.10.017. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S095741741400640X?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

QU, Hui; WANG, Lin; ZENG, Yu-rong. Modeling and optimization for the joint replenishment and delivery problem with heterogeneous items. **Knowledge-based Systems**, [s.l.], v. 54, p.207-215, dez. 2013. Elsevier BV. DOI:

10.1016/j.knosys.2013.09.013. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0950705113002918?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 17 nov. 2015.

QU, Wendy W.; BOOKBINDER, James H.; IYOGUN, Paul. An Integrated Inventory-Transportation System With Modified Periodic Policy For Multiple Products. **European Journal Of Operational Research**, [s. L.], v. 115, n. 2, p.254-269, jun. 1999. Elsevier BV.

REGO, José Roberto do. **A Lacuna entre a Teoria de Gestão de Estoques e a Prática Empresarial na Reposição de Peças em Concessionárias de Automóveis**.2006. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

REGO, José Roberto do. **Gestão de Estoques de Peças de Reposição: Simulação e Análise de Modelos com Dados Empíricos**. 2014. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RIZK, Nafee; MARTEL, Alain; RAMUDHIN, Amar. A Lagrangean relaxation algorithm for multi-item lot-sizing problems with joint piecewise linear resource costs. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 102, n. 2, p.344-357, ago. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2005.02.015. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527305000848?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ROBINSON, P; A NARAYANAN,; SAHIN, F. Coordinated deterministic dynamic demand lot-sizing problem: A review of models and algorithms☆. **Omega**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.3-15, fev. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.omega.2006.11.004. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305048306001496?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ROUSHDY, Bassem *et al.* Inventory Control for a Joint Replenishment Problem with Stochastic Demand. **World Academy Of Science, Engineering And Technology**, [s;i], v. 5, n. 1, p.775-779, 28 nov. 2011.

SALAMEH, Moueen K. *et al.* Joint replenishment model with substitution. **Applied Mathematical Modelling**, [s.l.], v. 38, n. 14, p.3662-3671, jul. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.apm.2013.12.008. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0307904X1300810X?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 17 nov. 2015.

SANA, Shib Sankar; CHEDID, Jaime Acevedo; NAVARRO, Katherine Salas. A three layer supply chain model with multiple suppliers, manufacturers and retailers for multiple items. **Applied Mathematics And Computation**, [s.l.], v. 229, p.139-150, fev. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.amc.2013.12.006. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0096300313012800?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 16 nov. 2015.

SANCAK, Emre; SALMAN, F. Sibel. Multi-item dynamic lot-sizing with delayed transportation policy. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 131, n. 2, p.595-603, jun. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.02.004. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527311000442?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

SANTORO, M. C. **Sistema de gestão de estoques de múltiplos Itens em Local único**. 2006. 109 f. Tese (Livre Docência em Gestão de Operações e Logística) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SARACOGLU, Ilkay; TOPALOGLU, Seyda; KESKINTURK, Timur. A Genetic Algorithm Approach for Multi-product Multi-period Continuous Review Inventory Models. **Expert Systems With Applications**, [s. L.], v. 41, n. 18, p. 8189-8202, dec. 2014.

SCHAEFER, Brian; KONUR, Dinçer. Joint Replenishment Problem with Carbon Emissions Constraint. In: 2014 INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING RESEARCH CONFERENCE, 2014, Montréal. **Proceedings...** Montréal: IEE Annual Conference, 2014. PROCEEDINGS OF THE 2014 INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING RESEARCH CONFERENCE, 2014, Montréal. **Joint Replenishment Problem with Carbon Emissions Constraint**. [s.i]: [s.i], 2014. 9 p.

SEGEV, Danny. An Approximate Dynamic-Programming Approach to the Joint Replenishment Problem. **Mathematics Of Operations Research**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.432-444, maio 2014. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/moor.2013.0611.

SHAPIRO, Jeremy F. **Modelling the Supply Chain**. Duxbury: Pacific Grove, 2001. 586 p.

SHU, Frank T. Economic Ordering Frequency for two Items Jointly Replenished. **Management Science**, [S. I.], v. 17, n. 6, p.406-410, Feb. 1971.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Rev. Atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, Francisco; GAO, Lucia. A Joint Replenishment Inventory-Location Model. **Networks And Spatial Economics**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.107-122, 13 maio 2012. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/s11067-012-9174-2.

SILVER, Edward A.. A Simple Method of Determining Order Quantities in Joint Replenishments Under Deterministic Demand. **Management Science**, [s. L.], v. 22, n. 12, p.1351-1361, ago. 1976. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).

SILVER, Edward A.. Establishing reorder points in the (S, c, s) coordinated control system under compound Poisson demand. **International Journal Of Production Research**, [s. L.], v. 19, n. 6, p.743-750, nov. 1981. Informa UK Limited.

SILVER, Edward S; PYKE, David F; PETERSON, Rein. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. 3. ed. New Jersey: Wiley, 1998. 784 p.

SOLYALĐ, Og` uz; SÜRAL, Haldun; DENIZEL, Meltem. The one-warehouse multiretailer problem with an order-up-to level inventory policy. **Naval Research Logistics (nrl)**, [s.l.], v. 57, n. 7, p.653-666, 27 ago. 2010. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/nav.20428. Disponível em:

<<http://api.wiley.com/onlinelibrary/tdm/v1/articles/10.1002/nav.20428>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

SOUZA, Katia Cristina Garcia Nunes de. **Modelo de Gestão de Estoques para Bens de Consumo em Supermercados**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Logísticos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STARR, Martin Kenneth; MILLER, David W. **Inventory Control: Theory and Practice**. Englewood Cliffs: Prentice-hall, 1967. 354 p.

STAUER, Gautier *et al.* A simple and fast 2-approximation algorithm for the one-warehouse multi-retailers problem. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON DISCRETE ALGORITHMS, 22., 2011, San Francisco. **Proceedings** San Francisco: Acm-siam, 2011. p. 67 - 79.

TALEIZADEH, Ata Allah *et al.* An Economic Order Quantity Under Joint Replenishment Policy To Supply Expensive Imported Raw Materials With Payment In Advance. **Journal Of Applied Sciences**, [s.i.], v. 23, n. 8, p.4263-4273, 2008.

TALEIZADEH, Ata Allah; BARZINPOUR, Farnaz; WEE, Hui-ming. Meta-heuristic algorithms for solving a *Fuzzy* single-period problem. **Mathematical And Computer Modelling**, [s.l.], v. 54, n. 5-6, p.1273-1285, set. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.mcm.2011.03.038. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0895717711001981?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

TALEIZADEH, Ata Allah; NIAKI, Seyed Taghi Akhavan; NIKOUSOKHAN, Ramin. Constraint multiproduct joint-replenishment inventory control problem using uncertain programming. **Applied Soft Computing**, [s.l.], v. 11, n. 8, p.5143-5154, dez. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.asoc.2011.05.045. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1568494611002055?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

TALEIZADEH, Ata Allah; NIKPOUR, S.; ZAREI, M. Constraint Joint-Replenishment Inventory Control Problem With Fuzzy Rough Demand. **Journal Of Applied Sciences**, [s.i.], v. 9, n. 4, p.627-638, 2009.

TALEIZADEH, Ata Allah; WEE, Hui-ming; JOLAI, Fariborz. Revisiting a *Fuzzy* rough economic order quantity model for deteriorating items considering quantity discount and prepayment. **Mathematical And Computer Modelling**, [s.l.], v. 57, n. 5-6, p.1466-1479, mar. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.mcm.2012.12.008. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0895717712003524?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

TIAN, Yu. Joint Order of Multi-item Inventory Control Model: Takes the Operation Center of D Express Enterprise as an Example. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION REFORM AND MODERN MANAGEMENT, 3, 2014, Phuket. **Proceedings...** Phuket: Ermm, 2014. p. 421 - 423.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal Of Management**, London, v. 14, n. 3, p.207-222, sep. 2003

TRANSCHEL, Sandra; MINNER, Stefan. Dynamic pricing and replenishment in the warehouse scheduling problem—A common cycle approach. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 118, n. 1, p.331-338, mar. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.08.046. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527308002818?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

TSAI, Chieh-yuan; TSAI, Chi-yang; HUANG, Po-wen. An association clustering algorithm for can-order policies in the joint replenishment problem. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 117, n. 1, p.30-41, jan. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.08.056. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527308002880?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

TSAO, Y.-C.; TENG, W.-G.. Heuristics for the joint multi-item replenishment problem under trade credits. **IMA Journal Of Management Mathematics**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.63-77, 13 mar. 2012. Oxford University Press (OUP). DOI: 10.1093/imaman/dps004.

TSAO, Yu-chung. Managing multi-echelon multi-item channels with trade allowances under credit period. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 127, n. 2, p.226-237, out. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2009.08.010. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527309002825?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

TSAO, Yu-chung; SHEEN, Gwo-ji. A multi-item supply chain with credit periods and weight freight cost discounts. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 135, n. 1, p.106-115, jan. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.11.013. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527310004421?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

TÜRKAY, Bukter; ALPTEKIN, S. Emre. Spreadsheet Heuristic for Stochastic Demand Environments to Solve the Joint Replenishment Problem. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING & COMPUTER SCIENCE, 1, 2013, London. **Proceedings...** London: International Association of Engineers, 2013. p. 506 - 511.

VAN EIJS, M. J. G. A Note on the Joint Replenishment Problem under Constant Demand. **Journal of the Operational Research Society**, [S. l.], v. 44, n. 2, p.185-191, Feb. 1993.

VERMA, Nishant Kumar; CHAKRABORTY, Abhishek; CHATTERJEE, Ashis K. Joint replenishment of multi retailer with variable replenishment cycle under VMI. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 233, n. 3, p.787-789, mar. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.10.001. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221713008023?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

VISWANATHAN, S. A New Optimal Algorithm for the Joint Replenishment Problem. **Journal of the Operational Research Society**, [S. l.], v. 47, n. 7, p.936-944, July 1996.

VISWANATHAN, S. An Algorithm for Determining the Best Lower Bound for the Stochastic Joint Replenishment Problem. **Operations Research**, [s.l.], v. 55, n. 5, p.992-996, out. 2007. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/opre.1070.0401.

VISWANATHAN, S. Note. Periodic Review (s, S) Policies for Joint Replenishment Inventory Systems. **Management Science**, [s. L.], v. 43, n. 10, p.1447-1454, out. 1997. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).

VISWANATHAN, S. On Optimal Algorithms for the Joint replenishment Problem. **Journal of The Operational Research Society**, [S. I.], v. 53, n. 11, p.1286-1290, Oct. 2002.

WANG, Lin *et al.* A novel differential evolution algorithm for joint replenishment problem under interdependence and its application. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 135, n. 1, p.190-198, jan. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.06.015. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0925527311002817?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WANG, Lin *et al.* An effective and efficient differential evolution algorithm for the integrated stochastic joint replenishment and delivery model. **Knowledge-based Systems**, [s.l.], v. 36, p.104-114, dez. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.knosys.2012.06.007. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0950705112001785?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WANG, Lin *et al.* An Effective Hybrid Self-Adapting Differential Evolution Algorithm for the Joint Replenishment and Location-Inventory Problem in a Three-Level Supply Chain. **The Scientific World Journal**, [s.l.], v. 2013, p.1-11, 2013. Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2013/270249. Disponível em: <<http://downloads.hindawi.com/journals/tswj/2013/270249.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WANG, Lin *et al.* Model and algorithm of *Fuzzy* joint replenishment problem under credibility measure on *Fuzzy* goal. **Knowledge-based Systems**, [s.l.], v. 39, p.57-66, fev. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.knosys.2012.10.002. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0950705112002717?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

WANG, Lin *et al.* Modeling and Optimization of Stochastic Joint Replenishment and Delivery Scheduling Problem with Uncertain Costs. **Discrete Dynamics In Nature And Society**, [s.l.], v. 2013, p.1-12, 2013. Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2013/657465. Disponível em: <<http://downloads.hindawi.com/journals/ddns/2013/657465.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

WANG, Lin *et al.* Modeling and Optimization of the Multiobjective Stochastic Joint Replenishment and Delivery Problem under Supply Chain Environment. **The Scientific World Journal**, [s.l.], v. 2013, p.1-11, 2013. Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2013/916057. Disponível em: <<http://downloads.hindawi.com/journals/tswj/2013/916057.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

WANG, Lin *et al.* Optimizing the Joint Replenishment and Channel Coordination Problem under Supply Chain Environment Using a Simple and Effective Differential Evolution Algorithm. **Discrete Dynamics In Nature And Society**, [s.l.], v. 2014, p.1-12, 2014. Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2014/709856. Disponível em: <<http://downloads.hindawi.com/journals/ddns/2014/709856.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

WANG, Lin; HE, Jing; ZENG, Yu-rong. A differential evolution algorithm for joint replenishment problem using direct grouping and its application. **Expert Systems**, [s.l.], v. 29, n. 5, p.429-441, 28 abr. 2011. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1111/j.1468-0394.2011.00594.x. Disponível em:

<<http://api.wiley.com/onlinelibrary/tdm/v1/articles/10.1111/j.1468-0394.2011.00594.x>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WANG, Lin; SHI, Yuanlong; LIU, Shan. An improved fruit fly optimization algorithm and its application to joint replenishment problems. **Expert Systems With Applications**, [s.l.], v. 42, n. 9, p.4310-4323, jun. 2015. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.eswa.2015.01.048. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0957417415000639?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WANG, Liu *et al.* Model and Algorithm of *Fuzzy* Joint Replenishment Problem Under Credibility Measure on *Fuzzy* Goal. **Knowledge-based Systems**, [s. l.], v. 39, p.57-66, Feb. 2013.

WANG, Sheng-pen; LEE, Wenyih. A joint economic lot-sizing model for the hospital's supplier with capacitated warehouse constraint. **Journal Of Industrial And Production Engineering**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.202-210, abr. 2013. Informa UK Limited. DOI: 10.1080/21681015.2013.805700.

WANG, Yi-chi; CHENG, Wei-ting. A sensitivity analysis of solving joint replenishment problems using the *RAND* method under inaccurate holding cost estimates and demand forecasts. **Computers & Industrial Engineering**, [s.l.], v. 55, n. 1, p.243-252, ago. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cie.2007.12.010. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0360835207002859?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WEE, Hui-ming et al. Supply chain inventory strategies using Fuzzy neural networks. IN: Joint Conference on Information Sciences. In: JOINT CONFERENCE ON INFORMATION SCIENCES, 9, 2006, Kaohsiung. **Proceedings...** Kaohsiung: Jcis, 2006.

WEE, Hui-ming; LO, Chien-chung; HSU, Ping-hui. A multi-objective joint replenishment inventory model of deteriorated items in a *Fuzzy* environment. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 197, n. 2, p.620-631, set. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2006.08.067. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221708005912?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WILDERMAN, R. e; FRENK, Hans; DEKKER, Rommert. An Efficient Optimal Solution Method for the Joint Replenishment Problem. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 99, p.433-444, 1997.

YADAV, Dharmendra; SINGH, S.r.; KUMARI, Rachna. Inventory model of deteriorating items with two-warehouse and stock dependent demand using genetic algorithm in *Fuzzy* environment. **Yugoslav Journal of Operations Research**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.51-78, 2012. National Library of Serbia. DOI: 10.2298/yjor100219005y.

YANG, W.; CHAN, Felix T.s.; KUMAR, V. Optimizing replenishment polices using Genetic Algorithm for single-warehouse multi-retailer system. **Expert Systems with Applications**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.3081-3086, fev. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.08.171. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0957417411013029?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

YAO, M; CHU, W. A genetic algorithm for determining optimal replenishment cycles to minimize maximum warehouse space requirements. **Omega**, [s.l.], v. 36, n. 4, p.619-631, ago. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.omega.2007.01.007. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305048307000771?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

YAO, Ming-jong. A Search Algorithm for Solving the Joint Replenishment Problem in a Distribution Center with Warehouse-space Restrictions. **International Journal of Operations Research**, [s.i.], v. 7, n. 2, p.45-60, 2010.

YAO, Ming-jong; CHU, Weng-ming; LIN, Yen-fei. Determination of replenishment dates for restricted-storage, static demand, cyclic replenishment schedule. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 35, n. 10, p.3230-3242, out. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cor.2007.02.020. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305054807000548?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

YI, Gyeongbeom; REKLAITIS, Gintaras V. Adaptive model predictive inventory controller for multiproduct warehouse system. **Automatica**, [s.l.], v. 50, n. 9, p.2245-2253, set. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.automatica.2014.07.022. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0005109814002970?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

YOO, Myungryun; GEN, Mitsuo. Joint Replenishment Problem With Multisupplier Using Hybrid Genetic Algorithm. **Journal of Japan Industrial Management Association**, [s.i.], v. 57, n. 1, p.497-502, 2007.

YOUSEFI, Ommolbanin; SADJADI, Seyed Jafar. Solving a new bi-objective joint replenishment inventory model with modified *RAND* and genetic algorithms. **Turk J Elec Eng & Comp Sci**, [s.l.], v. 22, p.1338-1353, 2014. The Scientific and Technological Research Council of Turkey. DOI: 10.3906/elk-1205-22.

ZENG, Yu-rong *et al.* Optimizing the Joint Replenishment and Delivery Scheduling Problem under *Fuzzy* Environment Using Inverse Weight *Fuzzy* Nonlinear Programming Method. **Abstract and Applied Analysis**, [s.l.], v. 2014, p.1-13, 2014. Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2014/904240. Disponível em: <<http://downloads.hindawi.com/journals/aaa/2014/904240.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ZHANG, Jiawei. Cost Allocation for Joint Replenishment Models. **Operations Research**, [s.l.], v. 57, n. 1, p.146-156, fev. 2009. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). DOI: 10.1287/opre.1070.0491.

ZHANG, Ren-qian. An extension of partial backordering EOQ with correlated demand caused by cross-selling considering multiple minor items. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 220, n. 3, p.876-881, ago. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ejor.2012.02.015. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221712001324?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ZHANG, Ren-qian; KAKU, Ikou; XIAO, Yi-yong. Deterministic EOQ with partial backordering and correlated demand caused by cross-selling. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 210, n. 3, p.537-551, maio 2011. Elsevier BV. DOI:

10.1016/j.ejor.2010.10.001. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0377221710006429?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ZHANG, Renqian; KAKU, Ikou; XIAO, Yiyong. Model and heuristic algorithm of the joint replenishment problem with complete backordering and correlated demand. **International Journal of Production Economics**, [s.l.], v. 139, n. 1, p.33-41, set. 2012. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.01.019. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S092552731100034X?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ZHANG, Ting *et al.* Headquarter-centered common sourcing management through order coordination and consolidation. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 40, n. 8, p.2011-2025, ago. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.cor.2013.02.021. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0305054813000610?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ZHENG, Yu-sheng; FEDERGRUEN, A. Finding Optimal (s, S) Policies Is About As Simple As Evaluating a Single Policy. **Operations Research**, [s. L.], v. 39, n. 4, p.654-665, ago. 1991. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).

ZHOU, Wei-qj; CHEN, Long; GE, Hui-ming. A multi-product multi-echelon inventory control model with joint replenishment strategy. **Applied Mathematical Modelling**, [s.l.], v. 37, n. 4, p.2039-2050, fev. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.apm.2012.04.054. Disponível em:  
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0307904X12002892?httpAccept=text/xml>  
>. Acesso em: 16 nov. 2015.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção  
Tv. Enéas Pinheiro, nº 2626 - Marco  
CEP: 66095-100 Belém - PA  
[www.uepa.br](http://www.uepa.br)