



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO E CIENTÍFICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Iuri Rafael Destro

Avaliação de Desempenho Logístico na Separação de Pedidos em Armazéns

Florianópolis
2021

Iuri Rafael Destro

Avaliação de Desempenho Logístico na Separação de Pedidos em Armazéns

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em engenharia de produção.

Orientador: Prof. Carlos Manuel Taboada Rodriguez, Dr.
Coorientadora: Profa. Francielle Hedler Staudt, Dra.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra

Destro, Iuri Rafael
Avaliação de Desempenho Logístico na Separação de Pedidos em Armazéns / Iuri Rafael Destro ; orientador, Carlos Manoel Taboada Rordriguez, coorientador, Francielle Hedler Staudt, 2021.
168 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Separação de pedidos. 3. Avaliação de desempenho. 4. Armazéns. 5. Logística. I. Rordriguez, Carlos Manoel Taboada. II. Staudt, Francielle Hedler. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. IV. Título.

Iuri Rafael Destro

Título: Avaliação de Desempenho Logístico na Separação de Pedidos em Armazéns

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Marina Bouzon, Dra.

Instituição PPGEF-UFSC

Prof. José Alejandro Montoya Echeverri, Dr.

Instituição Universidad EAFIT

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Prof. Enzo Morosini Frazzon, Dr.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Carlos Manoel Taboada Rodriguez, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2021.

Este trabalho é dedicado às pessoas que apoiaram esse projeto desde a graduação: minha esposa Lucimeri, minha mãe Sônia, minha tia Lourdes e minha avó Rita (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Lucimeri Probst pelo incentivo e apoio em momentos difíceis, desde a graduação até o mestrado, e aos familiares que apoiaram esse projeto.

Aos meus amigos de Florianópolis, Blumenau, Porto Alegre, Caçador e Tubarão agradeço a amizade, os ensinamentos e o apoio. Agradeço à família Abes, em especial aos amigos Laurent, Patrícia e Luizete.

Aos colegas do IFSC, instituição que preza pela educação e ciência. Aos alunos dos cursos técnicos e de graduação do IFSC de Tubarão e Caçador. Aos meus colegas do GELOG - Grupo de Estudos Logísticos da UFSC – grupo de que foi decisivo no direcionamento das minhas escolhas de carreira.

A todos os professores, profissionais, colegas do PPGE, especialmente meus amigos do Laboratório de Desempenho Logístico (LDL) da UFSC. Agradeço à minha coorientadora, professora Francielle Hedler Staudt, pela amizade desde os tempos de GELOG e pelo apoio nesta dissertação de mestrado, com suas valiosas contribuições.

Aos membros da banca examinadora, professores Marina Bouzon e Alejandro Montoya, minha gratidão por aceitarem o convite.

Por fim, um agradecimento muitíssimo especial ao meu orientador, professor Carlos Manuel Taboada Rodriguez. Agradeço pelos ensinamentos e apoio desde a graduação, por ter criado e fundamentado o GELOG, por ter me dado a oportunidade de fazer um estágio na Espanha, por ter me acolhido no LDL, por ser um exemplo de profissional competente, digno e solidário. Seu conhecimento e generosidade estarão sempre presentes como norteador da minha carreira de docente e pesquisador. Sigo seus passos e seu exemplo. Muito obrigado!

RESUMO

A eficiência e eficácia no processo de atendimento de pedidos de clientes é um grande diferencial competitivo, e a separação de pedidos em armazéns, como parte desse processo, é um componente relevante. Há consenso acadêmico de que a separação de pedidos geralmente representa o maior custo operacional entre todos os processos executados em um armazém típico e, dada sua importância na satisfação do cliente, é o foco de pesquisas acadêmicas que direcionam seus esforços, por exemplo, à diminuição do tempo operacional e redução de custo. Um modelo de avaliação de desempenho logístico para a separação de pedidos é de grande utilidade para tomadores de decisão responsáveis pela gestão de armazéns, pois pode revelar o desempenho real do processo, verificar se os objetivos estratégicos foram atingidos, apontar pontos fracos e fortes, bem como ilustrar oportunidades de melhoria no atendimento ao cliente. Um portfólio bibliográfico foi construído sobre o tema, e as análises bibliométrica e sistêmica neste fragmento da literatura revelam que a maioria dos modelos de avaliação de desempenho para separação de pedidos focam em um cenário específico, com instrumentos avaliativos compostos geralmente por apenas uma ou duas dimensões de desempenho e com indicadores construídos sem a percepção e conhecimento de tomadores de decisão. Esta pesquisa propõe um modelo para avaliação de desempenho da separação de pedidos em armazéns considerando cinco dimensões de desempenho, que são tempo, produtividade, qualidade, flexibilidade e custo, contendo indicadores da literatura acadêmica de maior relevância, além de sugestões de indicadores feitas por *experts* do mercado e pelo pesquisador. O propósito do instrumento avaliativo proposto é oferecer aos gestores e tomadores de decisão uma visão sistêmica multidimensional do desempenho da separação de pedidos, através de um modelo composto por cinco dimensões e dez indicadores de desempenho, a fim de promover uma visão mais abrangente da separação de pedidos. A análise de funcionalidade no instrumento avaliativo proposto foi feita por meio de um cenário simulado, contendo dados gerados aleatoriamente via planilha eletrônica, com o propósito de testar os indicadores propostos no modelo.

Palavras-chave: Separação de pedidos. Avaliação de desempenho. Armazéns. Logística.

ABSTRACT

Efficiency and effectiveness in order fulfillment is a major competitive advantage, and order picking in warehouses, as part of this process, is a relevant component. There is an academic consensus that order picking generally represents the highest operating cost among all processes performed in a typical warehouse, and given its importance in customer satisfaction, it is a constant topic in academic research that directs its efforts, for example, to reduce picking time. A logistical performance evaluation model for order picking can be useful to decision-makers responsible for warehouse management, as it can reveal process performance, verify if strategic objectives have been achieved, point out weaknesses and strengths, as well as illustrate opportunities for improvement in customer service. A bibliographic portfolio has been built on the topic, and bibliometric and systemic analyzes in this fragment of the literature reveal that most performance evaluation models for order picking focus on a specific scenario, with assessment instruments, usually consisting of only one or two performance dimensions and with indicators built without insight and knowledge from decision-makers. This research proposes a model for order picking performance evaluation in warehouses considering five dimensions of performance, which are time, productivity, quality, flexibility, and cost, as well as indicators from the most relevant academic literature, in addition to suggestions of indicators made by market experts and the researcher himself. The purpose of the proposed evaluation instrument is to offer managers and decision makers a multidimensional systemic view of order picking performance, through a model composed of five dimensions and ten performance indicators, to promote a more comprehensive view of order picking. Functionality analysis in the proposed evaluation instrument was performed using a simulated scenario, containing data generated randomly via an electronic spreadsheet, with testing purposes.

Keywords: Order picking. Performance evaluation. Warehouse. Logistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Logística segundo Ballou (2007).....	22
Figura 2 - Visão simplificada das entradas e saídas de um armazém típico	23
Figura 3 - Principais fluxos de movimentação de materiais em armazém típico	23
Figura 4 - Etapas do ciclo de vida do pedido	25
Figura 5 - Eras da Avaliação de Desempenho e da Logística	29
Figura 6 – Pilares e etapas da pesquisa	35
Figura 7 - Macro etapas do ProKnow-C	37
Figura 8 - Seleção do Portfólio Bibliográfico	39
Figura 9 - Etapas de seleção do PB e artigos em cada banco e repositório.....	40
Figura 10 - Análise de Representatividade do repositório A	41
Figura 11 - Etapas da Análise de Representatividade em RA.....	42
Figura 12 - Distribuição dos artigos nos repositórios. Amplitude temporal de 2005-20	43
Figura 13 - Apresentação dos resultados e grau de detalhamento analisado	47
Figura 14 - Classificação dos sistemas de separação de pedidos	47
Figura 15 - Classificação alternativa dos sistemas de separação de pedidos	48
Figura 16 - Classificação conforme o sistema de Separação de Pedidos.....	49
Figura 17 - Complexidade dos Sistemas de Separação de Pedidos	51
Figura 18 - Análise do nível de mecanização dos modelos do PB.....	56
Figura 19 - Popularidade dos tipos de separação analisados nos modelos do PB.....	66
Figura 20 - Evolução do tema na amplitude temporal (2005-2020)	66
Figura 21 - Palavras-chave e conexões, com amplitude temporal de 2005 a 2020....	67
Figura 22 - Ciclo de vida de um Sistema de Avaliação de Desempenho.....	68
Figura 23 - Etapas do ciclo de vida do SAD em relação aos modelos do PB.....	70
Figura 24 - Combinações das dimensões dos modelos de ADL	72
Figura 25 - Popularidade das dimensões nos modelos de ADL para SP	73
Figura 26 - Combinações de dimensões dos modelos de ADL.....	73
Figura 27 - Abordagem e Contexto da avaliação de desempenho	81
Figura 28 - Participação dos atores e a singularidade da avaliação	82
Figura 29 - Análise da expansão do conhecimento do tomador de decisão.....	83
Figura 30 - Apresentação dos resultados da avaliação de desempenho	85

Figura 31 - Análise da Lente Gestão	86
Figura 32 - Mapa da Literatura, considerando todos os modelos do PB.....	95
Figura 33 – Concepção do instrumento de avaliação.....	97
Figura 34 - Divisão do processo de separação de pedidos	98
Figura 35: Percentual de setores da economia dos <i>experts</i>	105
Figura 36 - Avaliação das respostas “Relevantes” ou “Muito relevantes” e “Irrelevantes” ou “Pouco relevantes”	107
Figura 37 - Combinações de fontes de conhecimento dos experts.....	109
Figura 38 - Etapas da construção do modelo	116
Figura 39 - Composição da origem dos indicadores do modelo	118
Figura 40 - Quantidade de indicadores para cada fase de filtragem	119
Figura 41 - Processos de atendimento de pedidos em um armazém típico	121
Figura 42 - Horários de início e fim das tarefas e os tempos	126
Figura 43 – Ilustração mostrando os tempos para o cálculo de t_3	127
Figura 44 – Ilustração mostrando os tempos para o cálculo de t_3 , com entrega parcial	127
Figura 45 - Comparação dos indicadores T1 e T2 para os pedidos	134
Figura 46 - Classificação do armazém segundo o WERC (2019).....	136
Figura 47 - Detalhamento dos custos da Separação dos pedidos.....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Processos típicos em um armazém.....	24
Quadro 2 - Tradução e conceitos adotados nesta pesquisa	24
Quadro 3 - Objetivos dos tipos de medição de desempenho.....	30
Quadro 4 - Uso, aplicação e harmonia entre as abordagens.....	80
Quadro 5: Artigos do PB e os sistemas de separação de pedidos.	87
Quadro 6 - Classificação da SP com base na execução do sortimento	99
Quadro 7 - Indicadores sugeridos para a dimensão Tempo	100
Quadro 8 - Indicadores propostos pelo pesquisador para a dimensão Qualidade	101
Quadro 9 - Indicadores propostos pelo pesquisador para a dimensão Flexibilidade	101
Quadro 10 - Indicadores propostos pelo pesquisador para a dimensão Custo	102
Quadro 11 - Matriz de tarefas, dimensões e indicadores	103
Quadro 12 - Indicadores finais propostos no modelo.....	120
Quadro 13 - Código dos horários de início e fim das tarefas	124
Quadro 14 - Código dos tempos de execução das tarefas	125
Quadro 15 - Equações dos tempos necessários para cálculo dos indicadores.....	125
Quadro 16 - Indicadores, equações e unidades de medida.....	125
Quadro 17 - Recursos, tecnologias e sistemas de separação de pedidos.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo da Separação de Pedidos em relação ao custo dos processos do armazém.....	17
Tabela 2 - Quantidade de artigos em cada repositório, sem delimitação temporal..	42
Tabela 3 - Classificação conforme o subsistema de separação	50
Tabela 4 - Análise do nível de mecanização dos modelos do PB	54
Tabela 5 - Políticas de endereçamento avaliadas nos artigos do PB.....	58
Tabela 6 - Políticas de roteirização dos modelos de AD na SP do OB.....	61
Tabela 7 - Modelos do PB e o processo de separação avaliado no artigo.....	65
Tabela 8 - Artigos do PB com as dimensões analisadas	71
Tabela 9 - Indicadores da dimensão Tempo.....	74
Tabela 10 - Indicadores da dimensão Produtividade.....	75
Tabela 11 - Indicadores na dimensão Qualidade.....	76
Tabela 12 - Indicadores na dimensão Custo.....	77
Tabela 13 - Indicadores na dimensão Flexibilidade.....	77
Tabela 14 - Comparação de políticas de endereçamento, roteirização e zoneamento	94
Tabela 15 - Contagem das respostas por escala na primeira questão.....	106
Tabela 16 - Moda e Mediana para as respostas da primeira questão	107
Tabela 17 - Classificação dos indicadores da dimensão Tempo	109
Tabela 18 - Classificação dos Indicadores da dimensão Produtividade.....	111
Tabela 19 - Análise dos indicadores da dimensão Qualidade	112
Tabela 20 - Análise dos indicadores da dimensão Flexibilidade	113
Tabela 21 - Análise dos indicadores da dimensão Custo	114
Tabela 22 - Considerações gerais de trabalho no armazém teórico	122
Tabela 23 - Custo de mão-de-obra na SP	123
Tabela 24 - Custo dos dispositivos.....	123
Tabela 25 - Custo dos equipamentos.....	124
Tabela 26 - Dados dos pedidos.....	128
Tabela 27 - Resultados da separação dos pedidos.....	129
Tabela 28 - Dados do relógio de marcação de trabalho dos separadores.....	130
Tabela 29 - Detalhamento dos horários de início e fim das tarefas do pedido SP10	131
Tabela 30 - Detalhamento dos horários e tempos de coleta	131
Tabela 31 - Marcos temporais dos pedidos	131

Tabela 32 - Marcos do relógio para cálculo das horas perdidas e horas extras	132
Tabela 33 – Indicadores de tempo para a separação dos pedidos	133
Tabela 34 - P1 calculado na atuação dos separadores.....	135
Tabela 35 - Indicadores de Qualidade na separação dos pedidos	135
Tabela 36 – Classificação do armazém segundo a acuracidade na separação	135
Tabela 37 - Cálculo dos custos por pedido, segregados em mão-de-obra, equipamento e dispositivo tecnológico	138
Tabela 38 - Custo dos pedidos, segregados por pedido pares e ímpares.....	138
Tabela 39 - Indicadores de Custo calculados na separação dos pedidos.....	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 3PL *Third-party logistics* (operador logístico terciário)
- A Acuracidade
- AD Avaliação de Desempenho
- ADL Avaliação de Desempenho Logístico
- AGV *Automated Guided Vehicles* (veículo guiado automaticamente)
- AR Análise de Representatividade
- AS *Automated Systems* (sistema automatizado)
- AS/RS *Automated Storage and Retrieval Systems* (sistema automatizado de armazenamento e recuperação)
- AVS/RS *Autonomous vehicle-based storage and retrieval system* (sistema automatizado de armazenamento e recuperação baseado em veículos)
- B2C *Business-to-consumer* (tradução livre como negócio para consumidor)
- BBR Banco Bruto de Referências
- BR Base de Referências
- BSC *Balanced Scorecard* (indicadores balanceados de desempenho)
- C Custo
- CBS *Class based storage* (endereçamento baseado na classe)
- CD Centro de Distribuição
- CLM *Council of Logistics Management* (tradução livre como Conselho de Gerenciamento Logístico)
- Co Correlacionados
- COI *Cube-per-Order Index* (tradução livre como cubagem sobre índice)
- CS Cadeia de Suprimentos
- CSCMP *Council of Supply Chain Management & Professionals* (tradução livre como Conselho de Gestão de Cadeias de Suprimentos e Profissionais)
- Dim. Dimensões
- F Flexibilidade
- GCS Gerenciamento de Cadeias de Suprimento
- KPI *Key Performance Indicator* (indicador chave de desempenho)
- LabMCDA Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão
- M Manual
- MD Menor distância

NCPDM *National Council of Physical Distribution Management* (Conselho Nacional de Gestão da Distribuição Física)

NM Nível de Mecanização

OMS *Order Management System* (sistema de gerenciamento de ordens)

OMT *Order maturity time* (tempo de maturidade do pedido)

OP *Organ Pipe* (tradução livre como tubos de órgão)

P Produtividade

PB Portfólio Bibliográfico

PBV *Pick-by-voice* (Separação por voz)

PE Política de Endereçamento

PR Política de Roteirização

ProKnow-C *Knowledge Development Process-Constructivist* (Processo de Construção de Conhecimento – Construtivista)

PS Processo de Separação

PTL *Pick-to-light* (Separação por luz)

PZ Política de Zoneamento

Q Qualidade

RB Repositório B

RC Repositório C

RF Rádio frequência

RFID *Radio Frequency Identification* (identificação pro radio frequência)

RK Repositório K

RMFS *Robotic Mobile Fulfillment Systems* (tradução livre como Sistema Robótico Móvel de Abastecimento)

RP Repositório P

RRA Repositório de Referências A

RRB Repositório de Referências B

RRC Repositório de Referências C

RRK Repositórios de Referências K

RRP Repositórios de Referências P

S/R *Storage and Retrieval* (tradução livre como armazenamento e recuperação)

SAD Sistemas de Avaliação de Desempenho

SCOR *Supply Chain Operations Reference* (tradução livre como Referência de Operações da Cadeia De Suprimentos)

SKU *Stock keeping unit* (unidade de manutenção de estoque)

SP Separação de Pedidos

T Tempo

TI Tecnologias da Informação

TIC Tecnologias da Informação e Comunicação

TPT *Total picking time* (tempo total de separação)

U Utilização

VMP Vizinho mais próximo

VP Vazio mais próximo

WIP *Work in progress* (trabalho em progresso)

WMS *Warehouse Management System* (sistema de gerenciamento de armazém)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
1.3	LACUNAS DA LITERATURA.....	19
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	EIXO DA LOGÍSTICA	21
2.1.1	Armazenagem	22
2.1.2	Separação de Pedidos	25
2.2	EIXO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	26
2.2.1	Avaliação de desempenho logístico	29
2.2.2	Avaliação de desempenho logístico no armazém	31
2.2.3	Avaliação de desempenho logístico na separação de pedidos.....	33
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	34
3.1	PILARES DA PESQUISA	34
3.2	DELIMITAÇÕES DO PROCESSO DE SELEÇÃO	36
3.3	SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO.....	36
3.3.1	Ferramenta para seleção	36
3.3.2	Processo de seleção	37
3.3.3	Análise de Representatividade.....	40
3.4	LEGITIMAÇÃO DE EXPERTS	43
4	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	46
4.1	ANÁLISE DOS SISTEMAS DE SEPARAÇÃO DE PEDIDOS	47

4.2	ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS E POLÍTICAS DOS SISTEMAS DE SEPARAÇÃO DE PEDIDOS	50
4.2.1	Nível de Mecanização	52
4.2.2	Políticas de Endereçamento	56
4.2.3	Políticas de Roteirização	59
4.2.4	Políticas de Zoneamento.....	61
4.3	ANÁLISE DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO DE PEDIDOS	62
4.4	EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS PUBLICAÇÕES	66
4.5	ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO SAD	68
4.6	ANÁLISE DAS DIMENSÕES DE DESEMPENHO	70
4.7	ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO.....	74
4.7.1	Análise dos indicadores da dimensão Tempo.....	74
4.7.2	Análise dos indicadores da dimensão Produtividade	75
4.7.3	Análise dos indicadores na dimensão Qualidade.....	76
4.7.4	Análise dos indicadores da dimensão Custo.....	77
4.7.5	Análise dos indicadores da dimensão Flexibilidade	77
5	ANÁLISE SISTÊMICA	79
5.1	ABORDAGEM	79
5.2	SINGULARIDADE.....	81
5.3	OBJETIVOS	82
5.4	MENSURAÇÃO	84
5.5	INTEGRAÇÃO	84
5.6	GESTÃO.....	85
6	MAPA DA LITERATURA.....	87
6.1	SÍNTESE DOS MODELOS DE ADL NA SP	87
6.2	MAPA.....	95
7	LegitimaÇÃO DE dimensões e indicadores com <i>experts</i>.....	97
7.1	FORMULAÇÃO DAS PERGUNTAS.....	97

7.2	MATRIZ DE DIMENSÕES E INDICADORES	99
7.3	ANÁLISE DO PERFIL DOS <i>EXPERTS</i>	104
7.4	ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS <i>EXPERTS</i>	105
7.4.1	Questão 1: preferência nas dimensões de desempenho	105
7.4.2	Questão 2: sugestões de dimensões de desempenho	107
7.4.3	Questão 3: origem dos conhecimentos	108
7.4.4	Questão 4: indicadores de Tempo	109
7.4.5	Questão 5: sugestões para a dimensão Tempo	110
7.4.6	Questão 6: indicadores de Produtividade	111
7.4.7	Questão 7: sugestões para a dimensão produtividade	112
7.4.8	Questão 8: indicadores de Qualidade	112
7.4.9	Questão 9: sugestão para a dimensão Qualidade	113
7.4.10	Questão 10: indicadores de Flexibilidade	113
7.4.11	Questão 11: sugestão de indicadores de Flexibilidade	114
7.4.12	Questão 12: indicadores de Custo	114
7.4.13	Questão 13: sugestões para a dimensão Custo	115
8	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	116
8.1	CONCEITO	116
8.2	INDICADORES FINAIS DO MODELO	119
9	APLICAÇÃO DO MODELO	121
9.1	DESCRIÇÃO DO CENÁRIO	121
9.2	GERAÇÃO DE DADOS PARA CÁLCULO DOS INDICADORES	124
9.2.1	Valores necessários para o cálculo	124
9.2.2	Características dos pedidos	128
9.2.3	Registro dos tempos	130
10	ANÁLISE DA FUNCIONALIDADE	133
11	CONCLUSÕES	140

REFERÊNCIAS.....	143
APÊNDICE A – CÓDIGO DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO	154
APÊNDICE B – RELÓGIO DO PEDIDO SP1	156
APÊNDICE C – RELÓGIO DO PEDIDO SP2	157
APÊNDICE D – RELÓGIO DO PEDIDO SP3	158
APÊNDICE E – RELÓGIO DO PEDIDO SP4	159
APÊNDICE F – RELÓGIO DO PEDIDO SP5.....	160
APÊNDICE G – RELÓGIO DO PEDIDO SP6.....	161
APÊNDICE H – RELÓGIO DO PEDIDO SP7.....	162
APÊNDICE I – RELÓGIO DO PEDIDO SP8	163
APÊNDICE J – RELÓGIO DO PEDIDO SP9	164
APÊNDICE K – CUSTO DOS EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS	165
APÊNDICE L – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DOS EXPERTS	166

1 INTRODUÇÃO

A Avaliação de Desempenho (AD) é necessária para medir o sucesso de estratégias adotadas em empresas (GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001). O atendimento de pedidos de clientes, desde um armazém ou Centro de Distribuição (CD), é uma das operações mais importantes para garantir um nível de serviço adequado às expectativas do cliente, ao menor custo operacional; e a Separação de Pedidos (SP), como componente do atendimento de pedidos, tem um papel relevante.

A SP é o processo de coletar mercadorias localizadas no armazém, de acordo com os pedidos de clientes (DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007; PETERSEN; AASE; HEISER, 2004; VAN GILS *et al.*, 2018). Ela consiste em uma atividade essencial em quase todas as CS e exige recursos e investimento, seja em mão de obra, seja em equipamentos e sistemas automatizados (CHACKELSON *et al.*, 2013; TSAI; LIOU; HUANG, 2008). Trata-se de um processo-chave a ser considerado desde o planejamento e concepção dos armazéns, tendo em vista o seu significativo impacto no capital investido e nos custos operacionais (TOMPKINS *et al.*, 2010).

A crescente utilização de canais de comércio eletrônico — *e-commerce*, *Business-to-consumer* (B2C) — acentuou a relevância da SP (BOZER; ALDARONDO, 2018; CHEN *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2017). Isso ocorre tendo em vista que essa modalidade de venda exige resposta ainda mais rápida às demandas de clientes sofisticados e exigentes, dentro de janelas de entrega cada vez menores (DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016a).

Promover melhorias no desempenho do armazém e na SP é uma tarefa complexa, especialmente no atendimento a clientes sofisticados e dentro de um ambiente competitivo e incerto (LAOSIRIHONGTHONG *et al.*, 2018). A AD é relevante tanto para a concepção e planejamento quanto para o dia a dia operacional de um armazém, pois oferece uma visão sobre o desempenho, identifica gargalos e revela oportunidades de melhorias (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2010).

Os indicadores da AD devem focar no direcionamento dado pelo planejamento estratégico, bem como no controle tático e operacional, para servir como teste de viabilidade de melhorias em processos de negócios (GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004).

Existem duas abordagens que envolvem a ADL e SP na literatura: modelos de AD com foco em todos os processos executados no armazém, sendo a SP um deles; e modelos de AD exclusivos para SP. Esta pesquisa segue a segunda abordagem, propondo um modelo de ADL

com foco na SP. Para tanto, será realizada revisão de literatura com base em análises bibliométrica e sistêmica, as quais oportunizarão um mapa da literatura sobre o tema. Nas seções a seguir, aborda-se a justificativa e delimitações da pesquisa e a importância do tema Avaliação de Desempenho Logístico na Separação de Pedidos em Armazéns.

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

As subseções a seguir discorrem sobre os objetivos geral e os específicos desta pesquisa.

1.1.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral desenvolver um modelo de AD para a SP em armazéns que ofereça uma visão sistêmica multidimensional do desempenho desse processo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, a pesquisa tem o propósito de:

- definir as dimensões para o modelo de AD na SP;
- definir os indicadores de desempenho para o modelo de AD na SP;
- legitimar dimensões e indicadores com a ajuda de *experts*; e
- testar o modelo em um armazém simulado.

Fatores de gerenciamento de armazém que influenciam direta ou indiretamente a SP serão discutidos na fundamentação teórica e nas análises bibliométrica e sistêmica. As próximas subseções abordam a estrutura proposta para a dissertação e as delimitações da pesquisa.

1.2 JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A SP geralmente é o processo mais trabalhoso e crítico realizado nos armazéns (ACCORSI; MANZINI; MARANESI, 2014; CHEN *et al.*, 2010; LI; HUANG; DAI, 2017; TOMPKINS *et al.*, 2010; YU; DE KOSTER, 2008, 2010). Por tal razão, a SP tornou-se foco de pesquisas acadêmicas direcionadas a melhorar a eficiência do processo (PETERSEN, 2000).

Melhorar a eficiência e eficácia na SP tem um impacto relevante na redução do custo total de armazenagem e, conseqüentemente, nos custos da CS (PETERSEN; AASE; HEISER, 2004). Embora a academia divirja em relação ao percentual atribuído à SP no custo total das operações de armazenagem, há consenso de que ela geralmente é o processo de maior custo (TOMPKINS *et al.*, 2010). A estimativa dos diversos autores acerca do percentual da SP sobre os custos totais dos processos de armazenagem varia da seguinte forma (Tabela 1):

Tabela 1 - Custo da Separação de Pedidos em relação ao custo dos processos do armazém

Custo da SP em relação ao custo operacional do armazém	Autores
50%	Hwang e Cho (2006) e Hsieh e Huang (2011).
55%	Tompkins <i>et al.</i> (2010); De Koster; Le-Duc; Roodbergen (2006); Hsieh e Huang (2011); Accorsi, Manzini e Maranesi (2014).
60%	Berg e Zijm (1999); Gu, Goetschalckx e McGinnis (2010); Manikas e Terry (2010); Staudt <i>et al.</i> (2015).
65%	Coyle, Bard e Langley (2003) e Ho e Tseng (2006).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Hsieh e Huang (2011) observam que o crescimento do comércio eletrônico também trouxe mudança na composição das demandas dos clientes: o cenário de poucos pedidos compostos por grande quantidade e pouca variedade de itens deu lugar ao novo cenário, caracterizado por alto número de pedidos compostos por pequenas quantidades e muita variedade.

Li, Huang e Dai (2017) apontam que a SP é ponto central das operações em armazéns, comentando que pesquisas relevantes foram realizadas para melhorar a eficiência deste processo. Diversos trabalhos comparam o desempenho da SP com distintas políticas de endereçamento e roteirização, como por exemplo as pesquisas de Hsieh e Huang (2011), Chackelson *et al.* (2013), Zhang *et al.* (2017), Park e Rhee (2005), Hsieh e Tsai (2006), Tsai, Liou e Huang (2008), Manzini *et al.* (2019), Chen *et al.* (2010), Chen, Xu e Wei (2019), Matusiak, De Koster e Saarinen (2017) e Ho e Tseng (2006). Por sua vez, De Vries, De Koster e Stam (2016b) comparam a produtividade de processos distintos de SP com sistemas de incentivos por produtividade; enquanto De Vries, De Koster e Stam (2016a) exploram o papel das diferenças individuais dos colaboradores no desempenho da SP com ferramentas e métodos distintos de incentivo.

Outros trabalhos analisam o desempenho da SP em sistemas semiautomatizados, como Bozer e Aldarondo (2018) que comparam *Automated Storage and Retrieval Systems* (AS/RS) e *Robotic Mobile Fulfillment Systems* (RMFS). Roy *et al.* (2019) e Merschformann *et al.* (2019) pesquisam o desempenho da SP via e RMFS, sendo que os primeiros analisam o desempenho em CD de comércio eletrônico com distintas políticas de zoneamento; enquanto os últimos analisam o desempenho na SP em distintas dimensões, como tempo, qualidade e produtividade. Já Azadeh, Roy e De Koster (2019) analisam o desempenho de AS/RS nas dimensões custo e produtividade, considerando distintas políticas de armazenagem. Tappia *et al.* (2019) analisam o efeito do tamanho do *buffer* no desempenho da SP em *Shuttle-based Storage and Retrieval* (SBS/R), focando nos indicadores de tempo de processamento do pedido.

Em termos de dimensões para a ADL na SP, pesquisas acadêmicas colocam muita ênfase na redução do tempo de deslocamento do separador na SP (VAN GILS *et al.*, 2018). Segundo os autores, é importante destacar outros indicadores, como a acuracidade e nível de serviço, por exemplo.

Considerando a importância da separação como componente do atendimento de pedidos, um modelo de ADL para SP pode ser útil a tomadores de decisão, pois além de mostrar o desempenho atualizado, tem a capacidade de apontar pontos fracos e fortes, bem como oportunidades de melhoria operacional.

O problema de pesquisa, portanto, é a AD na SP em armazéns, especialmente a identificação dos principais atributos e indicadores de competitividade para essa avaliação, com base na literatura acadêmica e na opinião de *experts*. A pergunta inicial da pesquisa foi:

“Como fazer uma Avaliação de Desempenho Logístico na Separação de Pedidos em Armazéns?”

Como delimitação da pesquisa, considera-se que a fronteira de investigação são sistemas de ADL na SP em armazéns e CD, sem considerar nesta avaliação processos subsequentes à SP, como a conferência, empacotamento, carregamento e expedição, bem como antecedentes, como o reabastecimento de endereços de separação. Tendo o processo de SP o propósito de atender pedidos de clientes, identifica-se indiretamente uma maior projeção do modelo de ADL em operações de atacadistas, varejistas e empresas que realizam atendimento de pedidos de clientes externos.

A subseção a seguir mostra as lacunas identificadas na literatura acadêmica, mediante análises bibliométrica e sistêmica, que deram forma ao Portfólio Bibliográfico (PB) construído nesta pesquisa.

1.3 LACUNAS DA LITERATURA

Kaplan e Norton (1992) criticaram empresas e pesquisadores por adotarem um foco único, centrado apenas no desempenho financeiro ou nas medidas operacionais. Essa abordagem geraria um desequilíbrio, por não apresentar uma visão holística do desempenho organizacional (GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004).

De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007) e Van Gils *et al.* (2018) afirmam que a maioria das pesquisas acadêmicas sobre o desempenho na SP focam em questões operacionais específicas ou em apenas uma dimensão de desempenho. Os autores criticam o fato de que poucos pesquisadores adotam uma visão mais abrangente abordando combinações de problemas relacionados ao atendimento de pedidos. Beamon (1999) questiona se Sistemas de Avaliação de Desempenho (SAD) com poucas dimensões conseguiriam medir o sucesso dos objetivos estratégicos definidos. Pesquisas mais recentes como a de Laosirihongthong *et al.* (2018) argumentam que uma Avaliação de Desempenho unidimensional não leva em consideração a interação entre características da CS, que poderiam ser relevantes na operação de atendimento de pedidos.

A análise sistêmica efetuada nesta pesquisa confirma essa realidade, mostrando que a maioria dos modelos de AD analisados no PB trabalham com indicadores em uma ou duas dimensões. Portanto, modelos de ADL na SP que ofereçam uma visão sistêmica multidimensional de maior abrangência podem ser considerados como uma lacuna na literatura, pois existem poucas pesquisas abordando combinações de problemas relacionados ao atendimento de pedidos em uma visão mais abrangente ou multidimensional.

Os resultados das análises também mostram que muitos artigos se restringem à apresentação de um modelo, com poucas implantações e estudos de caso. Identifica-se, portanto, uma outra lacuna na literatura.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A Fundamentação Teórica compõe o capítulo 2, onde os conceitos básicos dos dois eixos de pesquisa são explorados com a profundidade necessária para o leitor compreender as etapas de seleção do PB no capítulo seguinte. No eixo da Logística, apresentam-se sucintamente os conceitos da Logística, Gestão de Armazéns, Atendimento de Pedidos e, por

fim, da SP, postergando-se a explicação de conceitos mais aprofundados e que contêm maior grau de detalhamento para os capítulos 4 e 5, onde são feitas as análises bibliométrica e sistêmica, a fim de facilitar a compreensão do texto. Portanto, a pesquisa adota a prática de explicitar conceitos mais específicos da SP no momento da apresentação dos resultados das análises. No eixo de AD, exploram-se os fundamentos da AD, ADL, ADL no armazém e, por fim, na SP.

O capítulo 3 descreve os procedimentos metodológicos, ilustrando os pilares e delimitações da pesquisa, a ferramenta e o processo de seleção do PB e a análise de representatividade. Após isso, define-se o processo de questionamento e legitimação da opinião dos *experts* consultados nesta pesquisa.

O capítulo 4 contém a bibliometria do PB; enquanto o capítulo 5 corresponde à análise sistêmica. O mapa da literatura construído no capítulo 6 sintetiza visualmente as análises das dimensões e indicadores do PB, bem como as políticas do armazém mais utilizadas na AD. O capítulo 7 é composto pela formulação do questionário de avaliação com os *experts* e a análise das respostas e contribuições. No capítulo 8 apresenta-se o modelo proposto, composto por um conjunto de dimensões e indicadores que abrange a revisão de literatura do PB e a opinião dos *experts* e pesquisador.

O desenvolvimento do modelo compõe o capítulo 9, onde são definidos os indicadores finais do instrumento avaliativo. O capítulo 10 corresponde à aplicação do modelo em um armazém simulado com dados gerados aleatoriamente via planilha eletrônica, para análise de funcionalidade. Por fim, no capítulo 11 se encontram a conclusão da pesquisa e sugestões para novos estudos sobre o tema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta as definições que fundamentaram a construção da pesquisa em dois eixos. O texto inicia com a Fundamentação Teórica do eixo Logística, contextualizando conceitos da Logística, CS, Armazenagem e SP. A seguir, descreve-se os fundamentos e o histórico do eixo de AD, e como a literatura observa a ADL em armazéns e na SP.

Uma maior profundidade teórica relativa ao tema será desenvolvida paralelamente à análise bibliométrica na mesma seção da apresentação dos resultados, com propósito de dinamizar a leitura e facilitar a compreensão dos conceitos e o impacto dos resultados. Deste modo, a seção a seguir ilustra a fundamentação teórica necessária para compreensão do tema em relação à seleção do portfólio bibliográfico, enquanto uma maior profundidade será apresentada junto aos resultados da bibliometria.

2.1 EIXO DA LOGÍSTICA

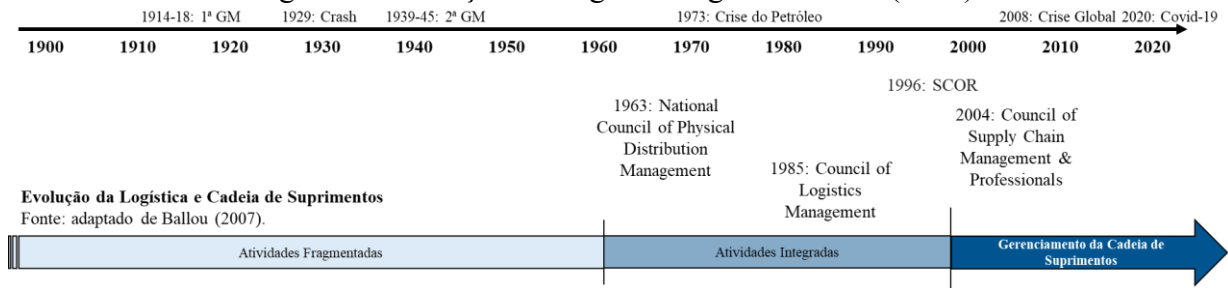
Até a década de 1950 do século passado, o termo Logística ainda era fortemente relacionado à caserna, quando o planejamento e execução das atividades logísticas restringiam-se à armazenagem e transporte de suprimentos ao teatro de operações durante confrontos bélicos (BALLOU, 2007; CHRISTOPHER, 2005).

A evolução conceitual da Logística é caracterizada pelas transformações nos meios de produção no século XX. Esta pesquisa favorece a classificação proposta por (BALLOU, 2007), que divide a evolução da Logística em três períodos ou eras:

1. Fragmentação de atividades (até 1960);
2. Integração de atividades (década de 1960 até o fim do século XX); e
3. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS).

A Figura 1 mostra a evolução da Logística conforme (BALLOU, 2007), destacando eventos marcantes do século XX como as guerras mundiais, a crise do petróleo de 1973, as crises financeira globais de 1929 e 2008 e a pandemia de Covid-19.

Figura 1 - Evolução da Logística segundo Ballou (2007)



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Ballou (2007).

Observando as eras delimitadas pelo autor na Figura 1, percebe-se que essa evolução é refletida nas alterações de nome da associação profissional mundial para Logística e GCS, criada em 1963:

- 1963: *National Council of Physical Distribution Management* (NCPDM);
- 1985: *Council of Logistics Management* (CLM); e
- 2004: *Council of Supply Chain Management & Professionals* (CSCMP).

Na era de fragmentação, o nome original do conselho foi definido como “gerenciamento da distribuição física”, que passou, na era de integração, a ser “gerenciamento logístico” e, por fim, evoluiu para GCS.

O conceito moderno define Logística como o gerenciamento estratégico da aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, bem como fluxos de informações, através da organização dos canais de *marketing*, com propósito de maximizar o lucro (CHRISTOPHER, 2005). Outra definição diz que a Logística tem como objetivo fornecer produtos ou serviços no local e tempo esperado pelos clientes (BOWERSOX; CLOSS, 2011). Desse modo, tornou-se altamente relevante; pois, ao gerenciar fatores como custo e tempo, oferece insumos para a tomada de decisão (CHAN, 2003). A Logística tem a capacidade de promover maior rentabilidade na distribuição de produtos aos clientes, através do planejamento e execução de atividades com propósito de facilitar o fluxo de produtos (BALLOU, 1993, 2007).

As subseções seguintes explicam os conceitos básicos da Armazenagem (quando relacionada à gestão de armazéns), atendimento de pedidos e à SP.

2.1.1 Armazenagem

A Armazenagem (*warehousing*) ou Gestão do Armazém envolve todas as atividades relacionadas à movimentação de bens, como, por exemplo, as atividades de recebimento, armazenamento, SP, sortimento, expedição, contagens cíclicas e outros processos que ocorrem dentro de armazéns ou CD (TSAI; LIOU; HUANG, 2008). Portanto, os processos que ocorrem dentro das quatro paredes (*four walls*) do armazém denomina-se como processos de Armazenagem. O recebimento e a expedição são processos que representam o fluxo de entrada e saída de materiais de um armazém, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Visão simplificada das entradas e saídas de um armazém típico

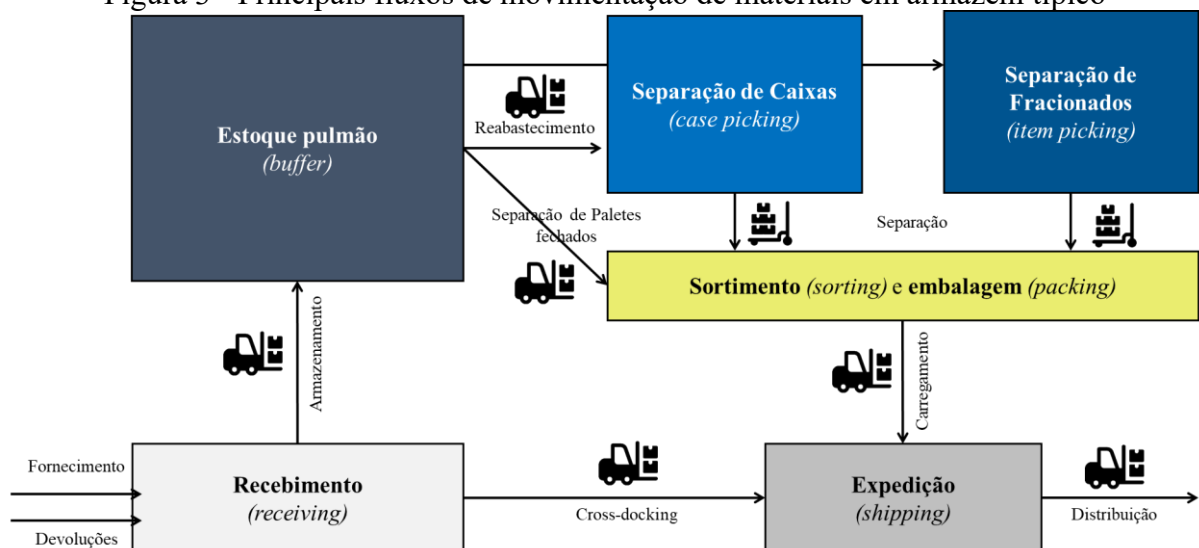


Fonte: Elaborado pelo autor.

A principal função desempenhada na Armazenagem é servir como um “amortecedor” para o fluxo de materiais ao longo da CS, a fim de acomodar variações causadas por fatores externos, como a sazonalidade, por exemplo (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2007).

Um armazém típico é ilustrado na Figura 3 que ilustra o *modus operandi* dos principais processos que envolvem a movimentação de materiais desde o recebimento até a expedição.

Figura 3 - Principais fluxos de movimentação de materiais em armazém típico



Fonte: adaptado de Tompkins *et al.* (2010).

O Quadro 1 mostra a lista dos principais processos que ocorrem dentro de um armazém, com seu termo em inglês e uma breve descrição.

Quadro 1 - Processos típicos em um armazém.

Processo	Termo em inglês	Conceito
Recebimento	<i>Receiving</i>	Operação de entrada de materiais no armazém.
Armazenamento	<i>Put-away</i>	Movimentação dos itens recebidos para um endereço específico.
Reabastecimento	<i>Replenishment</i>	Reposição do estoque de um endereço de separação.
Separação	<i>Picking</i>	Retirada de itens dos endereços, em resposta a uma solicitação do cliente.
Sortimento	<i>Sorting</i>	Classificação dos itens conforme o pedido.
Embalagem	<i>Packing</i>	Embalagem de um produto ou pedido.
Carregamento	<i>Loading</i>	Carregamento do pedido no veículo de entrega
Expedição	<i>Shipping</i>	Envio do pedido para entrega.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Existe certa confusão entre termos usados na literatura acadêmica e no jargão operacional no Brasil. *Warehousing*, *put-away* e *storage* são exemplos. O primeiro tem maior amplitude e refere-se a todas as atividades relacionadas à movimentação de bens dentro de armazéns. *Put-away* é conhecido como o processo que ocorre logo após o recebimento, a fim de “guardar” ou “colocar” um *Stock keeping unit* (SKU) recebido em seu endereço de destino. São usados distintos termos para os três conceitos em determinadas regiões do Brasil, criando confusão, como por exemplo, “armazenagem”, “armazenamento”, “estocagem”, “colocação” e “guardação” (*sic*).

A fim de evitar confusão de termos (mas sem pretensão de realizar uma pesquisa profunda sobre a correta tradução ou a popularidade do uso na literatura e mercado), esta pesquisa adotará as traduções e conceitos estabelecidos no Quadro 2.

Quadro 2 - Tradução e conceitos adotados nesta pesquisa

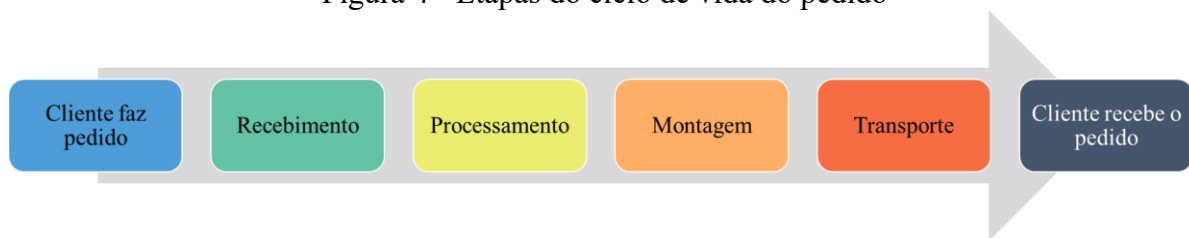
Termo original	Tradução	Significado
<i>Warehouse</i>	Armazém	Local físico, prédio.
<i>Warehousing</i>	Armazenagem	Todas as atividades relacionadas à movimentação de bens dentro de armazéns (TSAI; LIOU; HUANG, 2008).
<i>Put-away</i>	Armazenamento	Processo de movimentação dos itens, após o recebimento, até um endereço de destino.
<i>Storage</i>	Endereçamento	Política que define o endereço de destino do item, ou onde o item deverá ser estocado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Existem processos que não envolvem a movimentação de materiais, mas que são relevantes para o gerenciamento de um armazém (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2007). Como exemplo, cita-se a Contagem Cíclica (CC), que é amplamente praticada para controle da acuracidade de inventário (DEHORATIUS; RAMAN, 2008). A CC é a contagem planejada e contínua de um determinado conjunto de itens durante um período temporal pré-definido, com objetivo de identificar os erros de registro de inventário e as causas da divergência (GUMRUKCU; ROSSETTI; BUYURGAN, 2008).

Segundo Christopher (2005), considerando o ponto de vista do *marketing*, o tempo decorrido desde o recebimento do pedido de um cliente até sua entrega é fundamental. Além disso, a confiabilidade ou consistência desse *lead time* é um fator competitivo relevante (CHRISTOPHER, 2005). Os principais elementos que compõem o ciclo de vida de um pedido são mostrados na Figura 4.

Figura 4 - Etapas do ciclo de vida do pedido



Fonte: Adaptado de Christopher (2005).

A existência de gargalos, ineficiências e flutuações na demanda podem levar a uma redução substancial na confiabilidade da entrega (CHRISTOPHER, 2005). Segundo o autor, a montagem trata das atividades de *picking* (SP) e *packing* (embalagem do pedido).

A subseção seguinte trata da SP, um componente fundamental do atendimento de pedidos de cliente.

2.1.2 Separação de Pedidos

A SP é o processo de coleta de SKU que tem origem no locais (chamados, de agora em diante, de “endereço”) de armazenagem, realizado conforme os pedidos dos clientes (CHACKELSON *et al.*, 2013; CHAN; CHAN, 2011; CHEN *et al.*, 2010; DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016a, 2016b; HSIEH; HUANG, 2011; HSIEH; TSAI, 2006; MANZINI *et al.*, 2019; VAN GILS *et al.*, 2018; YU; DE KOSTER, 2008, 2010).

O processo de SP é acionado a partir do recebimento e processamento do pedido de um cliente, que resulta em uma lista de separação com os SKUs a serem coletados, cada qual em uma quantidade determinada (BARTHOLDI; EISENSTEIN; FOLEY, 2001).

A seleção de um método de separação de pedidos é uma decisão estratégica, uma vez que tem um amplo impacto em muitas outras decisões no projeto e operação do armazém (VAN GILS *et al.*, 2018). Segundo Gu, Goetschalckx e McGinnis (2007), em termos de processos de SP, cita-se como principais exemplos a Separação Discreta, Separação por Lote de Pedidos, Separação por Zona e Separação de Zona Sequencial com Lote.

Em termos de ferramentas, a indústria de movimentação de materiais introduziu tecnologias para facilitar a SP e aumentar a produtividade e a qualidade da coleta. Exemplos dessas ferramentas são *Pick-to-light* (PTL), *Picking by Voice* (PBV) e separação via terminal Rádio Frequência (RF) com coletores de dados (DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016b). Exemplo mais recente, e inserido no contexto da Indústria 4.0 (I4.0) é o *Vision Picking* (VP), que utiliza a Realidade Aumentada (RA) através de dispositivos como óculos inteligentes, *tablets* e *smartphones* (STOLTZ *et al.*, 2017).

A seção a seguir comenta sobre os fundamentos teóricos do eixo AD, a ADL voltada para armazéns e mais especificamente a ADL para a SP. Mais detalhes sobre sistemas e processos de SP serão mostrados na bibliometria, paralelamente à análise dos resultados, a fim de facilitar a leitura.

2.2 EIXO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A medição de desempenho consiste no processo de quantificar a ação (NEELY; GREGORY; PLATTS, 1995). O processo de medição e as métricas de desempenho têm um papel relevante desde a definição de objetivos da empresa no planejamento estratégico, passando pela própria avaliação de desempenho e pelo apoio à tomada de decisão para melhorias (BOURNE *et al.*, 2000; BOURNE; NEELY, 2003; FRANCO-SANTOS; LUCIANETTI; BOURNE, 2012; GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004; GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001).

Estudos e modelos de desempenho devem ser criados para ilustrar o grau de sucesso dos objetivos organizacionais preestabelecidos, permitindo assim a verificação da eficácia da estratégia e das técnicas adotadas (GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004)

É relevante definir o conceito de eficiência e eficácia, portanto. De acordo com Neely, Gregory e Platts (1995), a eficácia mede quanto dos objetivos foram atingidos, enquanto a eficiência é a medida que ilustra o uso dos recursos usados para atingir os objetivos. Sendo assim, os autores definem que:

- Medição de desempenho - processo de quantificar a eficiência e eficácia de uma ação;
- Medida de desempenho - métrica usada para quantificar a eficiência ou eficácia da ação; e
- Sistema de medição de desempenho - conjunto de métricas usado para quantificar tanto a eficiência quanto a eficácia de ações.

Existem duas abordagens para a mensuração do desempenho: a abordagem econômica, relacionada ao custo; e a técnica, relacionada às entradas e saída do processo (JOHNSON; MCGINNIS, 2011). Todas as abordagens de medição de desempenho são incompletas em sua essência, já que cada uma possui um propósito específico (NEELY; ADAMS; CROWE, 2001). Por isso, para ter eficácia na medição do desempenho, as métricas devem representar os objetivos organizacionais e refletir um equilíbrio entre medidas financeiras e não financeiras relacionadas aos aspectos estratégicos, táticos e operacionais da organização (GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001).

Para obter esse equilíbrio, Maskell (1991) sugere que o desempenho financeiro é relevante pois destaca o sucesso de estratégias; enquanto indicadores não financeiros são mais adequados para determinar o controle operacional. Em razão disso, Gunasekaran, Patel e Mcgaughey (2004) comentam que as métricas usadas na medição do desempenho devem ser aquelas que capturam a essência do desempenho geral da organização.

Segundo Tezza, Bornia e Vey (2010), a Revolução Industrial trouxe uma mudança de paradigma, do artesanato para a indústria, exigindo que gerentes utilizassem indicadores para a tomada de decisões, a ser feita com base em informações sobre o custo por hora identificado nos processos de transformação da matéria-prima em produtos acabados.

Contextualizando historicamente a evolução da AD, Bititci *et al.* (2012) apontam que a Era Industrial foi caracterizada pelo surgimento de modelos de manufatura em massa, características do Fordismo e Taylorismo.

Frederick Taylor fundou a Administração Científica para medir de forma mais precisa a quantidade de material, mão-de-obra e tempo de máquina necessários à produção (KAPLAN;

COOPER, 1998). Dessa forma, Taylor promoveu o controle da produtividade e o uso de informações para estipular metas e conceder remuneração adicional aos funcionários mais produtivos na indústria siderúrgica dos Estados Unidos (TAYLOR, 1911).

Tradicionalmente, as medidas de desempenho na indústria foram baseadas principalmente em sistemas de contabilidade gerencial (GHALAYINI; NOBLE, 1996). O uso de dimensões não financeiras na AD começou na Europa durante o período entreguerras, quando a indústria francesa passou a utilizar o *Tableau de Bord* (tradução livre como “painel de controle”), adotando indicadores de produtividade com propósito de verificar o desempenho operacional do chão de fábrica (MALO, 1995; PEZET, 2007).

A evolução do controle, agregando aos indicadores financeiros um conjunto maior de dimensões, como qualidade, tempo, custo e flexibilidade, reflete a evolução industrial no século XX (NUDURUPATI *et al.*, 2011). Os autores comentam que, a partir de 1960, mais as empresas passaram a adotar indicadores não financeiros, focados em qualidade, velocidade e flexibilidade. Rey (1998) propõe quatro elementos básicos para avaliação do desempenho, que são o Tempo, Custo, Qualidade e Produtividade.

Eventos históricos influenciaram a evolução do controle, como a perda de mercado das empresas norte-americanas para concorrentes estrangeiros capazes de fornecer produtos de alta qualidade com baixo custo (GHALAYINI; NOBLE, 1996). Além disso, o sucesso de empresas japonesas na segunda metade do século passado, especialmente as que fizeram bom uso do Sistema Toyota de Produção, que conquista notoriedade mundial como “*Lean Manufacturing*” (WOMACK; JONES; ROOS, 1991).

Diversos autores propõem classificação das eras da AD. Ghalayini e Noble (1996), por exemplo, dividem a evolução da AD em duas fases:

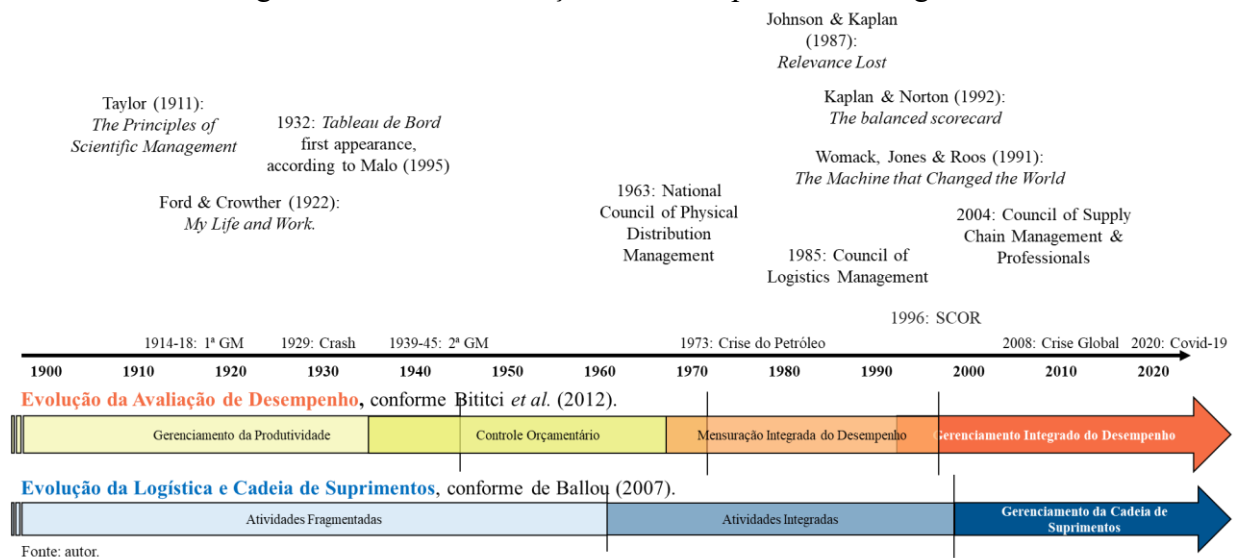
- Fase 1: de 1880 a 1980, com amplo uso de medidas financeiras tradicionais, como lucro e retorno sobre investimentos;
- Fase 2: desde 1980, ambiente competitivo e globalizado.

Esta pesquisa adota a classificação de Bititci *et al.* (2012), que propõem uma categorização histórica nos seguintes períodos:

1. 1900 a 1940: Gerenciamento da Produtividade;
2. 1930 a 1970: Controle Orçamentário;
3. 1960 a 1990: Medição Integrada de Desempenho; e
4. Desde 1990: Avaliação Integrada de Desempenho.

A Figura 5 concatena a evolução das duas eras consideradas nesta pesquisa para avaliação temporal do PB: as eras da AD, conforme Bititci *et al.* (2012), e as eras da Logística, conforme Ballou (2007). A figura também ilustra algumas das principais obras com forte influência na evolução da AD (FORD; CROWTHER, 1922; KAPLAN; JOHNSON, 1987; KAPLAN; NORTON, 1992; TAYLOR, 1911; WOMACK; JONES; ROOS, 1991).

Figura 5 - Eras da Avaliação de Desempenho e da Logística



Fonte: elaborada pelo autor, mediante adaptação de Bititci *et al.* (2012) e Ballou (2007).

2.2.1 Avaliação de desempenho logístico

Ao avaliar o desempenho e a eficácia da CS, são necessárias medidas que promovam uma perspectiva integrada, relacionando a empresa e seus parceiros (BOWERSOX; CLOSS, 2011).

O controle de fluxo na CS está associado ao fluxo de materiais e à programação das atividades, considerando as restrições de recursos e tempo (GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004). Tanto Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) quanto Gunasekaran, Patel e Tirtiroglu (2001) comentam que esse controle deve tentar atender aos objetivos competitivos e estratégicos das CS nas dimensões qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo.

Segundo Bowersox e Closs (2011), a ADL tem como objetivo monitorar, controlar e direcionar as operações logísticas, comparando os resultados obtidos com os esperados. A ADL deve abordar atividades logísticas em 5 dimensões: transporte, armazenagem, estoques, manuseio de materiais e processamento de pedidos (BALLOU, 2007).

Bowersox e Closs (2011) dividem as medidas para ADL em medidas externas, que envolvem a percepção dos clientes e o *benchmarking* das melhores práticas para desenvolvimento de novas estratégias; e medidas internas, que são divididas em cinco categorias ou dimensões: custos, nível de serviço ao cliente, produtividade, mensuração de ativos e qualidade.

Beamon (1999) desenvolveu uma estrutura para a seleção de medidas de desempenho para CS, observando que são necessários três tipos de medidas de desempenho: recursos; produção ou saída (*outputs*); e flexibilidade. O Quadro 3 mostra os tipos de medição de desempenho, objetivos e suas respectivas justificativas.

Quadro 3 - Objetivos dos tipos de medição de desempenho

Tipo	Objetivo	Justificativa
Recursos	Alto nível de eficiência	O gerenciamento eficiente de recursos é crítico para a rentabilidade.
Saída	Alto nível de serviço ao cliente	Sem resultados aceitáveis, os clientes buscarão a concorrência.
Flexibilidade	Capacidade de responder a mudanças	Em um ambiente incerto, CS devem ser capazes de responder a mudanças.

Fonte: adaptado de (BEAMON, 1999).

Gunasekaran, Patel e Mcgaughey (2004) exemplificam as principais medidas nos planos estratégico, tático e operacional para modelos de ADL em CS:

- Nível estratégico - *lead time*, nível de qualidade, custo e comparação entre preços de fornecedores;
- Nível tático - eficiência no tempo de ciclo do pedido, fluxo de caixa, metodologia de garantia da qualidade e flexibilidade de capacidade;
- Nível operacional - capacidade da representação técnica atual, aderência ao cronograma desenvolvido, capacidade de evitar reclamações e realização de entregas sem defeitos.

Rey (1998) comenta que a construção dos indicadores de desempenho deve ser voltada a melhorar a competitividade da empresa ou organização. A autora propõe quatro elementos

básicos para avaliação do desempenho: Tempo, Custo, Qualidade e Produtividade; observando, contudo, que um SAD pode avaliar o desempenho de uma empresa somente quando tem a capacidade de demonstrar quantitativamente o impacto da estratégia da empresa sobre os resultados da organização. De acordo com essa abordagem, as empresas deveriam adotar referências que contribuam para melhorar sua posição diante da concorrência, destacando-se a importância do *Benchmarking*.

Jafari (2015) comenta que a flexibilidade se tornou um tópico importante para o gerenciamento operacional nas duas últimas décadas do século passado. Essa importância se deve à necessidade de contar com uma manufatura flexível, bem como com uma CS flexível (YU; CADEAUX; SONG, 2012).

Gunasekaran, Patel e Mcgaughey (2004) definem flexibilidade como a capacidade de fornecer produtos e serviços que atendam às demandas e necessidades individuais de clientes. Para Jafari (2015), a flexibilidade logística corresponde à capacidade de responder às mudanças com rapidez e eficiência. Essas mudanças podem ser alterações nas necessidades dos clientes, alterações nas operações de entrada, saída, distribuição e suporte (ZHANG; VONDEREMBSE; LIM, 2005). A flexibilidade em CS pode ser considerada como crítica (GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004).

No entanto, existe uma intangibilidade inerente à flexibilidade, o que a torna difícil de medir em determinados casos (GUNASEKARAN; KOBU, 2007). A flexibilidade deve ser vista como uma medida de potencial, aplicada a outros objetivos de produção, como volume ou entrega, considerando múltiplas dimensões (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). As medidas de flexibilidade são distintas de medidas de utilização de recursos e verificação de resultados (BEAMON, 1999). A flexibilidade mede o comportamento potencial; portanto, ela não precisa ser demonstrada pelo sistema para mostrar que existe (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

2.2.2 Avaliação de desempenho logístico no armazém

Avaliar o desempenho econômico em armazéns é difícil, porque sua função não é gerar receita, mas apoiar a CS (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2010). No entanto, os autores comentam que a ADL em armazéns é importante desde o momento do desenho e configuração da planta até o estágio de planejamento da operação em si.

O tema é explorado com distintas abordagens na literatura, que diferem em termos do estabelecimento de objetivos, da maneira de medir esses objetivos, do tipo de sistema de armazenagem, do foco e das ferramentas usadas para medição (STAUDT *et al.*, 2015). Os autores comentam que medidas tradicionais de desempenho logístico em armazéns são compostas por dois tipos de métricas:

- Diretas (*hard*) - medidas quantitativas; e
- Indiretas (*soft*) - medidas qualitativas.

Indicadores diretos são geralmente classificados nas quatro dimensões de AD mais usadas em indústrias: tempo, qualidade, custo e produtividade (BARUFFALDI *et al.*, 2020; STAUDT *et al.*, 2015). Essa observação condiz com o modelo de Rey (1998), no entanto, Staudt *et al.* (2015) observam que algumas pesquisas usam flexibilidade em vez de produtividade como a quarta dimensão, com por exemplo Beamon (1999), Gunasekaran e Kobu (2007) e Neely, Gregory e Platts (1995).

Exemplos de pesquisas de ADL com foco na Armazenagem podem ser encontrados em Accorsi, Manzini e Maranesi (2014), que apresentam um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para o projeto, gestão e controle do armazém. Hwang e Cho (2006) projetam um armazém de separação de pedidos a fim de minimizar o número de movimentações e o tempo de deslocamento esperado com propósito de melhorar o desempenho dos separadores.

Johnson e McGinnis (2011) descrevem uma nova metodologia para avaliar a eficiência técnica do armazém, com base em dados empíricos; integrando várias abordagens estatísticas e os novos resultados derivados da aplicação do método a uma grande amostra de armazéns.

Collins *et al.* (2006) executam uma análise de *benchmarking* para identificar o melhor desempenho (*best in class*) em métricas que envolvem a acuracidade do registro de inventário em armazéns do setor público. Laosirihongthong *et al.* (2018) examinam como as medidas de desempenho geral do armazém são influenciadas por medidas de desempenho individuais em três setores (manufatura, 3PL e varejo). Wu, De Koster e Yu (2020) pesquisam o tempo de resposta do pedido do cliente e o desempenho em armazéns, concluindo que dependem fortemente das estratégias de armazenamento implementadas.

Baruffaldi *et al.* (2020) apresentam um estudo de caso sobre a implementação da estrutura proposta no CD de um provedor italiano de 3PL para introduzir uma nova política de endereçamento e alocação de separadores com propósito de reduzir o tempo de deslocamento na SP.

2.2.3 Avaliação de desempenho logístico na separação de pedidos

Considerando o foco desta dissertação na ADL da SP, a maior parte da literatura tem se concentrado no objetivo de minimizar o tempo total de separação de pedidos (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2007).

Várias medidas a serem consideradas já na concepção de um armazém têm forte relação com a SP (CHACKELSON *et al.*, 2013). As mais utilizadas pela academia são: *Order maturity time* (OMT, tempo de vencimento do pedido, em tradução livre), *Total picking time* (TPT, tempo total de separação, em tradução livre) e *Average equipment utilization* (utilização média do equipamento, em tradução livre) (PETERSEN; AASE; HEISER, 2004; YU; DE KOSTER, 2010).

Esse desempenho é influenciado por diversos fatores, como: políticas de endereçamento, políticas de roteirização, estrutura de pedidos, sistemas de armazenamento, tamanho máximo do lote etc. (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2007).

Pesquisas acadêmicas relacionadas à promoção de melhorias no desempenho da SP geralmente focam no desenho do armazém, processo de separação, políticas de roteirização e endereçamento, zoneamento e agrupamento de pedidos em lotes (CHAN; CHAN, 2011; PETERSEN; AASE; HEISER, 2004; YU; DE KOSTER, 2008). Outro fator importante no desempenho da SP é a curva de aprendizado e a experiência, quando relacionada à memorização da localização dos itens (GROSSE; GLOCK, 2013).

Observa-se certa discordância, na literatura sobre qual dos fatores supracitados tem maior impacto na SP. Segundo Caron, Marchet e Perego (2000), a configuração (*layout*) do armazém seria responsável por 60% na distância percorrida pelo separador na execução do processo de SP. Em contraste, Chan e Chan (2011) comentam que a política de endereçamento dos itens na área de separação é o fator que mais afeta a SP. Em outras palavras, os autores relacionam maior familiaridade com o armazém à diminuição do tempo de deslocamento na separação.

Outra questão relevante é o bloqueio da passagem do separador, resultante de políticas de endereçamento e roteirização ineficientes, das quais decorrem áreas de separação com alta densidade e congestionamento no fluxo de pessoas e equipamentos (VAN GILS *et al.*, 2018).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa exploratória consiste em explorar o tema buscando criar familiaridade em relação a um fato ou fenômeno, geralmente feita por intermédio de um levantamento bibliográfico (GIL, 2002). O mesmo autor define que a pesquisa descritiva envolve a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados; questionário e observação sistemática. Em geral, assume a forma de levantamento.

De acordo com as definições de Gil (2002), a pesquisa é exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa. Considera fontes de informação bibliográficas e utiliza questionário como ferramenta para validação de dimensões, coleta de indicadores e sugestões de *experts* do mercado de trabalho.

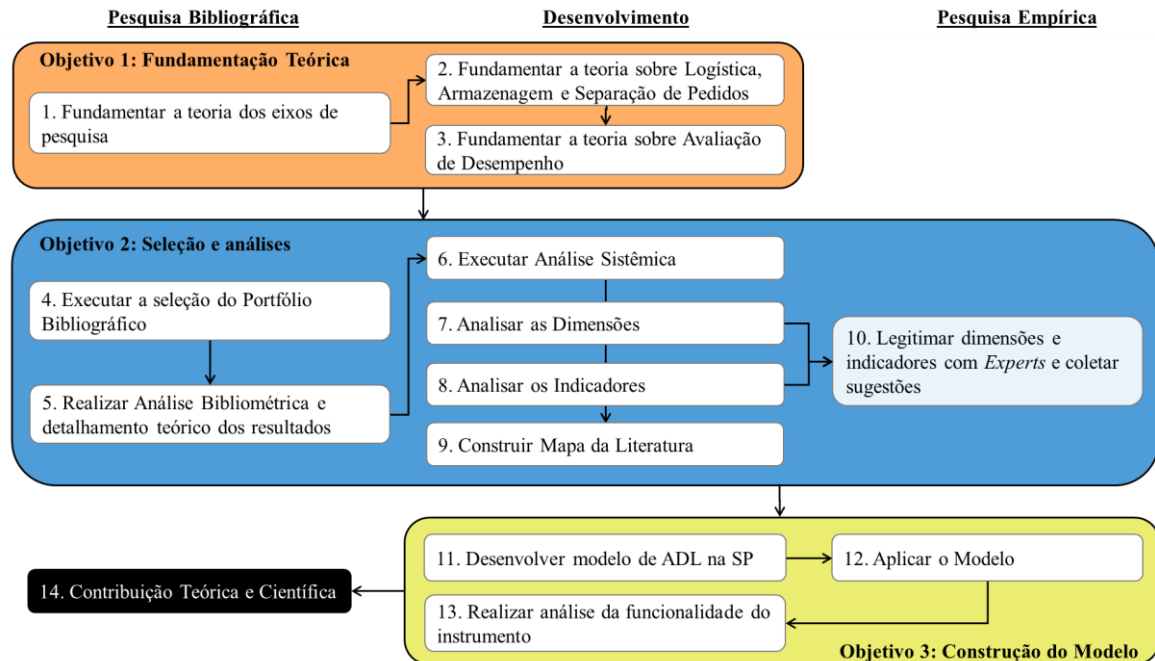
A seleção do PB utilizou o ProKnow-C (*Knowledge Development Process-Constructivist*), que é, de acordo com Bortoluzzi *et al.* (2013), um processo estruturado que proporciona aos pesquisadores a identificação de oportunidades de pesquisa científica. O ProKnow-C adota uma abordagem construtivista, com base na qual o conhecimento do pesquisador é construído a partir do processo (ENSSLIN *et al.*, 2014). Por esse motivo existe uma pergunta inicial de pesquisa, que é reestruturada ao final as análises bibliométrica e sistêmica.

3.1 PILARES DA PESQUISA

A pesquisa é dividida em 3 pilares de acordo com os objetivos específicos apresentados na seção 1.3.2. Os três pilares são: Pesquisa Bibliográfica, Desenvolvimento da Pesquisa e Pesquisa Empírica.

A Figura 6 apresenta todas as 14 etapas a serem desenvolvidas no trabalho. Objetivo 1 da pesquisa é a Fundamentação Teórica, onde o pesquisador constrói maior familiaridade com o tema, através da fundamentação da teoria dos eixos de Pesquisa. O Objetivo 2 refere-se às análises executadas. A seleção do PB consiste em identificar um fragmento da literatura acadêmica sobre o tema, desde artigos científicos publicados em periódicos. A seguir, é feita a análise bibliométrica e sistêmica do PB, para então realizar uma análise das dimensões de desempenho na SP utilizadas neste fragmento da literatura, bem como os indicadores de desempenho utilizados na SP.

Figura 6 – Pilares e etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

De posse do conhecimento geradas por essas análises, o pesquisador sintetiza essa informação para a construção de um Mapa da Literatura. Por fim, é feita uma legitimação dos principais dimensões e indicadores do PB através de um questionário, que foi elaborado com o propósito de identificar os indicadores de preferência dos especialistas e coletar indicadores com base em sugestões de *experts* (profissionais do mercado, especialistas, gestores, acadêmicos e tomadores de decisão familiarizados com o tema da pesquisa).

O questionário é voltado à coleta da opinião do *estado da prática*, a fim de validar e expandir as dimensões e indicadores coletados da literatura acadêmica (*estado da arte*) e, assim, construir um modelo de ADL para SP que seja útil a empresas e organizações. O questionário foi aplicado no período novembro de 2020 a janeiro de 2021 utilizando a plataforma Google e para a compilação dos resultados utilizou-se planilha eletrônica do Microsoft Excel®.

A Construção do Modelo refere-se ao objetivo 3, onde ocorre o desenvolvimento do modelo, a aplicação deste em um armazém simulado e, por fim, a análise da funcionalidade do instrumento. A etapa final (14) é a Contribuição Teórica e Científica, que representa a conclusão da pesquisa.

As seções seguintes apresentam a ferramenta para seleção do portfólio bibliográfico, o processo de seleção e a análise de representatividade executada.

3.2 DELIMITAÇÕES DO PROCESSO DE SELEÇÃO

Para executar o processo de seleção do PB via ProKnow-C, definiu-se uma limitação temporal de 15 anos, com o propósito de identificar publicações mais recentes sobre o tema, a fim de identificar tendências, lacunas e oportunidades de pesquisa.

O propósito das palavras-chave foi selecionar um fragmento da literatura acadêmica sobre o tema, a fim de identificar quais são os sistemas, processos, políticas mais destacados. Por isso, a pesquisa buscou modelos de ADL na SP, sem se limitar a um sistema específico de SP (se manual ou automático, por exemplo), subsistema (*picker-to-parts*, *put* ou *parts-to-picker*) ou definir como objeto de pesquisa um processo de separação particular (se separação discreta ou por zona, por exemplo). O processo de busca nas bases também não estabeleceu uma situação operacional, dimensão de desempenho ou conjunto de indicadores específicos.

3.3 SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

As subseções a seguir tratam da ferramenta para seleção do PB, o processos de seleção e sus etapas, e a análise de representatividade.

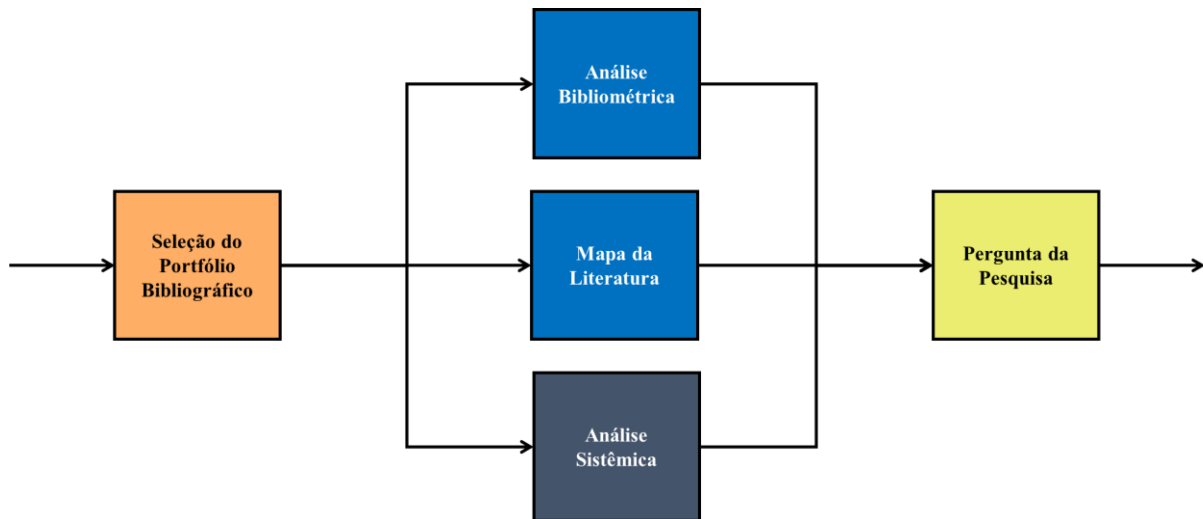
3.3.1 Ferramenta para seleção

A ferramenta para seleção do PB escolhida foi o ProKnow-C, cientificamente reconhecido através de diversas pesquisas (DUTRA *et al.*, 2015; ENSSLIN *et al.*, 2014; MARTINS; ENSSLIN; DUTRA, 2018; MATOS *et al.*, 2019; MORO; ENSSLIN, 2018; SOARES; ROSA; ENSSLIN, 2017).

O ProKnow-C foi criado para identificar um conjunto de artigos relevantes sobre um determinado tema de pesquisa, com base em uma abordagem construtivista (ENSSLIN *et al.*, 2014; MATOS *et al.*, 2019; NILSON *et al.*, 2016; THIEL; ENSSLIN, 2016). O início das pesquisas para consolidação do método ocorreu em 2005, no Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão (LabMCDA), localizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (ENSSLIN *et al.*, 2014).

As etapas que compõem o ProKnow-C são a Seleção do PB, Análise Bibliométrica, Análise Sistemática e Mapa da Literatura (TASCA *et al.*, 2010). As macro etapas são sintetizadas na Figura 7.

Figura 7 - Macro etapas do ProKnow-C



Fonte: adaptado de (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019).

Na etapa de Seleção do PB, deseja-se conhecer as pesquisas científicas relevantes que representam o fragmento da literatura relativo ao tema (DUTRA *et al.*, 2015; ENSSLIN *et al.*, 2014). Os autores comentam que na Bibliometria o pesquisador conhece os agentes de destaque do fragmento da literatura relativo ao tema, e no Mapa da Literatura procura estabelecer perspectivas evolutivas para a área de conhecimento.

Finalmente, na análise sistêmica o pesquisador identifica lacunas e oportunidades de pesquisa. De acordo com o ProKnow-C, após adquirir conhecimento sobre o fragmento da literatura relativo ao tema, o pesquisador formula (ou reformula) sua pergunta de pesquisa.

3.3.2 Processo de seleção

As bases de dados escolhidas para seleção da PB foram *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village*. O procedimento de coleta de dados para a pesquisa foi executado em março de 2020 e considerou as seguintes delimitações:

- Pesquisa com as palavras-chave realizada no título, resumo e palavras-chave dos artigos;

- Artigos publicados em periódicos científicos; e
- Artigos publicados até 2020.

Nessa etapa, não houve delimitação temporal. Os eixos de pesquisa e suas respectivas palavras-chave foram os relacionados a seguir.

Eixo 1 - Avaliação de Desempenho:

- *Performance Evaluation*;
- *Performance Measure**;
- *Performance Management*;
- *Performance Metric**;
- *Performance Assessment**;
- *Performance Indicator**;
- *Logistic* Performance*; e
- *Warehouse Performance*.

Eixo 2 – Separação de Pedidos:

- *Picking*;
- *Pick**;
- *Order-Pick**;
- *Order Picking*;
- **Pick**; e
- *Order Processing*.

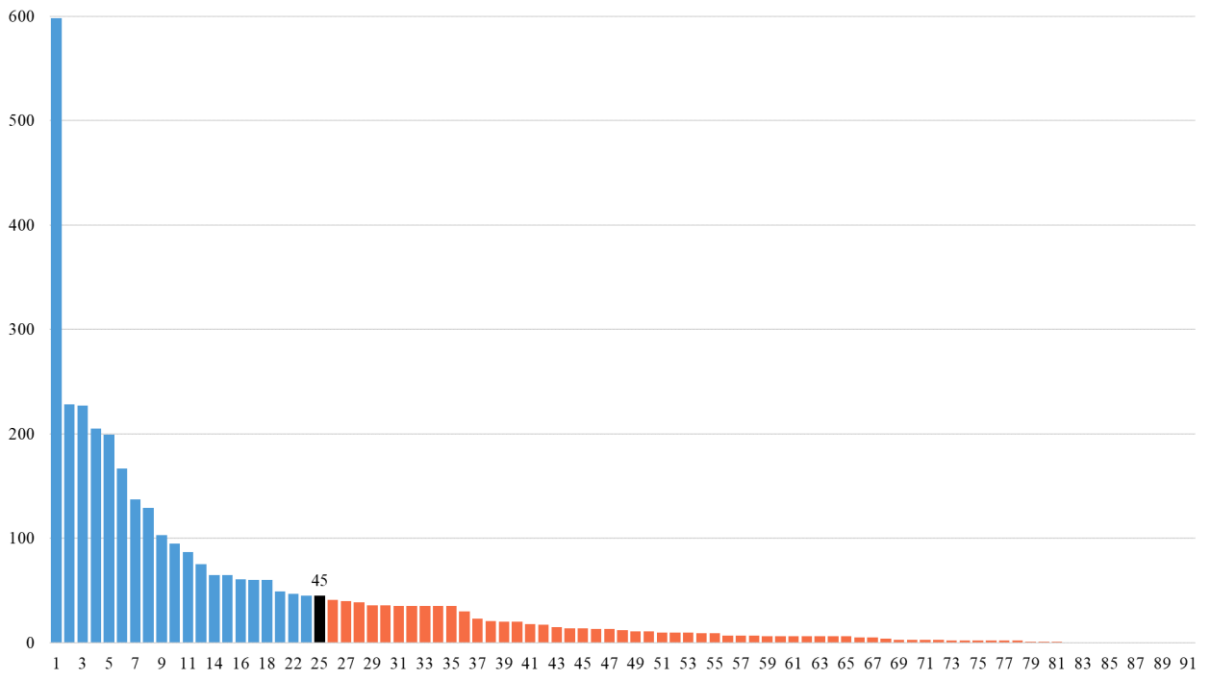
As bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village* resultaram, respectivamente, em 512, 329 e 88 trabalhos. Todos os 929 documentos foram carregados no *software* de gerenciamento de referência EndNote 7.0. Após a eliminação de redundâncias (títulos iguais provenientes de distintas bases, por exemplo), 572 artigos tiveram seus títulos analisados. Destes, somente 91 tinham título alinhado ao tema, de modo que o restante foi excluído.

O próximo passo foi determinar a relevância científica dos artigos, com base no número de citações por pares. O procedimento foi executado, em março de 2020, verificando as citações das pesquisas no *Google Scholar*. Segundo dita o ProKnow-C, foram criados dois repositórios, Repositório K (RK) e Repositório P (RP). O RK contém todos os artigos em que

as citações por pares somam 80% do total de citações, o que determinou uma nota de corte de 45 citações.

A Figura 8 mostra as citações por pares dos 91 artigos. Na abscissa, mostra-se o código definido para cada artigo, que pode ser identificado no APÊNDICE A; e na ordenada, a quantidade de citações por pares, conforme contabilidade do *Google Scholar* em março de 2020. Destaca-se na Figura o corte em 45 citações.

Figura 8 - Seleção do Portfólio Bibliográfico



Fonte: Elaborado pelo autor.

Desse modo, os artigos foram divididos em dois novos repositórios:

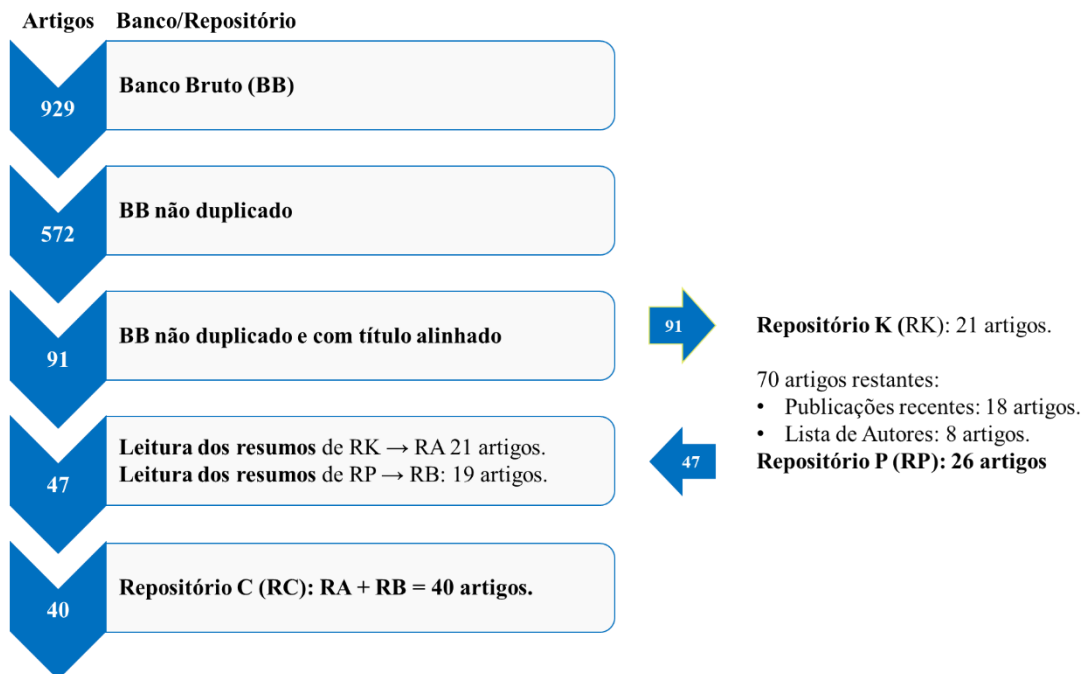
- RK: 21 artigos, com um mínimo de 45 citações; e
- RP: 66 artigos, com menos de 45 citações.

A definição do RP teve dois subprocessos: filtragem por data de publicação e filtragem por autor. Na filtragem por data de publicação, todos os artigos publicados entre 2018 e 2020 foram selecionados. Esse procedimento visa evitar a exclusão de artigos relevantes que, publicados recentemente, não teriam tido tempo suficiente para superar a nota de corte. De todos os 48 artigos de RP, 18 foram publicados entre 2018 e 2020 e, conseqüentemente, selecionados para compor o Repositório B (RB).

Para a filtragem por autor, foi criada uma lista de autores abarcando todos os pesquisadores dos artigos de RK, para então se buscar em RP artigos publicados por autores dessa de RK. Esse processo resultou na seleção de 8 artigos. Todos os 26 resumos dos artigos selecionados de RP foram analisados e, destes, 19 artigos foram selecionados para RB. O Repositório C (RC), que corresponde à soma dos RA e RB, é composto pelos 40 artigos com título e resumo alinhados à AD na Separação.

A Figura 9 mostra as etapas de seleção do PB conforme dita o ProKnow-C, com o número de artigos em cada banco e em cada repositório.

Figura 9 - Etapas de seleção do PB e artigos em cada banco e repositório



Fonte: Elaborado pelo autor.

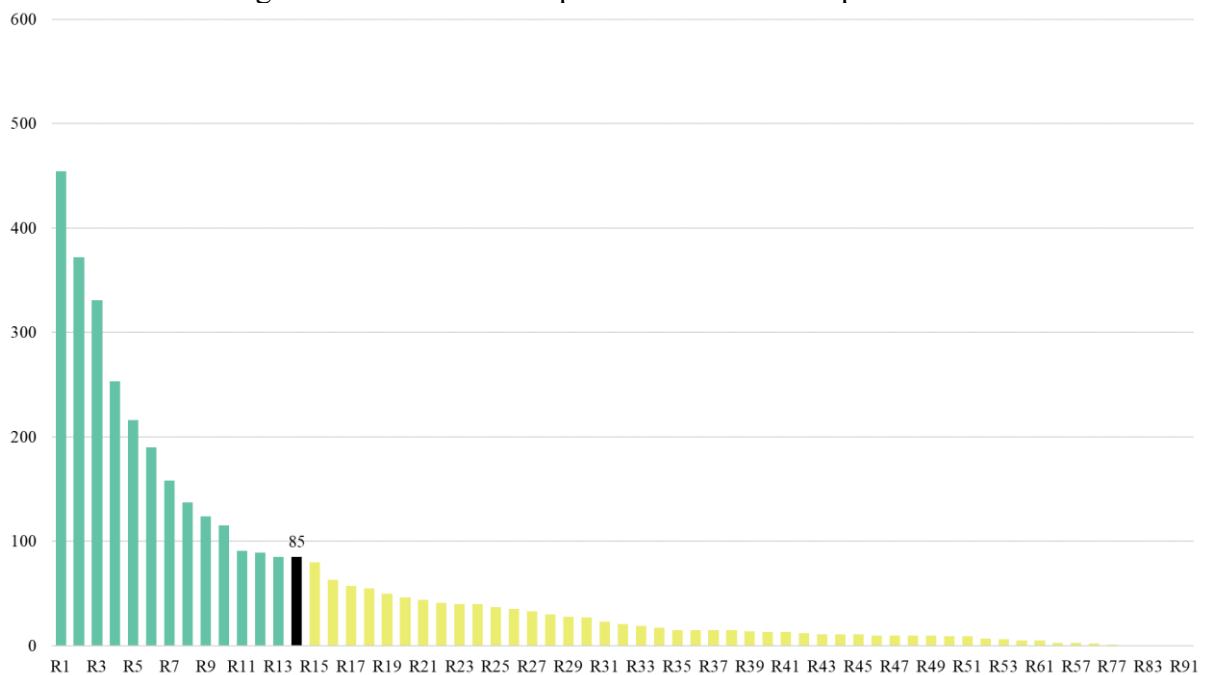
3.3.3 Análise de Representatividade

A Análise de Representatividade consiste em um processo que considera a seleção de trabalhos a partir das referências utilizadas por artigos já selecionados. Nesta pesquisa, optou-se por executar a Análise de Representatividade nas referências dos artigos do RA, gerando assim, um Banco Bruto de Referências (BBR) de RA. Desse modo, todas as 1.487 referências dos 21 artigos do RA foram selecionadas e inseridas em uma nova base, no EndNote 7.0, chamada Base de Referências (BR). Após a eliminação de redundâncias e trabalhos fora das delimitações definidas, os títulos dos 777 artigos restantes foram lidos, dos quais foram excluídos 686. Repetindo a sequência de passos proposta pelo ProKnow-C (agora para BR), foi

determinado o número de citações por pares, usando-se o *Google Scholar*, procedimento também executado em março de 2020. Foram criados os Repositórios de Referências K (RRK) e Repositórios de Referências P (RRP). A nota de corte mínima definida para a AR foi 70% do volume total de citações das referências, o que significa o mínimo de 85 citações.

A Figura 10 mostra as citações por pares dos artigos para AR. Na abcissa constam os códigos de cada artigo, que podem ser vistos no APÊNDICE 1; e nas ordenadas, a quantidade de citações por pares de março de 2020. Destaca-se na figura o corte em 85 citações.

Figura 10 - Análise de Representatividade do repositório A



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a leitura dos títulos e eliminação de redundância, 91 artigos foram divididos em dois novos repositórios:

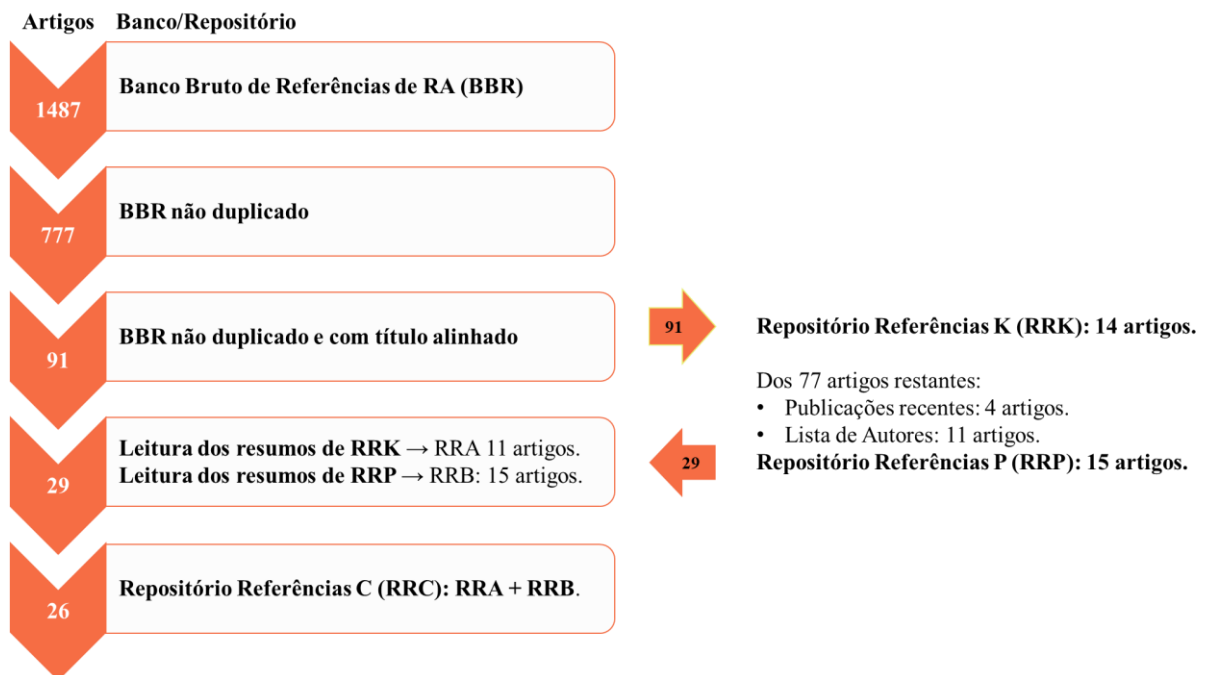
- RRK: 14 artigos, com um mínimo de 85 citações; e
- RRP: 77 artigos, com menos de 85 citações.

A leitura dos resumos do RRK resultou na eliminação de 3 artigos, ficando os 11 restantes armazenados em um novo Repositório de Referências A (RRA). Dos 77 artigos de RRP, 4 foram publicados entre 2018 e 2020 e, conseqüentemente, selecionados para compor o Repositório de Referências B (RRB). Para os demais artigos de RRP, foi usada a mesma Lista de Autores de RA, resultando na seleção de mais 11 artigos. O resumo dos 15 artigos

selecionados de RRP foram analisados e selecionados, compondo finalmente o RRB. O Repositório de Referências C (RRC), que corresponde à soma dos RRA e RRB, resulta em 26 artigos com título e resumo alinhados ao tema. Portanto, a seleção inicial do RC contém 40 artigos, os quais, somados aos 26 artigos de RRC, resultam em 66 trabalhos.

A Figura 11 mostra as etapas da análise de representatividade realizadas nas referências de RA.

Figura 11 - Etapas da Análise de Representatividade em RA



Fonte: Elaborado pelo autor.

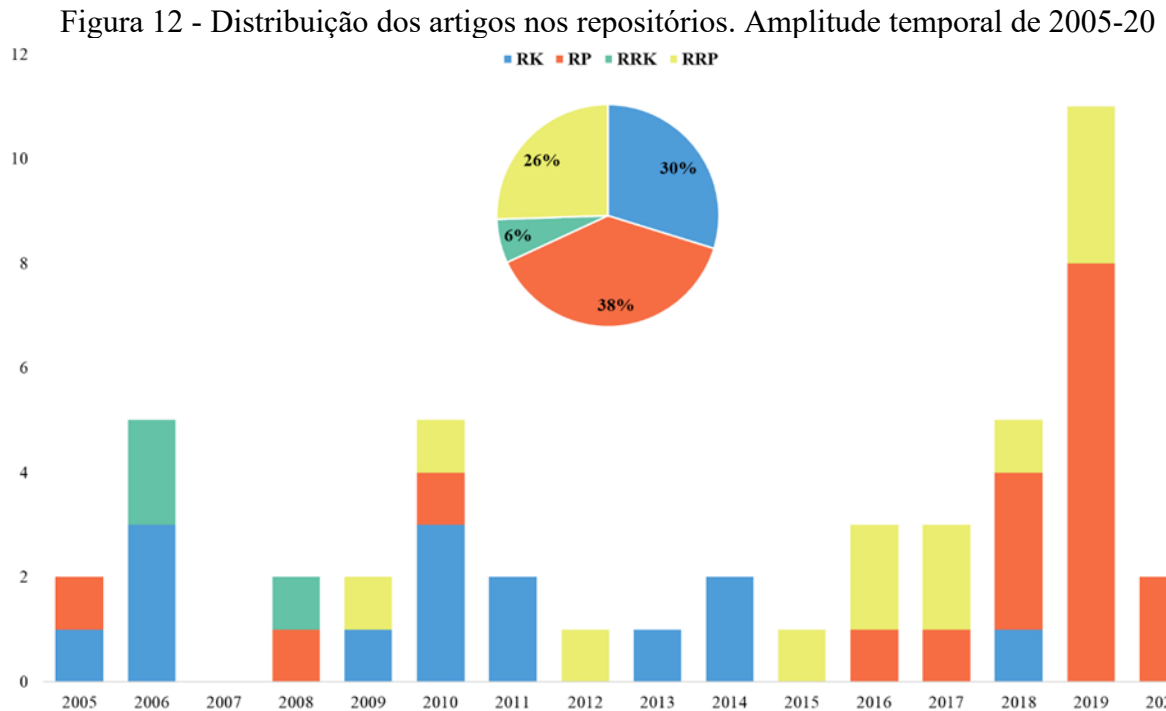
Os artigos selecionados até agora não tiveram limitação temporal, pois inicialmente desejava-se identificar a evolução temporal do tema para servir como portfólio bibliográfico para futuras publicações em periódicos. A Tabela 2 mostra a quantidade de artigos em cada repositório, ainda sem delimitação temporal.

Tabela 2 - Quantidade de artigos em cada repositório, sem delimitação temporal

Total	RK	RP	RRK	RRP
66	21	19	11	15

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando a limitação temporal de 15 anos, 47 artigos foram publicados a partir de 2005. A Figura 12 mostra a quantidade de artigos em cada um dos quatro repositórios, na ordenada, e o ano de publicação na abscissa.



A leitura do texto completo desses 47 artigos resultou na seleção de 40 artigos para composição do PB final.

A próxima seção trata da legitimação junto aos experts, convidados para responder um questionário destacando suas preferências sobre os indicadores de desempenho.

3.4 LEGITIMAÇÃO DE EXPERTS

A elaboração do instrumento de pesquisa teve pretensão de utilizar como fonte de informações o estado da arte (pesquisa bibliográfica na literatura acadêmica) e o estado da prática (visão empírica de gestores e tomadores de decisão com experiência no tema).

Para criação do questionário de validação de dimensões e indicadores junto aos *experts*, foi utilizada a escala Likert para apenas uma pergunta, onde foi necessário definir a preferência dos respondentes a conjunto de opções. Para as demais questões, foi utilizada a

escolha simples. A escala de Likert, introduzida por Rensis Likert em 1932, consiste em uma escala psicométrica utilizada amplamente em pesquisas que empregam questionários (LI, 2013). Segundo o autor, quando usada com redação apropriada, possibilita dimensionar as respostas relacionadas à opinião, atitude ou crença. Segundo Li (2010, 2013), em uma escala Likert de 5 pontos, por exemplo, cada ponto pode ser rotulado de acordo com o nível de concordância: 1 = discordo totalmente; 2 = discordo; 3 = nem discordo nem concordo; 4 = concordo; e 5 = concordo totalmente.

A popularidade do método Likert se deve, principalmente, a três fatores: facilidade de construção, a possibilidade de usar inferência estatística nos resultados da medição numérica e uma boa confiabilidade nas medições (LI, 2010). Existe um debate sobre a escala Likert ser ordinal ou intervalar (JAMIESON, 2004). (LI, 2010, 2013) comenta que, embora o próprio Likert tenha assumido que seu método consiste em uma escala intervalar, existem autores que consideram a escala Likert como ordinal por natureza (HODGE; GILLESPIE, 2003). É uma questão relevante que limita seu potencial de ação, pois uma escala intervalar convencional implica que as diferenças entre quaisquer duas medidas consecutivas reflitam diferenças iguais na variável medida; no entanto, essa suposição não é legítima na Escala Likert (LI, 2010, 2013). Cohen, Manion e Morrison (2018) apontam que não se pode supor que a intensidade do sentimento entre dois pontos consecutivos, como "discordo totalmente" e "discordo", seja equivalente à intensidade do sentimento entre outras categorias consecutivas, como "discordo" e "nem discordo nem concordo". Desse modo, as escalas Likert falham em intervalos aproximados de dados ordinais (RUSSELL; BOBKO, 1992).

Esta pesquisa segue a proposta de Ensslin, Ensslin e Dutra (2019), que consideram a escala Likert como ordinal. Portanto, procedimentos estatísticos permitidos são a Contagem, bem como as medidas de posição moda e mediana; o principal procedimento não permitido é a média.

A mediana é a medida de tendência central que divide a distribuição em duas partes iguais, ou seja, corresponde ao valor que fica no meio da série ordenada, de tal forma que o número de elementos situados antes desse valor é igual ao número de elementos que se encontram após esse mesmo valor (AZEVEDO, 2016; CORREA, 2003). Por sua vez, moda é o valor que ocorre com maior frequência em um conjunto de dados, denominado valor modal (FONSECA; MARTINS, 1996).

As próximas seções referem-se à análise bibliométrica das variáveis básicas e avançadas, à análise sistêmica e à construção de um Mapa da Literatura baseado no PB selecionado.

4 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Existem dois tipos de variáveis para análise bibliométrica: básicas e avançadas (ENSSLIN *et al.*, 2014). Variáveis básicas são aquelas que apresentam características gerais do tema, coletadas sem necessidade de reflexão; enquanto as variáveis avançadas são aquelas que demandam reflexão e análise crítica do pesquisador (ENSSLIN *et al.*, 2010).

Os 40 artigos do PB são compostos por duas revisões de literatura sobre o tema, e 38 modelos de ADL. As seções seguintes tratam das Análise Bibliométrica das variáveis básicas e avançadas dos 38 modelos de ADL do PB.

As variáveis básicas analisadas são:

- sistemas de SP;
- características e políticas dos sistemas de SP; e
- processos de SP.

As Variáveis Avançadas analisadas nesta pesquisa são:

- evolução temporal das publicações;
- ciclo de vida dos sistemas de AD;
- dimensões de desempenho; e
- indicadores de desempenho.

Sobre os três primeiros tópicos da análise básica, optou-se por apresentar o detalhamento e resultados por afinamento conceitual, conforme ilustrado na Figura 13. O propósito é apresentar conceitos mais detalhados do que os mostrados no capítulo da Fundamentação Teórica, aprofundando a análise de forma progressiva, paralelamente à apresentação dos resultados, facilitando a leitura. Portanto, ao apresentar os processos de SP, cume da pirâmide invertida, será possível descrever as pesquisas que avaliam o desempenho de distintos sistemas, políticas e processos de SP.

Figura 13 - Apresentação dos resultados e grau de detalhamento analisado

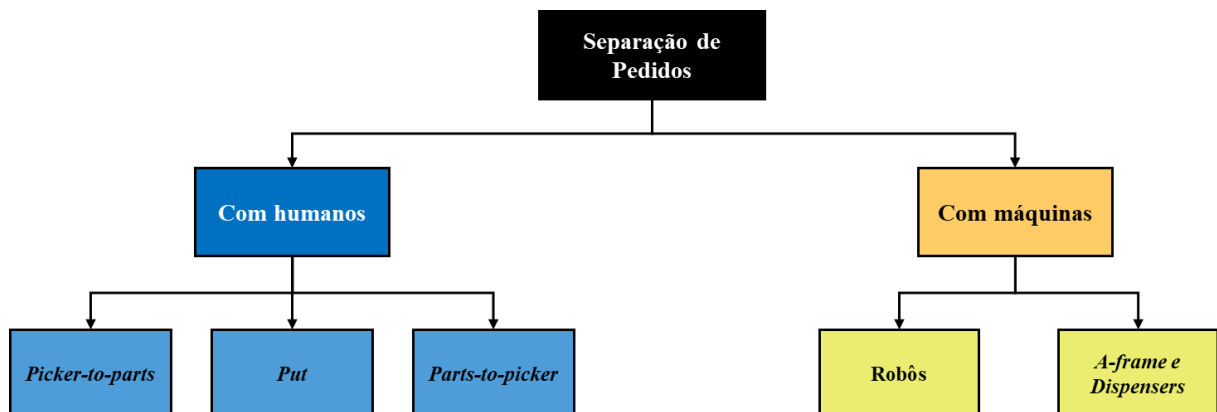


Fonte: elaborado pelo autor.

4.1 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE SEPARAÇÃO DE PEDIDOS

Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007) propõem uma classificação de Sistemas de SP que leva em consideração o agente executor, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Classificação dos sistemas de separação de pedidos

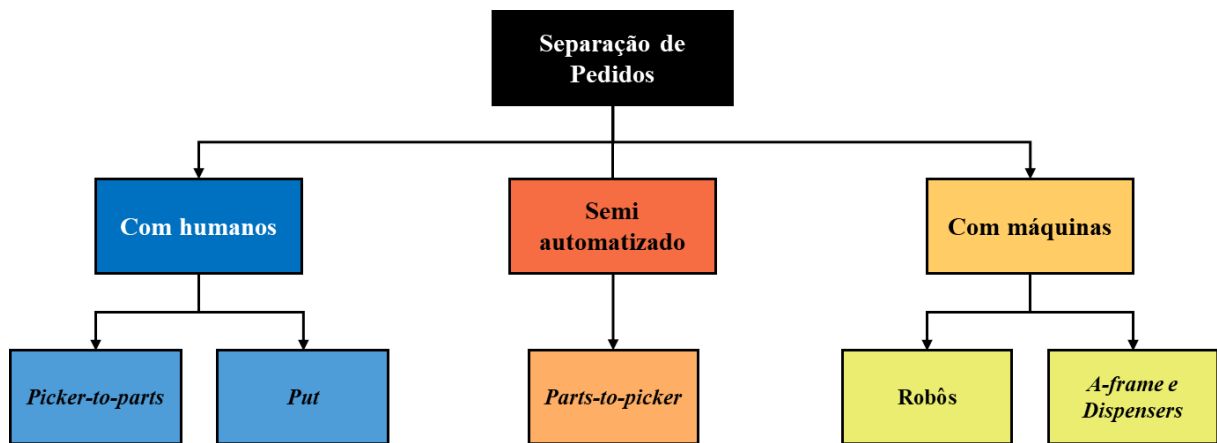


Fonte: adaptado de De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007).

No sistema de SP executada por humanos (manual), quando o separador se desloca até o SKU o subsistema é definido como *picker-to-parts* ou como *person-to-goods* (em tradução livre “separador até as peças” ou “separador até os bens”, respectivamente) (BOZER;

ALDARONDO, 2018; TOMPKINS *et al.*, 2010). Em contraste, quando o SKU é trazido para o separador, o subsistema é definido como *parts-to-picker* ou como *goods-to-person* (em tradução livre, “peças até o separador” ou “bens para pessoa”, respectivamente) (BOZER; ALDARONDO, 2018; TOMPKINS *et al.*, 2010). Shen, Wu e Zhang (2010) analisam a classificação proposta por De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007) e sugerem que *parts-to-picker* seja reclassificado como semiautomatizado, pois envolve a combinação da ação humana com algum grau de automação. A Figura 15 mostra essa classificação alternativa proposta por Shen, Wu e Zhang (2010).

Figura 15 - Classificação alternativa dos sistemas de separação de pedidos



Fonte: Adaptado de Shen, Wu e Zhang (2010).

Esta pesquisa adota a classificação proposta por Shen, Wu e Zhang (2010), denominando Sistemas Humanos como Manuais (*picker-to-parts* e *put*), Semiautomatizados quando envolve a combinação da ação humana com algum grau de automação (*parts-to-picker*), e Automatizados quando não há ação humana (*robôs*, *A-frame* e *Dispensers*).

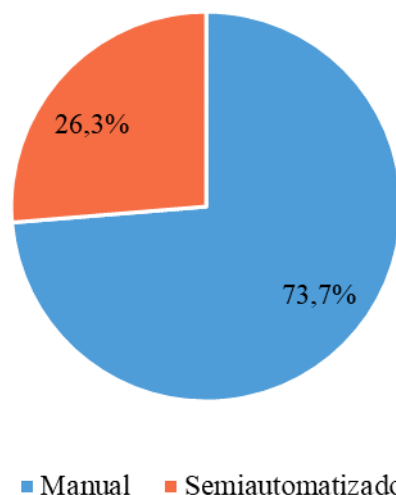
Verifica-se que as classificações propostas acima definem o uso de robôs como automatizados. Apesar de RMFS usar robôs, o sistema tem a participação de operadores humanos que, ao final da SP, em um posto fixo de trabalho, recebem os itens e finalizam o processo; por isso, RMFS são considerados, na literatura, como sistemas semiautomatizados *parts-to-picker* (MERSCHFORMANN *et al.*, 2019; ROY *et al.*, 2019). Por sua vez, Bozer e White (1996) observam que, mesmo quando a SP é feita com *Storage e Retrieval (S/R)*, o sistema deve ser considerado como exemplo de *picker-to-parts* se o separador estiver sendo levado até o item a bordo do carrinho.

Segundo De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007), os sistemas *put* operam da seguinte maneira: primeiramente os itens precisam ser coletados, o que pode ser feito de maneira *parts-to-picker* ou *picker-to-parts*. Depois disso, são colocados em um unitizador para transporte (geralmente uma caixa), e essas unidades pré-selecionadas são manuseadas por um operador, que as “coloca” em caixas específicas, as quais contêm o pedido de clientes distintos.

Como exemplo de sistema *put*, Boysen, Füssler e Stephan (2020) comentam que sistemas de separação de pedidos como *put-to-light* invertem a lógica dos sistemas convencionais de SP, fazendo com que o separador, em vez de visitar sucessivamente os endereços que contêm os itens da lista de separação, acompanhe o unitizador ao longo de um corredor contendo unitizadores segregados por pedidos. Os autores comentam que, sempre que o separador passa por um pedido que requer o SKU, um sinal luminoso é acionado e então o separador coloca a quantidade solicitada de itens no unitizador associado ao pedido. Esse sistema de SP é adequado se não houver uma quantidade muito grande de tarefas de sortimento e se os pedidos contiverem SKUs semelhantes (BOYSEN; FÜSSLER; STEPHAN, 2020).

Nenhum dos modelos avaliou o desempenho de *A-frames* e *Dispensers*; portanto, nenhum foi classificado como automatizado. A Figura 16 mostra a classificação dos modelos do PB conforme o sistema de SP em sistemas manuais e semiautomatizado, considerando os 38 modelos do PB.

Figura 16 - Classificação conforme o sistema de Separação de Pedidos



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007), o subsistema mais popular na literatura é o *picker-to-parts* de nível baixo (alcance vertical de um operador a pé) com várias coletas por rota, no qual o separador precisa caminhar pelos corredores para separar o pedido. Confirmando a afirmação dos autores, sistemas *picker-to-parts* compõem a maioria das pesquisas contidas no PB, e todos os modelos são manuais ou semiautomatizados.

A Tabela 3 mostra a classificação dos modelos, considerando o subsistema de SP. Na tabela, verifica-se que, mesmo segregando o foco, modelos de ADL focados na SP .

Tabela 3 - Classificação conforme o subsistema de separação

Sistema	%	Artigos
Manual <i>picker-to-parts</i>	71,1%	Chan e Chan (2011), Yu e De Koster (2009), Petersen, Siu e Heiser (2005), Hsieh e Huang (2011), Chen <i>et al.</i> (2010), Chackelson <i>et al.</i> (2013), Yu, M., De Koster (2010), Yu e De Koster (2008), Zhang <i>et al.</i> (2017), De Vries, De Koster e Stam (2016), Chen, Xu e Wei (2019), Van der Gaast, De Koster e Adan (2019), Manzini <i>et al.</i> (2019), Hong (2019), Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2018), Hsieh e Tsai (2006), Tsai, Liou e Huang (2008), Ho e Tseng (2006), De Vries, De Koster e Stam (2016), Li, Huang e Dai (2016), Zhang, Wang e Huang (2016), Matusiak, De Koster e Saarinen (2017), Accorsi, Manzini e Maranesi (2014), Hwang e Cho (2006), Johnson e McGinnis (2010), Collins <i>et al.</i> (2006), Laosirihongthong <i>et al.</i> (2019) e Baruffaldi <i>et al.</i> (2019).
Semiautomatizado <i>parts-to-picker</i>	26,3%	Park, Foley e Frazelle (2006), Park e Rhee (2005), Tappia <i>et al.</i> (2019), Merschformann <i>et al.</i> (2019), Roy <i>et al.</i> (2019), Bozer e Aldarondo (2018), Azadeh, Roy e De Koster (2019), Park (2009) e Wu, De Koster e Yu (2020).
Manual <i>put</i>	2,6%	Boysen, Füssler e Stephan (2019).

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS E POLÍTICAS DOS SISTEMAS DE SEPARAÇÃO DE PEDIDOS

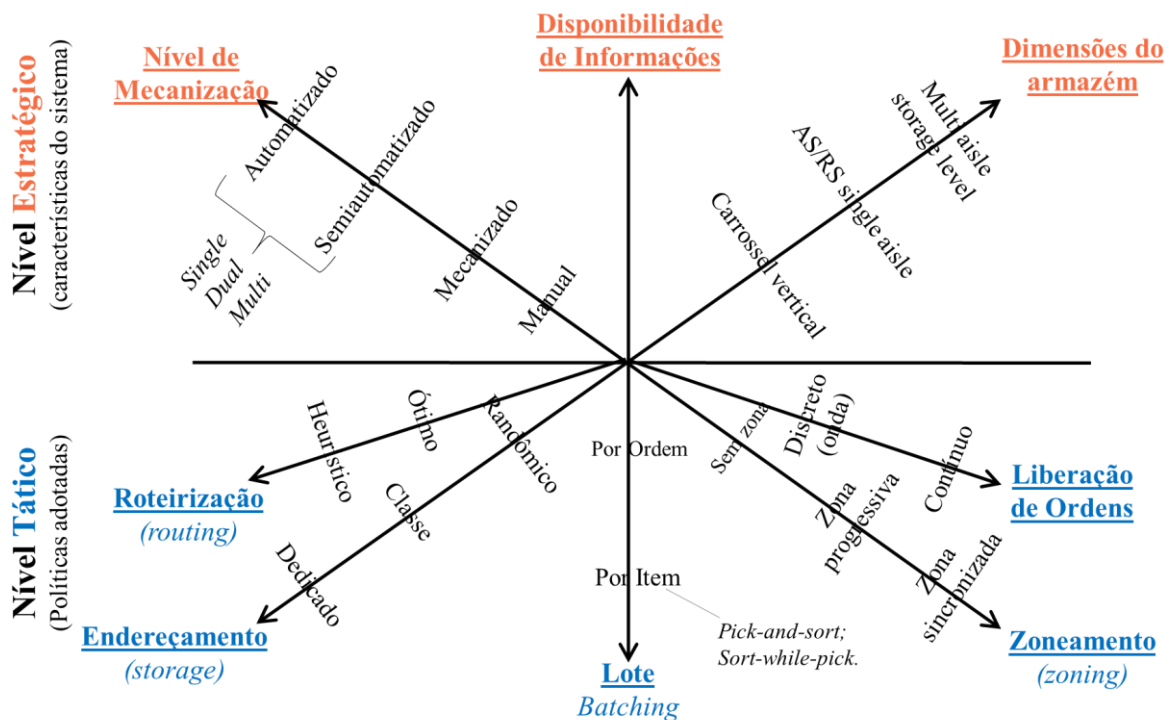
A complexidade de sistemas de SP é decorrente de um amplo espectro de fatores externos e internos que afetam as opções de configuração do sistema (DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007). A tomada de decisão sobre SP, portanto, é composta por múltiplas decisões inter-relacionadas (CHEN *et al.*, 2010).

A literatura acadêmica sobre SP é extensa e concentra-se principalmente em quatro fatores de influência no desempenho do sistema de SP: políticas de endereçamento, *batching*, políticas de roteirização e zoneamento (YU; DE KOSTER, 2008). A maioria dessas pesquisas tem se concentrado no objetivo de minimizar o tempo total de atendimento do pedido (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2010).

A Figura 17, adaptada de Goetschalckx e Ashayeri (1989) e usada por De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007), define dois níveis para análise da complexidade dos Sistemas de SP:

- Nível Estratégico - nível de mecanização, disponibilidade de informações e dimensões do armazém;
- Nível Tático - políticas de roteirização, endereçamento, *batching*, zoneamento e liberação de ordens.

Figura 17 - Complexidade dos Sistemas de Separação de Pedidos



Fonte: Baseado em Goetschalckx e Ashayeri (1989).

Esta pesquisa fez uma análise bibliométrica nas características e políticas de maior presença no PB. No plano estratégico foi o nível de mecanização, e no tático foram as políticas de roteirização, endereçamento e zoneamento. Com relação aos outros fatores de influência mostrados no gráfico mas não analisados nesta pesquisa, vale mencionar que as dimensões físicas do armazém — fatores como altura (pé direito), profundidade e número de corredores (popularmente chamados de “ruas”) — afetam diretamente o desempenho operacional (MALMBORG; AL-TASSAN, 2000).

É relevante observar medidas de desempenho operacional projetadas desde a fase de concepção de um armazém, pois a eficiência operacional é fortemente afetada pelas decisões de projeto; e alterações estruturais, quando possíveis, podem exigir um alto investimento (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2010). Uma análise do *layout* das instalações pode revelar as causas de um longo tempo de SP, alto custo da movimentação e acumulação de estoque (GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004). O indicador tempo de separação (*picking time*), por exemplo, é proporcional ao indicador distância percorrida na separação (*picking travel distance*), o que ilustra a importância do desenho do armazém na produtividade da SP (HSIEH; HUANG, 2011).

4.2.1 Nível de Mecanização

A automação em armazéns é definida como o uso de equipamentos ou componentes mecânicos capazes de produzir movimentação de cargas sem a necessidade de operadores ou motoristas (BAKER; HALIM, 2007).

O termo automação de armazém inclui, portanto, equipamentos como *Automated Storage and Retrieval System* (AS/RS) e *Automated Guided Vehicles* (AGV), mas exclui ferramentas de tecnologia de coleta de dados tradicionalmente usadas por operadores no armazém, como PBV, PTL e coletores de dados (BAKER; HALIM, 2007). Embora determinada separação envolva ferramentas tecnológicas para coletar dados ou equipamentos para movimentar cargas (como empilhadeiras ou paleteiras), ela continua sendo considerada manual se o operador se desloca para a coleta (DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016b).

AS/RS são sistemas que automaticamente armazenam e retiram cargas de endereços, com precisão, exatidão e velocidade. Se a coleta de pedidos é feita no final do corredor com apoio de maquinário, sejam carrosséis, AS/RS de carga unitária ou *Miniloads*, o sistema pode

ser considerado como semiautomatizado *parts-to-picker*, pois os SKU são levados até o separador (MERSCHFORMANN *et al.*, 2019).

Sistemas automatizados como AS/RS já têm quase meio século de uso, mas somente a partir dos anos 1990 se popularizaram (CHEN; XU; WEI, 2019). Apesar do alto capital inicial requerido, automação e sistemas semiautomatizados em armazéns são reconhecidos como um bom retorno de investimento, especialmente para armazéns e CD que operaram com alto volume de itens (BAKER; HALIM, 2007).

Miniloads são compostos por vários corredores com *racks* de armazenamento; uma máquina S/R que opera em cada corredor; caixas de armazenamento modulares para itens; e geralmente duas posições de coleta no final de cada corredor (PARK; FOLEY; FRAZELLE, 2006). Os autores apontam como vantagem a maior utilização do espaço, em razão da verticalidade oferecida, e maior segurança e precisão na coleta; como desvantagem indicam a necessidade de um alto capital inicial e uma capacidade limitada de reconfiguração.

Sistemas conhecidos como Carrossel consistem em uma série vinculada de contêineres de armazenamento (sejam caixas ou sacolas) com um mecanismo de acionamento para girar os transportadores em um circuito fechado, que proporciona melhor utilização do espaço, melhor organização das peças, maior rastreamento e sequenciamento, economia substancial de mão-de-obra, aumento da produtividade e maior acuracidade na coleta (PARK; RHEE, 2005). Em muitos armazéns, as tecnologias baseadas em *shuttle* (em tradução livre, “lançadeira”) substituíram as tradicionais tecnologias de armazenamento baseadas em sistema AS/RS (TAPPIA *et al.*, 2019). Os principais indicadores de desempenho para AS/RS são a capacidade de transferência do sistema, tempos de espera de transação e utilização da máquina (MALMBORG, 2000).

AVS/RS utilizam veículos que se movem horizontalmente ao longo dos trilhos, dentro dos *racks* de armazenamento, enquanto os movimentos verticais são executados por elevadores (MANZINI *et al.*, 2016). Azadeh, Roy e De Koster (2019) comentam que AVS/RS promovem flexibilidade e alta capacidade produtiva, sendo uma tecnologia de automação promissora para armazéns (MANZINI *et al.*, 2016).

RMFS, popularmente conhecidos como os “robôs da Amazon”, foram desenvolvidos pela empresa Kiva Systems para um piloto em um CD da Amazon nos Estados Unidos e, posteriormente, adquiridos pela empresa, tornando-se a divisão de robótica da Amazon (BOZER; ALDARONDO, 2018). Os autores explicam que, nesse sistema, robôs levam *pods* (prateleiras móveis) para as estações de trabalho fixas onde estão os separadores. RMFS

oferecem maior flexibilidade e escalabilidade, o que resulta em um menor *lead time* de separação em comparação com os sistemas tradicionais. Roy *et al.* (2019) comentam que sistemas tradicionais como o *Mini Load AS/RS* têm três ineficiências que podem ser potencialmente superadas por um RMFS: a baixa escalabilidade, o fato de apenas um item poder ser coletado simultaneamente em um corredor e a incapacidade de responder a pico de demandas.

Na separação manual, a separação com coletores de dados ocorre quando a lista de endereços de separação é comunicada ao operador de separação (DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016a, 2016b). Segundo os autores, PBV é uma tecnologia que se comunica sem fio com o WMS e utiliza controle de áudio e voz para orientar o processo de separação; enquanto PTL é uma tecnologia de separação que direciona os separadores mediante sinais de luz presentes nas prateleiras, os quais indicam endereço, item e quantidade a ser coletada.

Outra ferramenta tecnológica para coleta de dados é baseada em Realidade Aumentada (RA), plataforma para o processo de SP que se chama *Vision Picking* (VP). A RA, como pilar estrutural da Indústria 4.0, é uma tecnologia que promete crescer (HOFMANN; RÜSCH, 2017; RÜSSMANN *et al.*, 2015). Embora nenhum artigo do PB analise o uso dessa tecnologia, Guo *et al.* (2015) e Stoltz *et al.* (2017) indicaram que a utilização de óculos inteligentes baseados no conceito de RA prosperou na aplicação industrial e na logística, especialmente em armazéns. A Tabela 4, abaixo, mostra todos os artigos do PB e seu nível de mecanização.

Tabela 4 - Análise do nível de mecanização dos modelos do PB

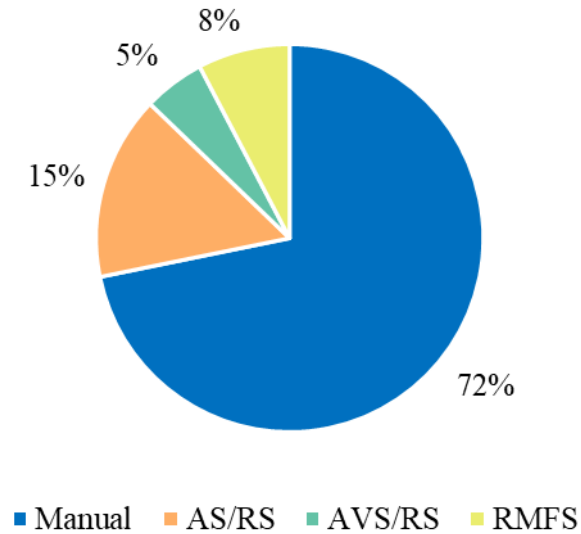
Autores	Manual	AS/RS	AVS/RS	RMFS
Accorsi, Manzini e Maranesi (2014)	x			
Azadeh, Roy e De Koster (2019)			x	
Baruffaldi <i>et al.</i> (2020)	x			
Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2019)	x			
Boysen, Füssler e Stephan (2019)	x			
Bozer e Aldarondo (2018)		x		x
Chackelson <i>et al.</i> (2013)	x			
Chan e Chan (2011)	x			
Chen <i>et al.</i> (2010)	x			
Chen, Xu e Wei (2019)	x			
Collins <i>et al.</i> (2006)	x			
De Vries, De Koster e Stam (2016b)	x			
De Vries, De Koster e Stam (2016a)	x			
Ho e Tseng (2006)	x			
Hong (2019)	x			
Hsieh e Huang (2011)	x			

Autores	Manual	AS/RS	AVS/RS	RMFS
Hsieh e Tsai (2006)	x			
Hwang e Cho (2006)	x			
Johnson e McGinnis (2011)	x			
Laosirihongthong <i>et al.</i> (2019)	x			
Li, Huang e Dai (2016)	x			
Manzini <i>et al.</i> (2019)	x			
Matusiak, De Koster e Saarinen (2017)	x			
Merschformann <i>et al.</i> (2019)				x
Park (2009)		x		
Park e Rhee (2005)		x		
Park, Foley e Frazelle (2006)		x		
Petersen, Siu e Heiser (2005)	x			
Roy <i>et al.</i> (2019)				x
Tappia <i>et al.</i> (2019)		x		
Tsai, Liou e Huang (2008)	x			
Van der Gaast, De Koster e Adan (2019)	x			
Wu, De Koster e Yu (2020)			x	
Yu e De Koster (2008)	x			
Yu e De Koster (2009)	x			
Yu, M., De Koster (2010)		x		
Zhang <i>et al.</i> (2017)	x			
Zhang, Wang e Huang (2016)	x			
Total	27	6	2	3

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 18 mostra a análise bibliométrica do nível de mecanização dos 38 modelos do PB. A maioria deles (72%) tem sistema de SP manual sendo 27 *picker-to-parts* e 1 *put*. Os modelos semiautomatizados com AS/RS somam 15%; com RMFS, 8%; e AVS/RS, 5%.

Figura 18 - Análise do nível de mecanização dos modelos do PB



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dos modelos de ADL com SP manual, o artigo de De Vries, De Koster e Stam (2016a) é o único que compara o desempenho de três tipos distintos de dispositivos de coleta de dados: PBV, PTL e coletor de dados (terminal móvel de RF). Todos os demais modelos manuais usam terminais móveis de RF.

4.2.2 Políticas de Endereçamento

Políticas de endereçamento (*storage policies*) estão entre as que mais influenciam o tempo de deslocamento do separador (MANZINI *et al.*, 2019). As políticas de endereçamento definem a associação e organização dos SKU nos endereços (locais) de armazenagem (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2007). O objetivo de um sistema de endereçamento é maximizar a eficiência da SP minimizando o tempo total de deslocamento e a distância total percorrida durante a execução do processo, do ponto de início à finalização (*In/Out*) do separador na SP, impactando diretamente a melhoria do desempenho no atendimento de pedidos (HSIEH; TSAI, 2006; MANZINI *et al.*, 2019).

Existem várias opções para adoção de política de endereçamento. No endereçamento Randômico, os itens recebidos são associados a um endereço aleatório (CHACKELSON *et al.*, 2013). Embora diminua o tempo de endereçamento, esse método tem, segundo os autores, um efeito negativo: maior tempo necessário para identificação do produto durante a SP.

A política de endereçamento Dedicado determina que cada item tem um endereço fixo de armazenagem (CHACKELSON *et al.*, 2013). Os autores comentam que a principal vantagem é a familiarização do separador com a disposição dos itens nos endereços; enquanto a desvantagem é a baixa utilização do espaço, pois os endereços são reservados apenas para um determinado SKU.

Na política de endereçamento por Classes, os itens são agrupados em classes de produtos e, para cada uma dessas classes, são atribuídos endereços dedicados onde os SKU são localizados arbitrariamente (CHACKELSON *et al.*, 2013; DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007). Essa política oferece economia no deslocamento do separador, em comparação com a política de endereçamento randômico, e apresenta um desempenho operacional próximo ao da política de armazenamento baseado em volume do item (PETERSEN; AASE; HEISER, 2004). Uma política de armazenagem baseada em classes de produtos pode aumentar a acuracidade da SP e reduzir o tempo de coleta (BRYNZÉR; JOHANSSON, 1995).

Uma política tradicional usada há muito tempo é por COI (*Cube-per-Order Index*, traduzido livremente como “Índice Cúbico por Pedido”) (CHAN; CHAN, 2011). COI é a razão entre o espaço total necessário para armazenar um SKU e o número de deslocamentos necessários para satisfazer sua demanda em um determinado período. Em outras palavras, COI é a razão entre do volume cúbico de um SKU e o seu giro, classificados em ordem crescente do índice (HESKETT, 1963).

A política de endereçamento por Popularidade é medida pelo número de acessos a um SKU em um único endereço de armazenamento, em um período de tempo definido (MANZINI *et al.*, 2019).

O endereçamento específico para sistemas carrossel chamado *Organ Pipe* (OP) consiste em um armazenamento dedicado em que o *bin* mais ativo é fixo e em que o próximo compartimento mais ativo é repetidamente colocado na posição disponível mais próxima a ele (PARK, 2009).

Políticas de endereçamento menos populares na literatura são: o endereçamento por Rotatividade (*turnover*), no qual se leva em consideração a quantidade total de um SKU expedido durante um determinado período, às vezes referido como a demanda de um SKU; e o endereçamento por densidade da separação (*pick density*), no qual se adota como referência a proporção da popularidade de um SKU para o volume cúbico do SKU, identificando assim os

Autores	Randômico	Classe	Dedicado	Popularidad	Retorno	COI	VP	Densidade	Volume	Família	CO	OP
Yu, M., De Koster (2010)	x											
Zhang <i>et al.</i> (2017)	x											
Zhang, Wang e Huang (2016)	x											
Total	20	10	3	6	1	4	3	1	1	1	1	2

Fonte: Elaborada pelo autor. Nota: Vazio mais próximo (VP), Correlacionados (Co).

4.2.3 Políticas de Roteirização

Políticas de roteirização definem a sequência dos itens a serem coletados e a rota percorrida pelo separador na coleta (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2007). Um bom planejamento de roteirização pode reduzir o custo total da SP e resultar em melhoria nos indicadores de produtividade (HSIEH; TSAI, 2006). Grande parte da literatura acadêmica foca em minimizar a distância percorrida e, conseqüentemente, o tempo de separação do pedido (ROODBERGEN; DE KOSTER, 2001).

Segundo Cano, Gomez e Salazar (2017) e Van Gils *et al.* (2018), o problema de roteirização na SP é um caso especial do Problema do Caixeiro Viajante (PCV); conforme o número de endereços a serem visitadas pelo separador aumenta durante a SP, o tempo computacional necessário para obter uma solução ideal se torna um problema e a roteirização não pode ser resolvida de forma otimizada para todo *layout* (HSIEH; HUANG, 2011). Por isso, a roteirização de Ponto ótimo, embora seja precisa, é complexa e dispendiosa (CANO; GOMEZ; SALAZAR, 2017; HSIEH; HUANG, 2011; ROODBERGEN; DE KOSTER, 2001).

O uso de estratégias heurísticas é recomendado porque podem fornecer rotas quase ideais e de fácil compreensão (HALL, 1993). A popularidade do tema na literatura acadêmica se deve, segundo Cano, Gomez e Salazar (2017), ao fato de que um método heurístico específico pode, em algumas situações, resultar em uma rota quase ótima.

As políticas de roteirização mais usadas são Formato-S (*S-shape*), Meio ponto (*Midpoint*), Retorno (*Return*), Maior Distância (*Largest Gap*) e Compostas (*Composite or Combined*) (CANO; GOMEZ; SALAZAR, 2017).

A política de roteamento mais simples é o Formato-S, em que o separador entra em uma rua por uma extremidade e sai na outra, passando por todas as ruas que contêm coletas antes de retornar ao ponto de início (CHACKELSON *et al.*, 2013).

Na política de Retorno, o separador só entra nos corredores que contêm endereços com coletas (CANO; GOMEZ; SALAZAR, 2017). Nessa política, o separador entra e sai de uma rua do mesmo ponto, sendo que este entra apenas nas ruas que contêm tarefas de coleta para itens contidos na sua lista de separação (CHAN; CHAN, 2011; CHEN; XU; WEI, 2019).

A estratégia de Roteirização do Ponto Médio divide o armazém em duas seções; assim, um determinado separador tem campo de atuação até o ponto médio de uma rua, executando uma rota de ida na parte frontal e de retorno na parte de trás do corredor (CHACKELSON *et al.*, 2013). Dependendo dos itens a serem coletados em uma rua, o separador pode ter que entrar na mesma rua mais vezes, a partir da outra rua transversal (CHEN; XU; WEI, 2019).

A política da Maior Distância (*Largest Gap*) pode ser considerada como uma extensão da política de Retorno; pois, se a maior distância dentro de uma rua for a distância entre dois endereços para coleta de itens, o separador deverá realizar um retorno (PETERSEN; SIU; HEISER, 2005). A maior distância é definida como a distância entre quaisquer dois endereços consecutivos contendo itens para coleta (CANO; GOMEZ; SALAZAR, 2017; CHEN; XU; WEI, 2019).

A política de roteamento Composta ou Combinada (*composite or combined*) combina as melhores características das políticas de Formato-S e Retorno, ou a melhor característica da política de Maior Distância (CANO; GOMEZ; SALAZAR, 2017). Segundo os autores, o propósito é minimizar a distância percorrida entre os endereços de separação mais distantes em duas ruas adjacentes. A opção de escolha é selecionada levando-se em consideração qual oferece um deslocamento mais curto quando combinada com a melhor opção para a próxima rua (ROODBERGEN; DE KOSTER, 2001).

A Roteirização tipo Formato-Z (*Z-shape*) pode ser usada quando a largura do corredor for superior a 2,1 m (GOETSCHALCKX; RATLIFF, 1988). Nessa operação de SP, o caminho percorrido pelo selecionador é semelhante à forma da letra Z, por isso seu nome (HSIEH; TSAI, 2006).

Na política de *Maximum Loop Insertion* (MLI), o algoritmo encontra os endereços mais distantes e mais próximos da rua à esquerda e o endereço mais próximo da rua à direita, que deve ser visitado para coleta do pedido.

Van Der Gaast *et al.* (2019) comentam que o endereçamento correlacionado é de interesse para aplicação em pedidos com muitos itens distintos, uma vez que são utilizadas informações sobre quais produtos são pedidos juntos para que possam ser armazenados juntos, a fim de reduzir o tempo de viagem para a separação de pedidos. Chackelson *et al.* (2013), Hsieh e Huang (2011) e Petersen, Siu e Heiser (2005) comparam a política Ótima com as Heurísticas.

Os demais artigos que utilizam políticas de roteirização da sua AD são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Políticas de roteirização dos modelos de AD na SP do OB

Autores	Formato-S	Retorno	Formato-Z	MD	Meio ponto	VMP	Combinada	MLI
Accorsi, Manzini e Maranesi (2014)						x		
Baruffaldi <i>et al.</i> (2020)						x		
Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2019)						x		
Chackelson <i>et al.</i> (2013)	x	x		x	x		x	
Chan e Chan (2011)	x	x					x	
Chen <i>et al.</i> (2010)	x	x		x			x	
Chen, Xu e Wei (2019)		x		x	x			
Ho e Tseng (2006)				x				
Hsieh e Huang (2011)	x							x
Hsieh e Tsai (2006)		x	x					
Li, Huang e Dai (2016)	x							
Matusiak, De Koster e Saarinen (2017)					x			
Petersen, Siu e Heiser (2005)	x							
Tsai, Liou e Huang (2008)	x	x			x			
Van der Gaast, De Koster e Adan (2019)	x							
Yu e De Koster (2009)	x							
Zhang <i>et al.</i> (2017)	x							
Total	10	6	1	4	4	3	3	1

Fonte: Elaborado pelo autor. Nota: Menor distância (MD), Vizinho mais próximo (VMP).

4.2.4 Políticas de Zoneamento

A Separação por Zona é um dos processos mais populares da SP (YU; DE KOSTER, 2008). Mas para compreender esse processo, primeiramente é necessário definir o conceito de zona de trabalho no gerenciamento de armazéns. A zona ou região de trabalho é definida por

um conjunto de endereços que formam uma região geográfica, com propósito de limitar o campo de atuação do operador dentro de uma fronteira (PETERSEN, 2000).

As políticas de zoneamento visam dividir o armazém em regiões de trabalho, para gerenciar e melhorar o desempenho operacional. No processo de SP por Zonas, cada operador trabalha somente dentro de sua zona de trabalho (CORMIER; GUNN, 1992).

Além da zona simples, existe a zona dourada (*golden zone*), que consiste na área entre a cintura e os ombros do separador (PETERSEN; SIU; HEISER, 2005). Já a *forward-reserve area* ou *forward pick area* (em tradução livre, “área avançada de separação”) é uma zona especial do armazém reservada exclusivamente para endereços de separação, geralmente de itens fracionados (WU; DE KOSTER; YU, 2020).

4.3 ANÁLISE DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO DE PEDIDOS

A Separação Discreta (*discrete picking*) é a separação de um único pedido por viagem, quando todos os itens são selecionados pelo mesmo operador, de forma independente (CORMIER; GUNN, 1992; DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016b; PETERSEN, 2000). As vantagens são: o fato de ser um processo simples, com maior acuracidade na separação e menor chance de retrabalho; e a atribuição da responsabilidade direta do pedido para um único operador, facilitando assim a identificação de erros (PETERSEN, 2000). Como desvantagem o autor aponta o maior deslocamento do separador e a baixa velocidade na separação de grandes quantidades de um único item.

A Separação por Lote de Pedidos (*batch picking*) ocorre através de políticas de *Batching*, que agrupam pedidos em lotes para serem separados em uma mesma viagem por um separador (CORMIER; GUNN, 1992; ZHANG; WANG; HUANG, 2016). Os pedidos que compõem um lote não podem ser divididos entre os separadores, ou seja, cada separador é responsável por um determinado lote (PETERSEN, 2000). Esse processo é uma maneira popular de organizar o atendimento de pedidos de clientes quando existe um grande número diário de pedidos (DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007; VAN DER GAAST; DE KOSTER; ADAN, 2019). Petersen (2000) aponta que é vantajoso o fato de cada separador fazer a coleta de mais de um pedido por vez; e Ho e Tseng (2006) comentam que a prática pode reduzir a distância total percorrida. Quanto às desvantagens, o processo está mais sujeito a erros na coleta e, por isso, é comum existir uma triagem a jusante do processo (PETERSEN, 2000).

A Separação Dinâmica, também chamada de “*Milkrun picking*”, é um sistema em que o separador executa a coleta de itens recebendo as solicitações em tempo real, durante o processo de seleção, o que altera dinamicamente a rota do operador já em movimento (VAN DER GAAST; DE KOSTER; ADAN, 2019; YU; DE KOSTER, 2010). A vantagem desse sistema, segundo os autores, é fornecer velocidade na separação para uma grande quantidade de pedidos, com muita variabilidade de itens na lista de separação, reduzindo o tempo de preparação de pedidos e o tempo de deslocamento do separador. Quanto a desvantagens, esse modelo não considera a separação na área de armazenagem a granel (YU; DE KOSTER, 2010).

O planejamento de coleta dos itens contidos na lista de separação também pode ser feito em zonas (BRYNZÉR; JOHANSSON, 1995). O processo de Separação por Zona ocorre quando um pedido é atribuído a um aparato unitizador (uma caixa ou contêiner, por exemplo) que se desloca via transportador e visita sequencialmente as zonas de trabalho em que os produtos da lista de separação estão contidos, para que os itens da lista de separação sejam coletados e adicionados à ordem. Brynzér e Johansson (1995) observam como vantagens a integridade do pedido, o menor deslocamento do separador (pois este se restringe a sua região de trabalho), o aumento da familiaridade do operador com os itens de sua zona, a redução do congestionamento com outros separadores e o aumento da responsabilidade (*ownership*) do operador pela produtividade dentro de sua zona. No que tange às desvantagens, há maior necessidade de sortimento após separação (BRYNZÉR; JOHANSSON, 1995). Além disso, desequilíbrios na carga de trabalho das zonas podem resultar em atrasos, ociosidade, acúmulo de caixas e itens, bem como a necessidade de um transportador para mover pedidos de uma zona para outra (PETERSEN, 2000).

A Separação por Zona pode ser categorizada em dois tipos: separação de zonas paralelas e separação de zonas sequenciais (DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007). Os autores comentam que, na Separação por Zonas Paralelas, um pedido é coletado simultaneamente em várias zonas, de forma paralela, com um processo de triagem a jusante, para consolidar os pedidos separados após o término de todo o processo de coleta. A Separação por Zonas Sequenciais (em tradução livre de *sequential zone picking*), mais popularmente conhecida como *Pick-and-pass*, também é conhecida como Separação Sequencial Progressiva (*zoning with progressive picking*) de acordo com Petersen (2000), Zoneamento Progressivo (*progressive zoning*) de acordo com Yu e De Koster (2009) ou *relay picking system* (JANE, 2000). Nesta pesquisa, chamaremos a separação por zonas sequenciais de *Pick and Pass* (PP).

Vale destacar que nos armazéns com separação no formato PP, existe interdependência dos separadores em relação ao desempenho geral (DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016b).

A Separação por Zona Lote (*batch zone picking*) ocorre quando os pedidos são agrupados em lotes e cada separador é responsável por coletar apenas os itens dentro de sua zona de trabalho (PETERSEN, 2000). O autor comenta que, depois que todos os itens de um determinado lote já foram separados, o separador deposita esses itens na esteira. O próximo lote não começa até que todos os selecionadores tenham descarregado o lote anterior no transportador. Esse processo se distingue dos demais envolvendo zonas, pois a força de trabalho é dividida em equipes de separação ou sortimento (DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007; PETERSEN, 2000). Como vantagem, os autores apontam a capacidade de separar volumes maiores; em compensação, uma desvantagem é a perda da integridade do pedido e a possível ociosidade resultante de variações de carga de trabalho entre as zonas.

A Separação por Zona Dinâmica, também conhecida como *Bucket Brigade* (BB), consiste em uma maneira de coordenar os operadores, que devem montar progressivamente o pedido ao longo de uma linha onde fluem os itens (BARTHOLDI; EISENSTEIN; FOLEY, 2001). Nesse processo, o separador se desloca em direção ao separador a montante, em vez de esperar que este termine seu trabalho, desrespeitando o limite imposto por sua zona e fazendo com que a passagem do pedido seja consumada no ponto de encontro dos dois (DE VRIES; DE KOSTER; STAM, 2016a).

A Separação por Onda (*wave picking*) pode ser considerada como um caso especial da Separação por Zona Lote e ocorre quando os separadores fazem a coleta de lotes muito grandes, mas não com base no número de itens ou pedidos, mas sim no período (PETERSEN, 2000). Nesse processo, a liberação de uma fração dos pedidos ocorre em um período específico (um dia ou turno, por exemplo), e espera-se que o processo seja concluído dentro dessa amplitude temporal pré-definida (GU; GOETSCHALCKX; MCGINNIS, 2010). O processo permite uma coleta de maiores quantidades de um SKU específico na mesma viagem, pois o separador coleta um item apenas uma vez por onda para diversos pedidos (PETERSEN, 2000). As desvantagens, segundo o autor, são as mesmas da Separação por Zona Lote: requer mais tempo e espaço para consolidação de pedidos, feita a jusante do processo de coleta.

A Tabela 7 mostra os artigos e seus processo de SP avaliados pelos seus instrumentos.

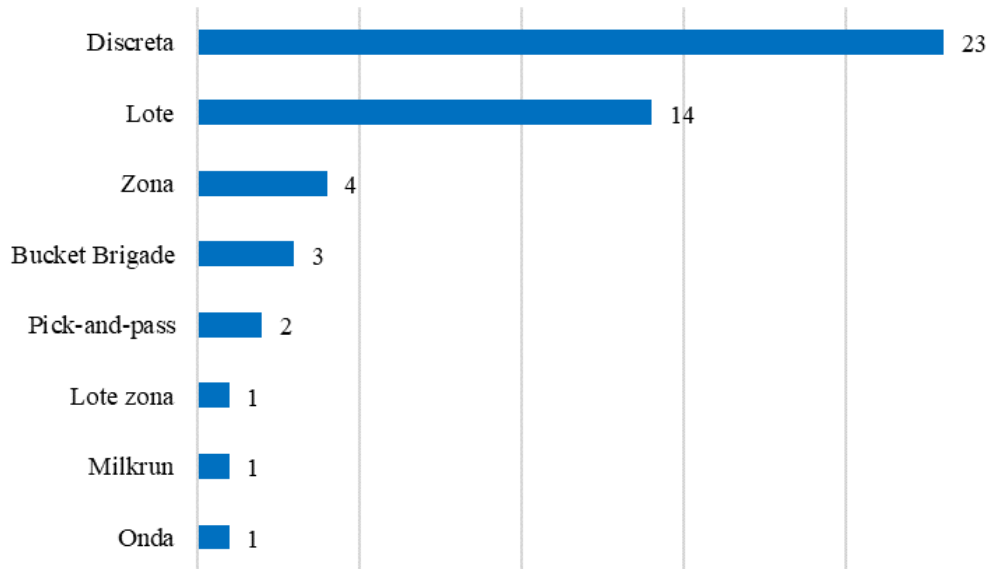
Tabela 7 - Modelos do PB e o processo de separação avaliado no artigo

Autores	Discreto	Lote	Zona	Zona Lote	PP	MR	BB	Onda
Accorsi, Manzini e Maranesi (2014)	x	x						
Azadeh, Roy e De Koster (2019)								
Baruffaldi <i>et al.</i> (2019)	x							
Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2018)	x							x
Chackelson <i>et al.</i> (2013)	x							
Chan e Chan (2011)	x							
Chen <i>et al.</i> (2010)		x						
Chen, Xu e Wei (2019)		x						
Collins <i>et al.</i> (2006)	x							
De Vries, De Koster e Stam (2016a)	x		x				x	
De Vries, De Koster e Stam (2016b)	x				x		x	
Ho e Tseng (2006)		x						
Hong (2019)							x	
Hsieh e Huang (2011)		x						
Hsieh e Tsai (2006)	x			x				
Hwang e Cho (2006)	x	x						
Johnson e McGinnis (2010)	x							
Laosirihongthong <i>et al.</i> (2019)	x							
Li, Huang e Dai (2016)		x						
Manzini <i>et al.</i> (2019)	x							
Matusiak, De Koster e Saarinen (2017)		x						
Park, Foley e Frazelle (2006)			x					
Petersen, Siu e Heiser (2005)		x						
Tsai, Liou e Huang (2008)	x	x						
Van der Gaast, De Koster e Adan (2019)							x	
Yu e De Koster (2008)					x			
Yu e De Koster (2009)		x	x		x			
Yu, M., De Koster (2010)		x						
Zhang <i>et al.</i> (2017)		x						
Zhang, Wang e Huang (2016)		x						
Total	23	14	4	1	2	1	3	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando os modelos com foco na SP, o processo mais popular dentro do PB é a Separação Discreta, com 23 artigos, seguida pela Separação por Lote de Pedidos, com 14 artigos (Figura 19).

Figura 19 - Popularidade dos tipos de separação analisados nos modelos do PB

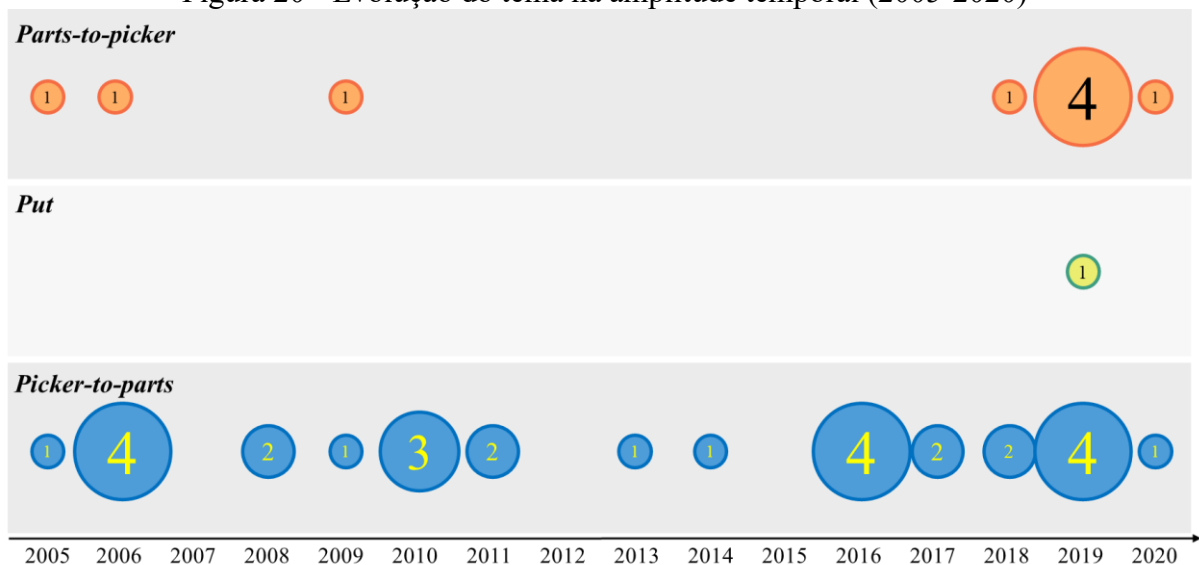


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS PUBLICAÇÕES

A Figura 20 representa a evolução temporal das publicações sobre o tema de pesquisa, classificando os artigos pelos modelos de sistema de separação que abordam. Verifica-se que a distribuição temporal de instrumentos avaliativos para sistemas *picker-to-parts* são razoavelmente regulares ao longo dos últimos quinze anos.

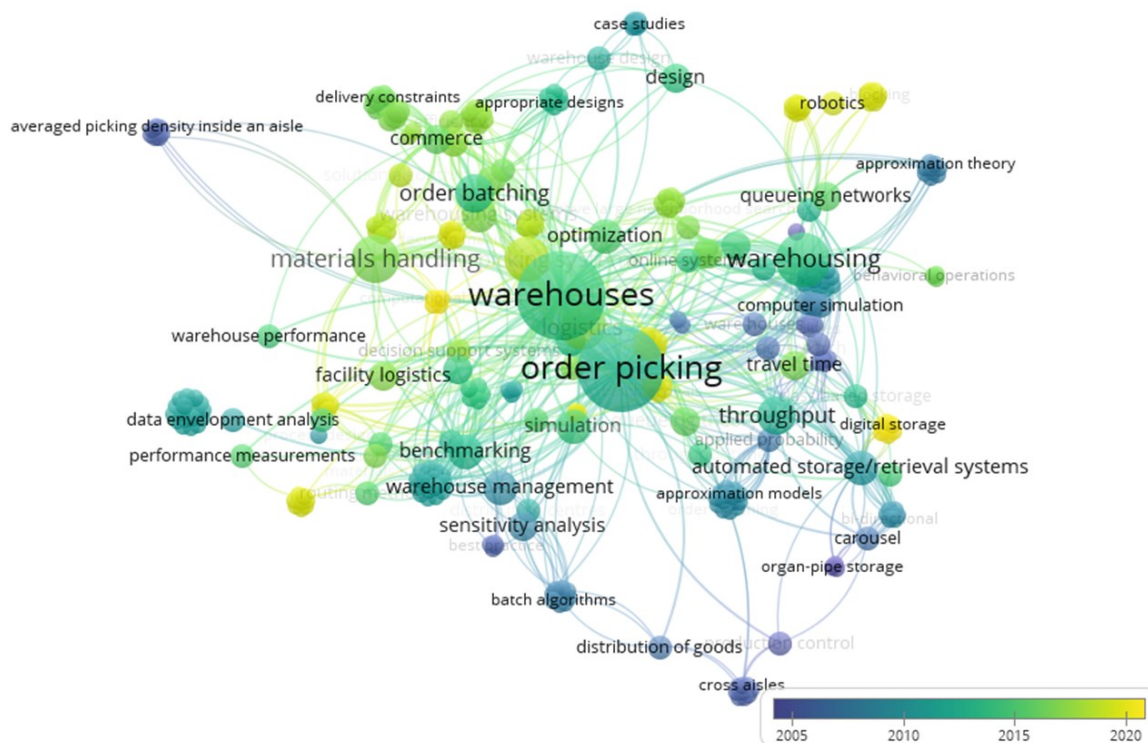
Figura 20 - Evolução do tema na amplitude temporal (2005-2020)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerou-se interessante também conhecer as conexões entre as palavras-chave associadas ao tema ao longo dos anos. A Figura 21 ilustra essas conexões, considerando novamente a amplitude temporal de 2005 a 2020. Observa-se que as palavras-chave “*Robotics*” e “*Digital storage*” fazem parte do grupo marcado com coloração amarelada, que indica publicações recentes; isso sugere uma tendência em direção a soluções automatizadas, condizentes com a Indústria 4.0 e a digitalização industrial.

Figura 21 - Palavras-chave e conexões, com amplitude temporal de 2005 a 2020.



Fonte: elaborado pelo autor, através do Software Vosviewer.

No entanto, ao se comparar as Figuras 20 e 21, percebe-se que sistemas de separação *picker-to-parts* ainda predominam, especialmente nos últimos anos, o que pode parecer uma contradição com a suposta tendência rumo à automação. Embora AS/RS e outras tecnologias sejam implantados há décadas, a maioria dos sistemas de SP em armazéns ainda faz muito uso mão-de-obra humana (CHEN; XU; WEI, 2019). (DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007) comentam que, além do menor custo, essa preferência se deve também ao fato de que a força de trabalho humana é mais flexível, ou seja, tem maior capacidade de reação e rápida adaptação diante de mudanças e imprevistos (GROSSE *et al.*, 2015).

A próxima seção trata da classificação e análise dos instrumentos avaliativos conforme o ciclo de vida do Sistemas de Avaliação de Desempenho (SAD).

4.5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO SAD

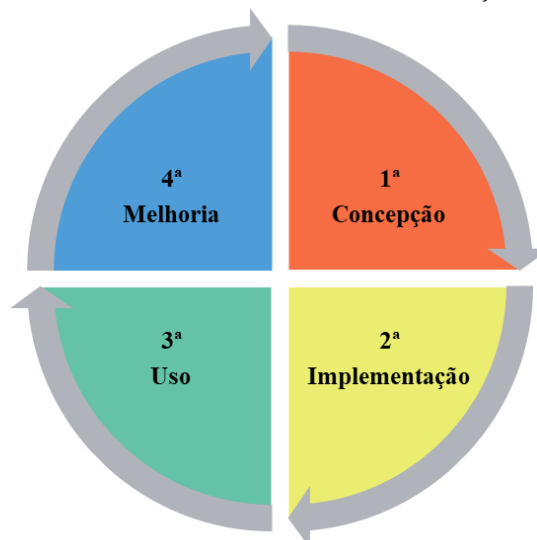
Sistemas de Avaliação de Desempenho (SAD) consistem em ferramentas de suporte ao gerenciamento, usadas para desenvolver o conhecimento necessário à organização (BITITCI *et al.*, 2012; BOURNE *et al.*, 2000; FRANCO-SANTOS; LUCIANETTI; BOURNE, 2012; NEELY; GREGORY; PLATTS, 1995; TATICCHI; BALACHANDRAN; TONELLI, 2012).

Matos *et al.* (2019) comentam que pesquisas sobre SAD receberam atenção especial na última década do século passado. Isso ocorreu devido ao surgimento de ferramentas e metodologias de tomada de decisão baseadas em uma visão mais holística do desempenho, contrastando com métodos tradicionais com foco exclusivo em dimensões financeiras (FRANCO-SANTOS; LUCIANETTI; BOURNE, 2012; GHALAYINI; NOBLE, 1996; NEELY; GREGORY; PLATTS, 1995).

Bititci *et al.* (2012) citam, como marcos na evolução da AD nesse período, a publicação de *Relevance Lost*, de Kaplan e Johnson (1987), e o *Balanced Scorecard* proposto por Kaplan e Norton (1992).

Bourne *et al.* (2000) foram pioneiros ao abordar as etapas de concepção e uso de SAD, composta por quatro estágios: concepção, implementação, uso e revisão. A Figura 22 mostra o Ciclo de vida de um Sistema de Avaliação de Desempenho, conforme (BOURNE *et al.*, 2000).

Figura 22 - Ciclo de vida de um Sistema de Avaliação de Desempenho



Fonte: Adaptado de Bourne *et al.* (2000).

Os objetivos da organização são estabelecidos na fase de concepção; e, a partir deles, definem-se as métricas para medir seu sucesso (BOURNE *et al.*, 2000; NUDURUPATI *et al.*, 2011; TATICCHI; BALACHANDRAN; TONELLI, 2012). Essa fase é derivada da estratégia, incentivando o alcance das metas organizacionais (BOURNE *et al.*, 2000).

Matos *et al.* (2019) comenta que é limitante restringir o SAD à fase de concepção, pois impede a geração do conhecimento tácito proporcionado pela implementação e uso, gera dispersão na compreensão do assunto e dificulta a consolidação de uma teoria que contemple condições de usabilidade do sistema (BOURNE; NEELY, 2003; TASCA *et al.*, 2010).

O próximo estágio do ciclo de vida do SAD é a implementação, quando se articula procedimentos para coleta de dados, seu processamento e utilização (TATICCHI; BALACHANDRAN; TONELLI, 2012). Essa etapa representa o começo do processo de aplicação do SAD e se inicia com a definição de equipes de trabalho, funções, políticas, canais de comunicação e padronização de métodos organizacionais (BOURNE *et al.*, 2000).

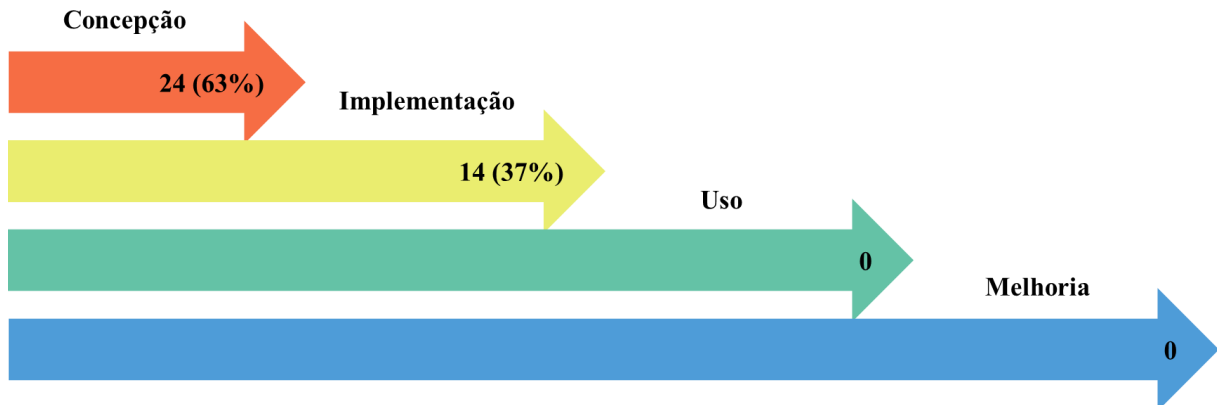
O terceiro ciclo do SAD é o uso, que tem o propósito de fornecer informações úteis para a tomada de decisão (NEELY; GREGORY; PLATTS, 1995; VALMORBIDA *et al.*, 2014). Esse estágio permite que os gerentes compreendam o impacto de suas decisões (BOURNE *et al.*, 2000; FRANCO-SANTOS; LUCIANETTI; BOURNE, 2012; NEELY; GREGORY; PLATTS, 1995; TATICCHI; BALACHANDRAN; TONELLI, 2012).

Matos *et al.* (2019) comentam que, ao usar o SAD, os gerentes devem contrastar os dados obtidos para verificar o sucesso dos objetivos estratégicos da organização e, assim, oferecer às partes interessadas um *feedback* sobre o desempenho.

Nilson *et al.* (2016) apontam que a adaptabilidade em resposta à natureza volátil do mercado é uma questão de sobrevivência para as empresas, o que remete à necessidade de atualização das medidas e métricas. O estágio final do ciclo de vida do SAD é a revisão, pois a adequação deste deve ser periodicamente reavaliada (BOURNE *et al.*, 2000). Nesse estágio, as métricas desenvolvidas devem ser revisadas conforme mudanças ocorridas no ambiente e nos objetivos estratégicos da organização (MATOS *et al.*, 2019). Novos requisitos poderão ser adicionados à estrutura, enquanto eventuais elementos desnecessários serão descartados (TATICCHI; BALACHANDRAN; TONELLI, 2012).

A Figura 23 mostra as etapas do ciclo de vida do SAD dos modelos do PB, conforme *framework* proposto por (BOURNE *et al.*, 2000).

Figura 23 - Etapas do ciclo de vida do SAD em relação aos modelos do PB



Fonte: Elaborada pelo autor, conforme abordagem proposta por Bourne *et al.* (2000).

De acordo com o resultado da análise, 63% dos artigos restringem-se a apresentar um modelo, enquanto o restante do PB apresenta um modelo e o implanta em um estudo de caso. Identifica-se, portanto, uma lacuna na literatura: nenhum modelo do PB foi além dos dois primeiros ciclos de vida do SAD, o que não lhes proporciona tempo suficiente para verificar o desempenho das estratégias adotadas nem promover melhorias e adaptações.

A próxima seção trata da análise de variável avançada, feita sobre as dimensões de desempenho dos 38 modelos do PB.

4.6 ANÁLISE DAS DIMENSÕES DE DESEMPENHO

Ao analisar os 38 modelos de ADL do PB, identificou-se que os indicadores contidos neles poderiam ser classificados em cinco dimensões:

1. Tempo (T);
2. Qualidade (Q);
3. Produtividade (P);
4. Custo (C); e
5. Flexibilidade (F).

Verificou-se que nenhum modelo apresentou indicadores que pudessem ser classificados em outras dimensões relevantes, como Sustentabilidade e Inovação, por exemplo.

A Tabela 8 demonstra o número de dimensões (Dim.) existentes em cada modelo de avaliação de desempenho, sendo detalhadas estas dimensões nas colunas seguintes (T, P, Q, C, F).

Tabela 8 - Artigos do PB com as dimensões analisadas

Autores	Dim.	T	P	Q	C	F
Accorsi, Manzini e Maranesi (2014)	2	x	x			
Azadeh, Roy e De Koster (2019)	2		x		x	
Baruffaldi <i>et al.</i> (2019)	2	x	x			
Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2018)	2	x	x			
Boysen, Füssler e Stephan (2019)	1	x				
Bozer e Aldarondo (2018)	2	x	x			
Chackelson <i>et al.</i> (2013)	1	x				
Chan e Chan (2011)	1	x				
Chen <i>et al.</i> (2010)	2	x				x
Chen, Xu e Wei (2019)	1	x				
Collins <i>et al.</i> (2006)	2	x		x		
De Vries, De Koster e Stam (2016)	2		x	x		
De Vries, De Koster e Stam (2016)	2		x	x		
Ho e Tseng (2006)	1	x				
Hong (2019)	2	x	x			
Hsieh e Huang (2011)	2	x	x			
Hsieh e Tsai (2006)	1	x				
Hwang e Cho (2006)	2	x	x			
Johnson e McGinnis (2010)	2	x	x			
Laosirihongthong <i>et al.</i> (2019)	4		x	x	x	x
Li, Huang e Dai (2016)	1	x				
Manzini <i>et al.</i> (2019)	1	x				
Matusiak, De Koster e Saarinen (2017)	1	x				
Merschformann <i>et al.</i> (2019)	3	x	x	x		
Park (2009)	1		x			
Park e Rhee (2005)	3	x	x			x
Park, Foley e Frazelle (2006)	1	x				
Petersen, Siu e Heiser (2005)	1	x				
Roy <i>et al.</i> (2019)	2	x	x			
Tappia <i>et al.</i> (2019)	4	x	x		x	x
Tsai, Liou e Huang (2008)	3	x		x	x	
Van der Gaast, De Koster e Adan (2019)	1	x				
Wu, De Koster e Yu (2020)	1	x				
Yu e De Koster (2008)	3	x	x			x
Yu e De Koster (2009)	1	x				
Yu, M., De Koster (2010)	4	x	x		x	x
Zhang <i>et al.</i> (2017)	1	x				

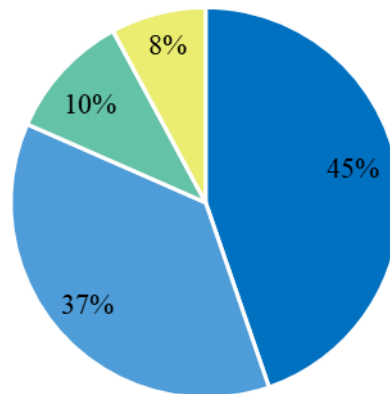
Fonte: Elaborado pelo autor. Dimensões (Dim.), Tempo (T), Produtividade (P), Qualidade (Q), Custo (C) e Flexibilidade (F).

O uso de uma dimensão única é observado em 44,7% (17) dos modelos, o que corrobora a afirmação de Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007), que “a maioria das pesquisas acadêmicas sobre desempenho na SP concentra-se em uma dimensão específica”.

A Figura 24 mostra o número de dimensões dos modelos do PB.

Figura 24 - Combinações das dimensões dos modelos de ADL

■ Unidimensional ■ Bidimensional ■ Tridimensional ■ Quadrimensional

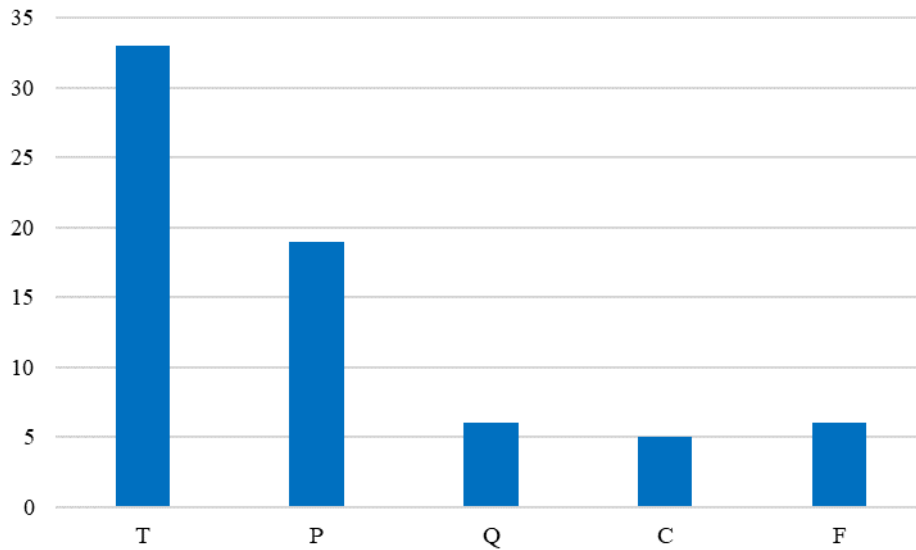


Fonte: elaborada pelo autor.

Analisando as combinações das dimensões nos modelos de ADL para SP, verificamos que dos 17 modelos unidimensionais, 16 são baseados na dimensão Tempo e 1 na dimensão Produtividade. Modelos bidimensionais são objeto de 13 artigos, sendo mais popular a combinação Tempo-Produtividade, usada 9 vezes.

A Figura 25 mostra a popularidade das dimensões nos 38 modelos do PB, sendo Tempo e Produtividade as mais populares.

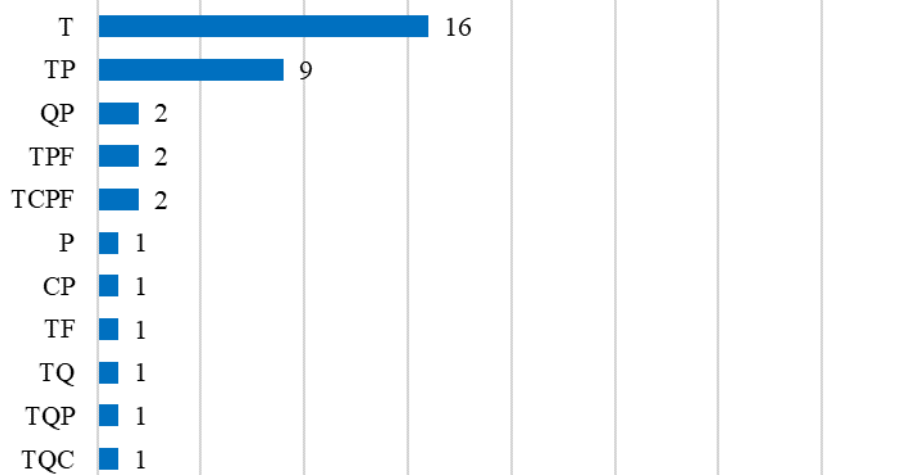
Figura 25 - Popularidade das dimensões nos modelos de ADL para SP



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 26 mostra a contagem das combinações de dimensões em termos de popularidade no PB. A dimensão Produtividade, embora utilizada como única dimensão apenas uma vez, é usada 8 vezes em combinações bidimensionais com o Tempo, duas vezes com Qualidade e uma vez com Custo. Em combinações tridimensionais, a Produtividade é usada 3 vezes; e ela faz parte das quatro combinações quadrimensionais.

Figura 26 - Combinações de dimensões dos modelos de ADL



Fonte: Elaborado pelo autor.

A próxima seção trata da análise dos indicadores de desempenho contidos nos 38 modelos de AD par a SP do PB.

4.7 ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Esta seção procura classificar os indicadores de desempenho dos modelos de AD do PB. Alguns indicadores, por similaridade de nome e conceito, foram sintetizados como uma única classificação, para facilidade da contagem do seu uso. Por exemplo: o indicador *picking time* e o indicador *order picking time* foram usados em diversos modelos, mas ambos foram classificados como *picking time* por seu conceito ser semelhante. O que não ocorre com *picking travel time*, indicador que mede o tempo de deslocamento do separador, e não a separação do pedido como um todo.

As próximas subseções analisam os indicadores em cada uma das cinco dimensões definidas na pesquisa.

4.7.1 Análise dos indicadores da dimensão Tempo

(HO; TSENG, 2006) avaliam que o tempo de deslocamento do separador representa aproximadamente metade de todo o tempo na SP (TOMPKINS *et al.*, 2010). Em armazéns de dimensões uniformes e regulares, o tempo de separação é proporcional à distância percorrida pelo separador (HSIEH; TSAI, 2006; PETERSEN, 2000).

A Tabela 9 mostra os indicadores da dimensão tempo e a quantidade de vezes em que foram usados.

Tabela 9 - Indicadores da dimensão Tempo

Indicadores	Tradução Livre	Uso
<i>Picking Time</i>	Tempo de separação	20
<i>Order Picking Cycle Times</i>	Tempo de ciclo da separação do pedido	10
<i>Picking Travel Time</i>	Tempo de deslocamento na separação	7
<i>Waiting Time</i>	Tempo de espera	4
<i>Fulfillment Time</i>	Tempo de atendimento do pedido	3
<i>Turnover Time</i>	Tempo de giro do pedido	2
<i>Average Time in Queue</i>	Tempo médio em fila de trabalho	1
<i>Maximum Time in Queue</i>	Tempo máximo em fila de trabalho	1
<i>Sorting Time During Trip</i>	Tempo de sortimento durante a separação	1
<i>Average Time of Picking One Item</i>	Tempo médio de separação de um item	1
<i>Job Sojourn Time</i>	Tempo de jornada de trabalho	1
<i>Arrival Time</i>	Tempo de chegada	1
<i>Starting Time</i>	Tempo de início	1
<i>Average Flow Time</i>	Tempo médio de fluxo	1
<i>Tray delivery time</i>	Tempo de entrega da bandeja	1
<i>Total Earliness and Tardiness Time</i>	Tempo total de antecipação e atraso	1

Indicadores	Tradução Livre	Uso
<i>Average reshuffle time per batch</i>	Tempo Médio de Reorganização por Lote	1
<i>Average service time per batch</i>	Tempo Médio de Serviço por Lote	1
<i>Average service time per order</i>	Tempo Médio de Serviço por Pedido	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Van Der Gaast, De Koster e Adan (2019) comentam que o processo de Separação Dinâmica (*Milkrun*) tem como vantagem, em comparação com os sistemas convencionais, reduzir o Tempo de Separação e o Tempo de Deslocamento do Separador. A Separação por Lote de Pedidos (*batch picking*) pode reduzir a distância total da viagem de SP, se pedidos com endereços de separação semelhantes forem agrupados no mesmo lote de pedidos e coletados na mesma viagem (HO; TSENG, 2006).

4.7.2 Análise dos indicadores da dimensão Produtividade

A dimensão produtividade é a segunda mais popular no PB, com 22 indicadores, compondo 32% do total de indicadores usados no PB. Indicadores de utilização foram classificados nesta dimensão, conforme outros trabalhos já fizeram (STAUDT, 2015). A Tabela 10 mostra a lista de indicadores e o número de vezes em que foi usado.

Tabela 10 - Indicadores da dimensão Produtividade

Indicadores	Tradução livre	Uso
<i>Order picking throughput</i>	Processamento da Separação de Pedidos	8
<i>Labor productivity</i>	Produtividade da mão-de-obra	4
<i>Picking Space utilization</i>	Utilização do Espaço da Separação	4
<i>Unit throughput</i>	Processamento por Unidade	3
<i>Picker utilization</i>	Utilização do Separador	3
<i>Order arrival rate</i>	Taxa de Chegada do Pedido	2
<i>Equipment utilization</i>	Utilização de Equipamentos	2
<i>Improvement on throughput</i>	Melhoria na taxa de transferência	1
<i>Maximum arrival rate</i>	Taxa Máxima de Chegada	1
<i>Number of orders finished in 20 days</i>	Número de Pedidos Concluídos em 20 dias	1
<i>Picking station utilization</i>	Utilização da Estação de Coleta	1
<i>Robot utilization</i>	Utilização do robô	1
<i>Resource utilization</i>	Utilização de Recursos	1
<i>Use of RF Dispatching</i>	Uso de Coleta com Coletor de RF	1
<i>Use of Bar Coding</i>	Uso de Código de Barras	1
<i>Use of Pick-to-Light</i>	Uso de Pick-to-Light	1
<i>Utilization of order processing capacity</i>	Utilização da Capacidade de Processamento	1

Indicadores	Tradução livre	Uso
<i>S/R machine utilization</i>	Utilização da Máquina S/R	1
<i>Crane utilization</i>	Utilização do Guindaste	1
<i>Lift utilization</i>	Utilização do Elevador	1
<i>Shuttle utilization</i>	Utilização do Carrinho	1
<i>Quality control utilization</i>	Utilização de Controle de Qualidade	1

Fonte: elaborado pelo autor.

A produtividade na separação pode ser demonstrada tanto por unidade separada, quanto por pedido separado, bem como por linhas separadas por hora. No fragmento da literatura analisado, nota-se que a ausência do indicador “linhas separadas por hora” (*lines picked per hour*), uma alternativa para a medição da produtividade na separação. Apesar da importância do indicador linhas separadas por hora, no PB analisado, os indicadores mais populares foram a produtividade por pedido (*Order picking throughput*) com 8 artigos, e a por unidade (*Unit throughput*) usado por 3 artigos do PB. tanto em unidades processadas quando por pedido.

4.7.3 Análise dos indicadores na dimensão Qualidade

Indicadores que compõem a dimensão Qualidade são utilizados em 10 trabalhos no PB. A Tabela 11 mostra a lista de todos os indicadores dessa dimensão e o número de vezes em que foram usados.

Tabela 11 - Indicadores na dimensão Qualidade

Indicadores	Tradução livre	Uso
<i>Picking Accuracy</i>	Acuracidade na Separação	4
<i>Tardiness Penalty per Unit Time</i>	Penalidade por Atraso por Unidade	2
<i>Shipping Accuracy</i>	Acuracidade na Expedição	1
<i>% Product Transferred without Errors</i>	% Transferência de Produtos sem Erros	1
<i>Product Damage Rate</i>	Taxa de Dano ao Produto	1
<i>Earliness Penalty per Unit Time</i>	Penalidade por Adiantamento por Unidade	1

Fonte: elaborado pelo autor.

A acuracidade da separação é um indicador muito comum para dimensionamento do desempenho da SP, presente no relatório anual do *Warehousing Education and Research Council* (WERC, 2019). No PB, é métrica de 4 modelos: Collins *et al.* (2006), Laosirihongthong *et al.* (2018), De Vries, De Koster e Stam (2016) e Zhang *et al.* (2017).

4.7.4 Análise dos indicadores da dimensão Custo

Ho e Tseng (2006) ressaltam a importância do custo ao citar as pesquisas de Coyle, Bardi e Langley (2003), segundo os quais as operações de coleta de pedidos representam cerca de 65% do custo operacional total de um armazém. O custo, no entanto, é uma dimensão desprestigiada na ADL tanto em armazéns (nenhuma ocorrência no PB) quanto em SP (apenas 4 ocorrências no PB).

A Tabela 12 mostra a lista de indicadores dessa dimensão.

Tabela 12 - Indicadores na dimensão Custo

Indicadores na dimensão Custo	Tradução livre	Uso
<i>Operating Cost</i>	Custo Operacional	1
<i>Total Worker Hours</i>	Total de Horas Trabalhadas	1
<i>Shortage Cost</i>	Custo de Escassez	1
<i>Total Travel Cost</i>	Custo total de Deslocamento	1
<i>Travel Cost Per Unit Time</i>	Custo de Deslocamento por Unidade	1

Fonte: elaborado pelo autor.

4.7.5 Análise dos indicadores da dimensão Flexibilidade

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) comentam que dimensionar a flexibilidade é uma tarefa difícil por ela ser uma medida potencial e que pode ser aplicada a outros objetivos além dos da manufatura. Como exemplo de medidas de flexibilidade em CS, Gunasekaran, Patel e Mcgaughey (2004) citam o tempo do ciclo de desenvolvimento do produto, tempo de *setup* das máquinas e ferramentas, economias de escopo e giro de inventário.

A Tabela 13 mostra os indicadores da dimensão Flexibilidade compilados dos artigos que usam indicadores nessa dimensão.

Tabela 13 - Indicadores na dimensão Flexibilidade

Indicadores na dimensão Flexibilidade	Tradução livre	Uso
<i>Picking setup time</i>	Tempo de setup de Separação	3
<i>Cost Savings</i>	Economia de Custos	2
<i>Responsiveness to urgent deliveries</i>	Resposta às demandas urgentes	1
<i>Customer query time</i>	Tempo de consulta ao cliente	1
<i>Order size flexibility</i>	Flexibilidade do Tamanho do Pedido	1
<i>Delivery flexibility</i>	Flexibilidade da Entrega	1

Indicadores na dimensão Flexibilidade	Tradução livre	Uso
<i>Service system flexibility</i>	Flexibilidade do Serviço	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme comentam Bhattacharya, Gibson e Doty (2005), a flexibilidade dos recursos humanos está relacionada ao desempenho superior de empresas, em especial à eficiência de custos. Sobre esta perspectiva, o indicador “*Cost Savings*” traduzido como economia de custos, tal qual explicitado nos trabalhos de Chen et al. (2010), Park e Rhee (2005) e Yu, M., De Koster (2010), refere-se a novas demandas referentes a projetos de implantação que foram evitados pelo aproveitamento de saberes e habilidades da equipe atual, sendo que a economia refere-se ao atendimento de uma nova demanda com a equipe atual, sem a necessidade de contratação de novos colaboradores ou serviços de consultorias externas. Portanto, o custo, apesar de ser dimensionados em unidades financeiras, cabe melhor na dimensão flexibilidade do que na de custos, pois reflete a uma economia relacionadas à polivalência da equipe.

Da mesma forma, o indicador “Picking set up time”, traduzido como o Tempo de setup de Separação, é classificado na dimensão flexibilidade e não na dimensão tempo, pois tem o propósito de indicar qual é a capacidade da equipe em se adaptar a novas configurações operacionais, mais do que apenas medir o tempo de troca de configuração na SP.

5 ANÁLISE SISTÊMICA

Ensslin, Ensslin e Dutra (2019) definem Análise Sistemática como um processo científico estruturado com filiação teórica definida e explicitada através de lentes, que permitem ao pesquisador executar uma análise de um conjunto de artigos acadêmicos que representam um determinado assunto, com propósito de destacar lacunas e oportunidades de pesquisa, tanto na visão geral das seis lentes quanto na visão singular de cada lente.

A metodologia proposta pelo ProKnow-C é sustentada por uma a visão de mundo construtivista, que segundo Ensslin *et al.* (2010, p. 130), considera a AD como:

“... processo para construir conhecimento no decisor, a respeito de um contexto específico que se propõe avaliar, a partir da percepção do próprio decisor por meio de atividades que identificam, organizam, mensuram ordinalmente e cardinalmente, e integram os aspectos considerados como necessários e suficientes para gestão, permitindo visualizar o impacto das consequências das ações e seu gerenciamento.”

Observando essa definição, Chaves *et al.* (2013) comentam que Análise Sistemática é conduzida através de seis lentes:

1. Abordagem;
2. Singularidade;
3. Identificação de objetivos;
4. Mensuração;
5. Integração; e
6. Gestão.

As subseções a seguir mostram a análise sistemática sob a ótica das seis lentes, seguindo a metodologia do ProKnow-C (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019).

5.1 ABORDAGEM

A primeira lente tem o propósito de identificar a abordagem adotada pelos autores, bem como refletir sobre o uso do modelo de AD (se genérico ou específico), a fim de determinar a harmonia entre abordagem e uso (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019; ROY, 1993, 1994).

As abordagens são Realista (subdividida em Normativista e Descritivista), Prescritivista e Construtivista (ROY, 1996).

Na abordagem Normativista, o pesquisador seleciona o modelo que será utilizado para avaliação, tendo como as principais fontes das variáveis a literatura acadêmica e/ou os conhecimentos de especialistas da área (FERMINO, 2019). Na abordagem Descritivista, o pesquisador deve identificar as variáveis que influenciam o resultado desejado pelo decisor, dentro do contexto avaliado (CHAVES *et al.*, 2013). A abordagem Descritivista tem sustentação na replicação de modelos, considerando o contexto da investigação; enquanto a Prescritivista considera primeiramente as características da organização para, então, construir o modelo (DUTRA *et al.*, 2015; ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019).

De acordo com Fermino (2019), a primeira lente também investiga o contexto onde o modelo foi aplicado, se genérico ou específico, determinando se existe harmonia entre a construção do instrumento avaliativo e seu propósito. O modelo é considerado específico se ele foi construído a partir da percepção e opinião de tomadores de decisão de uma empresa, considerando sua cultura, problemas e características específicas. Sistemas de apoio à tomada de decisão aplicados em ambientes distintos dos concebidos terão muita dificuldade para obter sucesso (ROY, 1993, 1994, 1996).

O Quadro 4 elenca a concepção teórica sobre harmonia entre os modelos de AD, conforme (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019).

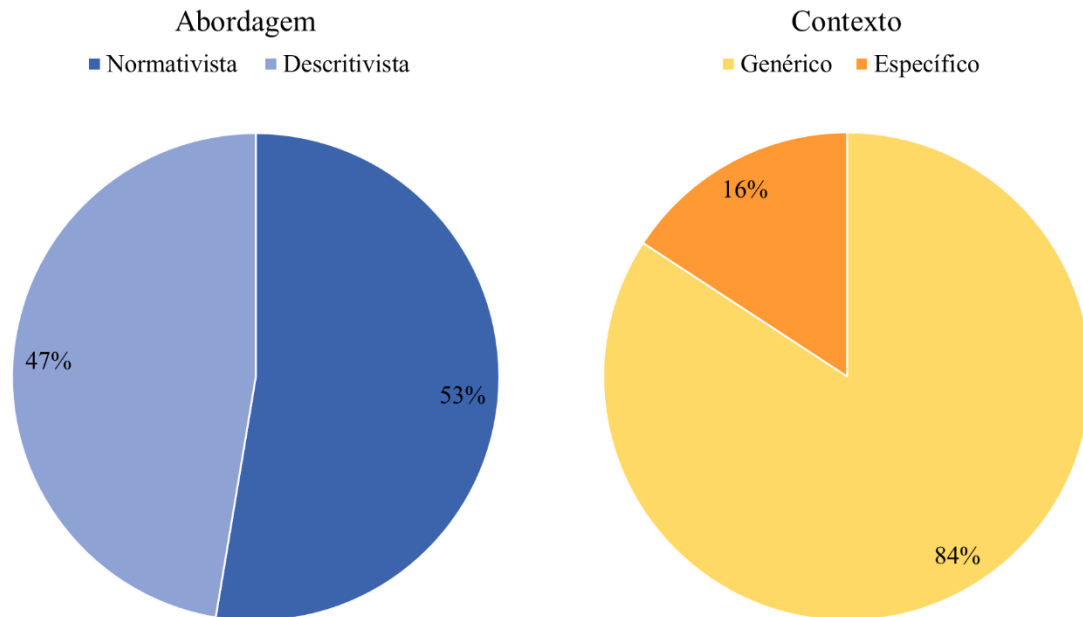
Quadro 4 - Uso, aplicação e harmonia entre as abordagens

Modelo	Uso/aplicação	Harmonia
Realista (Normativista ou Descritivista)	Genérico	Sim
	Específico	Não
Prescritivista ou Construtivista	Genérico	Não
	Específico	Sim

Fonte: Ensslin, Ensslin e Dutra (2019).

Conforme ilustrado na Figura 27, todos os modelos analisados no PB possuem abordagem Realista, na proporção de 53% Normativistas e 47% Descritivista. Nenhum deles adotou abordagem Prescritivista ou Construtivista. Dos modelos analisados, 84% são genéricos, o que significa que a grande maioria não foi construída a partir da percepção de tomadores de decisão ou para um ambiente físico específico; e isso, considerando a abordagem Realista adotada por estes, resulta na harmonia.

Figura 27 - Abordagem e Contexto da avaliação de desempenho



Fonte: Elaborada pelo autor.

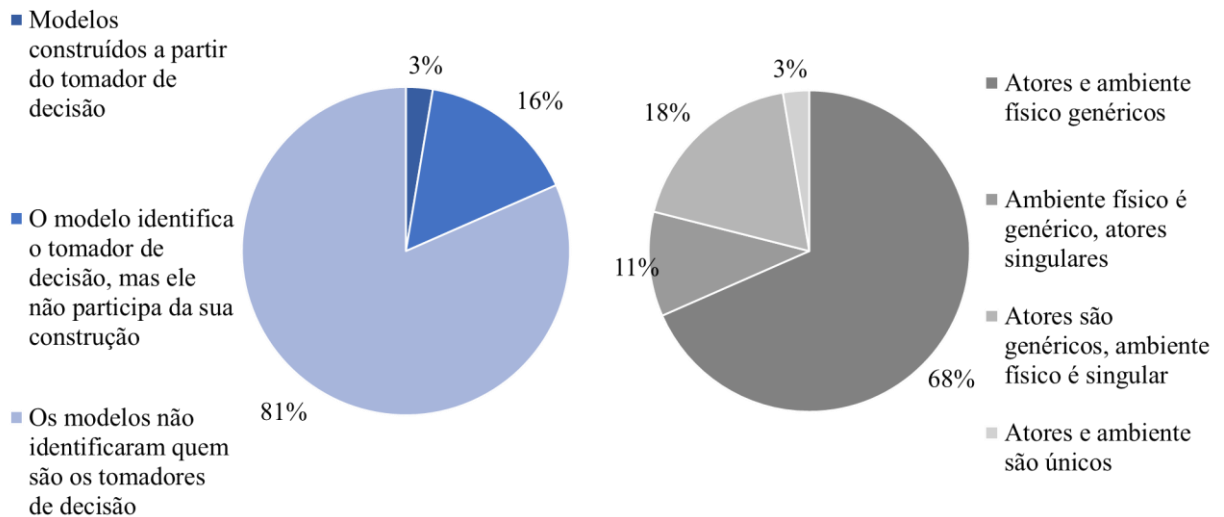
A próxima seção trata da lente Singularidade, segunda lente da análise sistêmica, com propósito de verificar a unicidade do problema avaliado.

5.2 SINGULARIDADE

A segunda lente tem o propósito de verificar se os autores do artigo reconheceram que o problema é único, tanto em termos dos tomadores de decisão quanto em termos do contexto físico (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019). Segundo Chaves *et al.* (2013), um modelo de AD é considerado singular quando ele identifica a compreensão dos autores de que seu modelo de AD reconhece sua unicidade em termos tanto de ambiente físico quanto dos tomadores de decisão (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019). Bortoluzzi *et al.* (2013) fazem uma ressalva, raciocinando que se os decisores ou o contexto são alterados, também mudam as necessidades avaliativas; e, portanto, deve-se alterar o modelo.

Em termos de contexto físico, somente 4% dos modelos foram criados para uma organização específica. A Figura 28 mostra a análise da singularidade dos modelos de ADL do PB em termos da participação dos tomadores de decisão.

Figura 28 - Participação dos atores e a singularidade da avaliação



Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise feita no PB, sob a ótica da lente singularidade, verificou que apenas 3% dos modelos foram construídos a partir do tomador de decisão. Nesse cenário, 16% dos instrumentos avaliativos identificam o tomador de decisão, mas este não participa da construção de todo o modelo; e, finalmente, a grande maioria, 81%, não identificou quem são os tomadores de decisão. A Figura 28 também mostra a análise da singularidade dos modelos de ADL do PB em termos da combinação de atores e ambiente. 68% dos artigos pressupõem que os atores e o ambiente físico são genéricos; 11% pressupõem que o ambiente físico é genérico, mas os atores são únicos; 18% assumem que o ambiente físico é único, mas os atores são genéricos; e, por fim, apenas 3% pressupõem que os atores e o ambiente são únicos.

A próxima seção trata da terceira lente de análise sistêmica, que analisa os objetivos, variáveis e critérios nos modelos.

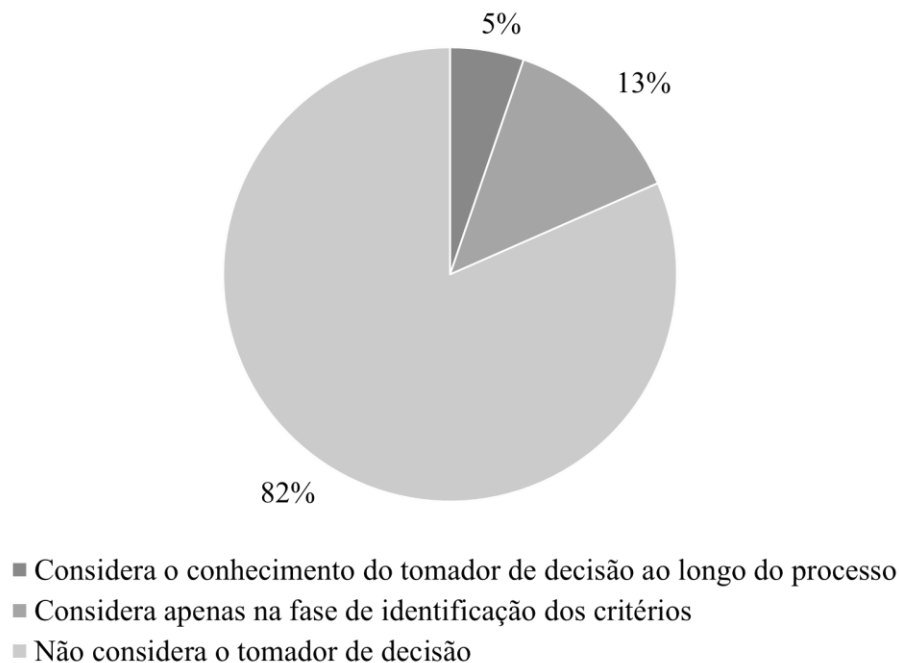
5.3 OBJETIVOS

A terceira lente remete à identificação dos objetivos, que, segundo Chaves *et al.* (2013), tem o propósito de analisar se os objetivos, variáveis e critérios dos modelos dos artigos reconhecem a necessidade de expansão do conhecimento do decisor em relação ao contexto

(ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019). A interação entre decisor e especialista deve fazer parte da concepção do modelo de AD (BORTOLUZZI *et al.*, 2013).

A Figura 29 mostra a análise dos limites de conhecimento do tomador de decisão. Analisando se os pesquisadores, ao construir o modelo, reconheceram os limites de conhecimento do tomador de decisão, verifica-se que apenas 5% dos instrumentos avaliativos consideram a expansão do conhecimento do decisor. Considerando o restante do PB, 13% consideram essa expansão apenas durante a fase de identificação dos critérios e avaliação e, finalmente, 82% não tomam conhecimento sobre a figura do decisor.

Figura 29 - Análise da expansão do conhecimento do tomador de decisão



Fonte: Elaborada pelo autor.

Considerando agora a identificação dos objetivos dos modelos, verificam-se os seguintes resultados: apenas 3% destes são totalmente baseados nos valores e na percepção do decisor; 8% o são de forma parcial; 5% são completamente externos ao decisor, mas este ao menos valida os critérios; e, por fim, a imensa maioria, 84%, não reconhece os valores e preferências dos tomadores de decisão.

A próxima seção trata da atividade de mensuração dos objetivos do instrumento avaliativo.

5.4 MENSURAÇÃO

A quarta lente diz respeito à verificação da atividade de mensuração dos objetivos (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019). Dos artigos analisados, 53% executam a medição dos objetivos; enquanto 47% ou usam valores obtidos em exemplos da literatura acadêmica, ou geram dados randomicamente, ou estimam em entrevistas, ou adotam valores de testes disponíveis *online* em *data sets*, como no caso de (TSAI; LIOU; HUANG, 2008).

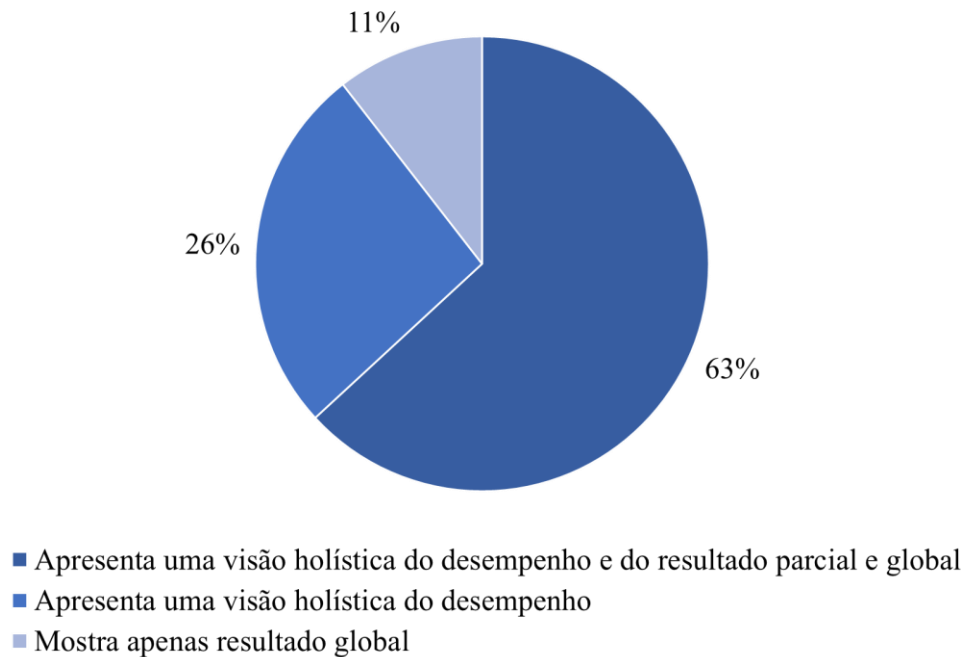
A próxima seção diz respeito à quinta lente, que tem o propósito de analisar se o modelo contempla alguma atividade de integração dos objetivos, escalas e indicadores.

5.5 INTEGRAÇÃO

A quinta lente é a integração, que segundo (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019), tem o propósito de analisar se o modelo de AD utilizado nos artigos do PB contempla alguma atividade de integração dos objetivos, escalas e indicadores, construída a partir da percepção dos decisores, permitindo uma visão holística e sistêmica do desempenho, bem como uma avaliação global do contexto (FERMINO, 2019). Analisando se as ferramentas permitem um processo de integração dos indicadores, verificou-se que 83% permitem, e 7% não.

A Figura 30 ilustra a análise de como o modelo mostra os resultados de sua avaliação de desempenho. Considerando agora somente os modelos que permitem essa integração, 63% deles apresentam uma visão holística do desempenho, bem como o resultado parcial e global; 26% limitam-se a expressar uma visão holística do resultado; e 11% oferecem uma visão geral apenas do resultado global.

Figura 30 - Apresentação dos resultados da avaliação de desempenho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda sob a perspectiva da lente integração, verifica-se que apenas 5% dos modelos são concebidos com base na percepção dos tomadores de decisão quanto à identificação dos níveis de referência e taxas de integração (considerando-se a contribuição da mudança do nível de referência mais baixo para o mais alto); enquanto 95% atuam sem a participação de tomadores de decisão.

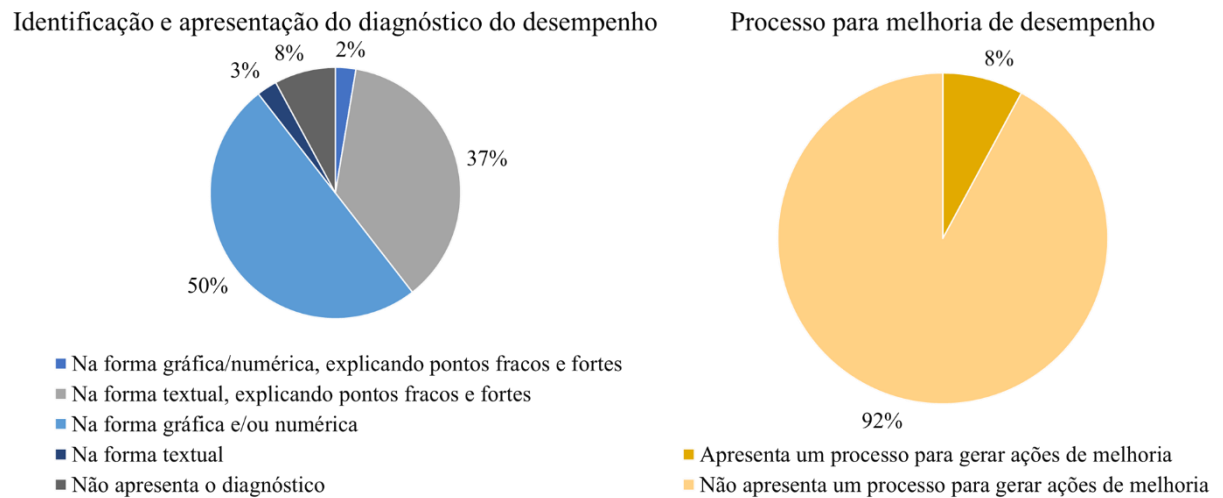
A seção seguinte trata da sexta e última lente de análise sistêmica, que busca revelar se os artigos propõem iniciativas gerenciais para o aumento do desempenho.

5.6 GESTÃO

A lente gestão revela se os artigos propõem ações de monitoramento ou se procuram demonstrar a existência de um conjunto de iniciativas focadas no aumento do desempenho, sugerindo processos e/ou ações com foco na promoção de melhorias (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019; THIEL; ENSSLIN, 2016).

A Figura 31 mostra a análise da sexta lente em termos de identificação e apresentação do diagnóstico e da apresentação das sugestões para melhoria de desempenho.

Figura 31 - Análise da Lente Gestão



Fonte: Elaborada pelo autor.

Feita a análise quanto à identificação e apresentação do diagnóstico do desempenho da organização, constata-se que 13% mostram o *status quo* da organização em forma gráfica ou numérica e explicam os pontos fracos e fortes do desempenho; 37% evidenciam o diagnóstico do desempenho atual da organização na forma textual e explicam os pontos fracos e fortes do desempenho; 50% evidenciam seu diagnóstico na forma gráfica ou numérica; 13% o fazem apenas textualmente; e, por fim, 38% não mostram nenhum diagnóstico.

Com relação ao processo de melhoria de desempenho, nenhum modelo apresentou um processo de identificação, classificação e sugestão de ações da gestão focadas em melhorias; 8% mostram um processo para gerar ações de melhoria; e 92% não ofereceram um processo organizado para gerar ações de melhoria.

Finalizadas as análises bibliométricas e sistêmica nos capítulos 4 e 5, respectivamente, próximo capítulo procura estabelecer perspectivas evolutivas para a área de conhecimento sintetizando os conhecimentos adquiridos em um Mapa da Literatura.

6 MAPA DA LITERATURA

O Mapa da Literatura tem o propósito de ilustrar visualmente as características mais marcantes em uma figura, com o propósito de estabelecer as perspectivas de evolução do tema, bem como servir como apoio visual ao leitor, para facilitar-lhe a compreensão das análises efetuadas nos modelos do PB (ENSSLIN; ENSSLIN; DUTRA, 2019; VALMORBIDA *et al.*, 2014). As próximas seções mostram o desenvolvimento do mapa com base em análises dos 38 modelos de ADL contidos no PB, que serão analisados com foco exclusivo na SP, independentemente do fato de serem modelos de ADL em Armazéns ou SP.

6.1 SÍNTESE DOS MODELOS DE ADL NA SP

Esta subseção tem o propósito de realizar uma síntese dos modelos de ADL para SP analisados no fragmento da literatura, considerando seu sistema e subsistema de SP, bem como comentando o propósito de cada artigo, as variáveis de análise (políticas e nível de automação utilizado) e as conclusões das pesquisas. O Quadro 5 mostra a relação de todos os artigos do PB com os sistemas e subsistemas de SP.

Quadro 5: Artigos do PB e os sistemas de separação de pedidos.

Artigo	Sistema	Subsistema
Accorsi, Manzini e Maranesi (2014)	Manual	picker-to-parts
Azadeh, Roy e De Koster (2019)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Baruffaldi et al. (2019)	Manual	picker-to-parts
Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2018)	Manual	picker-to-parts
Boysen, Fülller e Stephan (2019)	Manual	put
Bozer e Aldarondo (2018)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Chackelson et al. (2013)	Manual	picker-to-parts
Chan e Chan (2011)	Manual	picker-to-parts
Chen et al. (2010)	Manual	picker-to-parts
Chen, Xu e Wei (2019)	Manual	picker-to-parts
Collins et al. (2006)	Manual	picker-to-parts
De Vries, De Koster e Stam (2016a)	Manual	picker-to-parts
De Vries, De Koster e Stam (2016b)	Manual	picker-to-parts
Ho e Tseng (2006)	Manual	picker-to-parts
Hong (2019)	Manual	picker-to-parts
Hsieh e Huang (2011)	Manual	picker-to-parts
Hsieh e Tsai (2006)	Manual	picker-to-parts

Artigo	Sistema	Subsistema
Hwang e Cho (2006)	Manual	picker-to-parts
Johnson e McGinnis (2010)	Manual	picker-to-parts
Laosirihongthong et al. (2019)	Manual	picker-to-parts
Li, Huang e Dai (2016)	Manual	picker-to-parts
Manzini et al. (2019)	Manual	picker-to-parts
Matusiak, De Koster e Saarinen (2017)	Manual	picker-to-parts
Merschformann et al. (2019)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Park (2009)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Park e Rhee (2005)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Park, Foley e Frazelle (2006)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Petersen, Siu e Heiser (2005)	Manual	picker-to-parts
Roy et al. (2019)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Tappia et al. (2019)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Tsai, Liou e Huang (2008)	Manual	picker-to-parts
Van der Gaast, De Koster e Adan (2019)	Manual	picker-to-parts
Wu, De Koster e Yu (2020)	Semiautomatizado	parts-to-picker
Yu e De Koster (2008)	Manual	picker-to-parts
Yu e De Koster (2009)	Manual	picker-to-parts
Yu, M., De Koster (2010)	Manual	picker-to-parts
Zhang et al. (2017)	Manual	picker-to-parts
Zhang, Wang e Huang (2016)	Manual	picker-to-parts

Fonte: Elaborado pelo autor.

Chan e Chan (2011) analisam um ambiente com sistema de separação manual, armazém de *rack* de vários níveis de separação, avaliando a distância percorrida pelo separador e o tempo de SP. Os autores apresentam um estudo de caso comparando políticas de endereçamento com o tempo de coleta no processo de Separação Discreta, bem como analisando fatores de influência como *layout*, sistema de endereçamento, manuseio de materiais, características do produto, tendências de demanda, taxas de rotatividade e requisitos de espaço. Os autores concluem que a seleção de políticas de endereçamento aleatório, dedicado e de classe combinadas com métodos de roteirização Formato-S, Retorno ou Combinado oferecem melhorias no desempenho; mas ressaltam que a eficiência dessas políticas é interdependente.

Yu e De Koster (2009) estudam o impacto do *batching* e das políticas de zoneamento no desempenho de três processos distintos da SP (Separação por Lote de Pedidos, Separação por Zona e PP) em relação a combinações de zonas na área de separação com roteirização no Formato-S, concluindo que o tamanho do lote de pedidos influencia fortemente no tempo de SP, especialmente em pequenas zonas.

Accorsi, Manzini e Maranesi (2014) apresentam um Sistema de Apoio à Decisão para o projeto, gestão e controle do armazém. Os autores propõem um painel indicadores nas dimensões Tempo e Produtividade, comparando os processos de Separação Discreta e Separação por Lote de Pedidos, políticas de zoneamento e combinações entre as políticas de endereçamento por Popularidade e COI com política de roteirização heurística. O propósito dos autores é apoiar o tomador de decisão em questões estratégicas de longo prazo, com base na estimativa de requisitos de espaço e investimentos para o armazém.

Petersen, Siu e Heiser (2005) avaliam políticas de endereçamento considerando especialmente a coleta na "zona dourada" (SKUs endereçados em uma altura entre a cintura e ombros do separador) considerando o processo de Separação por Lote de Pedidos sendo avaliado com distintas políticas de endereçamento, como a Popularidade, *Turnover*, Volume, Densidade e COI, bem como políticas de roteirização Ótima e Heurística (Formato-S), sob a ótica de indicadores na dimensão Tempo. Os resultados ilustram que as políticas de Popularidade, *Turnover*, e o COI oferecem menor tempo de SP.

Hwang e Cho (2006) dedicam-se à criação de um modelo de AD para o projeto de um CD. Analisam oportunidades de redução da distância do deslocamento dos separadores na Separação Discreta e por Lote de Pedidos, considerando aspectos do gerenciamento do armazém, como os parâmetros de configuração (*layout*) e operacionais, as dimensões do armazém, tamanho do *rack* e número de operadores. Hsieh e Huang (2011) analisam a Separação por Lote de Pedidos comparando o desempenho da SP com variações de políticas de endereçamento (Randômico e Classes) e três políticas de roteirização: Ótima, Formato-S e MLI. Johnson e Mcginnis (2011) promovem uma ADL com base em quatro dimensões (Tempo, Produtividade, Flexibilidade e Custo), comparando o desempenho dos operadores com o nível educacional e a quantidade de treinamento recebido.

Chen *et al.* (2010) apresentam um modelo de AD do processo de Separação por Lote de Pedidos com duas zonas (uma de alta rotatividade e outra de baixa), avaliando o desempenho de políticas de endereçamento randômico e por classes em relação às políticas de roteirização de Formato-S; Maior Distância; Retorno e Combinada. O propósito dos autores não é identificar o melhor conjunto de políticas, mas sim um grupo de políticas com desempenho superior que forneça *insights* para tomadores de decisão selecionarem políticas de SP com maior flexibilidade em um ambiente em constante mudança.

Park, Foley e Frazelle (2006) analisam o desempenho de um *Miniload* considerando duas zonas, uma de alto e outra de baixo giro. Os autores chegam a um modelo de ADL *parts-*

to-picker que ajuda gerentes do armazém a determinar o tamanho ideal da zona para obter maior produtividade.

Collins *et al.* (2006) investigam a tomada de decisão ao realizar análise de lacunas de *benchmarking*, executando uma AD mais abrangente no armazém nas dimensões Tempo e Qualidade. Chackelson *et al.* (2013) fizeram um experimento para analisar o desempenho da Separação Discreta, comparando várias políticas de endereçamento (randômica, endereço vazio mais próximo, classe, dedicada e agrupamento de famílias) e de roteirização (Ótima, Formato-S, retorno, ponto médio, maior *gap* e composta). Considerando o ambiente físico do experimento e uma avaliação focada na dimensão Tempo, os pesquisadores recomendaram implementar uma política de roteirização de Retorno combinada com endereçamento em Classe.

Yu e De Koster (2010) desenvolveram um Sistema de Armazenagem Dinâmico (DSS, de *Dynamic Storage System*) para Separação de Lote de Pedidos com endereço de origem único com propósito de encontrar a produtividade máxima considerando o menor tempo operacional necessário.

Yu e De Koster (2008) criaram um modelo de AD voltado a fornecer estimativas rápidas do processo PP com política de armazenagem por Classes, comparando o desempenho de políticas de armazenamento, dimensão das estações de trabalho, número de separadores e processo de alocação da lista de separação.

Zhang *et al.* (2017) analisam o processo de Separação por Lote de Pedidos em três situações distintas (fora do horário de pico na demanda, horário de chegada e horário de pico) e duas situações de atribuição de tarefas (separador ocioso e separador ocupado), com política de endereçamento randômico e de roteirização em Formato-S. Os autores concluem que, para um bom desempenho do armazém, é importante observar que carga de trabalho média por separador e tempo ocioso médio por separador são indicadores relevantes na análise da eficiência da SP.

De Vries, De Koster e Stam (2016b) fizeram um experimento para investigar o desempenho de três processos de separação (Discreto, Zona e *Bucket Brigade*) com foco na produtividade, compondo seu modelo também com indicadores da dimensão Qualidade. Os resultados da pesquisa mostram que, na Separação Discreta, um sistema de incentivos baseado na competição é mais produtivo do que um sistema de incentivos baseado em cooperação. Por outro lado, revela que, ao se usar um método de Separação por Zonas, é mais produtivo um sistema de incentivos baseado em cooperação.

De Vries, De Koster e Stam (2016a) tem seu segundo modelo avaliado no PB, ainda trabalhando na comparação entre os processos de Separação Discreta, por Zona e *Bucket Brigade*; mas agora explora a influência do tipo de personalidade da força de trabalho no desempenho do separador, comparando tipos de SP com três ferramentas de coleta de dados distintas: PBV, PTL e Coletor de RF.

Park e Rhee (2005) pesquisam carrosséis bidirecionais comparando políticas de endereçamento *Organ pipe* e considerando a estratégia de ponto de permanência "flutuante" (*floating dwell point strategy*) contra a fixa. A estratégia de ponto de permanência "flutuante" consiste em, após a conclusão de cada pedido, manter o carrossel estacionado em sua posição atual até a chegada do próximo pedido (na fixa, por outro lado, a parada é o local de início do processo). Duas medidas de desempenho são consideradas: a produtividade da separação e a jornada de trabalho. Os autores concluem que, para sistemas com volume considerável de itens, o ponto fixo é claramente menos produtivo do que o flutuante. Park (2009) analisa a produtividade de um AS/RS com endereçamento tipo *Organ Pipe* em carrosséis bidirecionais de ponto flutuante, desta vez focando na distribuição de tempo de rotação do carrossel usado para determinar rendimento do sistema.

Tappia *et al.* (2019) desenvolvem um modelo analítico para sistemas *Shuttle-based Storage and Retrieval* (SBS/R), analisando o efeito da tecnologia e tamanho do *buffer* no desempenho, com ênfase nos indicadores de tempo de processamento do pedido. Os resultados mostram que SBS/R geram economia de custos no investimento e menor tempo total de processamento quando comparados ao AS/RS.

Chen, Xu e Wei (2019) analisam o desempenho da Separação por Lote de Pedidos em armazéns compostos por corredores demasiadamente estreitos, com restrição de acesso dos operadores e equipamentos. Os autores propõem seis métodos de roteirização heurística e sugerem que as oportunidades de melhorias estão na alteração da configuração de ruas e que corredores cruzados mitigam impactos negativos de desempenho resultantes de congestionamentos.

Laosirihongthong *et al.* (2018) utilizam *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP) para examinar a opinião de tomadores de decisão sobre como indicadores de desempenho do armazém são influenciados por medidas de desempenho individuais em três setores: manufatura, 3PL e varejo.

Merschformann *et al.* (2019) pesquisam RMFS, analisando sete indicadores de desempenho nas dimensões Tempo, Qualidade e Produtividade. Concluem que as regras de

atribuição do item do pedido ao robô têm um forte impacto na taxa de transferência da unidade na SP e que, em armazéns com um grande número de SKUs, são necessários mais robôs para uma alta taxa de transferência por unidade, mesmo que as dimensões da área de armazenamento permaneçam iguais.

Van Der Gaast, De Koster e Adan (2019) analisam o *Milkrun*, mostrando, em seu modelo, que o processo promove alto desempenho em um ambiente com alto número de pedidos e muita variabilidade no conteúdo. Além disso, observam uma redução no tempo de configuração da coleta e no tempo de deslocamento do separador quando comparados com os sistemas convencionais.

Manzini *et al.* (2019) promovem uma ferramenta de apoio à decisão gerencial para o armazém a partir da simulação do desempenho da SP, mediante metodologia para simular a Separação Discreta com diversas políticas de endereçamento, como a Popularidade, COI, Índice de Fechamento de Pedidos e Índice de Giro.

Hong (2019) investiga o tempo de separação do pedido e a produtividade em processo *Bucket Brigade* com dois separadores.

Wu, De Koster e Yu (2020) focam no tempo de resposta do pedido do cliente e na produtividade do AS/RS. Os autores buscam quantificar os benefícios analiticamente, desenvolvendo modelos para o tempo de deslocamento de resposta em endereços contidos na área avançada de endereçamento (*forward reserve area*).

Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2019) utilizam simulação para determinar o melhor fluxo de produtos, considerando a proporção ótima para amostragem destinada ao controle de qualidade. Estudam os processos de Separação Discreta e por Ondas, levando em conta as dimensões Tempo e Produtividade para a SP.

Baruffaldi *et al.* (2020) apresentam um estudo de caso sobre a implementação da estrutura de ADL em um 3PL italiano, com foco no desempenho. Analisam a introdução de uma nova política de endereçamento para redução do tempo de deslocamento do separador na Separação Discreta, considerando as dimensões Tempo e Produtividade, bem como as políticas de armazenagem Randômica, COI e Popularidade.

Tsai, Liou e Huang (2008) propõem um modelo de Separação por Lote de Pedidos que considera o custo do deslocamento e penalidade pelo atraso dos pedidos. Constroem cenários onde a política de endereçamento é dedicada, enquanto a roteirização é de retorno e meio-ponto.

Li, Huang e Dai (2017) estudam o impacto das políticas de roteirização heurística e de Formato-S na SP, com o propósito de avaliar políticas de *batching* em um típico varejista de comércio eletrônico chinês.

O trabalho de Zhang, Wang e Huang (2016) estudam o efeito de variações de *batching* no desempenho da SP, com foco na dimensão Tempo, em um armazém com política de endereçamento Randômica. Matusiak, De Koster e Saarinen (2017) analisam a questão do *batching* e a roteirização de separadores, analisando o impacto das diferenças individuais na AD de um varejista finlandês.

Bozer e Aldarondo (2018) comparam dois sistemas *parts-to-picker*, AS/RS e RMFS, em um varejo de comércio eletrônico, através de um modelo de simulação que compara o desempenho com base na produtividade e nos tempos de SP. Os autores concluem que o *Miniload* com quatro corredores produz aproximadamente o mesmo rendimento que um RMFS com 50 robôs.

Roy *et al.* (2019) analisam o desempenho de RMFS em CD de comércio eletrônico com distintas políticas de zoneamento. Os autores concluem que uma política de zona única reduz um terço do tempo de SP quando se usa robôs agrupados em vez de robôs dedicados, mas ressaltam que o *lead time* de reabastecimento pode triplicar. Também comentam que os robôs são mais produtivos em zonas múltiplas não aleatórias.

Azadeh, Roy e De Koster (2019) analisam o desempenho de AS/RS no deslocamento vertical e horizontal em políticas de armazenagem randômica, comparando os custos operacionais e a produtividade.

Boysen, Füssler e Stephan (2020) avaliam quatro configurações diferentes de sistemas *put-to-light* em termos de endereçamento e sequenciamento de SKU na alocação do separador. Os autores comentam que em sistemas *put-to-light*, as caixas de pedidos podem ser associadas de forma facultativa aos pedidos, de modo que, para cada onda de pedidos, uma nova atribuição possa ser derivada e encaixada no conjunto atualizado de pedidos. Concluem que a alocação em um sistema *put-to-light* é um problema de decisão operacional de curto prazo. Além disso, seu modelo introduz um novo tipo de política de endereçamento para sistemas *put-to-light* que ainda não foram abordados na literatura.

A Tabela 14 permite-nos comparar os artigos do PB em termos de processos, políticas de endereçamento, roteirização e zoneamento, considerando-se as seguintes legendas: Manual (M), Semiautomático (AS), Processo de Separação (PS), Nível de Mecanização (NM), Política

de Zoneamento (PZ), Política de Endereçamento (PE), Política de Roteirização (PR) e Dimensões (Dim.).

Tabela 14 - Comparação de políticas de endereçamento, roteirização e zoneamento

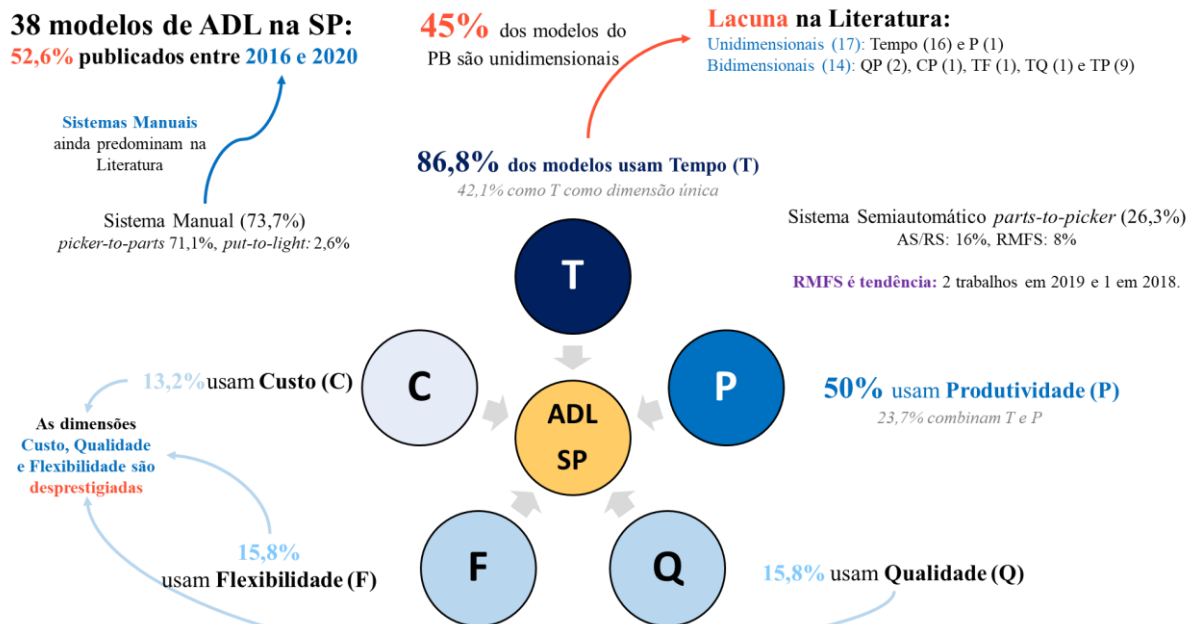
Autores	Sistema	PS	NM	PZ	PE	PR
Accorsi, Manzini e Maranesi (2014)	M	2	1	1	2	1
Azadeh, Roy e De Koster (2019)	SA	1	1	0	1	0
Baruffaldi <i>et al.</i> (2020)	M	1	1	1	4	1
Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2019)	M	2	1	0	1	1
Boysen, Füssler e Stephan (2019)	M	1	1	0	1	0
Bozer e Aldarondo (2018)	SA	1	2	1	1	0
Chackelson <i>et al.</i> (2013)	M	1	1	1	5	6
Chan e Chan (2011)	M	1	1	0	3	3
Chen <i>et al.</i> (2010)	M	1	1	1	2	4
Chen, Xu e Wei (2019)	M	1	1	0	1	3
Collins <i>et al.</i> (2006)	M	1	1	0	0	0
De Vries, De Koster e Stam (2016b)	M	3	1	1	0	0
De Vries, De Koster e Stam (2016a)	M	3	1	1	1	0
Ho e Tseng (2006)	M	1	1	1	2	1
Hong (2019)	M	1	1	1	0	0
Hsieh e Huang (2011)	M	1	1	0	2	3
Hsieh e Tsai (2006)	M	2	1	1	1	2
Hwang e Cho (2006)	M	2	1	0	0	0
Johnson e McGinnis (2011)	M	1	1	0	0	0
Laosirihongthong <i>et al.</i> (2019)	M	1	1	0	0	0
Li, Huang e Dai (2016)	M	1	1	1	0	1
Manzini <i>et al.</i> (2019)	M	1	1	1	3	0
Matusiak, De Koster e Saarinen (2017)	M	1	1	0	1	1
Merschformann <i>et al.</i> (2019)	SA	1	1	1	3	0
Park (2009)	SA	1	1	0	1	0
Park e Rhee (2005)	SA	1	1	0	1	0
Park, Foley e Frazelle (2006)	SA	1	1	1	1	0
Petersen, Siu e Heiser (2005)	M	1	1	1	5	2
Roy <i>et al.</i> (2019)	SA	1	1	1	2	0
Tappia <i>et al.</i> (2019)	SA	1	1	0	1	0
Tsai, Liou e Huang (2008)	M	2	1	1	1	3
Van der Gaast, De Koster e Adan (2019)	M	1	1	1	1	1
Wu, De Koster e Yu (2020)	SA	1	1	1	1	0
Yu e De Koster (2008)	M	1	1	0	1	0
Yu e De Koster (2009)	M	3	1	1	1	1
Yu, M., De Koster (2010)	SA	1	1	0	1	0
Zhang <i>et al.</i> (2017)	M	1	1	0	1	1
Zhang, Wang e Huang (2016)	M	1	1	0	1	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2 MAPA

Após a compreensão e classificação dos elementos presentes na ADL e com base no conhecimento gerado na análise do PB, propõe-se a construção de um Mapa da Literatura, mostrado na Figura 32, que classifica todos os indicadores usados nos modelos do PB em cinco dimensões: Tempo, Produtividade, Qualidade, Flexibilidade e Custo. Informações consideradas relevantes também são mostradas na figura.

Figura 32 - Mapa da Literatura, considerando todos os modelos do PB



Fonte: elaborada pelo autor.

As cores distintas em cada balão buscam reforçar a imagem de desequilíbrio no uso das dimensões em ADL. A cor mais escura do balão da dimensão Tempo reforça visualmente o fato de ser esta a dimensão mais popular, tendo em vista que 86,8% dos artigos usaram algum indicador dessa dimensão (em seguida, temos a Produtividade, com 50%). Em desequilíbrio, as dimensões Flexibilidade, Qualidade e Custo são pouco usadas. No entanto, deve-se considerar que a maioria dos modelos de ADL tem foco na SP e que modelos de ADL para o armazém poderiam dar maior ênfase às dimensões menos populares neste PB, como o custo, por exemplo.

Realizadas as análises bibliométrica e sistêmica (em que foram encontradas lacunas e oportunidades de pesquisa) e confeccionado um Mapa da Literatura do PB, a pergunta de pesquisa é reformulada para:

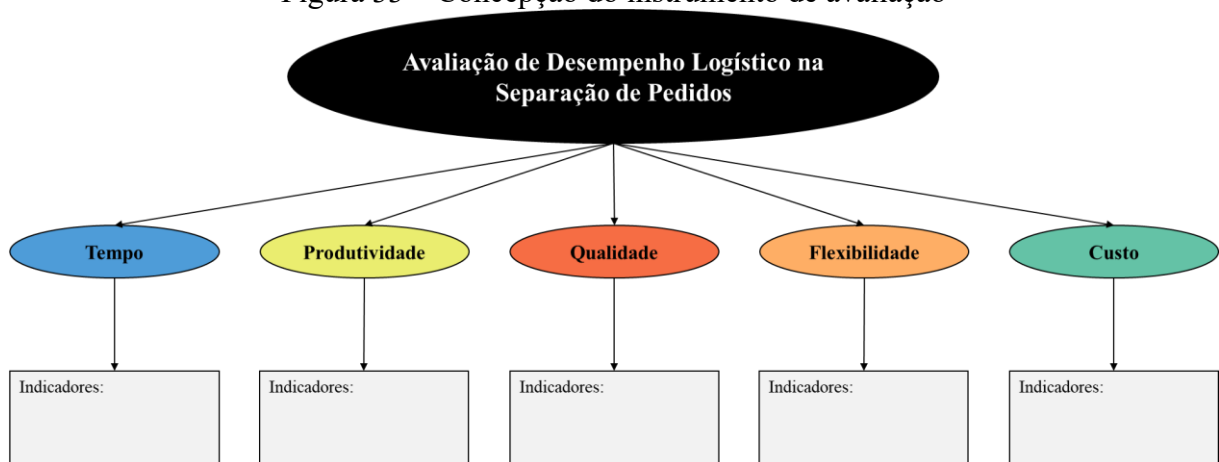
“Como avaliar o Desempenho Logístico na Separação de Pedidos de forma que ofereça aos tomadores de decisão uma visão sistêmica multidimensional?”

O próximo capítulo trata da legitimação das dimensões e indicadores com um grupo de *experts* composto, em sua maioria, por tomadores de decisão com experiência profissional no tema de pesquisa.

7 LEGITIMAÇÃO DE DIMENSÕES E INDICADORES COM *EXPERTS*

Este capítulo mostra o processo de validação com os *experts* dos indicadores de desempenho que irão compor o modelo. Para consolidar a nova pergunta de pesquisa - refeita no final do capítulo anterior - em um modelo de ADL para a SP, deve-se criar agora o construto teórico representado pelo modelo de ADL na SP (Figura 33), com os atributos do modelo na forma de dimensões de desempenho e com os fatores representados pelos indicadores de cada dimensão.

Figura 33 – Concepção do instrumento de avaliação



Fonte: Elaborada pelo autor.

O modelo deverá propor uma lista de indicadores de desempenho para cada um dos atributos, criada desde as análises do PB, nas sugestões e preferências dos *experts*.

Para obter uma visão mais completa, as próximas seções tratam do processo de SP manual *picker-to-parts*, que foi dividido em tarefas, sendo uma de planejamento da SP e as demais referentes à execução. O capítulo segue com a apresentação de uma matriz de dimensões e indicadores das partes do processo de SP, para em seguida apresentar uma breve explicação sobre a escala Likert, usada na primeira pergunta sobre a preferência dos entrevistados em relação às cinco dimensões usadas na análise do PB.

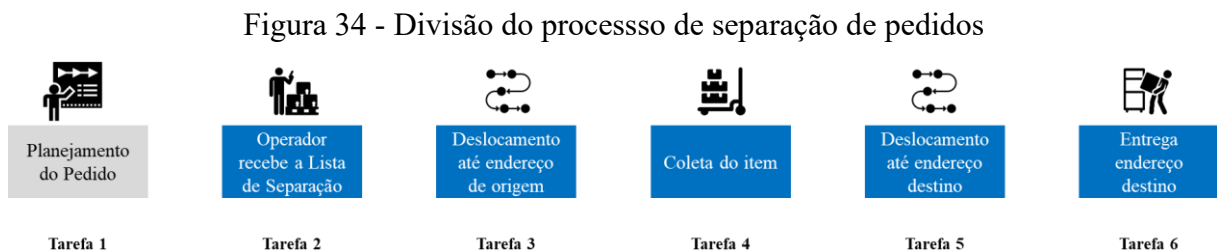
7.1 FORMULAÇÃO DAS PERGUNTAS

Esta seção trata de como as perguntas foram formuladas para apresentação aos *experts*. O questionário completo, tal qual apresentado para os *experts*, está disponível no APÊNDICE L. De um total de treze perguntas que compõem o questionário, somente a primeira usa a Escala

Likert; o propósito, nesse caso, é identificar as preferências entre as cinco dimensões usadas como pilares competitivos na análise do PB (Tempo, Produtividade, Qualidade, Flexibilidade e Custo). A Escala Likert adotada na pergunta é de cinco pontos, sem a possibilidade de exclusão (não resposta); seu emprego permitirá captar a percepção de *experts* sobre o tema abordado.

Quanto às demais perguntas, seis delas são de múltipla escolha, não se colocando limites ao número de itens selecionados como preferência dos *experts* em relação aos indicadores de cada dimensão. As seis perguntas restantes são abertas e têm o propósito de abrir um espaço para contribuições opcionais dos especialistas relacionadas a dimensões e indicadores, as quais poderão eventualmente compor o modelo final.

A Figura 34 mostra a decomposição de um processo genérico de SP manual em tarefas, com o propósito de facilitar a visualização de suas partes e, assim, facilitar a identificação, concepção e análise de indicadores.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No Planejamento do Pedido (Tarefa I) os gestores e tomadores de decisão fazem o recebimento do pedido no WMS, ou sistema equivalente, e efetuam o *batching* (loteamento dos pedidos) ou planejamento da onda.

A liberação da lista de separação no sistema transfere o protagonismo aos separadores, responsáveis pela execução do processo (Tarefa II). Os separadores recebem essa lista em seus dispositivos móveis (terminal de RF, por exemplo), com a indicação do primeiro endereço de origem da sequência de itens a serem coletados nos endereços de separação. A segregação entre as Tarefas I (planejamento) e II (início da execução) tem o propósito de diferenciar essas atividades e alocar os indicadores de ociosidade do separador; por exemplo, quando este espera pela lista de pedidos.

A Tarefa III consiste no deslocamento do separador pelas ruas do armazém até chegar ao endereço de origem da primeira coleta, obedecendo as políticas de roteirização previamente definidas.

A Tarefa IV consiste na coleta do item. Se o separador tem mais itens na lista de separação, a Tarefa III se repete até o último deles ser apanhado. Com a conclusão da coleta, passa-se à Tarefa V, que consiste no deslocamento do separador para o ponto de entrega dos itens do pedido. A Tarefa VI diz respeito ao processo de deixar fisicamente os itens coletados no endereço de destino para sortimento ou conferência, por exemplo.

O Quadro 6 mostra uma classificação que tem o sortimento como referência (BRYNZÉR; JOHANSSON, 1995).

Quadro 6 - Classificação da SP com base na execução do sortimento

Classificação	Conceito
<i>sort-while-pick</i> (sortimento durante coleta)	O separador faz o sortimento dos itens durante o processo de coleta.
<i>sort-after-pick</i> (sortimento pós coleta)	O separador não faz nenhum sortimento de itens durante o processo de coleta. O sortimento é feito após a separação.

Fonte: (BRYNZÉR; JOHANSSON, 1995).

O Sortimento seria feito durante o processo de coleta quando a Separação é por Lote. Numa Separação por Zona, por exemplo, seria necessário realizar o sortimento após a coleta. No modelo proposto, caso o sortimento seja feito durante a coleta, será considerado como parte do processo de separação contido na Tarefa IV.

7.2 MATRIZ DE DIMENSÕES E INDICADORES

Um conjunto de indicadores forma propostos, os quais poderão ser ampliados conforme sugestões dos *experts*. Analisando as tarefas, dimensões e indicadores, verificou-se a necessidade de incluir indicadores, preenchendo possíveis lacunas na ADL da SP, com dados necessários para cálculos de indicadores ou para ter uma visão mais abrangente da SP. É uma tarefa difícil, pois devem ser indicadores não contidos no PB. Alguns deles tangenciam, em maior ou menor grau, a AD em armazéns, mas refletem uma necessidade específica ou melhoria relacionada ao sistema de SP.

Os doze indicadores sugeridos, que passaram pelo crivo dos *experts* consideram um sistema manual *picker-to-parts* de SP. Foram concebidos para indicar o desempenho para a equipe de gestão focadas exclusivamente no atendimento de pedidos; mas podem, além disso, ter abrangência ligeiramente maior, visto que o processo de SP envolve diversos fatores, como

políticas de armazenagem, zoneamento e roteirização, conforme visto nas seções anteriores desta dissertação.

Desse modo, apesar da intenção de apresentar indicadores focados na SP, reconhece-se que não existe uma fronteira clara entre alguns indicadores de ADL para SP e determinados indicadores de ADL do armazém, visto que sistemas de SP estão contidos na Gestão do Armazém, de modo interdependente e sinérgico.

Indicadores sugeridos para análise dos *experts* que não estão contidos no PB são Tempo de planejamento do pedido, contido nos trabalhos de Molnár (2004) e Molnár e Lipovszki (2005); os indicadores Quantidade mensal de horas extras na SP e Custos de Horas Extras na Separação de pedidos, conforme as pesquisas de Bukchin, Khmelnitsky e Yakuel (2012) e Henn *et al.* (2003); Taxa de Pedidos com Backorders em Marklund (2011) e Hariga (2010); Quantidade de estoque obsoleto em endereços de separação, em Sundram *et al.* (2019) e Andrejić, Kilibarda e Popović (2013); Quantidade de rupturas de estoque em endereços de separação, inspirado pelos estudos de Razafuad, Ridwan e Santosa (2018) e Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto (2009). A inspiração para os indicadores Número de alterações em volume de itens em endereços de separação conforme a demanda e Número de alterações na alocação de itens em endereços de separação vieram da leitura do trabalho de Kofler *et al.* (2010); o indicador Número de separadores polivalentes foi inspirado por Reining *et al.* (2018). As sugestões dos indicadores de custos foram inspiradas pelas pesquisas de Pan, Shih e Wu (2012) e Gong, Winands e Koster (2010).

O Quadro 7 contém propostas de indicadores de desempenho na dimensão Tempo.

Quadro 7 - Indicadores sugeridos para a dimensão Tempo

Indicador	Tar.	Detalhe
Tempo de planejamento do pedido	I	Consiste no tempo de planejamento e preparação do pedido, inclusive as atividades gerenciais que ocorrem a partir do momento que o pedido chega no WMS, até o momento em que a lista de separação fica disponível no dispositivo móvel do separador (terminal de RF, por exemplo). Este indicador pode apontar uma necessidade de diminuição do tempo de processamento do pedido antes da execução, tornando todo o processo mais enxuto, especialmente quando há espera e ociosidade do separador.
Quantidade mensal de horas extras na SP	IV	Quantifica o total de horas extras usado para a execução da SP, excluindo o tempo de planejamento. Seu propósito é apontar uma possível necessidade de replanejamento do time de separação, quando este não consegue finalizar a demanda no tempo esperado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A dimensão Produtividade teve 22 indicadores no PB (ver Tabela 10), os quais estão presentes em todas as tarefas do processo de SP, com exceção da Tarefa I. Tendo em vista esse número expressivo, considerou-se desnecessário sugerir novos indicadores para essa dimensão no questionário enviado aos *experts*, mas deixando aberta a possibilidade de sugestões.

Na dimensão qualidade, a literatura apontou 6 indicadores (Tabela 11). O Quadro 8 contém as propostas de indicadores de desempenho na dimensão Qualidade.

Quadro 8 - Indicadores propostos para a dimensão Qualidade

Indicador	Tarefa	Detalhe
Taxa de Pedidos com Backorders	I	Pedidos com itens eventualmente retirados da lista de separação por falta de estoque podem indicar uma série de problemas, entre eles morosidade no reabastecimento e necessidade de replanejamento do volume no endereçamento de itens.
Quantidade de estoque obsoleto em endereços de separação	III	Este indicador diz respeito exclusivamente a endereços de SP. Pode apontar necessidade de adoção de uma política de SP <i>First Expire First Out</i> (FEFO), por exemplo, que privilegia a separação de itens com data de vencimento mais próxima. Uma pequena alteração poderia controlar também o <i>shelf-life</i> dos itens no endereço de SP.
Quantidade de rupturas de estoque em endereços de separação	VI	Em termos gerais, a ruptura de estoque indica a falta de itens no armazém para atender a demanda. Este indicador foca exclusivamente em endereços de SP, apontando eventual necessidade de agilizar o processo de reabastecimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Endereços de separação são associados diretamente ao processo de SP e à roteirização do separador. Geralmente são associados a uma zona específica de itens fracionados para facilitar a SP, como no caso do varejo, sendo monitorados de perto pelos gestores.

O Quadro 9 contém propostas de indicadores de desempenho na dimensão Flexibilidade.

Quadro 9 - Indicadores propostos para a dimensão Flexibilidade

Indicador	Tarefa	Detalhe
Número de alterações em volume de itens em endereços de separação conforme a demanda	IV	Este indicador tem o propósito de mostrar a flexibilização volumétrica (em termos de espaço alocado para o item) dos endereços de SP, flexibilizando os espaços para a adequação das flutuações semanais ou mensais de demanda.
Número de alterações na alocação de itens em endereços de separação	V	Semelhante ao indicador anterior, este trata das políticas de endereçamento dos itens e endereços de separação, novamente para flexibilizar os espaços para a adequação das flutuações semanais ou mensais de demanda.

Indicador	Tarefa	Detalhe
Número de separadores polivalentes	VI	Separadores polivalentes são aqueles que têm a capacidade de atuar em múltiplas funções, com distintas tecnologias, servindo como exército alternativo às necessidades de aumento da equipe em picos de demanda ou evitando horas extras de separadores de um time específico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O PB contém apenas 10 indicadores da dimensão custo e, mesmo assim, 6 deles poderiam ser considerados como indicadores de ADL do Armazém. Por esse motivo, é a dimensão que recebeu mais sugestões.

O Quadro 10 contém propostas de indicadores de desempenho na dimensão Custo.

Quadro 10 - Indicadores propostos para a dimensão Custo

Indicador	Tarefa	Detalhe
Custo do planejamento de pedidos	I	Este indicador tem o propósito de quantificar todos os custos relacionados com as atividades gerenciais que ocorrem a partir do momento que o pedido chega no WMS até o momento em que a lista de separação fica disponível no dispositivo móvel do separador.
Custo da ociosidade do separador	II	Tem o propósito de quantificar o custo do tempo em que o separador espera pelo pedido.
Custo da ociosidade de equipamentos envolvidos na SP	II	Semelhante ao indicador anterior, mas com foco em equipamentos e maquinário.
Custo de horas extras executadas na SP	VI	Seu propósito é quantificar o custo de horas extras necessárias para atendimento do pedido.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar da redundância, justifica-se a presença dos indicadores Custo de horas extras executadas na SP e Quantidade mensal de horas extras na SP, respectivamente nas dimensões Custo e Tempo, para que passem pelo crivo dos *experts*, e estes apontem a relevância de cada indicador.

Os indicadores utilizados no PB (Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13) de maior popularidade nos artigos do PB foram selecionados para compor uma matriz que identifica a tarefa, dimensões e indicadores (Quadro 11), adotando a intenção de procurar definir um indicador para cada célula da matriz (tarefa-dimensão). Essa matriz contendo 34 indicadores nas cinco dimensões: Tempo (T), Produtividade (P), Qualidade (Q), Custo (C), e Flexibilidade. Aos *experts*, contudo, foram apresentados apenas 33 pois optou-se por combinar o tempo de deslocamento do separador até o endereço de origem com o tempo de deslocamento do

separador até o endereço de destino. Destes, 21 têm origem no PB, enquanto 12 foram propostos.

Quadro 11 - Matriz de tarefas, dimensões e indicadores

Tarefa	Tempo	Produtividade	Qualidade	Flexibilidade	Custo
I	T de planejamento do pedido	Taxa de U dos recursos de planejamento de pedidos	Taxa de pedidos com <i>backorders</i>	Velocidade de setup do pedido	C do planejamento de pedidos
II	T de espera pelo pedido	Taxa de U do separador	Taxa de ociosidade do separador	Separadores polivalentes	C da ociosidade do separador; C de horas extras na separação de pedidos
III	T de deslocamento do separador até endereço de origem	Taxa de U dos endereços de separação	Taxa de A do inventário nos endereços de separação	Dependência tecnológica	C de vendas perdidas por <i>backorders</i>
IV	T de separação do item	P na separação por item	Taxa de coleta na primeira visita ao endereço		C de retrabalho
V	T de deslocamento do separador até endereço de destino	Taxa de U dos equipamentos	Taxa de itens danificados no processo de separação		C de separação por peça
VI	T de sortimento	P no sortimento	Taxa de devolução de pedidos por erros na separação	Economias de escopo pela flexibilidade da equipe	C da devolução
Total	T de separação do pedido	P na separação por pedido	Taxa de A na separação do pedido	Número de pedidos emergenciais atendidos com sucesso	C da separação por pedido

Fonte: Elaborado pelo autor. Nota: Acuracidade (A) e Utilização (U).

O indicador contido no PB “Resposta às demandas urgentes” foi renomeado como “Número de Pedidos emergenciais atendidos com sucesso”. O indicador “custo operacional” contido no PB foi reestruturado, tornando-se “custo da separação”, com foco exclusivo no processo de coleta, considerando os custos de pessoal equipamento e dispositivos usados na SP.

7.3 ANÁLISE DO PERFIL DOS *EXPERTS*

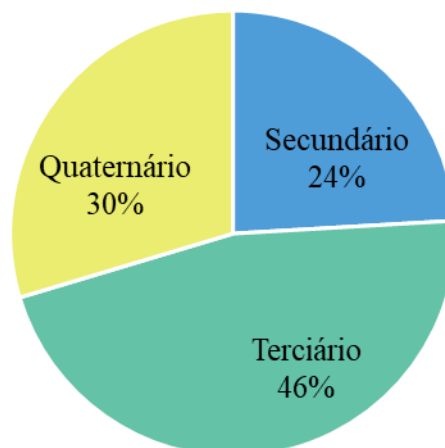
Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), a divisão clássica da atividade econômica distingue três setores:

- Primário: envolve a recuperação e produção de matérias-primas.
- Secundário: envolve a transformação de matérias-primas ou materiais intermediários em mercadorias.
- Terciário: envolve a prestação de serviços.

O setor Quaternário da economia seria baseado na atividade econômica que está associada à atividade intelectual ou baseada no conhecimento, com a Universidade. Já o setor Quinário é o setor que se concentra em atividades relacionadas ao governo, organizações não governamentais sem fins lucrativos e instituições de caridade (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

A seleção foi feita considerando a rede de contatos do pesquisador, tanto na academia quanto em colegas de empresas em clientes de projetos. A atuação da maioria dos *experts* é feita em solo brasileiro, mas muitos deles tem experiência em projetos internacionais, em especial na América Latina. Como relação aos setores de atuação dos *experts*, a Figura 35 mostra o percentual de setores da economia dos 66 *experts* convidados a responderem o questionário sobre as dimensões e indicadores de desempenho. Verifica-se que o setor terciário predomina com 46%, enquanto o setor secundário (indústria de transformação) corresponde a aproximadamente um quarto dos respondentes.

Figura 35: Percentual de setores da economia dos *experts*



Fonte: Elaborada pelo autor.

Decompondo os 46% do setor terciário, o Varejo corresponde a 56% de todos os *experts* que trabalham neste setor. Outros 28% trabalham no atacado, 28% desempenham atividades relacionadas à TI e 12% em Transportes. Percebe-se, portanto, uma predominância de *experts* atuando no Varejo (cerca de 21% do total de respondentes), o que podem refletir em suas preferências, resultando em um peso maior para indicadores relacionados ao varejo.

7.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS EXPERTS

O questionário foi enviado aos *experts* em dezembro de 2020 e recebeu 66 respostas. Nas próximas seções, serão apresentados as perguntas e os resultados dessa avaliação e uma comparação com os resultados encontrados nas análises bibliométrica e sistêmica do PB.

7.4.1 Questão 1: preferência nas dimensões de desempenho

“Defina sua preferência para cada uma das cinco dimensões de desempenho da separação de pedidos dispostas a seguir, classificando-as como: 1) Irrelevante; 2) Pouco relevante; 3) Relevância média; 4) Relevante; e 5) Muito relevante”.

A primeira questão, conforme mencionado anteriormente, é a única com escala Likert de cinco pontos. Tem como objetivo estabelecer preferências entre as cinco dimensões usadas

para a classificação dos modelos de ADL na SP do PB. A análise numérica das respostas da primeira questão está contida na Tabela 15.

Tabela 15 - Contagem das respostas por escala na primeira questão

Escala	T	P	Q	F	C
Muito relevante (5)	38	46	49	20	23
Relevante (4)	21	17	13	23	31
Relevância média (3)	7	2	4	16	10
Pouco relevante (2)	0	1	0	7	0
Irrelevante (1)	0	0	0	0	2

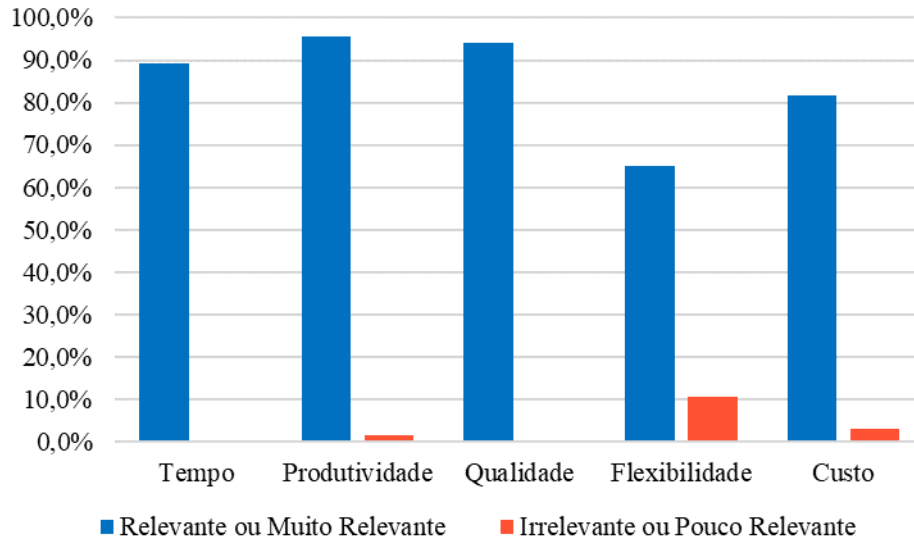
Fonte: Elaborada pelo autor. Códigos: Tempo (T), Produtividade (P), Qualidade (Q), Flexibilidade (F), Custo (C).

A análise das respostas mostra que 57,6% dos *experts* consideram a dimensão Tempo “Muito relevante”, enquanto 31,8% consideram “Relevante”. Nenhum *expert* considerou a dimensão como “Irrelevante” ou “Pouco Relevante”.

A dimensão Produtividade foi considerada “Muito Relevante” por 69,7% dos entrevistados e “Relevante” por 25,8%. Apenas 1,5% a consideraram “Pouco Relevante”. 49 *experts* (74,2%) consideraram a dimensão Qualidade “Muito relevante”. As dimensões Flexibilidade e Custo foram consideradas “Muito relevantes” para 30,3% e 34,8%, respectivamente; e de “Relevância Média” para 24,2% e 15,2%, respectivamente.

A Figura 36 compara a polarização das respostas, segregando respostas “Relevantes” ou “Muito relevantes” do número de respostas “Irrelevantes” ou “Pouco relevantes”. O gráfico mostra que as dimensões Produtividade e Qualidade foram consideradas Relevantes ou Muito Relevantes para mais de 90% dos entrevistados e que mais de 80% consideram a dimensão Tempo e Custo no mínimo Relevante. Somente 65,2% consideram a dimensão Flexibilidade no mínimo Relevante. Observa-se também que 10,6% dos entrevistados consideraram Flexibilidade como “Irrelevante” ou “Pouco Relevante”; enquanto 3% consideraram Custo “Irrelevante” ou “Pouco relevante”.

Figura 36 - Avaliação das respostas “Relevantes” ou “Muito relevantes” e “Irrelevantes” ou “Pouco relevantes”



Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se, nos resultados para Moda, que a resposta “Muito Relevante” foi a mais selecionada para as dimensões Tempo, Produtividade e Qualidade; enquanto “Relevante” foi a resposta mais popular nas dimensões Flexibilidade e Custo.

Os resultados para o cálculo da Moda e da Mediana são mostrados na Tabela 16.

Tabela 16 - Moda e Mediana para as respostas da primeira questão

Dimensão	Moda	Mediana
Tempo	5	5
Produtividade	5	5
Qualidade	5	5
Flexibilidade	4	4
Custo	4	4

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Apesar da natureza da escala Likert impedir o uso amplo de análises estatísticas (como a média, por exemplo), quando se compara a contagem dos resultados do PB (estado da arte), conclui-se que os *experts* (estado da prática) dão mais importância às dimensões Qualidade, Tempo e Produtividade, relegando Flexibilidade e Custo ao segundo plano.

7.4.2 Questão 2: sugestões de dimensões de desempenho

“Você teria sugestões de dimensões para avaliação de desempenho na separação de pedidos além das propostas na questão anterior?”

A segunda questão teve o objetivo de coletar sugestões de dimensões adicionais. Entretanto, apenas dois *experts* apresentaram sugestões, ambos propondo uma dimensão relacionada com Segurança. Em vista desse número pouco representativo, optou-se por não desenvolver a análise dessa dimensão neste estudo, até porque não foi definido se “Segurança” seria uma dimensão relativa à Ergonomia/Segurança do Trabalho, à questão patrimonial (furtos etc.) ou à segurança da informação.

7.4.3 Questão 3: origem dos conhecimentos

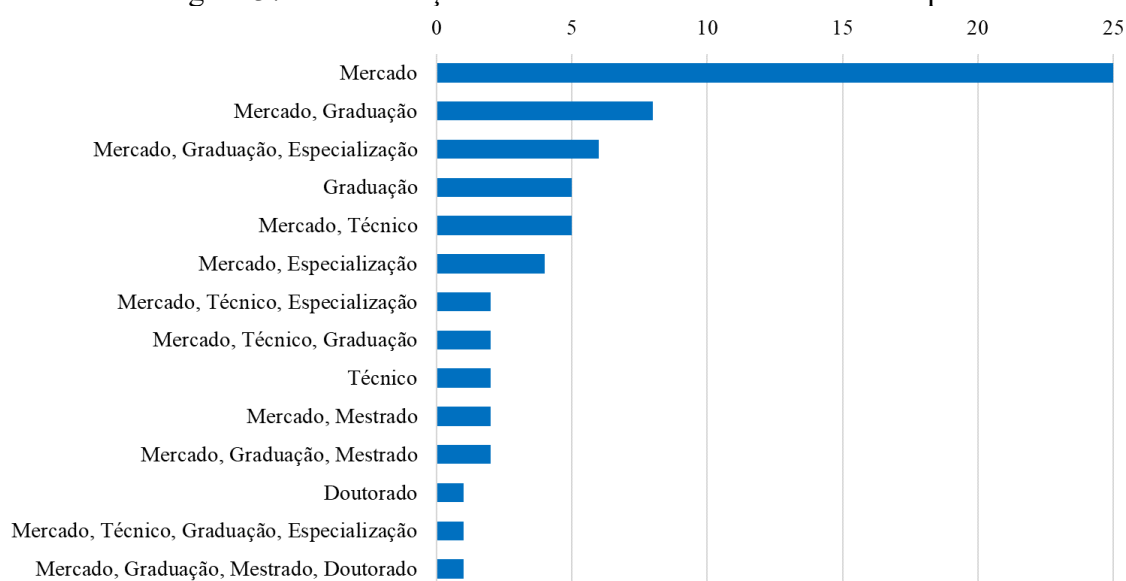
“Seu conhecimento sobre Separação de Pedidos vem de onde?”

A terceira questão trata da origem do conhecimento sobre SP. As respostas mostram que o conhecimento deriva predominantemente do mercado. 87,9% dos entrevistados afirmaram que obtiveram conhecimento em empresas, consultorias etc.; e 37,9% responderam que o mercado constituiu sua única fonte de informação sobre o tema. Cursos de graduação ficaram em segundo lugar, com 37,9%, seguidos por cursos técnicos, com 18,2%.

Percebe-se, pelos resultados, que os respondentes têm mais presença no mercado do que na academia, o que confirma o intento original de dar voz ao estado da prática. No entanto, vale ressaltar que a questão permitiu a seleção de mais de uma opção, para identificar *experts* que possuem uma bagagem de conhecimento tanto do mercado quanto da academia.

A Figura 37 mostra todas as combinações verificadas nas respostas.

Figura 37 - Combinações de fontes de conhecimento dos experts



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Do total de experts, aqueles que aprenderam sobre SP tanto na graduação como no mercado somam 12,1%; enquanto 9,1% pertencem à combinação mercado, graduação e especialização. Somam 7,6% os que selecionaram apenas graduação, e outros 7,6% aprenderam em curso técnico e na atuação profissional. Apenas dois respondentes declararam que a origem foi em curso técnico, e 1 no doutorado. Analisando esses dados, conclui-se que o conhecimento dos *experts* tem origem, predominantemente, nas experiências profissionais (estado da prática).

7.4.4 Questão 4: indicadores de Tempo

“Na dimensão TEMPO, quais são os indicadores de maior relevância?”

A quarta questão trata da dimensão Tempo, que é a mais popular nos artigos do PB, visto que 86,8% dos modelos usam algum indicador dessa dimensão. O respondente teve a opção de selecionar quantos indicadores quisesse. A Tabela 17 mostra os indicadores da dimensão Tempo apresentados no questionário e a quantidade de vezes em que foram selecionados pelos *experts*.

Tabela 17 - Classificação dos indicadores da dimensão Tempo

Indicador	contagem	%
Tempo de separação por pedido	55	83,3%

Indicador	contagem	%
Tempo de deslocamento do separador	34	51,5%
Tempo de separação por item	33	50,0%
Tempo de espera pelo pedido	31	47,0%
Tempo de reabastecimento do endereço de separação	21	31,8%
Tempo de planejamento do pedido	20	30,3%
Quantidade mensal de horas extras utilizadas na separação de pedidos	16	24,2%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na avaliação dos *experts*, a resposta “Muito relevante” foi moda e mediana. O indicador “Tempo de separação por pedido” (presente em 26,3% do PB) foi o mais popular, com adesão de 83,3% dos respondentes. Por sua vez, o “Tempo de separação por item” (presente em 52,6% do PB) foi selecionado por 50% dos *experts*. O indicador “Tempo de deslocamento do separador” (presente em 18,4% do PB) foi o segundo mais popular, com adesão de 51,1% dos respondentes. “Tempo de espera pelo pedido” (presente em 10,5% do PB) foi selecionado por 47% dos respondentes.

Os indicadores “Tempo de planejamento do pedido” e “Quantidade mensal de horas extras utilizadas na separação de pedidos” foram selecionados por 30,3% e 24,2% dos *experts*, respectivamente.

7.4.5 Questão 5: sugestões para a dimensão Tempo

“Você teria sugestões de indicadores, na dimensão TEMPO, para a separação de pedidos?”

A quinta questão tem o objetivo de coletar sugestões de indicadores para a dimensão Tempo. Houve várias sugestões, variando em nome e conceitos, que puderam ser sintetizadas pela sua similaridade em 4 sugestões significativas de indicadores nesta dimensão.

Uma sugestão foi o “Tempo de permanência do estoque em endereços de separação”, que indicaria o giro de estoque especificamente para zonas e endereços planejados para a SP. A sugestão do indicador “Tempo de SP que contenha quatro itens ou mais” pode ser relevante, pois identifica uma possível necessidade de processos de SP distintos, considerando-se que determinados armazéns, como o varejo de comércio eletrônico, têm recebido muitos pedidos compostos com poucos itens. O indicador “Tempo de análise de faltas (para separar o que faltou)” teria o propósito de mostrar qual o tempo necessário para a SP quando há ruptura de estoque, caso o armazém promova substituições ou atrasos no tempo de reabastecimento.

O indicador “Tempo de procura por localização do item dentro do almoxarifado” é o mesmo indicador do PB “Tempo de deslocamento do separador” e tem o propósito de mostrar o sucesso de políticas de endereçamento, alocação e roteirização, medindo o tempo de deslocamento do separador no armazém para a coleta de item.

7.4.6 Questão 6: indicadores de Produtividade

“Na dimensão Produtividade, quais são os indicadores de maior relevância?”

A sexta questão trata da dimensão Produtividade, que é a segunda mais popular no PB, e tem o propósito de identificar os indicadores mais populares entre os *experts*. A dimensão Produtividade está presente em 50% dos instrumentos avaliativos do PB, (21,1% em combinação com a dimensão Tempo).

A Tabela 18 mostra os indicadores da dimensão Produtividade mais populares, com a quantidade de vezes em que foram selecionados pelos *experts*.

Tabela 18 - Classificação dos Indicadores da dimensão Produtividade

Indicador	contagem	%
Produtividade do separador	50	75,8%
Produtividade na separação por pedido	46	69,7%
Taxa de utilização do separador	36	54,5%
Produtividade na separação por item	30	45,5%
Taxa de utilização do endereço de separação	25	37,9%
Taxa de utilização do equipamento	24	36,4%

Fonte: Elaborada pelo autor.

O indicador “Produtividade do separador” (presente em 10,5% dos modelos de AD do PB) teve aderência de 75,8% dos respondentes. “Produtividade na separação por pedido” (presente em 21,1% do PB) foi selecionado por 69,7% dos *experts*. O indicador “Produtividade na separação por item” (presente em 7,9% do PB) foi selecionado por 45,5% dos respondentes.

Os indicadores de Utilização foram os menos populares nessa dimensão. “Taxa de utilização do separador” (presente em 7,8% dos modelos do PB) foi selecionado por 54,5% dos *experts*; enquanto “Taxa de utilização do endereço de separação” e “Taxa de utilização do equipamento” foram selecionados por menos de metade dos *experts*, com 37,9% e 36,4%, respectivamente.

7.4.7 Questão 7: sugestões para a dimensão produtividade

“Você teria sugestões de indicadores, na dimensão Produtividade, para a separação de pedidos?”

As sugestões coletadas com base nessa questão foram: “Produtividade por turno”, “Produtividade por equipe de trabalho” e “Produtividade por dia da semana”, que teriam o propósito de verificar a produtividade com maior grau de detalhamento do que o indicador mais genérico “Produtividade da Separação de Pedido”. Outras sugestões foram a variante “Pedidos separados por hora” e “Valor separado por hora pelo custo da mão-de-obra”.

7.4.8 Questão 8: indicadores de Qualidade

“Na dimensão Qualidade, quais são os indicadores de maior relevância?”

A pergunta tem o propósito de identificar quais indicadores dessa dimensão seriam selecionados com mais frequência pelos *experts*. Os indicadores de Qualidade, como visto anteriormente, não foram populares nos instrumentos avaliativos do PB, já que apenas 15,8% dos artigos usaram essa dimensão.

A Tabela 19 mostra a análise dos indicadores da dimensão Qualidade conforme a seleção dos *experts*.

Tabela 19 - Análise dos indicadores da dimensão Qualidade

Indicadores	contagem	%
Taxa de acuracidade na separação do pedido	64	97,0%
Taxa de acuracidade de inventário nos endereços de separação	43	65,2%
Quantidade de reclamações devido a erros na separação de pedidos	40	60,6%
Taxa de devolução de pedidos por erros na separação	32	48,5%
Taxa de pedidos com backorders	31	47,0%
Taxa de itens danificados no processo de separação de pedidos	29	43,9%
Quantidade de rupturas de estoque em endereços de separação	29	43,9%
Quantidade de estoque obsoleto em endereços de separação	20	30,3%

Fonte: Elaborada pelo autor.

A “Taxa de acuracidade na separação do pedido” foi selecionado por 97%, enquanto “Taxa de acuracidade de inventário nos endereços de separação” e “Quantidade de reclamações

devido a erros na separação de pedidos” foram selecionados por 65,2% e 60,6%, respectivamente. O indicador “Taxa de devolução de pedidos por erros na separação” ficou muito próximo de alcançar a aderência de metade dos *experts*, com 48,5% dos votos.

7.4.9 Questão 9: sugestão para a dimensão Qualidade

“Você teria sugestões de indicadores na dimensão Qualidade para a separação de pedidos?”.

Um indicador sugerido pelos *experts* foi a “Taxa de primeira visita”, que representa a quantidade de coletas separadas na primeira visita ao endereço de origem. Diversas questões podem ter influenciado essa sugestão, como baixa acuracidade de inventário nos endereços de separação, que faz com que o separador seja direcionado pelo WMS até um endereço onde não existe estoque físico. Nesse caso, o indicador poderia mostrar desperdícios na forma de deslocamentos improdutivos.

7.4.10 Questão 10: indicadores de Flexibilidade

“Na dimensão Flexibilidade, quais são os indicadores de maior relevância?”

Indicadores de Flexibilidade são usados por 15,8% dos modelos do PB. Apenas os indicadores “Número de pedidos emergenciais atendidos com sucesso” e “Número de separadores polivalentes” foram selecionados por mais da metade dos *experts*, com 72,7% e 53%, respectivamente.

A Tabela 20 mostra a análise dos indicadores da dimensão Flexibilidade, conforme as respostas dos *experts*.

Tabela 20 - Análise dos indicadores da dimensão Flexibilidade

Indicador	contagem	%
Número de pedidos emergenciais atendidos com sucesso	48	72,7%
Número de separadores polivalentes	35	53,0%
Número de trocas de produtos em pedidos executadas com sucesso	29	43,9%
Número de alterações na alocação de itens em endereços de separação	28	42,4%

Indicador	contagem	%
Número de alterações em endereços de separação conforme a demanda	14	21,2%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Das sugestões de indicadores não contidos no PB, apenas o indicador “Número de separadores polivalentes” foi selecionado por mais da metade dos respondentes.

7.4.11 Questão 11: sugestão de indicadores de Flexibilidade

“Você teria sugestões de indicadores na dimensão Flexibilidade para a separação de pedidos?”

A dimensão recebeu algumas sugestões, entre as quais destacamos um indicador que dimensiona a capacidade para adaptar a SP a alterações como controle de lote e exigências normativas e regulamentais.

Outra sugestão foi o dimensionamento da “Dependência de equipamento/tecnologia”, que teria o propósito de verificar o grau de dependência da operação em relação às ferramentas tecnológicas. Determinados sistemas e processos de SP com envolvimento humano dependem fortemente de ferramentas tecnológicas, como acontece com sistemas semiautomatizados *parts-to-picker*. Mesmo em sistemas manuais *picker-to-parts*, o separador necessita de ferramentas de coleta de dados, como terminais RF, por exemplo.

7.4.12 Questão 12: indicadores de Custo

“Na dimensão Custo, quais são os indicadores de maior relevância?”

A dimensão custo teve pouca popularidade nos instrumentos avaliativos do PB, já que apenas 13,2% das pesquisas utilizam um indicador dessa dimensão. A Tabela 21 mostra a classificação dos indicadores da dimensão, conforme a opinião dos *experts*.

Tabela 21 - Análise dos indicadores da dimensão Custo

Indicador	contagem	%
Custo da separação de pedidos	55	83,3%
Custo de vendas perdidas por backorders	42	63,6%

Indicador	contagem	%
Custo de horas extras executadas na separação de pedidos	40	60,6%
Custo da ociosidade do separador	29	43,9%
Custo do planejamento de pedidos	20	30,3%
Custo da ociosidade de equipamentos na separação de pedidos	0	0,0%
Custo de itens danificados durante a separação de pedidos	0	0,0%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Três indicadores dessa dimensão foram selecionados por mais da metade dos respondentes: “Custo da separação de pedidos” (83,3% de aderência); “Custo de vendas perdidas por backorders” (63,3% de aderência); “Custo de horas extras executadas na separação de pedidos” (60,6% de aderência). Destes, apenas os dois primeiros estiveram presentes no PB. “Custo da ociosidade do separador” e “Custo do planejamento de pedidos” receberam 43,9% e 30,3%, respectivamente.

7.4.13 Questão 13: sugestões para a dimensão Custo

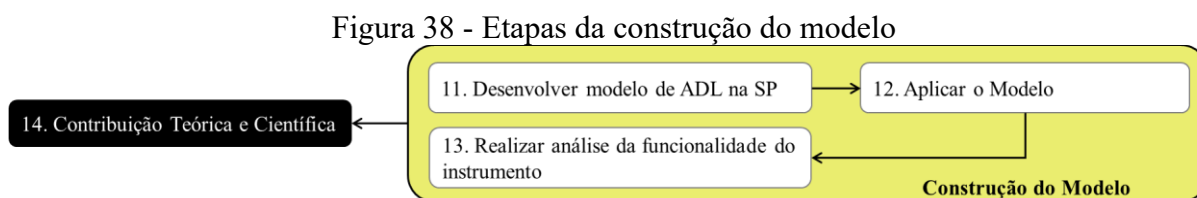
“Você teria sugestões de indicadores, na dimensão Custo, para a separação de pedidos?”

Uma das sugestões foi “Custo de separação por peça”, que daria mais especificidade para o indicador “Custo da SP”. Variantes também poderiam dimensionar o custo de SP por setor, família de produtos, classes, quantidade de peças no pedido, por exemplo. O “Custo por volume separados” foi outra sugestão relevante. Três sugestões tratam do dimensionamento do custo de problemas relacionados à SP, como “Custo de devolução e troca de item enviado errado”, “Custos de retrabalho”, “Custos de erros em processos” e “Custo da não qualidade”.

O próximo capítulo trata do desenvolvimento do modelo, com propósito de determinar os indicadores que irão compor o instrumento avaliativo final.

8 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

O presente capítulo dá início ao objetivo da pesquisa, que é a construção do modelo de ADL para SP. A Figura 38 mostra as etapas 11, 12 e 13.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O texto a seguir descreve o desenvolvimento do modelo, considerando sua conceituação e a definição dos indicadores escolhidos com base no tripé literatura acadêmica, *Experts* e pesquisador.

8.1 CONCEITO

As análises bibliométrica e sistêmica e o mapa da literatura proposto confirmam a análise de De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007) e Van Gils *et al.* (2018) quando afirmam que pesquisas acadêmicas sobre o desempenho na SP focam em questões operacionais específicas ou em uma dimensão de avaliação específica. Identifica-se assim uma lacuna na literatura, com poucas pesquisas abordando combinações de problemas relacionados ao atendimento de pedidos em uma visão mais abrangente ou multidimensional.

Laosirihongthong *et al.* (2018) comentam que um SAD com uma única medida deve ser considerado como não inclusivo, pois não leva em consideração a interação entre características da CS. Esse tipo de SAD também não oferece insumos para a realização de uma crítica contundente aos objetivos estratégicos organizacionais (BEAMON, 1999).

Percebe-se, portanto, um desequilíbrio em modelos de ADL para SP, pois a maioria foca em apenas uma ou duas dimensões; desconsiderando dimensões que, embora não diretamente relacionadas às metas estabelecidas no planejamento estratégico, podem ser relevantes indiretamente, apontar gargalos e revelar oportunidades de melhoria.

A presente pesquisa identificou as seguintes lacunas:

1. Modelos que utilizam múltiplas dimensões na ADL para SP;
2. Modelos construídos a partir da percepção de tomadores de decisão; e

3. Sistemas que percorram a 3ª e 4ª fase do Ciclo de Vida do SAD proposto por (BOURNE *et al.*, 2000).

No que diz respeito a múltiplas dimensões na ADL para SP, a maioria dos modelos contidos no PB oferecem uma AD unidimensional ou bidimensional, sendo mais populares as dimensões Tempo e Produtividade. As análises de Moda e Mediana, juntamente com análise das respostas dos *experts*, sinalizam que o mercado considera a dimensão Qualidade tão importante quanto as dimensões Tempo e Produtividade, posicionando em menor grau de importância as dimensões Flexibilidade e Custo.

A análise sistêmica verificou que a maioria dos modelos foram construídos sem a participação de tomadores de decisão, os quais são parte relevante no atendimento das necessidades específicas das instituições.

A terceira lacuna refere-se ao ciclo de vida proposto por (BOURNE *et al.*, 2000). Nenhuma pesquisa do PB apresentou ciclo de vida compatível com a possibilidade de verificar, através da ADL da SP, o desempenho das estratégias e metas definidas. De fato, muitas pesquisas contidas no PB assumem apenas o propósito de construir um modelo para publicação do artigo, limitando-se a uma validação teórica.

Diante de tais resultados, o pesquisador refez a pergunta inicial da pesquisa da seguinte forma:

“Como Avaliar o Desempenho Logístico na Separação de Pedidos, de forma que ofereça aos tomadores de decisão uma visão sistêmica multidimensional?”

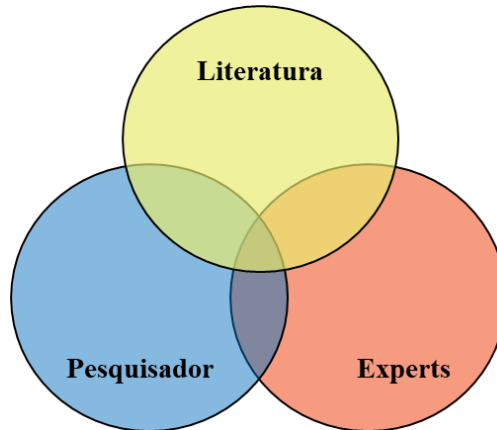
Para responder à pergunta assim reformulada, propõe-se um modelo cujo construto (traço latente) é a ADL na SP, considerando-se os seguintes atributos iniciais: Tempo, Produtividade, Qualidade, Flexibilidade e Custo.

O modelo pretende preencher a primeira lacuna oferecendo um instrumento avaliativo com cinco dimensões. Com relação à segunda lacuna, o modelo proposto nesta pesquisa, embora não implantando em empresa ou organização, buscou a opinião de 66 *experts*, dos quais 87,9% atuam ou atuaram no mercado com a SP. Portanto, embora o modelo proposto não assuma a opinião de tomadores de decisão em um ambiente específico, será composto pela opinião de especialistas do mercado com experiência do tema.

Para o desenvolvimento do modelo, foram selecionados indicadores de cada uma das cinco dimensões, considerando a literatura, sugestões dos *experts* e do pesquisador, sendo este último conforme influência de pesquisas não contidas no PB (Seção 7.2).

Figura 39 mostra a composição da origem dos indicadores do modelo proposto, considerando a origem do indicador.

Figura 39 - Composição da origem dos indicadores do modelo



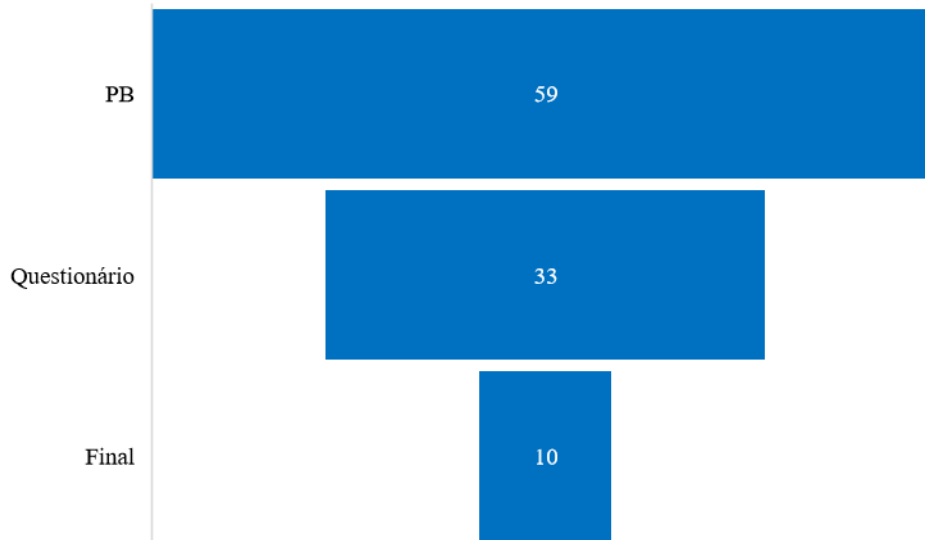
Fonte: Elaborada pelo autor.

Com relação ao tipo de armazém e aos sistemas de separação, a maioria dos artigos do PB estuda um sistema de SP Manual *picker-to-parts*, portanto, é uma tendência que o modelo proposta reflita esta tendência na composição dos indicadores. Além disso, praticamente metade dos *experts* respondentes trabalham no setor terciário, e dentro deste, mais da metade no varejo, sendo muitos destes no comércio eletrônico. Deve-se observar que o modelo final deve refletir essas questões, no entanto, ressaltam-se que o modelo, mesmo considerando sua maior relevância para o varejo em virtude da popularidade no PB e na composição dos *experts*, o modelo de ADL na SP proposto poderia ser adaptado em um armazém semiautomatizado *parts-to-picker* que utilizam AS/RS ou RMFS, mas com ajustes, bem como sistemas put como *put-to-light*. Também poderia ser utilizado na indústria, considerando a separação não apenas em relação ao atendimento de clientes externos, mas também direcionada à movimentação de materiais para abastecimento de linha de produção. As métricas propostas, no entanto, teriam maior dificuldade com sistema automatizados, como *A-frames* e *Dispensers*, dada a sua ausência no fragmento da literatura estudado. Outra questão que deve ser considerada é que, mesmo que uma parte dos *experts* têm atuado em projetos internacionais, a maioria deles reside no Brasil no momento da pesquisa, com o restante residindo em países da América Latina, e por isso, o impacto da regionalidade das preferências deve ser ressaltado.

8.2 INDICADORES FINAIS DO MODELO

O PB composto por 38 modelos de AD contém 59 indicadores voltados à SP, que foram classificados em cinco dimensões de desempenho: Tempo, Produtividade, Qualidade, Flexibilidade e Custo. Feitas as análises bibliométricas e sistêmica, foram selecionados indicadores tomando como critério os mais populares no PB, mas também considerando a percepção de importância. Deste procedimento, 33 indicadores foram submetidos ao crivo de um grupo de 66 *experts*, composto majoritariamente por profissionais com experiência no mercado de trabalho. A Figura 40 mostra a quantidade de indicadores para cada fase de filtragem.

Figura 40 - Quantidade de indicadores para cada fase de filtragem



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a escolha dos indicadores finais do modelo, considerou-se como critério classificatório (mas não decisivo) a popularidade do indicador junto aos 38 modelos do PB e em relação aos 66 *experts*, bem como a eliminação de redundâncias e sinergia que os indicadores promovem quando analisados em conjunto. Também foi considerada a pertinência das sugestões de indicadores junto ao conceito do modelo, que é promover uma análise sistêmica multidimensional da SP. Uma das sugestões de indicadores dos *experts* foi inserida na dimensão Qualidade.

Desta forma, foi definida a escolha de um conjunto de 10 indicadores das cinco dimensões, conforme ilustrado no Quadro 12.

Quadro 12 - Indicadores finais propostos no modelo

Indicador	Literatura	Experts
T1 Tempo de deslocamento do separador	18,4%	51,5%
T2 Tempo de separação do pedido	52,6%	47,0%
P1 Taxa de utilização do separador	7,9%	54,5%
P2 Produtividade na separação por pedido	21,1%	69,7%
Q1 Taxa de coleta na primeira visita ao endereço	Ausente	Sugestão ²
Q2 Taxa de acuracidade na separação do pedido	10,5%	97,0%
F1 Separadores polivalentes	Sugestão ¹	53,0%
F2 Número de pedidos emergenciais atendidos com sucesso	2,6%	72,7%
C1 Custo de horas extras na separação de pedidos	Sugestão ¹	60,6%
C2 Custo de separação por pedido	Sugestão ¹	83,3%

Fonte: Elaborado pelo autor. Nota: Sugestão¹ feita pelo pesquisador. Sugestão² de *expert*.

Ressalta-se um detalhe no Quadro, onde a coluna “Literatura” considera o percentual dos indicadores contidos nos 38 modelos do fragmento da literatura pesquisado (conforme Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13) e a coluna “*Experts*”, que considera as respostas dos 66 *experts* contidas nas Tabelas 16, 17, 18, 19 e 20.

Nota-se que no indicadores selecionados para a dimensão produtividade, optou-se pelo indicador Produtividade na separação por pedido, pelo fato deste ter tido maior lastro tanto no fragmento da literatura quanto nas respostas dos *experts*. No entanto, ressalta-se que as demais opções de indicadores com esse propósito (Produtividade na separação por linhas e Produtividade na separação por unidade) poderiam substituir o indicador sugerido no modelo sem prejuízo na análise.

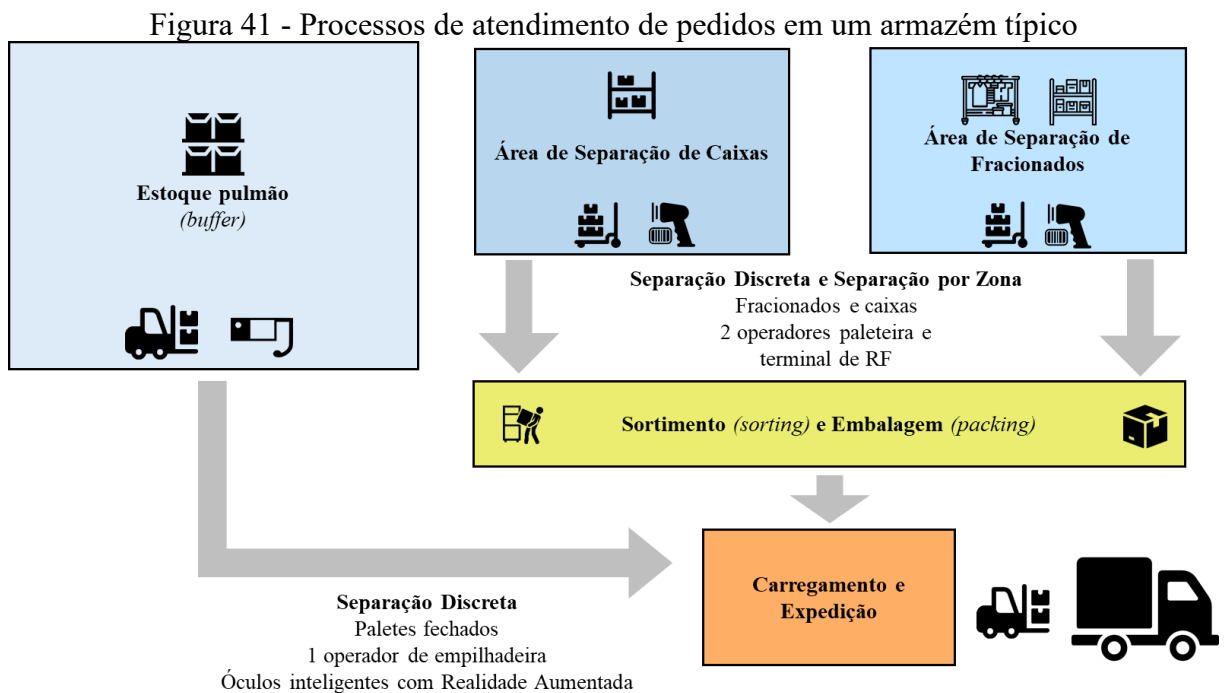
O capítulo seguinte mostra a aplicação do modelo de ADL para SP proposto em um armazém simulado. Um cenário foi gerado com dados aleatórios criados em planilhas eletrônicas para os cálculos.

9 APLICAÇÃO DO MODELO

Este capítulo mostra a aplicação do modelo proposto em um armazém simulado. Primeiro, descreve-se o cenário avaliado, a geração de dados, os valores adotados para pedidos, recursos utilizados, marcação de entrada e saída no relógio de ponto do turno (CICO, do termo inglês *clock in clock out*) de controle de tempos no WMS, bem como custos. Posteriormente, elaboraram-se cenários de transação de processos e faz-se a análise dos resultados à luz das dimensões e indicadores propostos pelo modelo.

9.1 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO

Considera-se um armazém típico que opera com sistema de Separação de Pedidos Manual *picker-to-parts*. A Figura 41 mostra duas áreas de separação, uma para caixas e outra para itens fracionados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os separadores de áreas de separação de fracionados e caixas utilizariam coletores de dados (terminais móveis de RF) para coleta de dados desde códigos de barra (CB) e movimentariam os itens com paleteiras elétricas. Ambos fariam uso da Separação Discreta e da

Separação por Zona. O processo de Separação por Zona exige um sortimento pós coleta. Existe uma terceira possibilidade de atendimento de pedidos, quando as unidades vendidas equivalem a um *pallet* fechado. Nesse caso, a zona definida com os endereços de origem para coleta seria o próprio estoque pulmão (*buffer*), e a separação desses volumes ocorreria nos endereços contidos nas longarinas (estruturas porta *pallets* para armazenagem vertical). O operador usaria empilhadeira e executaria a Separação Discreta via óculos inteligentes com RA, similares ao *Google Glass*.

O Armazém possui uma força de trabalho na separação de 3 operadores, sendo 1 operador treinado para atuar na separação tanto com coletores de RF quanto com óculos de RA, e os outros dois apenas com coletores. Além disso, a separação de *pallets* fechados localizados em endereços verticais nas longarinas depende exclusivamente de empilhadeiras.

A Tabela 22 mostra os dados gerais do armazém que serão úteis para o cálculo dos indicadores.

Tabela 22 - Considerações gerais de trabalho no armazém teórico

Fixos	Valor
Início turno	8:00:00 AM
Final turno	5:00:00 PM
Total horas trabalhadas por turno	8:00:00
Jornada de trabalho semanal	40 horas
Duração intervalo para almoço	1:00:00
Custo adicional hora extra	50%

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A jornada semanal seria de 40 horas, onde toda hora adicional será considerada hora extra. Para o cálculo da hora extra considerou-se um adicional de 50% do custo da hora normal. Com relação aos valores usados para os cálculos de custos, deve-se lembrar que o instrumento avaliativo tem foco na SP, e não no armazém como um todo. Indicadores de custos do armazém levariam em consideração fatores como custo do espaço e do WMS, instalações prediais, água, energia etc. Neste modelo tem-se o propósito de identificar o custo considerando três fatores diretamente ligados à SP: mão-de-obra, tecnologia e equipamentos. Desse modo, o indicador diferenciaria o custo da execução da SP com base nos distintos valores salariais dos separadores, no custo de equipamentos e nas tecnologias envolvidas. Isso é relevante, tendo em vista que, quanto mais sofisticado é o processo de separação maior é o custo envolvido.

O salário médio de um separador é de R\$ 1.344,00 segundo o portal Vagas (2021), acessado em fevereiro de 2021. O mesmo portal sinaliza que o salário de um operador de empilhadeira é de R\$1.711,00. A Tabela 23 mostra o custo de mão-de-obra na SP.

Tabela 23 - Custo de mão-de-obra na SP

Mão-de-obra	Salário	Custo Hora normal	Custo da Hora extra
Separador primeiro nível	R\$ 1.344,00	R\$ 8,40	R\$ 12,60
Operador empilhadeira	R\$ 1.711,00	R\$ 10,69	R\$ 16,04

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Desconsidera-se o custo do WMS, para facilitar o cálculo, e por ser um custo geralmente contabilizado no armazém. O propósito é individualizar o custo da separação de pedidos com distintas ferramentas tecnológicas. Para fins de definição de custo, considera-se o terminal de RF como um coletor de dados Symbol Motorola MC3190 Gun P/N MC3190-GI4H04EAA, com custo unitário de R\$ 2.499,99, disponível do portal AUTOMAPARTS (2021). Para o óculos em RA, foi considerado o *Vufine Wearable Display*, com custo unitário de R\$ 3.499,99 disponível no site PERFORMANCESOLUTIONS (2021). Para depreciação dos dispositivos, considerou-se 7 anos para ambos, valor definido aleatoriamente. O rateio de 50% deve-se ao fato de que os coletores são usados em outro processo no turno noturno. Por exemplo, em um turno o terminal de RF é usado na SP e, em outro, para o recebimento de itens. Óculos inteligente foram considerados como uso exclusivo da SP, o que remete à prática de associar ferramentas tecnológica de maior custo ao processo mais relevante, que geralmente é a SP.

Os valores dos equipamentos e dispositivos (Tabelas 24 e 25), assim como a fonte de informação do fornecedor e detalhe do equipamento estão disponíveis do APÊNDICE K. A Tabela 24 mostra o custo das ferramentas de tecnologia usadas para coleta de dados.

Tabela 24 - Custo dos dispositivos

Dispositivo	Custo unitário	Rateio	Custo hora
Coletor de Dados	R\$ 2.499,99	50%	R\$ 1,86
Óculos RA	R\$ 3.499,99	100%	R\$ 5,21

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 25 mostra o custo dos equipamentos usados na movimentação de materiais na SP. As duas tabelas (custo de equipamentos e dispositivos tecnológicos) consideram a depreciação e rateio definida aleatoriamente.

Tabela 25 - Custo dos equipamentos

Equipamentos	Custo unitário	Rateio	Custo hora
Paleteira elétrica	R\$ 1.670,00	40%	R\$ 0,70
Empilhadeira	R\$145.000,00	40%	R\$ 60,42

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A seção seguinte trata da geração de dados para a análise de funcionalidade do instrumento avaliativo.

9.2 GERAÇÃO DE DADOS PARA CÁLCULO DOS INDICADORES

Esta seção trata dos mecanismos de geração de dados para os pedidos, da alocação dos recursos para SP e dos marcos temporais criados para a análise de funcionalidade. Importante ressaltar que a geração de dados não faz parte do modelo. O procedimento de marcação de horários e tempos mostrados nesta seção são necessários para os cálculos dos indicadores nesta pesquisa, com propósito de gerar valores dos indicadores para a análise de funcionalidade do modelo avaliativo, pois foram gerados via planilha eletrônica.

Tomadores de decisão responsáveis pelo gerenciamento do atendimento de pedidos que trabalham com sistemas de gerenciamento de armazéns teriam acesso aos indicadores já calculados em tempo real via WMS ou sistema corporativo correspondente, desde que programados para isso.

9.2.1 Valores necessários para o cálculo

O Quadros a seguir mostram dados necessários para os cálculos, na forma de horários de início e fim da execução das tarefas (Quadro 13) e os marcos temporais que correspondem aos tempos de execução das tarefas (Quadro 14). Estes dados servirão para os cálculos, definindo os instantes de entrada e saída do WMS e os tempos de execução de cada tarefa.

Quadro 13 - Código dos horários de início e fim das tarefas

Código	Detalhe
h1	Horário de chegada do pedido no sistema
h2	Horário de <i>log in</i> ou término da última LS (pedido anterior)
h3	Horário de envio da LS aos terminais
h4	Horário de início da separação do item via terminal
h5	Horário de chegada no endereço de origem
h6	Horário de confirmação da coleta do item
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço de destino

Código	Detalhe
h8	Horário do término da conferência e/ou sortimento, se houver.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 14 - Código dos tempos de execução das tarefas

Código	Indicador
t1	Tempo de planejamento do pedido
t2	Tempo de espera
t3	Tempo de deslocamento do separador até o endereço de origem
t4	Tempo de coleta do item
t5	Tempo de deslocamento do separador até o endereço de destino
t6	Tempo de entrega, conferência e/ou sortimento
t7	Tempo total do esforço na execução da separação do pedido

Fonte: Elaborado pelo autor.

As equações dos tempos necessários para cálculo dos indicadores estão contidas no Quadro 15.

Quadro 15 - Equações dos tempos necessários para cálculo dos indicadores

Marco	Equação	
t1	$h3 - h1$	(1)
t2	$h4 - h2$	(2)
t3	$\sum_{i=1}^n = h5_i - h4_i$ para todos os n itens da lista de separação	(3)
t4	$\sum_{i=1}^n = h6_i - h5_i$ para todos os n itens da lista de separação	(4)
t5	$\sum_{i=1}^n = h4_{(m+1)} - h5_m$ para todos m onde a separação for parcial	(5)
t6	$h8 - h7$	(6)

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Quadro 16 mostra as equações para cálculo dos indicadores presentes no modelo final proposto.

Quadro 16 - Indicadores, equações e unidades de medida

Ind.	Equação	Unidade	
T1	$t3 + t5$	horas	(7)
T2	$h7 - h4$	horas	(8)
P1	Total de horas trabalhadas na separação de pedidos / total de horas disponíveis no turno	%	(9)
P2	Quantidade de pedidos separados / (quantidade de separadores . horas trabalhadas na separação dos pedidos)	pedidos / homem.hora	(10)

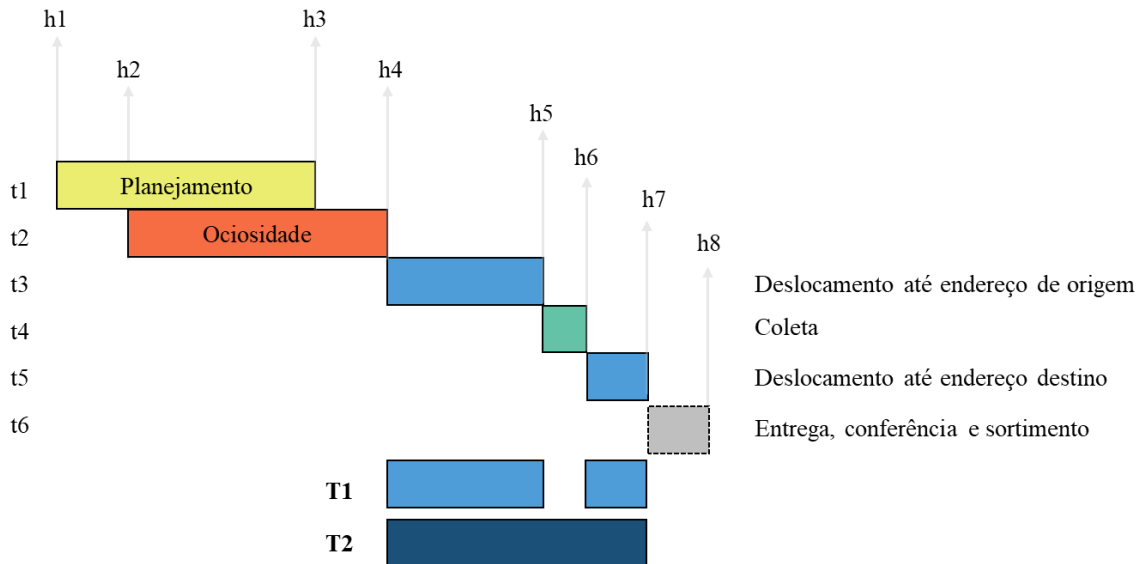
Ind.	Equação	Unidade	
Q1	$(Coletas\ na\ primeira\ visita\ ao\ endereço / total\ de\ visitas\ ao\ endereço\ no\ mesmo\ pedido).100\%$	%	(11)
Q2	$(Pedidos\ separados\ corretamente / total\ de\ pedidos).100\%$	%	(12)
F1	$Número\ de\ separadores\ treinados\ em\ mais\ de\ um\ processo\ de\ SP / total\ de\ separadores\ alocados\ à\ SP$	%	(13)
F2	$Número\ de\ pedidos\ emergenciais\ executados\ com\ sucesso / total\ de\ pedidos\ emergenciais.100\%$	%	(14)
C1	$Total\ de\ horas\ extras . custo\ do\ recurso\ por\ hora$	R\$	(15)
C2	$Custo\ total\ do\ esforço\ de\ separação\ do\ pedido / pedidos\ separados$	R\$/pedido	(16)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se que existe uma diferença entre os indicadores T1 e T2 (Tempo de deslocamento do separador e Tempo de separação do pedido, respectivamente) contidos no modelo proposto para AD da SP, e os tempos t1 e t2 (Quadro 15) necessários para o cálculo dos indicadores. Em t7, considera-se o tempo total do esforço na execução da SP, visto que a separação do pedido pode ter vários operadores atuando paralelamente.

A Figura 42 é um gráfico de Gantt com propósito de facilitar a compreensão do cálculo dos indicadores, de acordo com os horários de início e fim das tarefas e os tempos necessários para os cálculos.

Figura 42 - Horários de início e fim das tarefas e os tempos

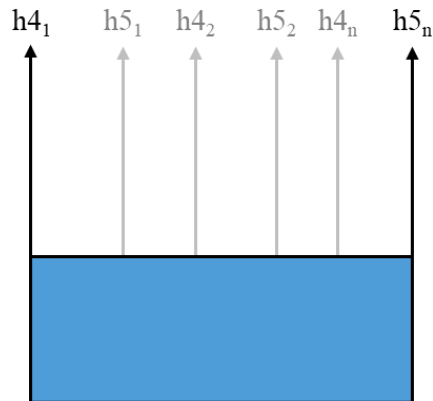


Os cálculos de t1 (tempo de planejamento da SP) e t2 (tempo ocioso do separador) são simples, e as tarefas podem ocorrer paralelamente, visto que são executadas por times distintos.

O tempo t_3 consiste no tempo de deslocamento do separador até o endereço de origem, local onde se encontra o item da lista de separação. Seu cálculo consiste na soma de todos os deslocamentos executados pelo separador para coleta dos n itens da lista de separação, na qual cada item tem um marco temporal para o início do deslocamento (h_{4_i}) e para o final (h_{5_i}).

A Figura 43 tem o propósito de ilustrar ao leitor o cálculo do tempo t_3 .

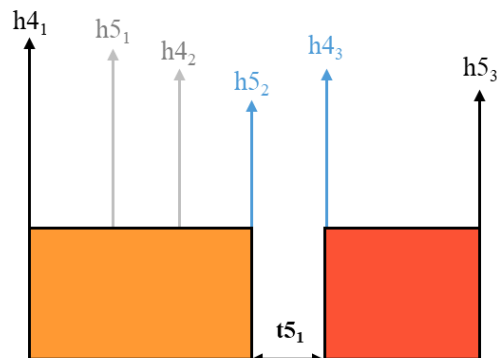
Figura 43 – Ilustração mostrando os tempos para o cálculo de t_3



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 44 tem o propósito de justificar o motivo de o cálculo de t_3 não ser simplesmente h_{5_n} subtraído de h_{4_1} . Isso deve ocorrer quando o número de itens da lista de separação for uma quantidade maior do que o separador consiga carregar em apenas uma viagem (deslocamento) em seu equipamento. O separador, devido à incapacidade de coletar todos os n itens do pedido em uma só viagem, faria uma entrega parcial do pedido coletado no endereço de destino, retornando em seguida para coletar o restante.

Figura 44 – Ilustração mostrando os tempos para o cálculo de t_3 , com entrega parcial



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esse tempo de deslocamento até o endereço de destino deve ser computado como uma das parcelas de t_5 (tempo de deslocamento do separador até o endereço de destino). Na prática, isso ocorre por questões de peso ou limitação do equipamento, como, por exemplo, a separação de *pallets* fechados, em que o operador de empilhadeiras de garfo curto tem a capacidade de movimentar um *pallet* por deslocamento e repete a movimentação para quantos *pallets* fechados forem solicitados no pedido.

O cálculo do tempo t_3 deve considerar também deslocamentos improdutivos, ou seja, aqueles efetuados pelo separador em cumprimento de uma ordem do WMS via dispositivo móvel, mas que não resultaram em coleta devido a erros de inventário, acidentes, problemas técnicos ou quaisquer outros imprevistos. A mesma lógica explicada acima deve ser atribuída aos cálculos de t_4 (tempo de coleta do item) e t_5 (tempo de deslocamento do separador até o endereço de destino). O tempo de entrega, conferência e/ou sortimento (t_6) somente é considerado se o processo for executado após a coleta.

9.2.2 Características dos pedidos

Foram criados dados para 10 pedidos a serem separados em um turno de trabalho. Os pedidos ímpares (SP1, SP3, SP5, SP7 e SP9) foram criados com foco na SP de itens fracionados e caixas, enquanto os pedidos pares (SP2, SP4, SP6, SP8 e SP10) forma criados para separação de *pallets* fechados. A separação dos pedidos SP1 e SP7 é feita pelo processo de Separação por Zona, com dois separadores operando em paralelo cada qual em sua zona de trabalho. Esse procedimento exige uma conferência e sortimento pós coleta.

A Tabela 26 mostra a lista de pedidos com a quantidade de SKU distintos e o total de unidades solicitadas na lista de separação, gerados aleatoriamente pelo pesquisador, mas atendendo as características do propósito dos pedidos. Os pedidos pares são compostos por *pallets* fechados, por isso seus valores na Tabela 26 (coluna unidade) são mais expressivos. Para facilitar os cálculos, será considerado que cada *pallet* contém 1.000 unidades do item.

Tabela 26 - Dados dos pedidos

Pedido	SKU	unidade
SP1	19	29
SP2	5	5000
SP3	7	12
SP4	1	6000
SP5	12	12

Pedido	SKU	unidade
SP6	9	9000
SP7	20	20
SP8	1	4000
SP9	15	25
SP10	4	6000

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Quadro 17 mostra a organização dos recursos, tecnologias e sistemas de separação de pedidos relacionados nesta simulação. Lembrando que no processo de Separação Discreta, um separador coleta todos os itens de um determinado pedido. Na Separação por Zona, cada separador faz a coleta apenas dos itens contidos na sua zona de trabalho.

Quadro 17 - Recursos, tecnologias e sistemas de separação de pedidos

Pedido	Sistema de Separação	Ferramenta	Equipamento	Separador
SP1	Manual Separação por Zona	Terminal RF	Paleteira	A e B
SP2	Manual Separação Discreta	Óculos RA	Empilhadeira	E
SP3	Manual Separação por Zona	Terminal RF	Paleteira	A
SP4	Manual Separação Discreta	Óculos RA	Empilhadeira	E
SP5	Manual Separação Discreta	Terminal RF	Paleteira	B
SP6	Manual Separação Discreta	Óculos RA	Empilhadeira	E
SP7	Manual Separação por Zona	Terminal RF	Paleteira	A e B
SP8	Manual Separação Discreta	Óculos RA	Empilhadeira	E
SP9	Manual Separação por Zona	Terminal RF	Paleteira	B
SP10	Manual Separação Discreta	Óculos RA	Empilhadeira	E

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considera-se que a empilhadeira seria de garfo simples e teria a capacidade de movimentar um *pallet* por vez. Seu operador usaria óculos de RA para receber e transmitir dados para o WMS. Para fracionados e caixas, os operadores utilizariam coletores de dados na leitura de códigos de barra e somente teriam acesso ao nível horizontal.

Foram criados resultados aleatórios sobre acuracidade da separação, devoluções, emergência e atrasos. A Tabela 27 mostra o resumo dos principais resultados da separação, criados para gerar insumos para calcular os indicadores de desempenho.

Tabela 27 - Resultados da separação dos pedidos

Pedido	Erro (unidade)	Acuracidade	Devolução	Emergencial	Atraso
SP1	0	100,00%	NÃO	NÃO	NÃO
SP2	0	100,00%	NÃO	NÃO	NÃO
SP3	5	58,33%	SIM	NÃO	SIM
SP4	0	100,00%	NÃO	NÃO	NÃO

Pedido	Erro (unidade)	Acuracidade	Devolução	Emergencial	Atraso
SP5	0	100,00%	NÃO	NÃO	NÃO
SP6	0	100,00%	NÃO	NÃO	NÃO
SP7	0	100,00%	NÃO	NÃO	NÃO
SP8	0	100,00%	NÃO	SIM	NÃO
SP9	0	100,00%	NÃO	SIM	SIM
SP10	0	100,00%	NÃO	SIM	SIM

Fonte: Elaborada pelo autor.

9.2.3 Registro dos tempos

Os tempos registrados na execução das tarefas pelos separadores são mostrados na Tabela 28, que contém o horário de entrada no trabalho (ponto de entrada), início da separação dos pedidos no WMS, pausa para almoço, reinício e término da separação via WMS e o ponto de saída. Os dados foram gerados com intenção de reproduzir um dia operacional, por isso não são aleatoriamente gerados via planilha eletrônica, mas sim gerados pelo pesquisador para manter uma coerência na sequência de execução das tarefas. Considera-se que o *login* no WMS seria associado ao processo de SP.

Tabela 28 - Dados do relógio de marcação de trabalho dos separadores

Sep.	Ponto Entrada	Início WMS	Ponto Almoço	Reinício WMS	Final WMS	Ponto Saída
A	8:00:00 AM	8:30:00 AM	11:44:59 AM	1:15:33 PM	5:02:56 PM	5:30:34 PM
B	8:00:00 AM	8:30:00 AM	12:52:23 PM	2:49:00 PM	7:49:33 PM	8:09:12 PM
E	8:00:00 AM	8:30:00 AM	12:32:59 PM	1:32:59 PM	11:33:12 PM	11:52:51 PM

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o cálculo dos indicadores, foi feita a marcação temporal de todas as tarefas de separação dos 10 pedidos, incluindo o tempo de planejamento e o tempo de conferência e sortimento. Os cálculos foram executados com planilha eletrônica (Microsoft Excel®), segundo as equações contidas nos Quadros 14 e 15.

A Tabela 29 mostra os tempos da separação do pedido SP10, a título de exemplificação para facilitar a compreensão do leitor. Verifica-se, na tabela, que o pedido SP10 é separado pelo operador de empilhadeira E. Todos os horários de início e fim das tarefas (h1 a h7) seriam tomados a partir de cada interação com o WMS e registrados na base de dados do sistema.

Tabela 29 - Detalhamento dos horários de início e fim das tarefas do pedido SP10

Pedido SP10 (Recurso E)		Hora / Itens
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:30:00 AM
h2	Horário de término da última LS (pedido anterior)	7:12:33 PM
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM
h4	Horário de início da separação do item via terminal	7:12:33 PM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	11:33:12 PM
t2	Tempo de espera	0:18:54
t3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	0:56:26
t4	Tempo de coleta do item	1:30:53
t5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	1:34:26
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	4:20:39

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 30 mostra o detalhamento dos horários e tempos de coleta para cada item da lista de separação para o mesmo pedido. Os horários da coleta em cada endereço são mostrados nas colunas i1 a i6'. A lista de separação de SP10 tem 4 SKU distintos e 6 *pallets*, totalizando seis endereços de origem distintos. Neste exemplo específico, considera-se que o último *pallet* coletado (i6) foi danificado durante a movimentação para o endereço de destino em um acidente, exigindo um retrabalho do operador (coluna i6').

Tabela 30 - Detalhamento dos horários e tempos de coleta

tempo	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i6'
h4	7:12:33 PM	7:53:33 PM	8:19:12 PM	8:43:00 PM	9:12:33 PM	9:42:06 PM	10:30:33 PM
h7	7:53:33 PM	8:19:12 PM	8:43:00 PM	9:12:33 PM	9:42:06 PM	10:11:39 PM	11:33:12 PM
t3	0:30:21	0:05:39	0:06:28	0:06:37	0:01:01	0:05:25	0:00:55
t4	0:08:15	0:14:13	0:15:21	0:00:31	0:15:41	0:20:51	0:16:01
t5	0:02:24	0:05:47	0:01:59	0:22:25	0:12:51	0:03:17	0:45:43

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os tempos dos demais pedidos (SP1 a SP9) contendo os dos horários de início e fim das tarefas do pedido e os tempos de execução são mostrados nos APÊNDICES de B a J.

A Tabela 31 mostra os tempos de cada um dos dez pedidos, utilizados no cálculo dos dois indicadores.

Tabela 31 - Marcos temporais dos pedidos

t	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8	SP9	SP10
t2	0:30:00	0:30:00	0:04:23	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:33:27	0:00:00	0:00:00	0:18:54

t3	1:30:55	0:40:17	0:44:48	0:56:01	2:54:12	1:11:30	4:15:10	0:24:08	2:07:44	0:56:26
t4	0:08:37	0:21:59	0:12:29	0:31:37	0:17:10	1:28:07	1:11:10	0:31:20	0:23:49	1:30:53
t5	0:26:40	0:40:39	1:10:45	0:52:26	0:07:23	1:31:54	0:20:59	0:32:35	0:29:04	1:34:26
t6	0:11:49	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:28:03	0:00:00	0:00:00	0:00:00
t7	2:06:12	1:42:55	2:12:25	2:20:04	3:18:45	4:11:31	5:47:19	1:28:03	3:00:37	4:20:39

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 32 mostra os marcos do relógio para cálculo das horas perdidas e horas extras dos operadores de separação envolvidos no exercício. Conforme se vê na tabela, as horas perdidas são aquelas em que o separador não atuou no atendimento do pedido (e que poderiam ser horas produtivas, mas não associadas à SP) ou são horas desperdiçadas com atrasos etc. As horas extras são computadas acima do limite de 8 horas diárias.

Tabela 32 - Marcos do relógio para cálculo das horas perdidas e horas extras

Recurso	Horas trabalhadas	Horas SP	Horas perdidas	Horas extras
A	08:00:00	7:02:22	0:57:38	0:00:00
B	10:46:02	9:22:56	1:23:06	1:22:56
E	14:52:51	14:03:12	0:49:39	6:03:12

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme os dados gerados para SP1, os dois separadores responsáveis pelo pedido estariam disponíveis para execução da coleta desde as 08:00:00 AM, horário de início do turno. No entanto, o exemplo estipulou que o analista responsável pelo planejamento liberou as listas de separação para os dispositivos móveis apenas meia hora depois, a fim de gerar um tempo ocioso para cálculo. Os trinta minutos ociosos refletem essa espera do separador pelo pedido, um desperdício considerável que mereceria atenção.

O capítulo a seguir mostra a análise de funcionalidade de e os resultados da aplicação das equações dos indicadores para cada uma das cinco dimensões.

10 ANÁLISE DA FUNCIONALIDADE

Este capítulo trata da Análise de Funcionalidade, que se refere à verificação do funcionamento do instrumento avaliativo proposto. Esta análise tem o propósito de verificar se o modelo teria a capacidade de identificar gargalos e lacunas operacionais na SP.

Mesmo considerando que parte dos dados gerados para análise são aleatórios, eles têm o propósito de refletir um dia operacional na SP em um armazém típico. Para tanto, comparam-se os resultados e verifica-se se estes seriam capazes de cumprir o propósito de apontar gargalos e oportunidades de melhorias através de uma visão sistêmica multidimensional da SP. Os dados necessários para os cálculos são os mostrados nas seções 9.2.2 e 9.2.3, e as equações dos Quadros 14 e 15.

A Tabela 33 mostra os valores calculados para os indicadores T1 e T2 para cada um dos dez pedidos.

Tabela 33 – Indicadores de tempo para a separação dos pedidos

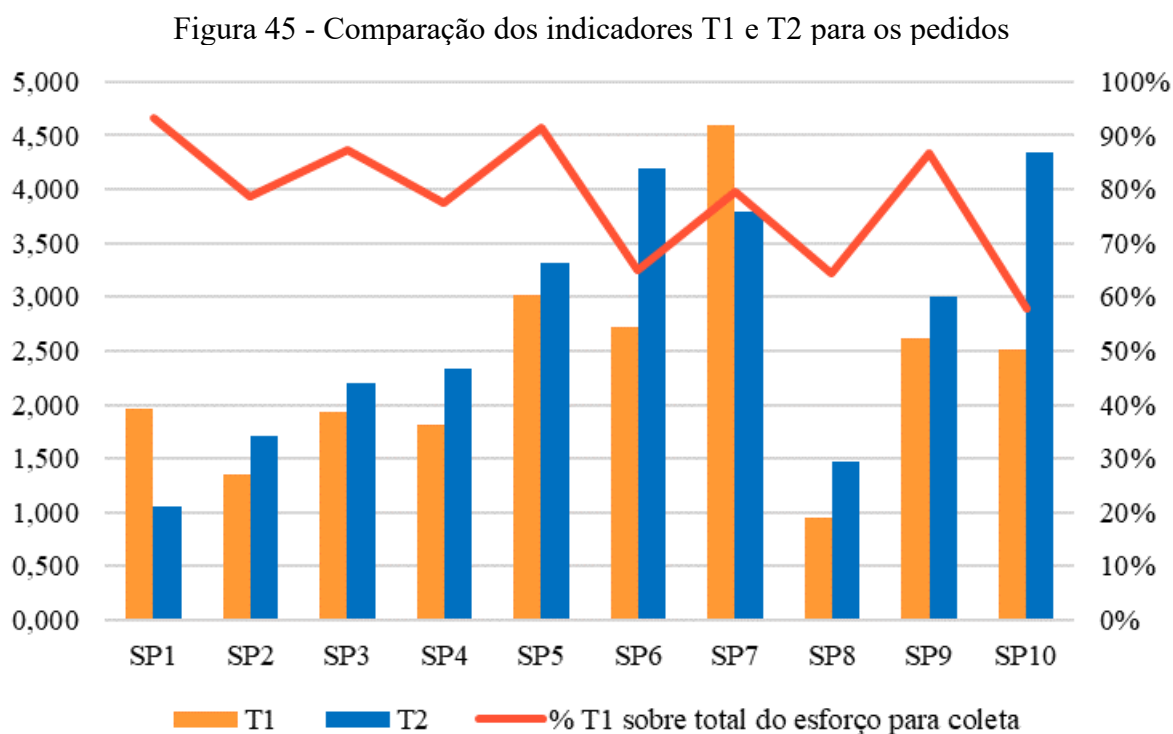
Pedido	T1	T2
SP1	1:57:35	1:03:38
SP2	1:20:56	1:42:55
SP3	1:55:33	2:12:25
SP4	1:48:27	2:20:04
SP5	3:01:35	3:18:45
SP6	2:43:24	4:11:31
SP7	4:36:09	3:47:23
SP8	0:56:43	1:28:03
SP9	2:36:48	3:00:37
SP10	2:30:52	4:20:39

Fonte: Elaborada pelo autor.

A presença do indicador T1 (Tempo de deslocamento do separador na separação dos pedidos) no modelo era certa, visto que pesquisas acadêmicas colocam muita ênfase na redução desse tempo (VAN GILS *et al.*, 2018). Isso ocorre, segundo o autor, pois existe uma relação entre a distância percorrida e o tempo de deslocamento. É um indicador relevante (presente em 18,4% dos 38 modelos do PB e escolhido por 51,5% dos 66 *experts*) que demonstra o sucesso das políticas de roteirização, armazenamento e zoneamento, por exemplo. O indicador T2 contabiliza os tempos de separação de cada pedido, mas não o total de horas trabalhadas na coleta, visto que dois pedidos (SP1 e SP7), por exemplo, teriam sido feitos com Separação por Zona, ou seja, os dois separadores (A e B) trabalhando simultaneamente, em zonas distintas.

Desta forma, o tempo de separação do pedido é menor que a soma dos tempos de coleta dos dois separadores trabalhando em paralelo, e tem o propósito de medir o tempo de separação do pedido (diferença entre horário de início e fim da separação).

A Figura 45 mostra uma comparação dos indicadores T1 e T2 para os dez pedidos, e uma informação adicional que seria o percentual de T2 em relação ao tempo total do esforço de separação o pedido (t_7) no eixo vertical secundário. Apesar dos dados serem aleatórios, a figura teria a capacidade de mostrar aos gestores o desempenho da SP em termos de tempo.



Fonte: Elaborada pelo autor. Unidade de medida do eixo vertical primário é tempo (decimal).

Nota-se na Figura que T1 para SP1 e SP7 são maiores que os tempo de SP, pois são os pedidos separados com mais de um operador trabalhando simultaneamente. O tempo t_7 também será útil para cálculo de custo por pedido e horas extras, quando deve-se considerar o total de horas trabalhadas por todos os separadores.

O resultado dos cálculos dos indicadores para a dimensão Produtividade são mostrados na Tabela 34. A Taxa de utilização do separador teve valor médio de 88,96%, o que indica que aproximadamente um décimo do tempo dos separadores é perdido em atividades não relacionadas à SP, com potencial para ser um tempo ocioso. No caso do separador B, por exemplo, verifica-se que sua utilização foi de 82,64%, abaixo de seus pares A e E (90,80% e 93,43%, respectivamente).

Tabela 34 - P1 calculado na atuação dos separadores

Indicador	A	B	E	Média
P1	90,80%	82,64%	93,43%	88,96%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Considerando os três operadores e o tempo total de separação dos dez pedidos, tem-se 30,95% de horas extras. Caberia, portanto, investigar quais foram as atividades que o Separador B desempenhou fora do seu foco. O indicador P2 - Produtividade na separação por pedido - foi calculado como 0,109 pedidos por homem-hora. É um indicador tradicional na AD da SP, visto que foi o mais usado no PB e escolhido por 69,7% dos *experts*.

Os indicadores para a dimensão Qualidade são mostrados na Tabela 35. Considerando os dados gerados, Q1 (Taxa de coleta na primeira visita ao endereço) foi de 96,39%, enquanto a taxa de acuracidade na separação do pedido foi de 99,98%.

Tabela 35 - Indicadores de Qualidade na separação dos pedidos

IQ	Indicador	Valor
Q1	Taxa de coleta na primeira visita ao endereço	96,39%
Q2	Taxa de acuracidade na separação do pedido	99,98%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Uma baixa taxa no indicador Q1 pode sugerir aos gestores que existem problemas de acuracidade de inventário no armazém, exigindo segunda visita a endereços para coleta, distintos daquele originalmente planejados pelo sistema na definição do roteiro do separador. O indicador Q2 (Acuracidade na separação) é um dos mais importantes para a SP, tanto que é o indicador da dimensão qualidade mais presente no PB, e foi selecionado por 97,0% dos *experts*. O relatório anual do *Warehousing Education and Research Council* (WERC, 2019) usa esse tradicional indicador para classificar um armazém conforme a acuracidade da separação de pedidos em cinco categorias: armazéns *Best-in-class*, em posição de Vantagem, Típico, em Desvantagem e com Grande Oportunidade para melhorias. A Tabela 36 mostra os intervalos da classificação proposta pelo WERC (2019). Essa classificação serve como parâmetro de comparação, e não faz parte do modelo proposto.

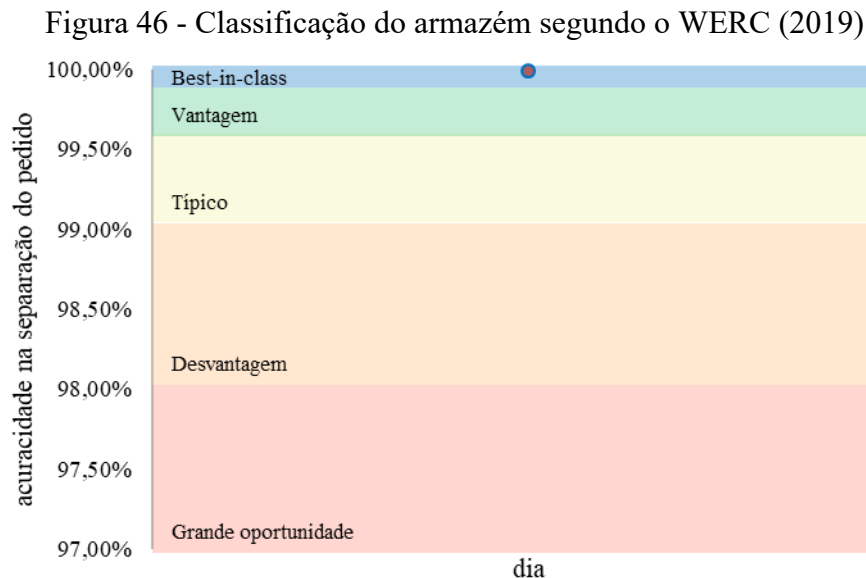
Tabela 36 – Classificação do armazém segundo a acuracidade na separação

Tipo de armazém	Intervalo de Q2
Grande oportunidade	Q2 ≤ 98,00%

Tipo de armazém	Intervalo de Q2
Desvantagem	98,00% <= Q2 <= 99,00%
Típico	99,00% <= Q2 <= 99,60%
Vantagem	99,60% <= Q2 <= 99,89%
Best-in-Class	Q2 >= 99,89%

Fonte: WERC (2019).

A Figura 46 mostra o indicador Q2 segundo a classificação proposta pelo WERC (2019), considerando os intervalos das categorias para os armazéns Grande oportunidade (vermelho), Desvantagem (laranja), Típico (amarelo), Vantagem (verde) e *Best-in-Class* (azul). Destaque-se o ponto vermelho, que representa o dia calculado com 99,98%, o que colocaria na categoria *Best-in-class*, mas obviamente, considerando os dados gerados pelo pesquisador.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em um cenário real, caso Q2 estivesse em categorias de armazém abaixo do *Best in class*, os gestores deveriam fazer uma análise de causa e efeito para determinar a origem do problema e criar um plano de ação. Uma das causas mais comuns de baixa acuracidade na separação é a exigência imposta aos separadores para imprimir uma velocidade acima do padrão na SP. Essa pressão ocorre por diversas causas, como por exemplo a flutuação de demanda, constantes atrasos, reclamações de clientes e metas não cumpridas. Esse indicador, quando analisado em conjunto com os outros indicadores do modelo das dimensões Tempo, Produtividade e Custo poderiam apoiar os gestores a identificar a origem do problema bem como na formulação do plano de ação.

Uma das possíveis causas de baixa produtividade poderia ser, por exemplo, uma baixa taxa de acuracidade do inventário nos endereços de separação, quando analisada em conjunto com outros indicadores, como Q1 (coleta feita na primeira visita ao endereço) e T1 (tempo de deslocamento do separador). Uma baixa acuracidade de inventário nos endereços de separação pode resultar em perda de eficiência operacional, resultante de divergências entre o inventário físico e o lógico. El Hachem, Harik e Khoury (2016) fazem uma distinção entre o inventário físico (aquele que existe fisicamente no armazém) e o lógico (registrado no WMS). A divergência de inventário físico e lógico se dá quando o WMS não reflete exatamente o inventário físico, para mais ou para menos. Como o direcionamento operacional dos separadores é feito pelo WMS via dispositivo móvel (terminal de RF, PBV, óculos RA, por exemplo), se existir um inventário lógico maior que o físico, o separador pode ser direcionado a fazer a coleta em um endereço de separação que não contém fisicamente o item com a quantidade solicitada na lista de pedidos, resultando em um deslocamento inútil (primeira vista), a necessidade de uma segunda visita e conseqüentemente um maior tempo de deslocamento.

O indicador F1 mede a quantidade de separadores que teriam a capacidade de atuar com distintos processos e tecnologias. Não é um indicador que se calcule para cada pedido, mas sim para a capacidade de adaptação da força de trabalho. No exemplo, considera-se que existem 3 separadores e, destes, 1 é treinado para todos os processos, tecnologias e equipamentos (habilitado para dirigir empilhadeiras e operar com coletores de dados e óculos de RA); ou seja, sua polivalência o torna capaz de substituir outros colaboradores em momentos de urgência. Portanto, F1 seria de 33,3%. F2 dimensiona o número de pedidos emergenciais atendidos com sucesso e foi calculado em 33,3%, a partir dos dados gerados.

Os resultados dos cálculos dos custos para cada pedido são mostrados na Tabela 37, que considera o número de horas trabalhadas. Considera-se os dados gerados para o custo de pessoal, equipamentos (paleteira e empilhadeira) e dispositivos tecnológicos (coletor de dados e óculos de RA) disponíveis nas Tabelas 21, 22, 23, 24 e APÊNDICE K. C1 corresponde ao Custo de horas extras na separação de pedidos, enquanto C2 é o Custo de separação por pedido. Para a mão-de-obra, considera-se o custo de horas normais e o de horas extras. Deve-se considerar os tempos de execução da separação para cada pedido e total de horas trabalhadas por todos os separadores (t7), disponíveis nas Tabelas 28, 29, 30 e 31 e nos APÊNDICES B, C, D, E, F, G, H, I e J.

Tabela 37 - Cálculo dos custos por pedido, segregados em mão-de-obra, equipamento e dispositivo tecnológico

Pedido	Custo mão-de-obra	Custo equipamento	Custo Dispositivo tecnológico	Custo Total do pedido
SP1	R\$ 0,74	R\$ 2,93	R\$ 7,82	R\$ 11,49
SP2	R\$ 0,76	R\$ 103,61	R\$ 8,93	R\$ 113,31
SP3	R\$ 0,77	R\$ 1,54	R\$ 4,11	R\$ 6,41
SP4	R\$ 1,04	R\$ 141,01	R\$ 12,16	R\$ 154,21
SP5	R\$ 1,16	R\$ 2,31	R\$ 6,16	R\$ 9,63
SP6	R\$ 13,44	R\$ 253,27	R\$ 21,83	R\$ 288,54
SP7	R\$ 2,63	R\$ 8,06	R\$ 21,54	R\$ 32,22
SP8	R\$ 23,55	R\$ 88,69	R\$ 7,65	R\$ 119,89
SP9	R\$ 35,67	R\$ 2,09	R\$ 5,60	R\$ 43,37
SP10	R\$ 69,68	R\$ 261,85	R\$ 22,57	R\$ 354,10

Fonte: Elaborada pelo autor.

O custo total da mão-de-obra para os dez pedidos foi calculado em R\$ 149,44; o custo dos equipamentos foi de R\$ 859,86, o custo da tecnologia usada foi de R\$ 103,69 e o custo total de separação dos dez pedidos foi de R\$ 1.133,16. A Tabela 38 mostra o custo para os dois tipos de pedidos: pares (separados com empilhadeiras e óculos inteligentes) e ímpares (separados com paleteiras e terminais RF). Convém lembrar que são dez pedidos em um dia de trabalho.

Tabela 38 - Custo dos pedidos, segregados por pedido pares e ímpares

Pedidos	Total	Custo por pedido
Ímpares	R\$ 103,11	R\$ 20,62
Pares	R\$ 1.030,04	R\$ 206,01

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 39 mostra os resultados dos cálculos para os dois indicadores propostos na dimensão custo.

Tabela 39 - Indicadores de Custo calculados na separação dos pedidos

IC	Indicador	valor
C1	Custo de horas extras na separação de pedidos	R\$ 141,36
C2	Custo da separação por pedido	R\$ 113,32

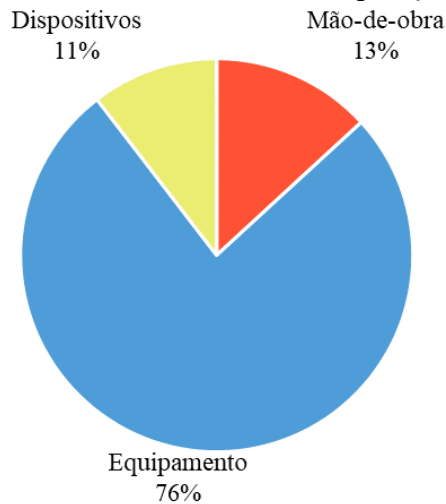
Fonte: Elaborada pelo autor.

É importante notar que, no exemplo criado com os dados gerados, C1 representa 94,6% do total de custo de pessoal para a separação dos dez pedidos, o que indica que um volume

muito grande de horas extras foi sado na separação. No médio prazo, se este indicador se mantivesse em níveis considerados altos, poderia mostrar aos gestores que a quantidade de separadores não é suficiente para atender a demanda.

A Figura 47 mostra um detalhamento da origem do total dos custos de separação dos dez pedidos.

Figura 47 - Detalhamento dos custos da Separação dos pedidos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A mão-de-obra representa 13,2% do custo total de separação dos dez pedidos, enquanto o custo de equipamento é uma fatia de 76,4% e o custo dos dispositivos tecnológicos é 10,4%. Lembrando que o foco do modelo proposto é a SP, e não o armazém. Por isso, o cálculo de C2 considera que os custos de separação do pedido restringem-se a pessoal, equipamentos e tecnologia dos dispositivos de coleta de dados.

Uma comparação dos indicadores P1 (utilização do separador) e C1 (horas extras na separação), poderia identificar se a necessidade de horas extras para a SP se deve à baixa utilização do tempo dos separadores na atividade focal de SP, devido a atrasos, quebras, acidentes, problemas técnicos etc. Nesse caso, deve-se considerar que existe uma variação de tempo entre o recebimento do pedido do cliente no *Enterprise Resource Planning* (ERP) ou sistema corporativo e a inserção da lista de pedidos no dispositivo móvel do separador via WMS.

O próximo capítulo contém a conclusão da pesquisa e as sugestões de futuros trabalhos relativos ao tema.

11 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como tema a ADL na SP, um instrumento avaliativo de grande utilidade para gestores e tomadores de decisão em armazéns. O objetivo foi propor um modelo de ADL para SP capaz de oferecer uma compreensão multidimensional do desempenho do sistema de SP, bem como promover maior embasamento para a tomada de decisão, identificação de gargalos operacionais e a promoção de melhorias.

O modelo pretendeu responder às críticas de Kaplan e Norton (1992), Maskell (1991), Laosirihongthong *et al.* (2018) e Gunasekaran, Patel e Mcgaughey (2004), que defendem que SAD com foco único (unidimensional) é uma abordagem desequilibrada na AD.

Para alcançar tal equilíbrio, um conjunto de dez indicadores, distribuídos em cinco dimensões de desempenho, foram selecionados para compor o modelo final, e suas equações foram validadas na análise de funcionalidade do modelo proposto, que se mostrou capaz de oferecer *insights* aos gestores e tomadores de decisão proporcionando uma visão abrangente do desempenho da SP, onde indicadores de dimensões distintas, quando analisados em conjunto, oferecem maior chance de identificação de gargalos e oportunidades de melhorias.

As análises mostraram que tanto a academia quanto os *experts* consultados consideram as dimensões Tempo e Produtividade as mais relevantes; contudo, estes últimos valorizam mais a Qualidade do que os primeiros. As dimensões Flexibilidade e Custo apresentam menor grau de importância, mas quando analisadas conjuntamente com Tempo, Produtividade e Qualidade, promovem uma visão sistêmica multidimensional do desempenho.

O indicador mais comum na academia (tempo de deslocamento do separador) é foco da maioria das pesquisas acadêmicas para melhorias na SP, seja em pesquisas avaliando o desempenho do sistema de separação com distintas políticas de roteirização e armazenagem, seja em propostas de melhorias no tipo de processos de SP ou no nível de mecanização (VAN GILS *et al.*, 2018). O modelo proposto nesta pesquisa contém indicadores para melhorias na dimensão Tempo, que medem o tempo de deslocamento do separador; mas que, além disso, incentivam os gestores a avaliarem a repercussão dessa alteração em outras dimensões do processo o que é muito útil para informar se determinada medida pode se tornar prejudicial em termos de custo operacional, acuracidade na coleta e produtividade na separação do pedido, por exemplo.

Quando comparado com os modelos de AD contidos no fragmento da literatura selecionado e analisado, as contribuições desta pesquisa se posicionam na proposta de um

modelo multidimensional de ADL na SP, onde os indicadores podem responder individualmente a questionamentos dos gestores e tomadores de decisão, mas que combinados, podem multiplicar as respostas. Citando exemplos práticos, considera-se uma análise conjunta de T1, que mede Tempo de deslocamento do separador, e a Taxa de coleta na primeira visita ao endereço (Q1). Cada um destes dois indicadores deve responder a uma pergunta dos gestores e tomadores de decisão de forma individual, mas quando combinados, podem oferecer informações relevantes para identificar gargalos e oportunidades de melhoria, por exemplo, se problemas de acuracidade de inventário nos endereços seriam responsáveis (ao menos parcialmente) por um alto Q1. Partindo desta mesma premissa (análise conjunta de dimensões) proporcionada pelo modelo proposto, outras combinações poderiam ser analisadas, respondendo ou instigando respostas a perguntas como por exemplo: se um C1 expressivo seria resultante de um P1 baixo; se Q2 é baixa devido a um baixo T2, ou se bons valores nos indicadores de tempo ocorrem em detrimento da austeridade medida no Custo de horas extras na separação de pedidos (C1) e/ou no Custo de separação por pedido (C2), ou se C1 é excessivo pois a quantidade de separadores polivalentes (F1) é pequena; e por fim, se um C1 excessivo deve-se a baixa Taxa de utilização do separador (P1) ou à baixa polivalência da equipe.

O modelo multidimensional busca evitar desequilíbrio em cenários em que operações apresentam tempo de SP excelente, mas nenhuma flexibilidade para atender pedidos que necessitem adaptação do processo previamente padronizado. Apesar da dificuldade de dimensionar indicadores de Flexibilidade por sua característica intangível, conforme comentam Gunasekaran e Kobu (2007), o indicador Atendimento de Pedidos Emergenciais Realizados com Sucesso tem o propósito de informar aos gestores a capacidade de adaptação do sistema de SP e da equipe em relação a pedidos de clientes que exigem procedimentos e tempos de entrega fora do padrão.

No que diz respeito a futuras pesquisas, o presente estudo evidenciou que a aferição do desempenho relacionado ao aprimoramento das interfaces homem-máquina em sistemas semiautomatizados *parts-to-picker* constitui um tema promissor, demonstrando ligeira tendência em publicações acadêmicas mais recentes, com destaque para RMFS no varejo. Além disso, as mudanças produtivas e logísticas que atingirão o operador 4.0 na Quarta Revolução Industrial reforçam o interesse sobre essa linha de investigação.

Futuros trabalhos poderiam analisar e propor mais indicadores da dimensão Flexibilidade. Apesar da dificuldade imposta na medição de indicadores desta dimensão, a flexibilização operacional deve ganhar cada vez maior relevância, considerando a crescente

necessidade de resposta rápida à personalização de demandas de clientes. Outra possibilidade de pesquisa no tema seria sua convergência com a filosofia Lean, no que tange indicadores que apontam a eliminação de desperdícios visando melhor desempenho operacional com o menor custo, sempre tendo em vista a melhoria contínua.

Ampliando a abrangência da SP para toda a operação em um armazém, futuros estudos poderiam adicionar novas dimensões relevantes, relacionadas à Sustentabilidade, Inovação e Segurança. Em especial, a integração de dimensões e indicadores oriundos dos componentes do *Triple Bottom Line* (aspectos social, ambiental e econômico) com as dimensões e indicadores propostos neste trabalho (que focam na SP com componente do atendimento de pedidos) poderiam ser objetos de pesquisa relevantes para Armazéns e Centros de Distribuição com proposta sustentável. Em relação à Segurança, é oportuno considerar que, devido às mudanças de hábito promovidas pela pandemia de Covid-19, ganham relevância pesquisas que possam explorar a segurança no manuseio de materiais em armazéns e CD, especialmente em sistemas de separação manual *picker-to-parts* e semiautomatizados *parts-to-picker*.

REFERÊNCIAS

ACCORSI, R.; MANZINI, R.; MARANESI, F. A decision-support system for the design and management of warehousing systems. **Computers in Industry**, v. 65, n. 1, p. 175–186, 2014.

ANDREJIĆ, M.; KILIBARDA, M.; POPOVIĆ, V. **Logistics failures in distribution process**. Logistics International Conference. **Anais...**2013

AZADEH, K.; ROY, D.; DE KOSTER, R. Design, modeling, and analysis of vertical robotic storage and retrieval systems. **Transportation Science**, v. 53, n. 5, p. 1213–1234, 2019.

BAKER, P.; HALIM, Z. An exploration of warehouse automation implementations: Cost, service and flexibility issues. **Supply Chain Management**, v. 12, n. 2, p. 129–138, 2007.

BALLOU, R. **Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais, Distribuição Física**. 1 ed. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, R. H. The evolution and future of logistics and supply chain management. **European Business Review**, v. 19, p. 332–348, 2007.

BARTHOLDI, J. J.; EISENSTEIN, D. D.; FOLEY, R. D. Performance of Bucket Brigades When Work Is Stochastic. **Operations Research**, v. 49, n. 5, p. 710–719, 2001.

BARUFFALDI, G. et al. Warehousing process performance improvement: a tailored framework for 3PL. **Business Process Management Journal**, v. em publica, 2020.

BASTOS, F. Z. L.; SCARPIN, C. T.; PÉCORA JUNIOR, J. E. Picking planning and quality control analysis using discrete simulation: Case in a food industry. **DYNA (Colombia)**, v. 86, n. 208, p. 271–280, 2019.

BEAMON, B. M. Measuring supply chain performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 3, p. 275–292, 1999.

BHATTACHARYA, M.; GIBSON, D. E.; DOTY, D. H. The effects of flexibility in employee skills, employee behaviors, and human resource practices on firm performance. **Journal of Management**, v. 31, n. 4, p. 622–640, 2005.

BITITCI, U. et al. Performance Measurement: Challenges for Tomorrow. **International Journal of Management Reviews**, v. 14, n. 3, p. 305–327, 2012.

BORTOLUZZI, S. C. et al. Avaliação de Desempenho de Redes de Pequenas e Médias Empresas (PMEs): Lacunas e Oportunidades de Pesquisa. **Revista Gestão Industrial**, v. 9, n. 04, p. 886–906, 2013.

BOURNE, M. et al. Designing, implementing and updating performance measurement systems. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 20, n. 7, p.

754–771, 2000.

BOURNE, M.; NEELY, A. Implementing performance measurement systems: a literature review. **International Journal of Business Performance Management**, v. 5, n. 1, p. 1–24, 2003.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BOYSEN, N.; FÜSSLER, D.; STEPHAN, K. See the light: Optimization of put-to-light order picking systems. **Naval Research Logistics**, v. 67, n. 1, p. 3–20, 2020.

BOZER, Y. A.; ALDARONDO, F. J. A simulation-based comparison of two goods-to-person order picking systems in an online retail setting. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 11, p. 3838–3858, 2018.

BOZER, Y. A.; WHITE, J. A. A generalized design and performance analysis model for end-of-aisle order-picking systems. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v. 28, n. 4, p. 271–280, 1996.

BRYNZÉR, H.; JOHANSSON, M. I. Design and performance of kitting and order picking systems. **International Journal of Production Economics**, v. 41, n. 1–3, p. 115–125, 1995.

BUKCHIN, Y.; KHMELNITSKY, E.; YAKUEL, P. Optimizing a dynamic order-picking process. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 2, p. 335–346, 2012.

CANO, J. A.; GOMEZ, R. A.; SALAZAR, F. Routing policies in multi-parallel warehouses: An analysis of computing times. **Espacios**, v. 38, n. 51, 2017.

CARON, F.; MARCHET, G.; PEREGO, A. Optimal layout in low-level picker-to-part systems. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 1, p. 101–117, 2000.

CARRASCO-GALLEGO, R.; PONCE-CUETO, E. **Redesigning a piece picking area replenishment process supported by a WMS**. 2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE 2009. **Anais...IEEE**, 2009

CHACKELSON, C. et al. Evaluating order picking performance trade-offs by configuring main operating strategies in a retail distributor: A Design of Experiments approach. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 20, p. 6097–6109, 2013.

CHAN, F. T. S. Performance Measurement in a Supply Chain. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 21, p. 534–548, 2003.

CHAN, F. T. S.; CHAN, H. K. Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 3, p. 2686–2700, 2011.

CHAVES, L. C. et al. Sistemas de apoio à decisão: mapeamento e análise de conteúdo. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 12, n. 1, p. 6–22, 2013.

CHEN, C. M. et al. A flexible evaluative framework for order picking systems. **Production and Operations Management**, v. 19, n. 1, p. 70–82, 2010.

CHEN, F.; XU, G.; WEI, Y. Heuristic routing methods in multiple-block warehouses with ultra-narrow aisles and access restriction. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 1, p. 228–249, 2019.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-adding Networks**. 3 ed. ed. London: FT Prentice Hall, 2005.

COLLINS, T. R. et al. The use of multi-attribute utility theory to determine the overall best-in-class performer in a benchmarking study. **Benchmarking**, v. 13, n. 4, p. 431–446, 2006.

CORMIER, G.; GUNN, E. A. A review of warehouse models. **European Journal of Operational Research**, v. 58, n. 1, p. 3–13, 1992.

COYLE, J. J.; BARDI, E. J.; LANGLEY, C. J. **The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective**. 7. ed. Mason, OH: South-Western/Thomson Learning, 2003.

DE KOSTER, R.; LE-DUC, T.; ROODBERGEN, K. J. Design and control of warehouse order picking : A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 182, n. 2, p. 481–501, 2007.

DE VRIES, J.; DE KOSTER, R.; STAM, D. Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 8, p. 2260–2274, 2016a.

DE VRIES, J.; DE KOSTER, R.; STAM, D. Aligning Order Picking Methods, Incentive Systems, and Regulatory Focus to Increase Performance. **Production and Operations Management**, v. 25, n. 8, p. 1363–1376, 2016b.

DEHORATIUS, N.; RAMAN, A. Inventory record inaccuracy: An empirical analysis. **Management Science**, v. 54, n. 4, p. 627–641, 2008.

DUTRA, A. et al. The construction of knowledge from the scientific literature about the theme seaport performance evaluation. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 64, n. 2, p. 243–269, 2015.

EL HACHEM, W.; HARIK, R.; KHOURY, J. Error generation, inventory record inaccuracy (IRI) and effects on performance: A dynamic investigation. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 492, p. 642–651, 2016.

ENSSLIN, L. et al. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão - construtivista. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125–152, 2010.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, V. **ProkNow-C: um processo para geração de conhecimento e geração de oportunidades de pesquisa científica**. Florianópolis, SC.:

Apostila da disciplina EPS 6307000 Avaliação de Desempenho, 2019.

ENSSLIN, S. R. et al. Processo de Mapeamento das Publicações Científicas de Um Tema: Portfólio Bibliográfico e Análise Bibliométrica sobre avaliação de desempenho de cooperativas de produção agropecuária. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 3, p. 587–608, 2014.

FERMINO, G. C. **Modelo multicritério construtivista de avaliação de desempenho para apoiar a gestão operacional do Porto de Imbituba**. (Dissertação de Mestrado). Pós-graduação em Administração: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2019.

FORD, H.; CROWTHER, S. **My Life and Work**. Nova Iorque, NY, EUA.: Createspace Independent Pub, 1922.

FRANCO-SANTOS, M.; LUCIANETTI, L.; BOURNE, M. Contemporary performance measurement systems: A review of their consequences and a framework for research. **Management Accounting Research**, v. 23, n. 2, p. 79–119, 2012.

GHALAYINI, A. M.; NOBLE, J. S. The changing basis of performance measurement. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 6, n. 8, p. 63–80, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOETSCHALCKX, M.; ASHAYERI, J. Classification and design of order picking systems. **Logistics World**, v. 2, n. 2, p. 99–106, 1989.

GOETSCHALCKX, M.; RATLIFF, H. D. Order picking in an aisle. **IEE Transactions**, v. 20, p. 53–62, 1988.

GONG, Y.; WINANDS, E. M. M.; KOSTER, R. B. M. DE. **A Real-Time Picking and Sorting System in E-Commerce Distribution Centers**. 11th IMHRC Proceedings. **Anais...2010**

GROSSE, E. H. et al. Incorporating human factors in order picking planning models: Framework and research opportunities. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 3, p. 695–717, 2015.

GROSSE, E. H.; GLOCK, C. H. An experimental investigation of learning effects in order picking systems. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, n. 6, p. 850–872, 2013.

GU, J.; GOETSCHALCKX, M.; MCGINNIS, L. F. Research on warehouse operation: A comprehensive review. **European Journal of Operational Research**, v. 177, n. 1, p. 1–21, 2007.

GU, J.; GOETSCHALCKX, M.; MCGINNIS, L. F. Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. **European Journal of Operational Research**, v. 203, n. 3, p. 539–549, 2010.

GUMRUKCU, S.; ROSSETTI, M. D.; BUYURGAN, N. Quantifying the costs of cycle counting in a two-echelon supply chain with multiple items. **International Journal of Production Economics**, v. 116, n. 2, p. 263–274, 2008.

GUNASEKARAN, A.; KOBU, B. Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: A review of recent literature (1995-2004) for research and applications. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 12, p. 2819–2840, 2007.

GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; MCGAUGHEY, R. E. A framework for supply chain performance measurement. **International Journal of Production Economics**, v. 87, n. 3, p. 333–347, 2004.

GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; TIRTIROGLU, E. Performance measures and metrics in a supply chain environment. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 1/2, p. 71–87, 2001.

GUO, A. et al. Order Picking with Head-Up Displays. **Computer**, v. 48, n. 6, p. 16–24, 2015.

HALL, R. W. Distance Approximations for Routing Manual Pickers in a Warehouse. **IIE Transactions**, v. 25, p. 76–87, 1993.

HARIGA, M. A. A single-item continuous review inventory problem with space restriction. **International Journal of Production Economics**, v. 128, n. 1, p. 153–158, 2010.

HENN, S. et al. Metaheuristics for the Order Batching Problem in Manual Order Picking Systems. **BuR – Business Research**, v. 3, n. 1, p. 82–105, 2003.

HESKETT, J. L. Cube-Per-Order Index: A Key to Warehouse Stock Location. **Transportation and Distribution Management**, v. 3, p. 27–31, 1963.

HO, Y. C.; TSENG, Y. Y. A study on order-batching methods of order-picking in a distribution centre with two cross-aisles. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 17, p. 3391–3417, 2006.

HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, v. 89, n. August, p. 23–34, 2017.

HONG, S. A performance evaluation of bucket brigade order picking systems: Analytical and simulation approaches. **Computers and Industrial Engineering**, v. 135, n. July 2018, p. 120–131, 2019.

HSIEH, L. F.; HUANG, Y. C. New batch construction heuristics to optimise the performance of order picking systems. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 2, p. 618–630, 2011.

HSIEH, L. F.; TSAI, L. The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 28, n. 5–6, p. 626–637, 2006.

HWANG, H. S.; CHO, G. S. A performance evaluation model for order picking warehouse design. **Computers and Industrial Engineering**, v. 51, n. 2, p. 335–342, 2006.

JAFARI, H. Logistics flexibility: a systematic review. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 64, n. 7, p. 947–970, 2015.

JAMIESON, S. Likert scales: How to (ab)use them. **Medical Education**, v. 38, n. 12, p. 1217–1218, 2004.

JANE, C. C. Storage location assignment in a distribution center. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 30, n. 1, p. 55–71, 2000.

JOHNSON, A.; MCGINNIS, L. Performance measurement in the warehousing industry. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v. 43, n. 3, p. 220–230, 2011.

KAPLAN, R. S.; COOPER, R. **Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo**. São Paulo, SP.: Ed. Futura, 1998.

KAPLAN, R. S.; JOHNSON, T. H. **Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting**. Boston, EUA: Harvard Business School, 1987.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The Balanced Scorecard: measures that drive performance. **Harvard Business**, v. 83, n. 7–8, p. 71–79, 1992.

KOFLER, M. et al. **Reassigning storage locations in a warehouse to optimize the order picking process**. 22th European Modeling and Simulation Symposium, EMSS 2010. **Anais...2010**

KOSTER, R.; LE-DUC, T.; ROODBERGEN, K. J. Design and control of warehouse order picking. **European Journal of Operational Research**, v. 182, n. 2, p. 481–501, 2007.

LAOSIRIHONGTHONG, T. et al. Prioritizing Warehouse Performance Measures in. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 67, n. 9, p. 1703–1726, 2018.

LI, J.; HUANG, R.; DAI, J. B. Joint optimisation of order batching and picker routing in the online retailer's warehouse in China. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 2, p. 447–461, 2017.

MALMBORG, C. J. Interleaving models for the analysis of twin shuttle automated storage and retrieval systems. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 18, p. 4599–4610, 2000.

MALMBORG, C. J.; AL-TASSAN, K. An integrated performance model for orderpicking systems with randomized storage. **Applied Mathematical Modelling**, v. 24, n. 2, p. 95–111, 2000.

MALO, J. L. **Les tableaux de bord comme signes d'une gestion et d'une comptabilité à la**

française. Paris, França: Editora Foucher, 1995.

MANZINI, R. et al. Travel time models for deep-lane unit-load autonomous vehicle storage and retrieval system (AVS/RS). **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 14, p. 4286–4304, 2016.

MANZINI, R. et al. Performance assessment in order picking systems: a visual double cross-analysis. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 101, n. 5–8, p. 1927–1938, 2019.

MARKLUND, J. Inventory control in divergent supply chains with time-based dispatching and shipment consolidation. **Naval Research Logistics**, v. 58, n. 1, p. 59–71, 2011.

MARTINS, V. A.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A. Avaliação de Desempenho Organizacional: trajetória das pesquisas internacionais por meio de paradigmas e teorias. **Cuadernos de Contabilidad**, v. 19, n. 47, p. 94–116, 2018.

MASKELL, B. H. **Performance measurement for world class manufacturing: A model for American companies.** 1. ed. Nova Iorque, NY, EUA.: Productivity Press, 1991.

MATOS, L. DOS S. et al. Development of Performance Evaluation Theme: a Systematic Analysis of the Literature. **Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, v. 17, n. 2, p. 63–97, 2019.

MATUSIAK, M.; DE KOSTER, R.; SAARINEN, J. Utilizing individual picker skills to improve order batching in a warehouse. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 3, p. 888–899, 2017.

MERSCHFORMANN, M. et al. Decision rules for robotic mobile fulfillment systems. **Operations Research Perspectives**, v. 6, n. November, p. 100128, 2019.

MOLNÁR, B. **Planning of Order Picking Processes Using Simulation and a Genetic Algorithm in Multi-Criteria Scheduling.** 16th European Simulation Symposium. **Anais...2004**

MOLNÁR, B.; LIPOVSZKI, G. Multi-objective routing and scheduling of order pickers in a warehouse. **International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology**, v. 6, n. 5, p. 22–32, 2005.

MORO, S. R.; ENSSLIN, S. R. Avaliação De Desempenho De Sistemas Produto-Serviço: Revisão De Literatura E Agenda De Pesquisa. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, v. 18, n. 2, p. 532–559, 2018.

NEELY, A.; ADAMS, C.; CROWE, P. The performance prism in practice. **Measuring Business Excellence**, v. 5, n. 2, p. 6–13, 2001.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: a literaturer review. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 4, p. 35, 1995.

- NILSON, M. et al. **Desafios e oportunidades de pesquisa sobre avaliação de desempenho da logística e cadeia de suprimentos**. XXXVI Encontro Nacional De Engenharia de Produção. **Anais...** João Pessoa, PB: Anais Abepro, 2016
- NUDURUPATI, S. S. et al. State of the art literature review on performance measurement. **Computers and Industrial Engineering**, v. 60, n. 2, p. 279–290, 2011.
- PAN, J. C. H.; SHIH, P. H.; WU, M. H. Storage assignment problem with travel distance and blocking considerations for a picker-to-part order picking system. **Computers and Industrial Engineering**, v. 62, n. 2, p. 527–535, 2012.
- PARK, B. C. Turnover distribution and carousel system performance. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 22, p. 6455–6467, 2009.
- PARK, B. C.; FOLEY, R. D.; FRAZELLE, E. H. Performance of miniload systems with two-class storage. **European Journal of Operational Research**, v. 170, n. 1, p. 144–155, 2006.
- PARK, B. C.; RHEE, Y. Performance of carousel systems with “organ-pipe” storage. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 21, p. 4685–4695, 2005.
- PETERSEN, C. G. An evaluation of order picking policies for mail order companies. v. 9, n. 4, p. 319–335, 2000.
- PETERSEN, C. G.; AASE, G. R.; HEISER, D. R. Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 34, n. 7, p. 534–544, 2004.
- PETERSEN, C. G.; SIU, C.; HEISER, D. R. Improving order picking performance utilizing slotting and golden zone storage. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 10, p. 997–1012, 2005.
- PEZET, A. **Les ” french tableaux de bord ” (1885-1975)**. XXVIIIème congrès de l’AFC. **Anais...**2007
- RAZAFUAD, R.; RIDWAN, A. Y.; SANTOSA, B. **Development of e-Kanban application using stock-needs rule prioritizing policy to reduce 0-pick for pharmaceutical warehousing**. 2018 6th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2018. **Anais...IEEE**, 2018
- REINING, C. et al. **Attribute representation for human activity recognition of manual order picking activities**. ACM International Conference Proceeding Series. **Anais...**2018
- REY, M. F. Indicadores de desempenho logístico. **Revista Logmam**, v. 30, n. 10, p. 88–90, 1998.
- ROODBERGEN, K. J.; DE KOSTER, R. Routing methods for warehouses with multiple cross aisles. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 9, p. 1865–1883, 2001.

ROY, B. Decision science or decision-aid science? **European Journal of Operational Research**, v. 66, n. 2, p. 184–203, 1993.

ROY, B. On operational research and decision aid. **European Journal of Operational Research**, v. 73, n. 1, p. 23–26, 1994.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Boston, Mass.: Kluwer Academic Publishers, 1996.

ROY, D. et al. Robot-storage zone assignment strategies in mobile fulfillment systems. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 122, n. November 2018, p. 119–142, 2019.

RÜSSMANN, M. et al. Future of Productivity and Growth in Manufacturing. **Boston Consulting Report**, p. 1–16, 2015.

SHEN, C.; WU, Y.; ZHANG, D. **A selection method of manual and semi-automated order picking systems based on filling curve and time model**. 2010 IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2010. **Anais...2010**

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo, SP.: Atlas, 2018.

SOARES, C. S.; ROSA, F. S. DA; ENSSLIN, S. R. Avaliação de desempenho dos custos públicos municipais: análise de um fragmento da literatura para identificar oportunidades de futuras pesquisas. **Contabilidade Y Negocios**, v. 12, n. 24, p. 84–106, 2017.

STAUDT, F. H. et al. Warehouse performance measurement: A literature review. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 18, p. 5524–5544, 2015.

STAUDT, F. H. **Global Warehouse Management: a methodology to determine an integrated performance measurement**. [s.l.] UFSC, 2015.

STOLTZ, M. H. et al. Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers. **IFAC-PapersOnLine**, v. 50, n. 1, p. 12979–12984, 2017.

SUNDRAM, V. P. K. et al. The issues in order picking and packaging in a leading pharmaceutical company in Malaysia. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 8, n. 6, p. 1055–1061, 2019.

TAPPIA, E. et al. Integrated storage-order picking systems: Technology, performance models, and design insights. **European Journal of Operational Research**, v. 274, n. 3, p. 947–965, 2019.

TASCA, J. E. et al. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, v. 34, n. 7, p. 631–655, 2010.

TATICCHI, P.; BALACHANDRAN, K.; TONELLI, F. Performance measurement and

management systems: State of the art, guidelines for design and challenges. **Measuring Business Excellence**, v. 16, n. 2, p. 41–54, 2012.

TAYLOR, F. W. **Princípios De Administração Científica**. Rio De Janeiro, Rio De Janeiro: LTC, 1911.

TEZZA, R.; BORNIA, A. C.; VEY, I. H. Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura. **Gestao e Producao**, v. 17, n. 1, p. 75–93, 2010.

THIEL, G. G.; ENSSLIN, S. R. **A gestão municipal da iluminação pública: um panorama das oportunidades de pesquisa sob a ótica da avaliação de desempenho**. XIX Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI 2016. **Anais...**São Paulo, SP.: 2016

TOMPKINS, J. A. et al. **Facilities Planning**. 4. ed. Hoboken, Nova Jersey, EUA: Wiley, 2010.

TSAI, C. Y.; LIOU, J. J. H.; HUANG, T. M. Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: Considering travel distance and order due time. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 22, p. 6533–6555, 2008.

VALMORBIDA, S. M. I. et al. Avaliação de Desempenho para Auxílio na Gestão de Universidades Públicas: Análise da Literatura para Identificação de Oportunidades de Pesquisas. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 17, n. 3, p. 4–28, 2014.

VAN DER GAAST, J. et al. Modeling and performance analysis of sequential zone picking systems. **Operations Research**, v. 2012026, n. 2012, 2019.

VAN DER GAAST, J. P.; DE KOSTER, R. B. M.; ADAN, I. J. B. F. Optimizing product allocation in a polling-based milkrun picking system. **IIE Transactions**, v. 51, n. 5, p. 486–500, 2019.

VAN GILS, T. et al. Designing efficient order picking systems by combining planning problems: State-of-the-art classification and review. **European Journal of Operational Research**, v. 267, n. 1, p. 1–15, 2018.

WERC. **DC Measures Annual Report**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/476052/2019_WERC_DC_Measures_2019_Handout.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2021.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production**. Nova Iorque, NY, EUA.: Harper Collins, 1991.

WU, W.; DE KOSTER, R. B. M.; YU, Y. Forward-reserve storage strategies with order picking: When do they pay off? **IIE Transactions**, v. 52, n. 9, p. 961–976, 2020.

YU, M.; DE KOSTER, R. Performance approximation and design of pick-and-pass order picking systems. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v. 40, n. 11, p. 1054–1069, 2008.

YU, M.; DE KOSTER, R. Enhancing performance in order picking processes by dynamic storage systems. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 16, p. 4785–4806, 2010.

YU, M.; DE KOSTER, R. B. M. The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance. **European Journal of Operational Research**, v. 198, n. 2, p. 480–490, 2009.

ZHANG, J. et al. On-line order batching and sequencing problem with multiple pickers: A hybrid rule-based algorithm. **Applied Mathematical Modelling**, v. 45, p. 271–284, 2017.

ZHANG, J.; WANG, X.; HUANG, K. Integrated on-line scheduling of order batching and delivery under B2C e-commerce. **Computers and Industrial Engineering**, v. 94, p. 280–289, 2016.

ZHANG, Q.; VONDEREMBSE, M. A.; LIM, J. S. Logistics flexibility and its impact on customer satisfaction. **The International Journal of Logistics Management**, v. 16, n. 1, p. 71–95, 2005.

APÊNDICE A – CÓDIGO DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Código	Artigo
1	Gu; Goetschalckx e McGinnis (2010)
2	Chan e Chan (2011)
8	Yu e De Koster (2009)
9	Accorsi, Manzini e Maranesi (2014)
10	Petersen, Siu e Heiser (2005)
11	Hwang e Cho (2006)
14	Hsieh e Huang (2011)
15	Van Gils <i>et al.</i> (2018)
17	Johnson e McGinnis (2010)
18	Chen <i>et al.</i> (2010)
21	Park, Foley e Frazelle (2006)
22	Collins <i>et al.</i> (2006)
25	Chackelson <i>et al.</i> (2013)
30	Yu, M., De Koster (2010)
35	Yu e De Koster (2008)
38	Zhang <i>et al.</i> (2017)
45	De Vries, De Koster e Stam (2016)
48	Park e Rhee (2005)
51	Tappia <i>et al.</i> (2019)
60	Chen, Xu e Wei (2019)
64	Laosirihongthong <i>et al.</i> (2019)
66	Merschformann <i>et al.</i> (2019)
67	Roy <i>et al.</i> (2019)
77	Van der Gaast, De Koster e Adan (2019)
80	Manzini <i>et al.</i> (2019)
83	Hong (2019)
86	Wu, De Koster e Yu (2020)
88	Bastos, Scarpin e Pécora Junior (2018)
90	Baruffaldi <i>et al.</i> (2019)

Código	Artigo
R08	Hsieh e Tsai (2006)
R09	Tsai, Liou e Huang (2008)
R12	Ho e Tseng (2006)
R23	De Vries, De Koster e Stam (2016)
R24	Li, Huang e Dai (2016)
R26	Zhang, Wang e Huang (2016)
R35	Matusiak, De Koster e Saarinen (2017)
R44	Bozer e Aldarondo (2018)
R72	Azadeh, Roy e De Koster (2019)
R77	Park (2009)
R83	Boysen, Fülller e Stephan (2019)

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE B – RELÓGIO DO PEDIDO SP1

Pedido SP1		Hora	Ítems				
Recurso A			i1	i2	i3	i4	i5
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:00:00 AM					
h2	Horário de log in	8:00:00 AM					
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM					
h4	Horário de início da separação do item via terminal	8:30:00 AM	8:30:00 AM	8:37:00 AM	8:45:55 AM	8:56:00 AM	9:02:56 AM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		8:36:44 AM	8:45:12 AM	8:55:36 AM	9:02:45 AM	9:05:34 AM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		8:37:00 AM	8:45:55 AM	8:56:00 AM	9:02:56 AM	9:05:59 AM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino						9:12:55 AM
	<i>continuação Recurso A</i>		i6	i7	i8	i9	i10
h4	Horário de início da separação do item via terminal		9:12:55 AM	9:15:59 AM	9:20:12 AM	9:23:44 AM	9:25:19 AM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		9:15:44 AM	9:19:19 AM	9:23:15 AM	9:25:12 AM	9:27:56 AM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		9:15:59 AM	9:20:12 AM	9:23:44 AM	9:25:19 AM	9:28:05 AM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	9:32:34 AM					9:32:34 AM
	Recurso B		i1	i2	i3	i4	i5
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:00:00 AM					
h2	Horário de log in	8:00:00 AM					
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM					
h4	Horário de início da separação do item via terminal	8:30:00 AM	8:30:00 AM	8:37:33 AM	8:49:55 AM	8:56:33 AM	9:02:56 AM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		8:36:44 AM	8:49:12 AM	8:55:36 AM	9:02:49 AM	9:05:34 AM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		8:37:33 AM	8:49:55 AM	8:56:33 AM	9:02:56 AM	9:05:59 AM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino						9:12:55 AM
h8	Horário do término do sortimento		i6	i7	i8	i9	i10
	<i>continuação Recurso B</i>		9:12:55 AM	9:15:59 AM	9:20:12 AM	9:23:44 AM	
h4	Horário de início da separação do item via terminal		9:15:44 AM	9:19:19 AM	9:23:15 AM	9:25:12 AM	
h5	Horário de chegada no endereço de origem		9:15:59 AM	9:20:12 AM	9:23:44 AM	9:25:19 AM	
h6	Horário de confirmação da coleta do item						
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	9:33:38 AM				9:33:38 AM	
h8	Horário do término do sortimento	9:45:27 AM					
	Indicadores						
t1	Tempo de planejamento dos pedidos	0:30:00					
t2 A	Tempo de espera separador A	0:30:00					
t2 B	Tempo de espera separador B	0:30:00					
t3 A	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem A	0:47:17					
t3 B	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem B	0:43:38					
t4 A	Tempo de coleta do item A	0:03:52					
t4 B	Tempo de coleta do item B	0:04:45					
t5 A	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino A	0:11:25					
t5 B	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino B	0:15:15					
t6	Tempo de entrega, conferência e/ou sortimento	0:11:49					
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	2:06:12					

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE C – RELÓGIO DO PEDIDO SP2

Pedido SP2 - Recurso E		Hora	Itens				
			i1	i2	i3	i4	i5
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:00:00 AM					
h2	Horário de log in	8:00:00 AM					
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM					
h4	Horário de início da separação do item via terminal	8:30:00 AM	8:30:00 AM	8:53:33 AM	9:12:12 AM	9:23:00 AM	9:52:49 AM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		8:44:44 AM	8:55:12 AM	9:13:36 AM	9:32:45 AM	10:05:34 AM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		8:45:00 AM	8:59:55 AM	9:19:00 AM	9:43:56 AM	10:05:59 AM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	10:12:55 AM	8:53:33 AM	9:12:12 AM	9:23:00 AM	9:52:49 AM	10:12:55 AM
Indicadores							
t1	Tempo de planejamento dos pedidos	0:30:00					
t2	Tempo de espera	0:30:00					
t3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	0:40:17					
t4	Tempo de coleta do item	0:21:59					
t5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	0:40:39					
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	1:42:55					

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE D – RELÓGIO DO PEDIDO SP3

Pedido SP3 - Recurso A		Hora	Ítems				
			i1	i2	i3	i4	i5
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:30:00 AM					
h2	Horário de término do último pedido	9:32:34 AM					
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM					
h4	Horário de início da separação do item via terminal	9:32:34 AM	9:32:34 AM	9:35:10 AM	9:36:59 AM	9:45:00 AM	9:47:33 AM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		9:34:54 AM	9:36:23 AM	9:44:23 AM	9:46:23 AM	9:48:44 AM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		9:35:10 AM	9:36:59 AM	9:45:00 AM	9:47:33 AM	9:49:01 AM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino <i>continuação recurso A</i>		i6	i7	i7'		
h1	Horário de chegada do pedido no sistema						
h2	Horário de término do último pedido			quebra palete	retrabalho	1:11:14	
h3	Horário de envio da LS aos terminais						
h4	Horário de início da separação do item via terminal		9:49:01 AM	9:52:56 AM	10:33:45 AM		
h5	Horário de chegada no endereço de origem		9:52:45 AM	10:14:55 AM	10:39:19 AM		
h6	Horário de confirmação da coleta do item		9:52:56 AM	10:19:59 AM	10:43:37 AM		
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	11:44:59 AM		10:29:22 AM	11:44:59 AM		
Indicadores							
t2	Tempo de espera (cenário de quebra do palete)	0:04:23					
t3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	0:44:48					
t4	Tempo de coleta do item	0:12:29					
t5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	1:10:45					
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	2:12:25					

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE E – RELÓGIO DO PEDIDO SP4

Pedido SP4 - Recurso E		Hora	Itens				
			i1	i2	i3	i4	i5
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:00:00 AM					
h2	Horário de término da última LS (pedido anterior)	10:12:55 AM					
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM					
h4	Horário de início da separação do item via terminal	10:12:55 AM	10:12:55 AM	10:33:33 AM	11:12:12 AM	11:43:00 AM	11:52:49 AM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		10:20:54 AM	10:40:12 AM	11:25:40 AM	11:49:37 AM	12:02:32 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		10:21:09 AM	10:53:25 AM	11:41:01 AM	11:50:08 AM	12:04:34 PM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino		10:33:33 AM	11:12:12 AM	11:43:00 AM	11:52:49 AM	12:12:55 PM
	<i>continuação recurso E</i>		i6				
h4	Horário de início da separação do item via terminal		12:12:55 PM				
h5	Horário de chegada no endereço de origem		12:24:30 PM				
h6	Horário de confirmação da coleta do item		12:24:45 PM				
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	12:32:59 PM	12:32:59 PM				
Indicadores							
t1	Tempo de planejamento dos pedidos (SP1 a 5)						
t2	Tempo de espera pelo pedido	0:00:00					
t3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	0:56:01					
t4	Tempo de coleta do item	0:31:37					
t5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	0:52:26					
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	2:20:04					

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE F – RELÓGIO DO PEDIDO SP5

Pedido SP5 - Recurso B		Hora	Itens					
			i1	i2	i3	i4	i5	i6
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:30:00 AM						
h2	Horário de término do último pedido	9:33:38 AM						
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM						
h4	Horário de início da separação do item via terminal	9:33:38 AM	9:33:38 AM	10:10:09 AM	10:33:25 AM	10:41:01 AM	10:50:08 AM	11:04:34 AM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		10:09:54 AM	10:30:12 AM	10:40:40 AM	10:49:37 AM	11:02:32 AM	11:24:30 AM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		10:10:09 AM	10:33:25 AM	10:41:01 AM	10:50:08 AM	11:04:34 AM	11:24:45 AM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino							
	<i>Continuação recurso B</i>		i7	i8	i9	i10	i11	i12
h4	Horário de início da separação do item via terminal		11:24:45 AM	11:44:23 AM	11:51:00 AM	12:01:00 PM	12:16:34 PM	12:26:33 PM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		11:43:23 AM	11:50:00 AM	11:59:27 AM	12:15:39 PM	12:25:34 PM	12:39:54 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		11:44:23 AM	11:51:00 AM	12:01:00 PM	12:16:34 PM	12:26:33 PM	12:45:00 PM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	12:52:23 PM						
Indicadores								
t1	Tempo de planejamento do pedido	0:00:00						
t2	Tempo de espera	0:00:00						
t3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	2:54:12						
t4	Tempo de coleta do item	0:17:10						
t5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	0:07:23						
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	3:18:45						

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE G – RELÓGIO DO PEDIDO SP6

Pedido SP6 - Recurso E		Hora	Itens				
			i1	i2	i3	i4	i5
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:00:00 AM					
h2	Horário de término da última LS (pedido anterior)	12:32:59 PM					
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM					
h4	Horário de início da separação do item via terminal	1:32:59 PM	1:32:59 PM	1:53:33 PM	2:19:12 PM	2:43:00 PM	2:52:49 PM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		1:42:54 PM	1:59:12 PM	2:25:40 PM	2:49:37 PM	3:02:32 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		1:51:09 PM	2:13:25 PM	2:41:01 PM	2:50:08 PM	3:09:34 PM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino		1:53:33 PM	2:19:12 PM	2:43:00 PM	2:52:49 PM	3:15:55 PM
h8	Horário do término do sortimento, se houver						
	<i>Continuação recurso E</i>		i6	i7	i8	i9	
h4	Horário de início da separação do item via terminal		3:15:55 PM	3:32:59 PM	3:42:59 PM	4:32:59 PM	
h5	Horário de chegada no endereço de origem		3:24:30 PM	3:34:30 PM	3:54:30 PM	4:44:30 PM	
h6	Horário de confirmação da coleta do item		3:29:45 PM	3:41:45 PM	3:59:45 PM	5:09:30 PM	
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	5:44:30 PM	3:32:59 PM	3:42:59 PM	4:32:59 PM	5:44:30 PM	
Indicadores							
t1	Tempo de planejamento do pedido						
t2	Tempo de espera	0:00:00					
t3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	1:11:30					
t4	Tempo de coleta do item	1:28:07					
t5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	1:31:54					
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	4:11:31					

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE H – RELÓGIO DO PEDIDO SP7

Pedido SP7		Hora	Item					
Recurso A			i1	i2	i3	i4	i5	i6
h1	Horário de chegada do pedido no sistema							
h2	Horário de término do último pedido	11:44:59 AM						
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM						
h4	Horário de início da separação do item via terminal	1:15:33 PM	1:15:33 PM	2:02:09 PM	2:05:45 PM	2:55:01 PM	3:40:09 PM	3:59:52 PM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		2:01:45 PM	2:04:04 PM	2:19:36 PM	3:33:52 PM	3:55:09 PM	4:09:09 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		2:02:09 PM	2:05:45 PM	2:55:01 PM	3:40:09 PM	3:59:52 PM	4:10:01 PM
	<i>Continuação Recurso A</i>		i7	i8	i9	i10	i11	i12
h4	Horário de início da separação do item via terminal		4:10:01 PM	4:18:00 PM	4:35:08 PM	4:35:08 PM	4:37:04 PM	4:47:45 PM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		4:17:03 PM	4:34:38 PM	4:35:08 PM	4:36:34 PM	4:47:45 PM	4:52:43 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		4:18:00 PM	4:35:08 PM	4:35:08 PM	4:37:04 PM	4:47:45 PM	4:55:45 PM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	5:02:56 PM				backorder		
h8	Horário do término do sortimento	5:30:59 PM						
Recurso B			i1	i2	i3	i4	i5	i6
h1	Horário de chegada do pedido no sistema							
h2	Horário de término do último pedido	12:52:23 PM						
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM						
h4	Horário de início da separação do item via terminal	2:49:00 PM	2:49:00 PM	3:02:09 PM	3:05:45 PM	3:21:01 PM	3:40:09 PM	3:59:52 PM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		3:01:45 PM	3:04:04 PM	3:19:36 PM	3:33:52 PM	3:55:09 PM	4:09:09 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		3:02:09 PM	3:05:45 PM	3:21:01 PM	3:40:09 PM	3:59:52 PM	4:10:01 PM
	<i>Continuação recurso B</i>		i7	i8				
h4	Horário de início da separação do item via terminal		4:10:01 PM	4:18:00 PM				
h5	Horário de chegada no endereço de origem		4:17:03 PM	4:34:38 PM				
h6	Horário de confirmação da coleta do item		4:18:00 PM	4:35:08 PM				
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	4:48:56 PM						
h8	Horário do término da conferência e/ou sortimento	5:30:59 PM						
Indicadores								
t1	Tempo de planejamento							
t2 A	Tempo de espera (A)							
t2 B	Tempo de espera (B, problema técnico)	0:33:27						
t3 A	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem (A)	2:45:51						
t3 B	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem (B)	1:29:19						
t4 A	Tempo de coleta do item (A)	0:54:21						
t4 B	Tempo de coleta do item (B)	0:16:49						
t5 A	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino (A)	0:07:11						
t5 B	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino (B)	0:13:48						
t6	Tempo de entrega, conferência e/ou sortimento	0:28:03						
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	5:47:19						

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE I – RELÓGIO DO PEDIDO SP8

Pedido SP8 - Recurso E		Hora	Itens			
Recurso E			i1	i2	i3	i4
h1	Horário de chegada do pedido no sistema	8:00:00 AM				
h2	Horário de término da última LS (pedido anterior)	5:44:30 PM				
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM				
h4	Horário de início da separação do item via terminal	5:44:30 PM	5:44:30 PM	5:53:33 PM	6:19:12 PM	6:43:00 PM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		5:49:54 PM	5:59:12 PM	6:25:40 PM	6:49:37 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		5:51:09 PM	6:13:25 PM	6:41:01 PM	6:50:08 PM
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	7:12:33 PM	5:53:33 PM	6:19:12 PM	6:43:00 PM	7:12:33 PM
h8	Horário do término do sortimento, se houver					
Indicadores						
t1	Tempo de planejamento					
t2	Tempo de espera	0:00:00				
t3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	0:24:08				
t4	Tempo de coleta do item	0:31:20				
t5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	0:32:35				
t7	Tempo total do esforço na separação do pedido	1:28:03				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE J – RELÓGIO DO PEDIDO SP9

Pedido SP9 - Recurso B		Hora	Item							
			i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8
h1	Horário de chegada do pedido no sistema									
h2	Horário de término da última LS (pedido anterior)	5:30:59 PM								
h3	Horário de envio da LS aos terminais	8:30:00 AM								
h4	Horário de início da separação do item via terminal	5:30:59 PM	5:30:59 PM	5:31:55 PM	5:34:45 PM	5:36:01 PM	5:40:09 PM	5:59:52 PM	6:10:01 PM	6:18:06 PM
h5	Horário de chegada no endereço de origem		5:31:55 PM	5:33:04 PM	5:35:36 PM	5:37:52 PM	5:55:09 PM	6:09:09 PM	6:18:03 PM	6:34:38 PM
h6	Horário de confirmação da coleta do item		5:31:55 PM	5:34:45 PM	5:36:01 PM	5:40:09 PM	5:59:52 PM	6:10:01 PM	6:18:06 PM	6:35:28 PM
	<i>Continuação recurso B</i>		i9	i10	i11	i12	i13	i14	i15	
h3	Horário de envio da LS aos terminais		6:35:28 PM	6:35:28 PM	6:37:04 PM	6:47:45 PM	6:55:45 PM	7:01:44 PM	7:06:33 PM	
h4	Horário de início da separação do item via terminal		6:35:28 PM	6:36:34 PM	6:47:45 PM	6:52:43 PM	7:01:01 PM	7:05:34 PM	7:12:45 PM	
h5	Horário de chegada no endereço de origem		6:35:28 PM	6:37:04 PM	6:47:45 PM	6:55:45 PM	7:01:44 PM	7:06:33 PM	7:20:29 PM	
h6	Horário de confirmação da coleta do item				back order					
h7	Horário de confirmação de entrega do pedido no endereço destino	7:49:33 PM								
Indicadores										
i2	Tempo de espera	0:00:00								
i3	Tempo de deslocamento do separador até endereço de origem	1:25:41								
i4	Tempo de coleta do item	0:23:49								
i5	Tempo de deslocamento do separador até endereço destino	0:29:04								
i7	Tempo total do esforço na separação do pedido	2:18:34								

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**APÊNDICE K – CUSTO DOS EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS
TECNOLÓGICOS**

Item	Detalhe	Investimento	Fornecedor
Coletor de Dados	Coletor De Dados Symbol Motorola	R\$ 2.499,99	Automaparts
Óculos RA	Óculos De Realidade Aumentada Vufine Wearable Display	R\$ 3.499,99	Performance Solutions
Paleteira	Paleteira Manual Padrão 2.5T - Rodado Duplo	R\$ 1.670,00	Empilhadeiras Catarinese
Empilhadeira Elétrica	Empilhadeira Elétrica Retrátil Capacidade 1700 kg e elevação 8 metros	R\$ 145.000,00	Nowak

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Automaparts (2021), Performance Solutions (2021), Empilhadeiras Catarinese (2021) e Nowak (2021).

APÊNDICE L – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DOS EXPERTS

Questão 1: Defina sua preferência para cada uma das cinco dimensões de desempenho na separação de pedidos dispostas a seguir, classificando como, sendo:

1. Irrelevante;
2. Pouco relevante;
3. Relevância média;
4. Relevante; e
5. Muito relevante.

Dimensões	1	2	3	4	5
Tempo					
Produtividade					
Qualidade					
Flexibilidade					
Custo					

Questão 2: Você teria sugestões de dimensões para avaliação de desempenho na separação de pedidos além das propostas na questão anterior?

Questão 3: Seu conhecimento sobre Separação de Pedidos vem de onde?

Mercado (trabalho em empresas, consultorias, estágios etc.)	
Curso Técnico	
Graduação	
Especialização	
Mestrado	
Doutorado	
Outros	

Questão 4: Na dimensão TEMPO, quais são os indicadores de maior relevância:

Tempo de planejamento do pedido	
Tempo de separação por pedido	
Tempo de separação por item	
Tempo de deslocamento do separador	
Tempo de espera pelo pedido	
Tempo de reabastecimento do endereço de separação	
Quantidade mensal de horas extras utilizadas na separação de pedidos	

Questão 5: Você teria sugestões de indicadores na dimensão TEMPO para a separação de pedidos?

Questão 6: Na dimensão PRODUTIVIDADE, quais são os indicadores de maior relevância:

Produtividade do separador	
Produtividade na separação por item	
Produtividade na separação por pedido	
Taxa de utilização do separador	
Taxa de utilização do equipamento	
Taxa de utilização do endereço de separação	

Questão 7: Você teria sugestões de indicadores na dimensão PRODUTIVIDADE para a separação de pedidos?

Questão 8: Na dimensão QUALIDADE, quais são os indicadores de maior relevância:

Taxa de acuracidade na separação do pedido	
Taxa de acuracidade de inventário nos endereços de separação	
Taxa de pedidos com backorders	
Taxa de devolução de pedidos por erros na separação	
Taxa de itens danificados no processo de separação de pedidos	
Quantidade de rupturas de estoque em endereços de separação	
Quantidade de reclamações devido a erros na separação de pedidos	
Quantidade de estoque obsoleto em endereços de separação	

Questão 9: Você teria sugestões de indicadores na dimensão QUALIDADE para a separação de pedidos?

Questão 10: Na dimensão FLEXIBILIDADE, quais são os indicadores de maior relevância

Número de pedidos emergenciais atendidos com sucesso	
Número de trocas de produtos em pedidos executadas com sucesso	
Número de separadores polivalentes	
Número de alterações na alocação de itens em endereços de separação	
Número de alterações em endereços de separação conforme a demanda	

Questão 11: Você teria sugestões de indicadores na dimensão FLEXIBILIDADE para a separação de pedidos?

Questão 12: Na dimensão CUSTO, quais são os indicadores de maior relevância:

Custo do planejamento de pedidos	
Custo da separação de pedidos	
Custo de horas extras executadas na separação de pedidos	
Custo de vendas perdidas por backorders	
Custo da ociosidade do separador	
Custo da ociosidade de equipamentos envolvidos na separação de pedidos	
Custo de itens danificados durante a separação de pedidos	

Questão 13: Você teria sugestões de indicadores na dimensão CUSTO para a separação de pedidos?