

Carlos Eduardo Sanches de Andrade  
(Organizador)

# ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Desafios científicos e problemas aplicados 3



Carlos Eduardo Sanches de Andrade  
(Organizador)

# ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Desafios científicos e problemas aplicados 3



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Engenharia de produção: desafios científicos e problemas aplicados 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Carlos Eduardo Sanches de Andrade

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia de produção: desafios científicos e problemas aplicados 3 / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0744-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.447220411>

1. Engenharia de produção. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia de Produção: Desafios científicos e problemas aplicados 3” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 5 capítulos, estudos sobre diversos aspectos que mostram como a Engenharia de Produção pode evoluir buscando novas soluções que possam atender, com elevado padrão de qualidade, as diferentes demandas da sociedade.

A linha de produção no chão das fábricas necessita de processos com maior produtividade, sendo a automação um elemento essencial a ser considerado e, portanto, abordado na obra aqui apresentada.

Os processos industriais envolvidos na Engenharia de Produção necessitam de máquinas e equipamentos projetados especificamente para diferentes finalidades. Um estudo teórico pertinente ao projeto dessas maquinarias é outro tópico abordado nessa compilação.

Outro tema apresentado nessa obra trata-se de um grande desafio para os profissionais que atuam na Engenharia de Produção, a gestão da demanda, que precisa levar em consideração a sua flutuação, que afeta o planejamento, programação e controle da produção, sendo, portanto, um tópico relevante e de grande valor.

Outras perspectivas abordadas nesta obra dizem respeito ao estudo da liderança e seu papel na fidelização de clientes, e a gestão de distribuição de produtos alimentícios.

Agradecemos aos autores dos capítulos desta obra e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>AUTOMAÇÃO NA LINHA DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL</b>	
Jonieder José de Oliveira Macedo Tales da Silva Souza Luis Carlos Spaziani	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204111">https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204111</a>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
<b>ECUACIÓN GENERAL DE ACELERACIÓN POR PARTICIONES APLICADA A MECANISMOS PLANOS CON COMPONENTE DE CORIOLIS</b>	
Jaime Eduardo Trejo Aguirre Laura Isela Padilla Iracheta Esteban Rubio Ochoa	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204112">https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204112</a>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
<b>O USO DO PPCP – PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM DEMANDAS OSCILANTES</b>	
Andréa Cristina da Silva José Fernando Faro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204113">https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204113</a>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
<b>OS REFLEXOS DA LIDERANÇA NA FIDELIZAÇÃO DO CLIENTE</b>	
Marco Andre Matos Cutrim Jéssica Pereira Alves Andielle Martins Oliveira Antonilton Serra Sousa Junior Jean Weberth Magalhães Pinto	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204114">https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204114</a>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
<b>ANÁLISE DE DEVOLUÇÕES EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS</b>	
Bruna Ludmyla Soares dos Santos Carlos Eduardo Sanches de Andrade Cintia Isabel de Campos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204115">https://doi.org/10.22533/at.ed.4472204115</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>66</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>67</b>

# CAPÍTULO 1

## AUTOMAÇÃO NA LINHA DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Jonieder José de Oliveira Macedo**

Graduado do Curso em Engenharia de  
Produção pela FEF/FIFE-SP  
Fernandópolis-SP  
<http://lattes.cnpq.br/5011153408487995>

### **Tales da Silva Souza**

Graduado do Curso em Engenharia de  
Produção pela FEF/FIFE-SP  
Fernandópolis-SP  
<http://lattes.cnpq.br/7781024727274619>

### **Luis Carlos Spaziani**

Professor do Curso de Engenharia de  
Produção pela FEF/FIFE-SP  
Fernandópolis-SP  
<http://lattes.cnpq.br/8816524631685683>

**RESUMO:** Elegeu-se a automação como um fator importante para a pesquisa pelo fato de referir-se à implantação da automação na linha de produção manual, para maior viabilidade em seu procedimento utilizando o Controlador Lógico Programável (CLP). O objetivo deste artigo é reduzir processos repetitivos que admitem automação, os quais, são realizados por funcionários, gerando demora na linha de produção e despadronização de produtos. Trata-se de um estudo realizado através da pesquisa bibliográfica, por meio do estudo e análise das obras já publicadas sobre o tema, também foi elaborado, uma pesquisa de campo fundamentada na construção de um protótipo, onde proporciona uma análise de todo o

processo da produção e previne percalços no resultado final. Proporcionando como resultados a redução dos custos de produção, eficiência na produtividade, melhoria contínua no produto e resultados crescentes, atendendo de forma satisfatória as demandas do mercado e consequente aumento da rentabilidade. Através do levantamento bibliográfico e por meio da construção de protótipo, pode-se inferir que a automação oportuniza medir, controlar, padronizar e promover melhorias contínuas nos processos produtivos, por meio de sensores, atuadores, ferramentas de controle e de supervisão. Esse tipo de ferramenta gera informações em tempo real aos seus gestores, auxiliando na manutenção e prevenindo falhas na linha de produção, além de preservar a integridade física dos colaboradores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automatização. Eficiência. Lógica.

### AUTOMATION ON THE INDUSTRIAL PRODUCTION LINE

**ABSTRACT:** This article is a study conducted through bibliographic research. Automation was chosen as an essential factor for the research because it refers to implementing automation in manual production sequences for greater feasibility in its system operating the Programmable Logic Controller (PLC). This article strives to lessen repetitive processes that permit automation, which is executed by employees, provoking uncertainties in the production queue and product de-standardization. Via the study and analysis

of works already publicized on the issue, area research was also prepared based on the construction of a prototype, which examines the entire production process and prevents misfortunes in the outcome. Through the bibliographical survey and the construction of a prototype, it can be inferred that automation provides the possibility to estimate, control, standardize, and promote continuous headways in production processes utilizing sensors, actuators, and control and supervision tools. This type of tool generates information in real-time to its managers, helping in the maintenance and preventing failures in the production line, besides preserving the employees' physical integrity. As an effect, the reduction of production costs, efficiency in productivity, continuous refinement in the product and increasing results, satisfactorily meeting the market demands, and consequent increase in profitability.

**KEYWORDS:** Automation. Efficiency. Logic.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o grande avanço tecnológico na produtividade em meados do século XVIII, dá-se início a Automação Industrial, através da substituição do trabalho braçal por máquinas, visando a eficácia em diversos fatores tais como: o aumento da produtividade, redução de custos, padronização da produção e aumento da competitividade no mercado. (COSTA *et al*, 2003)

Em 1909, com o crescimento vertiginoso da indústria surgiu a necessidade de inovações na linha de montagem. De acordo com Silva *et al* (2015), Henry Ford revolucionou a indústria trazendo um novo modelo de produção, onde o trabalhador era subimantido a movimentos repetitivos e simples em um curto tempo.

Em meados daquele século a GM já produzia automóveis em larga escala, e nos anos que seguiram a morte de Henry, a GM já possuía máquinas automatizadas por relés. No entanto a programação das máquinas era extremamente complexa, com a instalação de painéis e cabines de controle com centenas destes dispositivos mecânicos, o que exigia grande interconectividade e muita energia, isso sem mencionar outros problemas estruturais como cabeamento e vida útil dos relés. (SILVA *et al*, 2015, p.02)

No ano de 1960 após a Segunda Guerra Mundial, surge o aparecimento dos transistores, o que fez com que toda a instrumentação analógica começasse a ser substituída pela digital. Sendo assim, os computadores passam a ter uma grande importância na linha de produção e administrativo da empresa. (COSTA *et al*, 2003)

De acordo com Silva *et al* (2015, p.02):

Foi em 1968 que surgiu o primeiro dispositivo eletrônico o MODICON (Modular Digital Controller) foi o primeiro Controlador Lógico Programável inventado e substituiu toda a parafernália, tornando o sistema muito mais flexível, econômico e eficiente.

Por volta dos anos 1980, ocorreu a depreciação do hardware devido ao desenvolvimento da área de tecnologia e a alta competitividade a nível mundial, com

isso, surgiram novos elementos que contribuíram para a melhoria da produção industrial, destacam-se entre eles: a qualidade, o custo, o uso racional da energia e matéria prima comum à diferentes setores de uma indústria, desde o nível do processo industrial até o nível de gestão ou administração da empresa. (COSTA *et all*, 2003)

No ano de 1990 o destaque encontra-se no surgimento de instrumentos e componentes inteligentes, sistemas distribuídos abertos, o que resultou na substituição dos sistemas por SDCDs (Sistemas Distribuídos para Controle Digital) integrados ao chão de fábrica com redes locais de sistemas comerciais. (COSTA *et all*, 2003)

Segundo Costa *et all* (2003) os computadores nesse período já apresentavam uma boa capacidade no processamento do sistema, mais eficaz, veloz e confiável, trazendo um custo menor na produção.

É importante ressaltar a diferença entre automação e mecanização. De acordo com Santos *et all* (2017) a automação permite a realização do trabalho por meio de máquinas controladas, preferencialmente, automaticamente, enquanto, a mecanização limita-se ao emprego das máquinas na execução de tarefas, desse modo, trabalhos repetitivos passaram a ser automatizados, tendo como um dos objetivos a substituição do esforço físico.

Podemos definir automação industrial como sendo um conjunto de técnicas através das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam, com base nas informações o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada [...]. (COSTA, *et all*, 2003, p.01)

Na segunda metade do século XX, que a automação se estabeleceu no Brasil, através de um grande destaque na indústria automobilística, de alimentos e na exportação dos produtos fabricados com alguma tecnologia. (SILVA *et all*, 2015)

A partir deste período percebe-se que, a automação passa a ter um papel muito significativo no setor da economia, a qual, vem se transformando através de grandes investimentos na produtividade em geral. (SILVA *et all*, 2015)

De acordo com Neto *et all* (2017) a tecnologia vem crescendo cada vez mais no setor industrial, garantindo a eficácia na qualidade dos produtos e extinguindo os riscos ergonômicos da mão de obra humana. A automação começa a ganhar uma perspectiva no aperfeiçoamento da infraestrutura, podendo assim, ser repassado ao cliente.

A proposta em desenvolver este projeto, refere-se a implantação da automação em uma linha de produção manual, para uma maior viabilidade em seu procedimento utilizando o CLP.

Operando uma linha de produção de modo não otimizado, faz com que os funcionários desempenhem funções que não aderem valor ao processo, ocasionando falha humana, demora na produtividade, e despadronização do produto final. A hipótese é que estes pontos citados, no modo atual de execução tornam o produto mais caro e

comprometem no resultado final.

Deste modo, o trabalho tem como objetivo reduzir processos repetitivos que admitem automação, os quais, são realizados por funcionários, gerando demora na linha de produção e despadronização de produtos.

## 2 | BREVE CONTEXTO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O avanço da tecnologia industrial deu-se início nos anos 60, após a Segunda Guerra Mundial, através do surgimento de sistemas controlados por computadores. (NETO *et all*, 2017)

Automação industrial é um assunto de alta complexidade, e em sua maioria tem características multidisciplinares. Um único projeto pode abarcar diversas áreas de conhecimento, tais como: informática, eletricidade, eletrônica, física, química, matemática, entre outras, além do conhecimento em engenharia de produção. (SCHNEIDER *et all*, 2018)

De acordo com Schneider *et all* (2018) a automação<sup>1</sup> é um conjunto entre a mecânica e eletrônica, baseados em sistemas que tem como objetivos auxiliar e executar funções com eficácia.

A automação busca mais qualidade e aperfeiçoamento ao longo dos processos da linha de produção, trazendo mais qualidade e custos operacionais menores, ocasionando maior competitividade entre as indústrias. (COSTA, 2003)

[...] A automação está surgindo com tecnologias de ponta, empresas dos mais diversos ramos de mercado estão adotando esta nova mentalidade buscando enxugar seus processos. A redução de custos e eliminação do desperdício gerado é o alvo de todas as empresas e a automação é vista como uma das principais formas para atingir esse objetivo. (SCHNEIDER *et all*, 2018, p.03)

Segundo Santos (2017) este sistema tem como principais características: qualidade no produto, rapidez, alta capacidade de produzir com um grande rendimento e preço acessível ao cliente.

Com a automação, ocorreram grandes investimentos nos processos industriais e na infraestrutura da empresa, visando suprir e reduzir as falhas humanas na produção. (SANTOS, 2017)

Encontra-se sistemas de automação em diversas áreas da indústria, destacando-se a área de controle, principalmente na de comunicações, indústrias químicas, aeronáutica, controle de mísseis, entre outros. De acordo com Costa *et all* (2003), na área da ciência, é notória a evolução na realização de tarefas como logística militar, previsões meteorológicas e viagens espaciais.

Uma das áreas mais beneficiadas foi a da tecnologia, sendo está a principal responsável pelo avanço da automação. Essa evolução ocorreu em diferentes campos

---

<sup>1</sup> **Automação:** é um sistema automático pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem.

das empresas como: gestão de projetos e produção, controle de estoques, diagnósticos médicos, representações visuais, sistemas de informação etc. (SILVA *et al*, 2015)

Com as ascensões tecnológicas, surge o termo indústria 4.0<sup>2</sup> englobada com um amplo sistema tecnológico, avançado e transformando o padrão de produção no mundo. Neto *et al* (2017) expõe que este método de produção amplifica a eficiência na produção de produtos em larga escala.

Para o desenvolvimento e implantação da indústria 4.0, existem seis princípios importantes, tais como:

- **Capacidade de operação em tempo real:** As informações são coletadas de forma instantânea; então, não é mais necessário estar fisicamente presente na fábrica para poder tomar decisões, pois à distância, é possível acessar pelo sistema tudo que acontece na fábrica.
- **Virtualização:** Atualmente existem *software*<sup>3</sup> que permitem simulações, inclusive, já são amplamente utilizados nos processos de produção para aumentar a confiabilidade do processo e reduzir custos [...].
- **Descentralização:** Em razão do constante intercâmbio de informações, o sistema *cyber-physical*<sup>4</sup> possui a capacidade de tomar decisões em tempo real. Consequentemente, é possível alcançar os resultados esperados. Além disso, as máquinas possuem maior autonomia para realização de ajustes sem a intervenção humana, como por exemplo, acelerar a produção, reduzi-la, ou até mesmo, encerrarem seu funcionamento. Portanto, há uma descentralização na tomada de decisão.
- **Orientação à serviços:** Consiste no desenvolvimento de *software* customizados direcionados aos serviços da indústria 4.0. Para isso, é utilizado a *internet*<sup>5</sup> dos serviços, que integra os usuários e máquinas através de programas adaptáveis a cada necessidade, esses *software*, são literalmente feitos sob medida. O resultado é uma maior flexibilidade e melhor usabilidade dessas soluções integradas.
- **Modularidade:** A modularidade flexibiliza o processo de produção, pois permite a alteração do arranjo físico da linha através do acoplamento e desacoplamento dos módulos produtivos entre si. Por conseguinte, torna a manufatura mais dinâmica e rápida devido às inúmeras combinações existentes. Em decorrência disso, permite ações rápidas para atender a demanda dos clientes com o menor tempo e custo possíveis.
- **Interoperabilidade:** Descreve-se na capacidade de troca de informações entre os sistemas *cyber-physical* através da *internet* e *internet* das coisas. (NETO *et*

2 **Indústria 4.0:** é também chamada como Quarta Revolução Industrial, tem como foco a melhoria da eficiência e produtividade dos processos.

3 **Software:** sequência de instruções escritas e interpretadas por um computador para executar tarefas específicas.

4 **Cyber-physical:** é um sistema composto por elementos computacionais colaborativos com o intuito de controlar entidades físicas.

5 **Internet:** é uma rede de conexões globais que permite o compartilhamento instantâneo de dados entre dispositivos.

O nível de competitividade entre as indústrias aumenta através dos avanços na indústria 4.0, baseada em grandes tecnologias para a sua implantação são necessários alguns pilares, como:

- **Internet das Coisas (*Internet of thing; IoT*):** Trata-se da conexão de máquinas, equipamentos, móveis, veículos, ou melhor dizendo, todos os objetos concretos existentes nos ambientes; inclusive o próprio ambiente faz parte da rede. A conexão é realizada por meio de apetrechos eletrônicos, que disponibilizam a troca de dados entre o *software* (Ambiente virtual) e o *hardware* (Ambiente real; concreto). Isso só é possível devido aos sensores e atuadores, que por sinal, são a base para indústria 4.0. A interação entre os dois ambientes, resulta na criação dos sistemas *cyber-physical*.
- **Big Data e Analytics:** Consiste no armazenamento de todas as informações que precisam ser registradas, em suma, salva os dados que foram processados, permitindo análise posterior ou em tempo real dessas informações. Isso é primordial para a tomada de decisão dos equipamentos, máquinas e cadeia produtiva. Dessa maneira, essas decisões podem variar desde as mais simples, como por exemplo, requisitar a compra de matéria prima, ou mais complexas, como a parada de uma linha produtiva.
- **Cloud Computing:** As informações são guardadas na nuvem e podem ser acessadas de qualquer lugar, essa infraestrutura possui recursos físicos compostos de servidores, redes armazenamento, computadores etc.; e recursos abstratos, como *software*, aplicativos e soluções integradas [...].
- **Segurança Cibernética:** [...] no contexto de indústria 4.0, praticamente tudo fará parte da rede. Nesta *internet* industrial, existem informações confidenciais, segredos de fabricação, na verdade, tudo que compõe o negócio está disponível *online*. Portanto, ataques cibernéticos tornam-se parte da realidade, logo, é crucial proteger esses sistemas contra as ameaças externas.
- **Robôs Autônomos:** Os robôs fazem parte do contexto produtivo desde a terceira revolução industrial, foram criados para reduzir a participação humana principalmente em trabalhos repetitivos, devido ao menor índice de erros e maior produtividade. Porém, com o decorrer do tempo estão se tornando mais inteligentes. A partir disso, o nível de complexidade na realização de tarefas aumenta exponencialmente a cada dia, exigindo maior capacidade de processamento e autonomia para tomada de decisões [...].
- **Simulação:** A simulação já é realidade no desenvolvimento de produtos, aquisição de matérias-primas e processos de produção. Contudo, no futuro as simulações farão parte do dia a dia dos trabalhadores, unirão o mundo real com o virtual através de sistemas *cyber-physical*, e serão mais assertivos. Desse modo, os operadores tornam-se mais capazes de otimizar os processos de setup das máquinas, arranjo de produtos e processos. Conseqüentemente há

redução de custos e aumento da qualidade.

- **Realidade Aumentada:** Trata-se da ação conjunta entre um sistema que envia informações em tempo real, e dispositivos conectados à rede (*Internet*). Através deste tipo de tecnologia, é possível realizar diversos serviços, como por exemplo, efetuar um reparo em uma máquina utilizando um óculos de realidade aumentada que fornece as instruções de reparo em tempo real. [...] O resultado é uma simplificação nos processos, diminuição de erros, menor necessidade de treinamento para resolução de problemas, entre outros benefícios.
- **Inteligência Artificial:** Os ambientes *cyber-physical* serão inteligentes e capazes de aprender, pensar e agir baseados em informações armazenadas no *big data*<sup>6</sup> ou informações disponíveis em tempo real pela *internet* das coisas. Por exemplo, as máquinas, equipamentos e ambientes físicos, possuem consciência do impacto de suas ações no sistema, então comportam-se de maneira a alcançar o objetivo macro da empresa. [...] Portanto, a inteligência artificial transforma o funcionamento da indústria, porque combina os recursos da melhor maneira possível para atingir as metas. (NETO *et al*, 2017, p. 06 e 07)

Nota-se que a automação é um grande benefício para a empresa, fábrica ou indústria, pois, uma vez que alcançada as metas, verifica-se uma melhoria no processo e um aumento da empresa na competitividade no mercado. (COSTA *et al*, 2003)

### 3 | Controlador Lógico Programável (CLP)

Conforme Neto *et al* (2014) o Controlador Lógico Programável (CLP) é utilizado na indústria para coordenar as máquinas em seus diferentes processamentos, tendo sua primeira atuação em 1968 no setor automobilístico americano.

Em 1968 o Controlador Lógico Programável foi elaborado pelo engenheiro Richard Morley da Hydronic Division da General Motors<sup>7</sup>, para maior agilidade na programação e reprogramação dos diversos sinais de variáveis, havendo canais de entrada e após o seu processamento interno envia sinais relativos aos canais de saída para movimentar cargas externas. (NETO *et al*, 2014)

De acordo com Netto *et al* (2014) o CLP possui uma elevada capacidade para inúmeros processamentos com maior rapidez, confiabilidade e precisão através de programações.

O sistema de controle segundo Schneider *et al* (2018), é composto de elementos básicos para executar funções, além de possuir um conjunto de técnicas que, por meio de sistemas ativos são capazes de atuar com eficiência pela informação recebida pelo qual atua. É composto pelos seguintes elementos:

<sup>6</sup> **Big data:** é a análise e a interpretação de grandes volumes de dados de grande variedade.

<sup>7</sup> **General Motors Corporation**, também conhecida apenas pela sigla **GM**, é uma multinacional com sede em Detroit, nos Estados Unidos, cuja principal área de negócios é a produção de automóveis.

- **Memória do programa monitor:** área onde ficam armazenadas todas as informações necessárias para que as atividades sejam desempenhadas;
- **Memória do usuário:** executa o armazenamento dos dados temporariamente processados pelo usuário. Esses dados são armazenados em memórias tais como: *RAM*<sup>8</sup>, *EEPROM*<sup>9</sup> e *FLASH – EPROM*<sup>10</sup>.
- **Memória de dados:** realiza o armazenamento de todos dados do sistema realizado pelo usuário.
- **Memória imagens das entradas e saídas:** recebe um sinal elétrico do ambiente externo e envia para dentro do CLP, com a finalidade de acionar alguns equipamentos;
- **Unidade de processamento:** esse elemento é um chip, que irá, como o nome já diz, realizar o processamento do programa;
- **Barramento:** placa responsável pelo acoplamento dos elementos integrados na *CPU/UCP*;
- **Fonte de alimentação:** Converte as tensões 110 ou 220 VCA em +5VCC, +12VCC ou +24VCC, e ela também que transfere energia alimentando todo o equipamento;
- **Bateria:** mantém os programas e o relógio em tempo real, mesmo não havendo energia elétrica.
- **CPU (Central Processing Unit) ou UCP (Unidade Central de Processamento):** é o principal *hardware* e responsável por realizar a execução e leitura do sistema fabricante x usuário, constituído pelas entradas digitais analógicas e atualização das saídas digitais analógicas;
- **Circuitos auxiliares:** é executado em caso de lacunas no CLP por meio das áreas: *POWER ON RESET*, *POWER DOWN* e *WATCH DOG TIMER*.

As empresas têm como principal objetivo, obter maior produtividade com mais eficácia e custos baixos. Segundo Lemos (2020) o administrador deve analisar o projeto antes de ser implantado, para que possa averiguar se o mesmo atende as necessidades produtivas.

Desta forma, é fundamental trazer um equilíbrio entre o preço de mercado e o valor dos custos e despesas gerados durante a produção. Com o *markup*<sup>11</sup> definido, pode-se estipular um valor unitário adequado para que possa obter mais retorno. (LEMOS, 2020)

8 **RAM** (Memória de Acesso Randômico) é uma memória utilizada pelo processador como um meio rápido e temporário para a contenção de informações (dados e programas) durante a execução em um determinado momento.

9 **EEPROM** é um tipo de memória ROM usado para armazenar dados digitais sem energia.

10 **FLASH – EPROM** é um tipo de memória não volátil (é constantemente alimentada por uma bateria), mas que pode ser apagada e regravada em unidades de memórias (chamadas de blocos). É uma variação da memória EEPROM, que é apagada e rescreta byte por byte.

11 **Markup:** é um índice multiplicador aplicado sobre o custo de um produto. Serve para formar o preço final de venda, considerando sua margem de lucro e o custo unitário da produção.

## 4 | PROJETO DE AUTOMAÇÃO

Foi por meio do cotidiano experienciado dos estágios, que partiu o interesse de elaborarmos um projeto, o qual, pode proporcionar maior produção através da implementação de automação industrial no processo de inspeção dos produtos e triagens ao longo da linha de produção.

Para Gil (2010, p.17) pesquisa científica é um “procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Podendo proporcionar ao pesquisador, novos conhecimentos e princípios científicos, trazendo respostas as necessidades humanas.

Atualmente cresce a necessidade da inclusão dos protótipos no processo de produtividade industrial manual. Tem como seu principal objetivo apresentar o produto de forma imediata, prevenindo percalços em seu resultado final. (VOLPATO, 2007)

Com o crescimento da competitividade no mercado, é de suma importância a agilidade na produtividade e entrega do produto, trazendo eficiência e melhorias no produto, atendendo de forma satisfatória as demandas do mercado industrial. Através dos protótipos pode-se experimentar conceitos, promover *feedback* e prever possíveis falhas. (VOLPATO, 2007)

De acordo com Sommerville (2007, p. 87) “um protótipo é uma versão inicial de um sistema de *software* usado para demonstrar conceitos, experimentar opções de projetos e, geralmente conhecer mais sobre o problema e suas possíveis soluções”.

Quando se tem um novo investimento, o principal objetivo é que no futuro o valor aplicado renda de forma satisfatória. Dessa forma, através da Taxa Interna de Retorno (TIR) o empresário poderá estabelecer ao longo prazo, se o projeto trará aumento dos lucros ou prejuízos financeiros. (LEMOS, 2020)

Essa taxa tem como sua base para cálculo do fluxo o Valor Presente Líquido (VPL), o qual, através dele pode-se determinar os valores dos pagamentos futuros. Este cálculo pode ser realizado através da seguinte fórmula, representada no cálculo manual da TIR:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Segundo Lemos (2020):

- t: Período em que ocorre o fluxo de caixa. Ele pode ser em meses, bimestres, semestre ou anos, meses;
- FC<sub>t</sub>: Fluxo de caixa do período t;
- n: número total de períodos que se analisou;
- Σ: somatório dos fluxos de todos os períodos.

Através deste cálculo, temos que levar em conta alguns fatores muito importantes,

como:

- O VPL sempre será igual a zero, pois a TIR calcula a taxa de desconto para que o fluxo de caixa da VPL sempre seja igual a zero;
- A letra N representa a quantidade de períodos a analisar;
- O capital é equivalente ao valor do investimento inicial. Este deve ser sempre negativo;
- Ft representa o valor de entrada de dinheiro em determinado período (t).

De acordo com Lemos (2020) para que possa ser avaliado as probabilidades do investimento, deve-se selecionar todos os fluxos de entrada e saída do caixa.

O *payback*<sup>12</sup> do novo investimento realizado pela empresa, nos primeiros meses se apresentará com déficit, mas, conforme os trabalhos são desempenhados ao longo prazo, esse valor gradualmente se converte para positivo, com a empresa passando a ter retorno sobre o valor aplicado de forma gradativa. (LEMOS, 2020)

A análise de custo do benefício, será baseada de acordo com as atividades realizadas no processo de produção, proporcionando benefícios no aumento da produtividade e o crescimento da competitividade no mercado industrial. (LEMOS, 2020)

Através do Método de Custeio ABC<sup>13</sup> o empresário poderá aperfeiçoar os custos indiretos da empresa, por meio do rastreamento de atividades. É a partir do rastreamento das atividades realizadas na produção que, irá permitir identificar procedimentos e atividades que não aderem na produtividade, acarretando falhas na padronização do produto final. (LEMOS, 2020)

## 5 | ANÁLISE E DISCUSSÃO

O protótipo foi pensado de maneira que pudesse atender as necessidades dos processos de produção, trazendo mais eficiência e produtos padronizados, evitando o desperdício de matéria-prima.

Após o processo de produção finalizado, o produto é posicionado na esteira para que siga ao processo de padronização final, pode-se observar este processo na Figura 1 – Processo de Seleção.

---

<sup>12</sup> **Payback** (em português, significa retorno) é um cálculo que permite saber quanto tempo um investimento leva para se pagar. Ou seja, a partir de que momento os lucros cobrirão o valor aplicado inicialmente.

<sup>13</sup> **Método de Custeio ABC**, também é conhecido como Custeio por Atividades.



FONTE: Próprio autor.

No Passo 1, o produto está em seu processo de seleção, onde após a análise será classificado em três setores: produto padronizado, produto reaproveitável e produto para descarte.

Após classificado em alguma dessas categorias, o sensor irá separá-lo em sua correspondente sessão, como pode-se ser analisado no Passo 2. Tal padronização, é realizada de acordo com a demanda do mercado e necessidades do produtor, como é exposto na Figura 2 – Classificação.



FONTE: Próprio autor.

Na imagem do Passo 3, após o protótipo identificar uma determinada categoria, ele imediatamente conduz o produto para seu setor correspondente, como pode ser observado no Passo 4.

Por meio da classificação em setores, pode-se realizar um relatório de fechamento de produção, onde nele possibilitará uma análise dos desperdícios final de matéria-prima.

Com a implantação de protótipo através do CLP no processo de produção, possibilitará uma maior rapidez no processamento, confiabilidade e precisão, possibilitando um ajuste mais preciso e assertivo em toda a linha de produção.

O trabalho conjunto e o domínio dos *software*, auxiliam no conhecimento das indústrias e dos processos de desenvolvimento de um produto. Deste modo, proporciona grandes benefícios na produtividade, diminuindo os riscos de acidente dos colaboradores

devido aos esforços repetitivos nas tarefas que ainda necessitam da mão de obra.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo reduzir procesos repetitivos que admitem automação, os quais, são realizados por funcionários, gerando demora na linha de produção e despadronização de produtos.

A junção de tecnologias por meio de *software*, ampliando a eficiência dos processos e na produtividade da empresa, contribuindo na diminuição do desperdício da matéria-prima e a possibilidade de erros.

O investimento na automatização gera vantagens na produção, podendo atender de forma satisfatória as demandas do mercado industrial, garantindo remuneração compatível com a produtividade alcançada.

Automação oportuniza medir, controlar, padronizar e promover melhoria contínua nos processos produtivos, por meio de sensores, atuadores, ferramentas de controle e de supervisão. Esse tipo de ferramenta gera informações em tempo real aos seus gestores, auxiliando manutenção e prevenindo falhas na produtividade.

As pequenas empresas muitas vezes não têm a estrutura financeira e nem corporativa para aguentar o peso de um investimento de grande porte como o necessário para a compra das referidas máquinas, por isso, o protótipo possuirá uma montagem maleável e sob medida para as especificações desejadas pelo cliente, portanto a quantidade de produção por hora poderá ser alterada para atender assim as necessidades do produtor.

Este estudo trouxe como resultados a redução dos custos de produção, eficiência na produtividade, melhoria contínua no produto final e resultados crescentes, atendendo de forma satisfatória as demandas do mercado e consequente aumento da rentabilidade.

Portanto, por meio de protótipo pode-se concluir que, a automação industrial é de suma importância no processo de produção industrial, proporcionando benefícios no aumento da produtividade, diminuindo os riscos de acidente dos colaboradores devido aos esforços repetitivos nas tarefas que ainda necessitam da mão de obra e, crescimento da competitividade no mercado industrial.

## REFERÊNCIAS

COSTA, Isabele Moraes; LISBOA, Stella Neves Duarte; SANTOS, Talita Pitanga. **AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**. DCA447 - Departamento de Engenharia de Computação e Automação - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Natal RN, maio de 2003.

GIL, A. C. **COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISA**. São Paulo: Atlas, 2010.

LEMOS, Arthur Dantas. **TAXA INTERNA DE RETORNO: ENTENDA ESSE CÁLCULO.** 19 de maio, 2020. Disponível em: < <https://empreenderdinheiro.com.br/taxa-interna-de-retorno/>> Acesso em: 10.09.22

NETO, Édio Pereira.; PAIVA, Vinicius. W. M. M. C. de; MEZA, Edwin. Benedito. Mitacc.; VIANNA, Dalessandro. Soares. **APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP CLÁSSICO NA ESCOLHA DE UM MODELO DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP) PARA A INSTALAÇÃO EM UM NOVO PROJETO DE PLATAFORMA MARÍTIMA.** In: X Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro, 2014.

NETO, Geraldo Gonçalves Delgado; SOUZA, Paulo Henrique Moura de; JUNIOR, Silvio José Cavallari. **INDÚSTRIA 4.0: CONTRIBUIÇÕES PARA SETOR PRODUTIVO MODERNO.** XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.

SANTOS, Aryelen Caroliny; OLIVEIRA, Bruna A; GOMES, Igor Felipe; PEDROSO, Marcos Augustos A. M.; JUNKES, Valderice H. **AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL EM PEQUENAS, MÉDIAS E GRANDES EMPRESAS: UM ESTUDO TEÓRICO.** “A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção” Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_238\\_383\\_34692.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_383_34692.pdf)>. Acesso em: 22.05.2021.

SCHNEIDER, Andresa; MARAFON, Carine; ANSCHAU, Cleusa Tresinha; PAULA, Ronise de; SERVELIN, Thaísa. **BENEFÍCIOS DO INVESTIMENTO EM AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE EMPACOTAMENTO DE FARINHA DE TRIGO.** ANAIS – Engenharia de Produção. V.2, nº1, 2018.

SILVA, André Luiz Emmel; MORAES, Jorge André Ribas; SILVEIRA, Tiago; BRUM, Tonia Magali Moraes. **PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO PARA O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BORRACHAS ESCOLARES.** XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Área temática: Gestão da Produção, 13 e 14 de agosto de 2015.

SOMMERVILLE, Ian. **ENGENHARIA DE SOFTWARE.** 8ª Ed. São Paulo: Pearson Education, 2007.

VOLPATO, Neri. **PROTOTIPAGEM RÁPIDA: TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES.** São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

## ECUACIÓN GENERAL DE ACELERACIÓN POR PARTICIONES APLICADA A MECANISMOS PLANOS CON COMPONENTE DE CORIOLIS

Data de aceite: 01/11/2022

Data de submissão: 20/09/2022

### Jaime Eduardo Trejo Aguirre

Instituto Tecnológico de Chihuahua  
Departamento de Metal-Mecánica  
Chihuahua, México  
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-3989-8025>

### Laura Isela Padilla Iracheta

Instituto Tecnológico de Chihuahua  
Departamento de Metal-Mecánica  
Chihuahua, México  
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-9410-1691>

### Esteban Rubio Ochoa

Instituto Tecnológico de Chihuahua  
Departamento de Metal-Mecánica  
Chihuahua, México  
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-2422-5234>

**RESÚMEN:** El presente trabajo propone una ecuación general de aceleración para aplicarse a mecanismos planos y articulados con énfasis en la componente de Coriolis de la aceleración. La ecuación se aplica a mecanismos al cual se sabe con certeza que contiene la componente de Coriolis. Se desarrolla paso a paso hasta llegar al sistema lineal simultáneo y conocer las aceleraciones angulares del mecanismo. Dicha ecuación aplica tanto para mecanismos simples como para mecanismos complejos. Como una

ventaja, se tiene que el sistema resultante se genera a partir de la ecuación de cierre vectorial inicial y es independiente del proceso de análisis de posición y de velocidad.

**PALABRAS CLAVE:** Coriolis, mecanismos, aceleración, particiones.

### GENERAL EQUATION OF ACCELERATION BY PARTITIONS APPLIED TO PLANE MECHANISMS WITH CORIOLIS COMPONENT

**ABSTRACT:** The present work proposes a general acceleration equation to be applied to planar and articulated mechanisms with emphasis on the Coriolis component of acceleration. The equation applies to mechanisms which is known with certainty to contain the Coriolis component. It is developed step by step until reaching the simultaneous linear system and knowing the angular accelerations of the mechanism. This equation applies to both simple and complex mechanisms. As an advantage, the resulting system is generated from the initial vector closure equation and is independent of the position and velocity analysis process.

**KEYWORDS:** Coriolis, linkages, acceleration, partitions.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La mecánica de sólidos puede ramificarse en 3 partes: la *estática*, la *cinética* y la *cinemática*. Esta última trata del movimiento relativo de cuerpos rígidos y sus puntos específicos. Un

mecanismo es un dispositivo mecánico que transfiere movimientos y está compuesto de cuerpos rígidos denominados *eslabones*. Los *eslabones* se unen con otros por medio de *pares o juntas* por medio de pasadores, o pares *revoluta* (*R*), o pares *prismáticos* (*P*) que permiten un movimiento o deslizamiento lineal. A los mecanismos con articulaciones, o pares cinemáticos, se les estudia su movimiento por medio de 3 análisis principales: *posición*, *velocidad* y *aceleración*. Este trabajo se enfoca en el análisis de aceleración de mecanismos planos compuestos por eslabones rígidos, pares *R* y pares *P*, tanto con dirección constante como con dirección variable. Este estudio propone una ecuación general para el análisis de aceleración para mecanismos planos y articulados, que estén compuestos por pares *R* y pares *P*. Cuando el mecanismo contenga pares *P* con dirección variable, se les considera para su análisis, el uso de un sistema de referencia móvil, por lo que ésta característica de movimiento genera la *Componente de Coriolis* de la aceleración. La formulación propuesta contiene ésta componente. Por definición, la aceleración es el resultado de la segunda derivada de la posición del mecanismo. Como segunda derivada de orden superior, su análisis se incrementa en complejidad conforme aumenta el orden de la derivada. En (Nikravesh, 1988) se enumeran métodos para los 3 análisis de los mecanismos. Entre ellos, el *método de particiones* para aceleración y el *método de restricciones añadidas*. La ecuación de aceleración se expresa en notación vectorial y, de acuerdo a su formulación, no se expresa la *componente de Coriolis* de la aceleración. En (Erdman, Arthur G.; Sandor, George N.; 1998), se presenta un amplio estudio sobre la *aceleración de Coriolis*; se utiliza la notación relativa, tanto para expresar la velocidad como para la aceleración. Se ofrece también el desarrollo de la aceleración, incluyendo la componente de Coriolis, en notación polar compleja. En (Norton, 2013) ofrecen soluciones directas para diversos mecanismos específicos, tales como: mecanismo de 4 barras con juntas de pasador, mecanismo de cuatro barras manivela-corredera, mecanismo de cuatro barras manivela-corredera invertido. En éste último se contempla la *componente de Coriolis* de acuerdo a la teoría de eslabones con longitud variable en la forma tradicional, por desarrollo analítico, no por la utilización de una ecuación general, como la que este trabajo propone. En el estudio (Lopez-Custodio, 2012), aunque se enfoca en la tercer derivada superior, analiza el modelo matemático para un mecanismo de retorno rápido, el cual, de acuerdo a su configuración, posee un par prismático con dirección variable, por lo que genera la condición de *Coriolis*. El tratamiento lo realiza con el método vectorial derivando directamente el planteamiento vectorial de velocidad. Otro enfoque donde se presentan mecanismos con *Coriolis*, es en (Borovin, 2014), donde se plantea el método de fragmentación, para disminuir la cantidad de objetos que debe analizar el estudiante. Utiliza los *grupos estructurales de Assur* para su desarrollo y solución. Para este fin, se apoya en la notación relativa de vectores y la forma gráfica de las direcciones de los mismos. En el texto (Cardona Foix, 2001), aborda el análisis de aceleraciones de un mecanismo derivando las ecuaciones generalizadas de la velocidad. Emplea las expresiones resultantes en formato matricial que representan las

derivadas parciales de los vectores de cierre de velocidad. Aunque sí denota la componente de Coriolis, el ejemplo que desarrolla tiene como nula dicha componente. La solución que presenta es por medio de la matriz inversa del sistema, lo que es un desarrollo clásico en la solución de sistemas de ecuaciones simultáneas. Tratamiento muy similar se encuentra en (Avello, 2014), donde la ecuación de aceleración se presenta sin el término de Coriolis y lo aplica a un mecanismo de cuatro barras. La solución la presenta por medio de métodos numéricos para la *posición*, por simultáneas tanto para la parte de velocidad como de aceleración.

## 2 | MECANISMOS PLANOS

Los mecanismos planos son dispositivos mecánicos cuyo grado de libertad es igual a 1 o mayor que 1. El movimiento de sus eslabones están limitados a planos formados por 2 ejes de referencia en un sistema coordenado de tipo rectangular, usualmente el eje  $x$  y el eje  $y$ . Puede ser el movimiento en un solo plano o en planos paralelos. Los mecanismos estudiados en cursos de ingeniería en instituciones de educación superior, usualmente se limitan a mecanismos de 1 grado de libertad. En este trabajo de análisis no se incluye mecanismos de engranes ni trenes de engranajes. En este estudio, los mecanismos planos se limitan a aquellos formados por pares revoluta  $R$  y pares prismáticos  $P$ . Estos mecanismos pueden clasificarse como mecanismos básicos y mecanismos complejos. Los mecanismos básicos se denominan así porque se requiere sólo una ecuación de cierre vectorial para poder solucionarlos de manera completa. Los mecanismos complejos se forman usualmente añadiendo a los mecanismos básicos, diadas de tipo  $RRR$  o de tipo  $RRP$ . Con ésta adición, los mecanismos complejos requerirán 2 o más ecuaciones de cierre vectoriales para su solución.

### 2.1 Tipos de movimientos de los eslabones

Los mecanismos están compuestos por eslabones y pares cinemáticos. Para su análisis cinemático, los eslabones son sustituidos por vectores los cuales toman las características de longitud y de comportamiento lineal y angular. De esta manera, los vectores (que representan a los eslabones) pueden caracterizarse por los siguientes tipos de movimientos. Los vectores con movimiento tipo 0, son aquellos que no giran angularmente y, de forma simultánea, no tienen variación en su longitud (longitud constante). Ejemplo de ellos son los eslabones fijos y los vectores que definen longitudes de excentricidad. Los vectores *tipo I*, se caracterizan porque poseen la propiedad de girar, tienen movimiento angular pero la dimensión del vector permanece constante. Poseen un movimiento de rotación, puede ser respecto a un punto fijo, eje o una rotación en movimiento plano. Los vectores con movimiento *tipo II*, son aquellos en que su longitud es variable pero su posición angular permanece constante. Poseen un movimiento lineal en una sola dirección

definida. Por último, los vectores con movimiento *tipo III*, tienen movimiento de rotación y simultáneamente poseen variabilidad en su longitud. Es la combinación simultánea de los movimientos *tipo I* y *tipo II*. La representación de dichos tipos de movimientos se verifican en la figura 1.

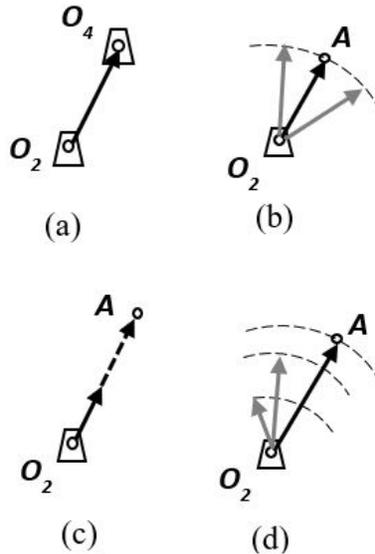


Figura 1. Tipos de movimientos. (a) tipo 0, (b) tipo I, (c) tipo II, (d) tipo III.

## 2.2 Análisis cinemático de mecanismos

El primer enfoque en el análisis cinemático tradicional en los mecanismos se centra en el cálculo de las posiciones angulares de los eslabones que contiene el mecanismo y las coordenadas de posición de los puntos principales del mismo. Bajo este enfoque, se utiliza la ec. (1). Esta ecuación general de posición genera un sistema no lineal de ecuaciones y resuelve para las posiciones angulares de los eslabones del mecanismo.

$$\left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial u_j} \right] \cdot \Delta u_j = -\phi_i \quad (1)$$

El segundo análisis, resuelve para las velocidades angulares de los eslabones del mecanismo y las velocidades lineales de los puntos principales del mismo. Se utiliza la ec. (2) general, bajo el enfoque de particiones:

$$\left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial u_j} \right] \cdot \dot{u}_j = - \left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial v_j} \right] \cdot \dot{v}_j \quad (2)$$

Este trabajo, propone como ecuación general para un enfoque en el análisis de aceleración, el tercer análisis en los mecanismos, la siguiente expresión bajo el esquema de particiones, ec. (3). La aplicación de ésta formulación, proporciona el sistema de

ecuaciones rectangulares y simultáneas, resuelve para las aceleraciones angulares de los eslabones del mecanismo. Una vez conocidas éstas, se complementa el análisis para encontrar las aceleraciones lineales de los puntos de interés del mecanismo.

$$\left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial u_j} \right] \cdot \ddot{u}_j = - \left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial v_j} \right] \cdot \ddot{v}_j - \left[ \frac{\partial}{\partial q_j} \left( \frac{\partial \phi_i}{\partial q_j} \right) \cdot \dot{q}_j \right] \cdot \dot{q}_j - 2 \left[ \frac{\partial}{\partial \theta_j} \left( \frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}} \right) \cdot \dot{r}_j^{III} \right] \cdot \dot{\theta}_j \quad (3)$$

La ec. (3) se enfoca en la solución de las propiedades cinemáticas del cuerpo, desde el punto de vista de la dinámica. Para utilizarla, se requiere conocer los parámetros que intervienen.  $v_j$  es la variable independiente (variable de valor conocido), o también es el parámetro conocido del elemento motriz –la que define el grado de libertad o movilidad del mecanismo–.  $u_j$  es la variable dependiente (variable o parámetro desconocido). Su valor depende del valor de la variable o parámetro conocido  $v_j$ .  $q_j$  es la suma de las variables independientes y las variables dependientes:  $v_j + u_j$ . Los términos que componen esta formulación, de izquierda a derecha de la ec.(3), se mencionan a continuación.  $\left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial u_j} \right]$  es la matriz jacobiana del sistema. También se puede denotar por la letra  $J$ . Se forma derivando parcialmente cada una de las funciones de error respecto a cada una de las variables dependientes del sistema. Forma una matriz cuadrada de  $n \times n$ .  $\ddot{u}_j$  es la segunda derivada de las variables dependientes, representa la aceleración angular del parámetro dependiente.  $\left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial v_j} \right]$  son las derivadas parciales de las funciones de error respecto a la variable independiente (motriz) del sistema. Se convierte en las aceleraciones tangenciales conocidas del elemento motriz una vez que se multiplica por la variable  $\ddot{v}_j$ .  $\ddot{v}_j$  es la segunda derivada de las variables independientes, representa la aceleración angular del parámetro independiente. El término  $-\left[ \frac{\partial}{\partial q_j} \left( \frac{\partial \phi_i}{\partial q_j} \right) \cdot \dot{q}_j \right] \cdot \dot{q}_j$  son las derivadas parciales de las funciones de error con respecto a cada una de las variables del sistema, tanto independientes como dependientes. Se convierte en las aceleraciones normales de cada uno de los eslabones del mecanismo. Representa el movimiento *tipo I* de los eslabones del mecanismo o de los vectores planteados en las ecuaciones de cierre. Esta expresión indica que se debe derivar parcialmente dos veces, respecto de la misma variable y en cada derivada parcial, se multiplica por la derivada de la variable en turno, sea variable dependiente o independiente. El siguiente término,  $-2 \left[ \frac{\partial}{\partial \theta_j} \left( \frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}} \right) \cdot \dot{r}_j^{III} \right] \cdot \dot{\theta}_j$  *solamente aplica para los vectores con movimiento de tipo III*. Genera la componente de Coriolis de la aceleración. El término  $r_j^{III}$  de la expresión  $\left( \frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}} \right)$  se refiere que la derivación parcial será con respecto a los vectores  $j$  del cierre vectorial cuya dimensión lineal es variable, es decir, del movimiento *tipo III*. En esta expresión, al operar el término  $r_j^{III}$ ,  $j$  es del mismo valor para la variable angular  $\theta_j$ , es decir, si  $r_j^{III} = r_3^{III}$ , entonces  $j = 3$  y por lo tanto  $\theta_j = \theta_3$ .

### 2.3 Mecanismo inversión biela – manivela

En este mecanismo se aplicará el concepto de la ecuación de aceleración con referencia móvil. El mecanismo inversión biela-manivela tiene la siguiente ecuación vectorial de cierre de circuito, ec. (4). Los dos puntos encima del vector indican la segunda

derivada del mismo.

$$\ddot{\vec{R}}_2 + \ddot{\vec{R}}_3 = \ddot{\vec{R}}_1 + \ddot{\vec{R}}_4 \quad (4)$$

El mecanismo inversión biela-manivela tiene la misma ecuación de cierre vectorial que el mecanismo de cuatro barras. Se compone de 4 vectores, posee movilidad o grado de libertad igual a uno. El mecanismo inversión biela-manivela se muestra en la figura 2. En la figura 3 se muestra la nomenclatura utilizada en el mismo mecanismo.

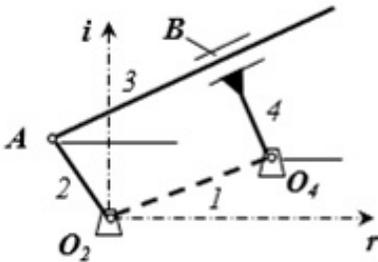


Figura 2. Mecanismo inversión biela-manivela.

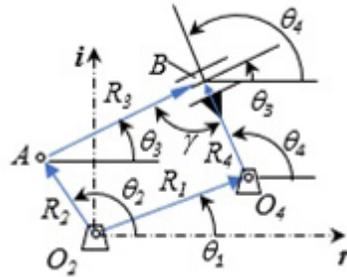


Figura 3. Nomenclatura del mecanismo inversión biela-manivela.

El movimiento de entrada o motriz es angular y se encuentra situado en el eslabón 2. Los tipos de movimiento se clasifican como del tipo *I* para el vector 2, que es el motriz, por lo que implica la variable independiente del tipo angular  $q$ . El vector del eslabón 3 es del movimiento tipo *III*, dado su parámetro variable de longitud y su parámetro variable angular, por lo que tanto  $r$  como  $q$  son parámetros desconocidos. El eslabón fijo —o tierra— es del tipo *O*, no tiene movimiento. El eslabón de salida, vector 4, posee movimiento tipo *I*, pero tiene una función matemática de posición con el eslabón 3, como se muestra en la ec. (5). Para la aplicación de la expresión general de aceleración por el método de particiones, se requiere el planteamiento de la ecuación de cierre vectorial en su notación polar compleja, ec. (6):

$$\theta_4 = \theta_3 + \gamma \quad (5)$$

$$r_2 e^{j\theta_2} + r_3 e^{j\theta_3} = r_1 e^{j\theta_1} + r_4 e^{j\theta_4} \quad (6)$$

Se obtienen las funciones de error del sistema ( $\phi$ ) al separar los anteriores términos en dirección real e imaginaria, colocando todos los términos a la izquierda de la igualdad e igualando a cero las expresiones resultantes. La función de error  $\phi_1$  resulta de la agrupación de los términos reales. La función de error  $\phi_2$  resulta de la agrupación de los términos imaginarios, como se indica en las ecs. (7a) y (7b).

$$\text{real)} \quad \phi_1 = r_2 \cos\theta_2 + r_3 \cos\theta_3 - r_1 \cos\theta_1 - r_4 \cos\theta_4 = 0 \quad (7a)$$

$$\text{imaginaria)} \quad \phi_2 = r_2 \sin\theta_2 + r_3 \sin\theta_3 - r_1 \sin\theta_1 - r_4 \sin\theta_4 = 0 \quad (7b)$$

$q = \theta_2, r_3, \theta_3, \theta_4$ : son las variables totales del sistema. Es la suma de las variables

independientes  $v_j$  y las variables dependientes  $u_j$ . El valor de  $j$  en el parámetro  $q$  se refiere al número de parámetros del sistema, no se refiere al número del vector planteado en la ecuación de cierre vectorial. Esto debido a que el subíndice  $j$  puede repetirse para un parámetro  $r$  y un parámetro  $\theta$ . Por ejemplo, en este caso, existe  $r_3$  y  $\theta_3$ . Se entiende que  $q_j = q_1, q_2, q_3, q_4$ , y que equivale a que  $q_1 = \theta_2, q_2 = r_3, q_3 = \theta_3, q_4 = \theta_4$ .  $v_j = \theta_2$  es la variable independiente.  $u_j = r_3, \theta_3, \theta_4$  son el total de las variables dependientes. De igual manera se entiende que  $u_1 = r_3, u_2 = \theta_3, u_3 = \theta_4$ .  $u_j^{\text{II}} = r_3, \theta_3$  son el total de las variables dependientes que intervienen en la construcción de la *matriz Jacobiana*. Se excluye  $\theta_4$  porque es función de  $\theta_3$ .  $r_j^{\text{III}} = r_3$  es la variable de dimensión dependiente que es parte de  $u_j = r_3, \theta_3, \theta_4$ .  $r_j^{\text{III}}$  es la variable dependiente del sistema que se utiliza para generar la componente de Coriolis. Para la construcción de la matriz Jacobiana, el término  $\left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial u_j} \right]$  representa la derivada parcial de cada una de las funciones de error respecto a cada una de las variables dependientes del sistema. Es decir,  $r_3$  y  $\theta_3$ . Recordando que se definió a  $u_j^{\text{II}} = r_3, \theta_3$  como el total de las variables dependientes que intervienen en la construcción de la matriz Jacobiana. No se toma en cuenta  $\theta_4$  para la construcción de la matriz Jacobiana debido a que es una variable dependiente de  $\theta_3$ . Para construir la matriz Jacobiana es importante expresar las funciones de error en función sólo de las variables dependientes. Se reescriben de la siguiente manera al combinar las ecs. (6), (7a) y (7b), resultando las ecs. (8a) y (8b):

$$r) \quad \phi_1 = r_2 \cos \theta_2 + r_3 \cos \theta_3 - r_1 \cos \theta_1 - r_4 \cos(\theta_3 + \gamma) = 0 \quad (8a)$$

$$i) \quad \phi_2 = r_2 \sin \theta_2 + r_3 \sin \theta_3 - r_1 \sin \theta_1 - r_4 \sin(\theta_3 + \gamma) = 0 \quad (8b)$$

Se efectúan las correspondientes derivadas parciales de cada una de las funciones de error con respecto a cada una de las variables del sistema, representadas en las ecuaciones (9)-(12).

$$\left( \frac{\partial \phi_1}{\partial r_3} \right) = \cos \theta_3 \quad (9)$$

$$\left( \frac{\partial \phi_1}{\partial \theta_3} \right) = -r_3 \sin \theta_3 + r_4 \sin(\theta_3 + \gamma) \quad (10)$$

$$\left( \frac{\partial \phi_2}{\partial r_3} \right) = \sin \theta_3 \quad (11)$$

$$\left( \frac{\partial \phi_2}{\partial \theta_3} \right) = r_3 \cos \theta_3 - r_4 \cos(\theta_3 + \gamma) \quad (12)$$

La matriz *Jacobiana* se representa como en la ec. (13) una vez encontrados los términos y acomodándolos en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -r_3 \sin \theta_3 + r_4 \sin(\theta_3 + \gamma) \\ \sin \theta_3 & r_3 \cos \theta_3 - r_4 \cos(\theta_3 + \gamma) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Los términos  $u_j^{\text{II}}$  son  $r_3, \theta_3$ , por los que  $\text{II}$  indica que son solamente los parámetros que intervienen en la construcción de la matriz *Jacobiana*. Entonces  $\dot{u}_j = \dot{r}_3, \dot{\theta}_3$ , y por lo

tanto  $\ddot{u}_j = \ddot{r}_3, \ddot{\theta}_3$ .  $\dot{\theta}_3$  representa la primer derivada de la posición angular del eslabón 3, por lo que se convierte en la velocidad angular del mismo, es decir,  $\omega_3$ . De la misma manera que  $\ddot{\theta}_3$  indica la segunda derivada de la posición angular del eslabón 3, por lo que se convierte en la aceleración angular  $\alpha_3$ . El término  $-\left[\frac{\partial \phi_i}{\partial v_j}\right] \cdot \ddot{v}_j$  se desarrolla a continuación: Para la primera función de error,  $\phi_1$  se convierte en  $\phi_1$  y como  $v_j = v_1$  y  $v_1 = \theta_2$ , entonces  $\dot{v}_1 = \dot{\theta}_2 = \omega_2$ , luego  $\ddot{v}_1 = \ddot{\theta}_2 = \alpha_2$ , que representa la aceleración angular conocida del eslabón motriz. La siguiente operación representa la derivada parcial de la primera función de error,  $\phi_1$ , ec. (8a) con respecto al parámetro  $v_1$ . El resultado se expresa en la ec. (14):

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial v_j} = \frac{\partial \phi_1}{\partial v_1} = \frac{\partial \phi_1}{\partial \theta_2} = -r_2 \text{sen} \theta_2 \quad (14)$$

Luego, se multiplica este resultado por  $\ddot{v}_1 = \ddot{\theta}_2 = \alpha_2$ , para lograr el resultado completo, como se observa en la ec. (15):

$$-\left[\frac{\partial \phi_1}{\partial v_1}\right] \cdot \ddot{v}_1 = -\left[\frac{\partial \phi_1}{\partial v_1}\right] \cdot \ddot{\theta}_2 = -\left[\frac{\partial \phi_1}{\partial v_1}\right] \cdot \alpha_2 = -(-r_2 \text{sen} \theta_2) \cdot \alpha_2 =$$

$$r_2 \text{sen} \theta_2 \cdot \alpha_2 = \alpha_2 r_2 \text{sen} \theta_2 \quad (15)$$

Con el mismo procedimiento, para la segunda función de error  $\phi_2$ , ec. (8b), cuyo resultado se señala en la ec. (17) y el resultado intermedio en la ec. (16):

$$\frac{\partial \phi_2}{\partial v_1} = \frac{\partial \phi_2}{\partial \theta_2} = r_2 \text{cos} \theta_2 \quad (16)$$

$$-\left[\frac{\partial \phi_2}{\partial v_1}\right] \ddot{v}_1 = -\left[\frac{\partial \phi_2}{\partial v_1}\right] \ddot{\theta}_2 = -\left[\frac{\partial \phi_2}{\partial v_1}\right] \alpha_2 = -(r_2 \text{cos} \theta_2 \cdot \alpha_2) = -\alpha_2 r_2 \text{cos} \theta_2 \quad (17)$$

El primer término del lado derecho de la aceleración, ec. (3), produce las aceleraciones tangenciales del elemento motriz. Dichos términos en dirección real e imaginaria, ecs. (15) y (17) respectivamente. El término  $-\left[\frac{\partial}{\partial q_j}\left(\frac{\partial \phi_i}{\partial q_j}\right) \cdot \dot{q}_j\right] \cdot \dot{q}_j$  produce las aceleraciones normales de los vectores en movimiento *tipo I* y se calcula derivando parcialmente cada función de error respecto a cada una de las variables del sistema:  $q_j = v_j + u_j$ . Seguidamente se multiplica por la derivada de la variable  $\dot{q}_j$  para volverse a derivar parcialmente por la misma variable  $q_j$  y multiplicarse nuevamente por  $\dot{q}_j$ . Recordando que  $q_j = \theta_2, r_3, \theta_3, \theta_4$  son las variables totales del sistema. Se desarrolla a continuación para la variable angular  $\theta_2$  debido a que  $j$  toma el valor de 1 e  $i$  igualmente toma el valor de 1, es decir, la derivada parcial de la función de error  $\phi_1$ , respecto a la variable número 1 del sistema.  $q_j = \theta_2, r_3, \theta_3, \theta_4$  son las variables totales del sistema. Se entiende que  $q_j = q_1, q_2, q_3, q_4$  y que equivale a que  $q_1 = \theta_2, q_2 = r_3, q_3 = \theta_3, q_4 = \theta_4$ . La operación intermedia se muestra en la ec. (18) y el resultado en la ec. (19).

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial q_j} = \frac{\partial \phi_1}{\partial q_1} = \frac{\partial \phi_1}{\partial \theta_2} = -r_2 \text{sen} \theta_2 \quad (18)$$

$$\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial q_1}\right) \cdot \dot{q}_1 = \left(\frac{\partial\phi_1}{\partial\theta_2}\right) \cdot \dot{\theta}_2 = \left(\frac{\partial\phi_1}{\partial\omega_2}\right) \cdot \omega_2 = -r_2 \text{sen}\theta_2 \cdot \omega_2 = -\omega_2 r_2 \text{sen}\theta_2 \quad (19)$$

Esta expresión representa sólo la primera derivada parcial multiplicada por la primera derivada de la primer variable del sistema. Para completar la expresión, se debe realizar la misma operación por segunda vez. El procedimiento en partes, se muestra en la ec. (20a) y ec. (20b):

$$-\left[\frac{\partial}{\partial q_j}\left(\frac{\partial\phi_i}{\partial q_j}\right) \cdot \dot{q}_j\right] \cdot \dot{q}_j = -\left[\frac{\partial}{\partial q_1}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial q_1}\right) \cdot \dot{q}_1\right] \cdot \dot{q}_1 = -\left[\frac{\partial}{\partial q_1}(-\omega_2 r_2 \text{sen}\theta_2)\right] \cdot \dot{q}_1 \quad (20a)$$

$$-\left[\frac{\partial}{\partial\theta_2}(-\omega_2 r_2 \text{sen}\theta_2)\right] \cdot \dot{\theta}_2 = -[-\omega_2 r_2 \text{cos}\theta_2] \cdot \omega_2 = \omega_2^2 r_2 \text{cos}\theta_2 \quad (20b)$$

Para la segunda variable del sistema, al aplicar  $-\left[\frac{\partial}{\partial q_j}\left(\frac{\partial\phi_i}{\partial q_j}\right) \cdot \dot{q}_j\right] \cdot \dot{q}_j$ , donde  $i=1$  y  $j=2$ , se tendría que  $-\left[\frac{\partial}{\partial q_2}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial q_2}\right) \cdot \dot{q}_2\right] \cdot \dot{q}_2$ . Como  $q_2=r_3$ , tenemos que  $-\left[\frac{\partial}{\partial r_3}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial r_3}\right) \cdot \dot{r}_3\right] \cdot \dot{r}_3 = -\left[\frac{\partial}{\partial r_3}(\text{cos}\theta_3) \cdot \dot{r}_3\right] \cdot \dot{r}_3 = -\left[\frac{\partial}{\partial r_3}(\dot{r}_3 \text{cos}\theta_3)\right] \cdot \dot{r}_3$ . Al realizar la segunda derivada parcial de la expresión en paréntesis, respecto a  $r_3$ , no existe como tal esa variable, por lo que el resultado es cero:  $-\left[\frac{\partial}{\partial r_3}(\dot{r}_3 \text{cos}\theta_3)\right] \cdot \dot{r}_3 = 0$ . Por esta razón, se dice que este término sólo es aplicable a los vectores que representan eslabones con movimiento angular. Los vectores tipo III, con valor variable en su longitud, sus derivadas parciales siempre serán cero debido a que en su primera derivada parcial, la variable desaparece de la expresión y para la segunda derivada parcial, ya no se encuentra contenida en la expresión. El desarrollo de los términos  $q_3 = \theta_3$  y  $q_4 = \theta_4$  es exactamente igual que para la variable  $q_1=\theta_2$ , por lo que el resultado para  $q_3$  y  $q_4$  quedarían de la forma como se muestra en la ec. (21). Para el desarrollo de la segunda función de error, el procedimiento se expresa en la ec. (22). Como la variable  $\theta_4$  se encuentra a la derecha del signo de igualdad, entonces sólo cambia el signo final y se conserva el mismo procedimiento, ec. (23). El desarrollo para la segunda función de error se encuentra en la ec. (24):

$$-\left[\frac{\partial}{\partial q_3}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial q_3}\right) \cdot \dot{q}_3\right] \cdot \dot{q}_3 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_3}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial\theta_3}\right) \cdot \dot{\theta}_3\right] \cdot \dot{\theta}_3 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_3}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial\theta_3}\right) \cdot \omega_3\right] \cdot \omega_3 = \omega_3^2 r_3 \text{sen}\theta_3 \quad (21)$$

$$-\left[\frac{\partial}{\partial q_3}\left(\frac{\partial\phi_2}{\partial q_3}\right) \cdot \dot{q}_3\right] \cdot \dot{q}_3 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_3}\left(\frac{\partial\phi_2}{\partial\theta_3}\right) \cdot \dot{\theta}_3\right] \cdot \dot{\theta}_3 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_3}\left(\frac{\partial\phi_2}{\partial\theta_3}\right) \cdot \omega_3\right] \cdot \omega_3 = \omega_3^2 r_3 \text{cos}\theta_3 \quad (22)$$

$$-\left[\frac{\partial}{\partial q_4}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial q_4}\right) \cdot \dot{q}_4\right] \cdot \dot{q}_4 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_4}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial\theta_4}\right) \cdot \dot{\theta}_4\right] \cdot \dot{\theta}_4 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_4}\left(\frac{\partial\phi_1}{\partial\theta_4}\right) \cdot \omega_4\right] \cdot \omega_4 = -\omega_4^2 r_4 \text{sen}\theta_4 \quad (23)$$

$$-\left[\frac{\partial}{\partial q_4}\left(\frac{\partial\phi_2}{\partial q_4}\right) \cdot \dot{q}_4\right] \cdot \dot{q}_4 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_4}\left(\frac{\partial\phi_2}{\partial\theta_4}\right) \cdot \dot{\theta}_4\right] \cdot \dot{\theta}_4 = -\left[\frac{\partial}{\partial\theta_4}\left(\frac{\partial\phi_2}{\partial\theta_4}\right) \cdot \omega_4\right] \cdot \omega_4 = -\omega_4^2 r_4 \text{cos}\theta_4 \quad (24)$$

En la expresión donde se genera la componente de Coriolis,  $-2\left[\frac{\partial}{\partial\theta_j}\left(\frac{\partial\phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) \cdot \dot{r}_j^{III}\right] \cdot \dot{\theta}_j$ , se procede primero con el término más interno. El término  $\left(\frac{\partial\phi_i}{\partial r_j^{III}}\right)$  representa la derivada

parcial de las funciones de error respecto al parámetro de longitud variable, el vector con movimiento tipo *III*. En este caso es el vector  $\mathbf{R}_3$ . Desarrollando para la primera función de error  $\theta_1$ , ec. (7a), se obtiene su derivada parcial, ec. (25), luego se multiplica por la derivada de la longitud del vector  $\mathbf{R}_3$ , ec. (26). El parámetro se refiere a la dimensión escalar del vector  $\mathbf{R}_3$ .

$$\left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) = \left(\frac{\partial \phi_1}{\partial r_3}\right) = \cos\theta_3 \quad (25)$$

$$\left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) \cdot \dot{r}_j^{III} = \left(\frac{\partial \phi_1}{\partial r_3}\right) \cdot \dot{r}_3 = \cos\theta_3 \cdot \dot{r}_3 \quad (26)$$

A continuación se deriva parcialmente por segunda ocasión con respecto a la variable angular del mismo vector  $\mathbf{R}_3$ , para posteriormente multiplicarla por la derivada de la variable angular del mismo vector, es decir, su velocidad angular  $\omega_3$ , ec. (27). Para completar esta expresión, hace falta sólo multiplicar por el 2 negativo, ec. (28).

$$\left[\frac{\partial}{\partial \theta_j} \left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) \cdot \dot{r}_j^{III}\right] \cdot \dot{\theta}_j = \left[\frac{\partial}{\partial \theta_3} (\cos\theta_3 \dot{r}_3)\right] \cdot \dot{\theta}_3 = \left[\frac{\partial}{\partial \theta_3} (\cos\theta_3 \dot{r}_3)\right] \cdot \omega_3 =$$

$$-\text{sen}\theta_3 \cdot \dot{r}_3 \cdot \omega_3 = -\omega_3 \dot{r}_3 \text{sen}\theta_3 \quad (27)$$

$$-2 \left[\frac{\partial}{\partial \theta_j} \left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) \cdot \dot{r}_j^{III}\right] \cdot \dot{\theta}_j = +2\omega_3 \dot{r}_3 \text{sen}\theta_3 \quad (28)$$

Para el desarrollo de la expresión con la segunda función de error,  $\theta_2$ , tenemos el siguiente resultado al seguir el mismo procedimiento anterior, a partir de las ecs. (29)-(32):

$$\left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) = \left(\frac{\partial \phi_2}{\partial r_3}\right) = \text{sen}\theta_3 \quad (29)$$

$$\left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) \cdot \dot{r}_j^{III} = \left(\frac{\partial \phi_2}{\partial r_3}\right) \cdot \dot{r}_3 = \text{sen}\theta_3 \cdot \dot{r}_3 \quad (30)$$

$$\left[\frac{\partial}{\partial \theta_j} \left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) \cdot \dot{r}_j^{III}\right] \cdot \dot{\theta}_j = \left[\frac{\partial}{\partial \theta_3} (\text{sen}\theta_3 \dot{r}_3)\right] \cdot \dot{\theta}_3$$

$$= \left[\frac{\partial}{\partial \theta_3} (\text{sen}\theta_3 \dot{r}_3)\right] \cdot \omega_3 = \cos\theta_3 \cdot \dot{r}_3 \cdot \omega_3 = \omega_3 \dot{r}_3 \cos\theta_3 \quad (31)$$

$$-2 \left[\frac{\partial}{\partial \theta_j} \left(\frac{\partial \phi_i}{\partial r_j^{III}}\right) \cdot \dot{r}_j^{III}\right] \cdot \dot{\theta}_j = -2\omega_3 \dot{r}_3 \cos\theta_3 \quad (32)$$

Colocando todos los términos resultantes de la aplicación de la fórmula general de aceleración, tenemos para los términos reales, ec. (33), derivados de la primera función de error, y los términos imaginarios, ec. (34), derivados de la segunda función de error:

$$r) \alpha_2 r_2 \text{sen}\theta_2 + \omega_2^2 r_2 \cos\theta_2 + \omega_3^2 r_3 \cos\theta_3 - \omega_4^2 r_4 \cos\theta_4 + 2\omega_3 \dot{r}_3 \text{sen}\theta_3 \quad (33)$$

$$i) -\alpha_2 r_2 \cos\theta_2 + \omega_2^2 r_2 \text{sen}\theta_2 + \omega_3^2 r_3 \text{sen}\theta_3 - \omega_4^2 r_4 \text{sen}\theta_4 - 2\omega_3 \dot{r}_3 \cos\theta_3 \quad (34)$$

Recordando que existe una función matemática entre  $\theta_3$  y  $\theta_4$ :  $\theta_4 = \theta_3 + \gamma$ , se reescriben las anteriores ecuaciones como sigue, ecs. (35) y (36):

$$r) \alpha_2 r_2 \text{sen} \theta_2 + \omega_2^2 r_2 \text{cos} \theta_2 + \omega_3^2 r_3 \text{cos} \theta_3 - \omega_4^2 r_4 \text{cos}(\theta_3 + \gamma) + 2\omega_3 \dot{r}_3 \text{sen} \theta_3 \quad (35)$$

$$i) -\alpha_2 r_2 \text{cos} \theta_2 + \omega_2^2 r_2 \text{sen} \theta_2 + \omega_3^2 r_3 \text{sen} \theta_3 - \omega_4^2 r_4 \text{sen}(\theta_3 + \gamma) - 2\omega_3 \dot{r}_3 \text{cos} \theta_3 \quad (36)$$

El sistema total a resolver numéricamente que representa el comportamiento dinámico de aceleración del mecanismo inversión de biela manivela queda representado como se indica a continuación en formato matricial, ec. (37):

$$\begin{bmatrix} \text{cos} \theta_3 & -r_3 \text{sen} \theta_3 + r_4 \text{sen}(\theta_3 + \gamma) \\ \text{sen} \theta_3 & r_3 \text{cos} \theta_3 - r_4 \text{cos}(\theta_3 + \gamma) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{r}_3 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_2 r_2 \text{sen} \theta_2 + \omega_2^2 r_2 \text{cos} \theta_2 + \omega_3^2 r_3 \text{cos} \theta_3 \\ -\omega_4^2 r_4 \text{cos}(\theta_3 + \gamma) + 2\omega_3 \dot{r}_3 \text{sen} \theta_3 \\ -\alpha_2 r_2 \text{cos} \theta_2 + \omega_2^2 r_2 \text{sen} \theta_2 + \omega_3^2 r_3 \text{sen} \theta_3 \\ -\omega_4^2 r_4 \text{sen}(\theta_3 + \gamma) - 2\omega_3 \dot{r}_3 \text{cos} \theta_3 \end{bmatrix} \quad (37)$$

Es vital señalar la importancia de la selección del orden de las variables. Los términos  $u_j^{\parallel}$  son  $r_3, \theta_3$ , en ese orden expresado: primero el parámetro de longitud y después el parámetro angular. Una vez definido ese orden, no es recomendable cambiarlo debiendo permanecer como  $u_1=r_3$  y  $u_2=\theta_3$ . Si se cambia el orden de los parámetros, se debe tomar en cuenta que las columnas definidas en la matriz *Jacobiana* se intercambiarán, debido a las propiedades propias de las matrices. De manera obvia, el orden de los parámetros se seleccionan al inicio y no existe regla para definir cuál primero, sólo es cuestión de gusto.

## 2.4 Ejemplo de aplicación

Se procede ahora a la aplicación de la formulación resultante utilizando valores numéricos de un ejercicio en particular. Como datos iniciales y conocidos para el primer análisis de posición, se tienen las siguientes dimensiones, en unidades de longitud ( $ul$ ):  $r_1 = 4$ ,  $r_2 = 2$ ,  $r_4 = 4$ ,  $\gamma = 90^\circ$ ,  $\theta_1 = 30^\circ$ ,  $\theta_2 = 120^\circ$ . Con la aplicación de la ec. (1), un análisis de posición arroja los siguientes resultados:  $r_3 = 2.00$  y  $\theta_3 = 66.8699^\circ$ . Con la función expresada en la ec. (5), tenemos que  $\theta_4 = 156.8699^\circ$ . Con ésta información y un valor del elemento motriz de velocidad angular  $\omega_2 = 10 \text{ rad/seg}$ , aplicando la ec. (2) para realizar un análisis de velocidad, se tienen los siguientes resultados:  $\dot{r}_3 = 40.00 \text{ ul/seg}$  y  $\omega_3 = -6.00 \text{ rad/seg}$ .  $\dot{r}_3$  representa la velocidad lineal con la que el eslabón 3 se desliza con respecto al eslabón 4.  $\omega_3$  es la velocidad angular del eslabón 3. Si se deriva la ec. (5), y como consecuencia de la configuración física y geométrica del mecanismo, se concluye que  $\omega_3 = \omega_4$ , es decir, la velocidad angular del eslabón 3, es la misma velocidad angular del eslabón 4. Si se conoce el valor de la aceleración angular,  $\alpha_2 = 2 \text{ rad/seg}^2$ , aplicando la ec. (3) para realizar el análisis de aceleración en su forma particular para el mecanismo inversión biela-manivela, de acuerdo a la ec. (37), se obtienen los siguientes términos numéricos, evaluando la matriz jacobiana y los términos del lado derecho, obteniéndose la ec. (38):

$$\begin{bmatrix} 0.3928 & -0.2679 \\ 0.9196 & 4.4641 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{r}_3 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -377.2436 \\ 373.4050 \end{bmatrix} \quad (38)$$

Simultanizando la ecuación anterior, se obtienen los siguientes resultados:  $\ddot{r}_3 = -792.00 \text{ ul/seg}^2$ , y  $\alpha_3 = 246.80 \text{ rad/seg}^2$ . Por la misma razón expresada en el análisis de velocidad, en aceleración se concluye que  $\alpha_3 = \alpha_4$ , la aceleración angular del eslabón 3 es la misma que la aceleración angular del eslabón 4 y  $\ddot{r}_3$  representa la aceleración lineal con la que el eslabón 3 se desliza con respecto al eslabón 4. En la figura 4 se muestra el mecanismo del ejemplo de aplicación.

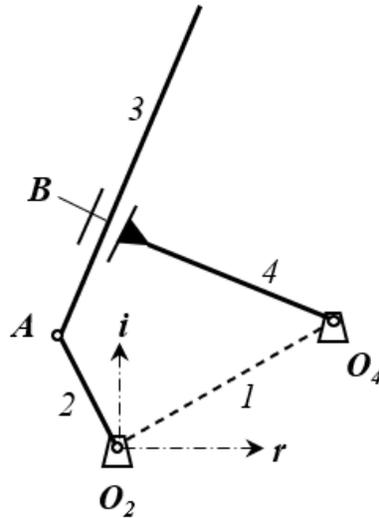


Figura 4. Mecanismo inversión biela-manivela.

### 3 | CONCLUSIONES

Este tipo de ecuaciones, presentan como ventaja principal, que proporcionan el modelo matemático, ya sea en forma de ecuaciones simultáneas lineales o en formato matricial, del análisis de aceleración sin tener que pasar por la formulación del sistema de velocidad ni por el sistema de posición angular, aunque para su solución sí requiere los valores numéricos emanados de ellos. En suma, la formulación del análisis de aceleración, es independiente de las formulaciones, tanto de velocidad como de posición.

La formulación de aceleración, ec. (3), toma en cuenta la *componente de la aceleración de Coriolis*, que sólo se produce cuando está presente el movimiento de un vector *tipo III*, cuando en el mecanismo contiene un par cinemático de tipo prismático (*P*) con dirección variable. Estas condiciones se presentan en mecanismos más complejos y puede ser utilizada ésta formulación en mecanismos y maquinaria que utilicen pistones hidráulicos, dispositivos mecánicos donde se presentan dichas características de movimiento. Si el

mecanismo contiene sólo pares revolutas ( $R$ ) y pares prismáticos ( $P$ ) con dirección definida y constante, la condición de *Coriolis* desaparece y la formulación se simplifica.

Los pasos comprendidos entre la ec.(3), y su expresión final, ec. (37), puede codificarse bajo cualquier lenguaje de programación para su automatización en el cálculo de sus valores numéricos. Puede realizarse para este mecanismo en particular, o formularse como un procedimiento para aplicarse a cualquier mecanismo general. Esto último requeriría código de programación más avanzado perteneciente al área de desarrollo de software.

El desarrollo de la ec. (3) aplicado al mecanismo inversión biela-manivela, corresponde a un mecanismo básico o simple. La misma ecuación puede ser aplicada a mecanismos complejos, aquellos que requieren de 2 o más ecuaciones de cierre vectorial. El procedimiento listado de la ec. (4) a la ec. (37), se repite para cada ecuación vectorial. De esta manera, una ecuación vectorial de cierre produce un sistema lineal y simultáneo de  $2 \times 2$ ; dos ecuaciones de cierre vectorial, dan lugar a un sistema lineal de  $4 \times 4$  y así sucesivamente.

Por la forma en que se encuentra formulada la ec. (3), no es común que sea estudiada como tal en los cursos normales de la asignatura de *Análisis y Síntesis de Mecanismos*. Esta forma se presta más para niveles de posgrado en la materia. Es necesario para su mejor comprensión, competencias previas adquiridas en las áreas de ciencias básicas de ingeniería.

## REFERENCIAS

Avello, A. (2014). *Teoría de máquinas*. Univ. de Navarra: TECNUN.

Borovin, B. F. (2014). La aplicación del método de fragmentación en la enseñanza de cinemática de mecanismos. *Científica*, 18(1), 17-24.

Cardona Foix, S. (2001). *Teoría de máquinas*. Barcelona: UPC.

Erdman, Arthur G.; Sandor, George N.; (1998). *Diseño de mecanismos, análisis y síntesis* (3a. ed.). Naucalpan de Juárez, Edo. de México, México: Prentice Hall.

Lopez-Custodio, P. C. (2012). Análisis cinemáticos de orden superior de cadenas cinemáticas planas y sus aplicaciones. *Acta universitaria*, 22(4), 23-33.

Nikravesh, P. E. (1988). *Computer-Aided Analysis of Mechanical Systems*. New Jersey, U.S.A.: Prentice-Hall, Inc.

Norton, R. L. (2013). *Diseño de Maquinaria, síntesis y análisis de máquinas y mecanismos* (5a. ed.). México, CDMX, México: McGraw Hill.

# CAPÍTULO 3

## O USO DO PPCP – PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM DEMANDAS OSCILANTES

*Data de aceite: 01/11/2022*

*Data de submissão: 07/08/2022*

### **Andréa Cristina da Silva**

Universidade Santo Amaro (UNISA)  
São Bernardo do Campo-SP  
<http://lattes.cnpq.br/3645171009449423>

### **José Fernando Faro**

Pontifícia Universidade Católica (PUC)  
São Bernardo do Campo-SP  
<http://lattes.cnpq.br/5389115115117099>

**RESUMO:** A presente pesquisa bibliográfica enfatiza a importância de se conhecer bem a demanda para que ações ou estratégias possam ser adotadas pelos gestores das empresas. Discute-se a demanda oscilante e o papel do Planejamento, Programação e Controle da Produção, PPCP, neste contexto. Considerando as mais diversas variáveis que atuam em qualquer organização, sejam estas controláveis ou incontroláveis, algumas funções de curto prazo passam a ter uma importância ainda maior, é o caso da Programação. Além disso, ainda que seja mais difícil, o planejamento deve se fazer presente em demandas oscilantes, forçando a empresa a estreitar ainda mais os seus vínculos com seus parceiros (clientes, fornecedores, prestadores de serviços, etc.). É ressaltada ainda, a importância das informações de chão de fábrica, que devem ser completas e precisas. A manufatura tem um papel fundamental na obtenção e tratamento destas informações.

Menciona ainda o papel decisivo dos programas, sistemas integrados, bem como a gestão apropriada dos executivos das empresas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Demanda. Oscilante. PPCP. Sistemas. Manufatura.

### THE USE OF THE PPCP – PLANNING, PROGRAMMING AND CONTROL OF PRODUCTION IN OSCILLATING DEMANDS

**ABSTRACT:** The present bibliographic research emphasizes the importance of knowing the demand well so that actions or strategies can be adopted by the managers of the companies. The fluctuating demand and the role of Production Planning, Programming and Control, PPCP, are discussed in this context. Considering the most diverse variables that work in any organization, whether these are controllable or uncontrollable, some short-term functions become even more important, such as Programming. In addition, even though it is more difficult, planning must be present in fluctuating demands, forcing the company to further strengthen its links with its partners (customers, suppliers, service providers, etc.). The importance of the shop floor information is also emphasized, which must be complete and accurate. Manufacturing plays a key role in obtaining and processing this information. It also mentions the decisive role of programs, integrated systems, as well as the proper management of company executives.

**KEYWORDS:** Demand. Oscillating. PPCP. Systems. Manufacturing.

## 1 | INTRODUÇÃO

O PPCP: Planejamento, Programação e Controle da Produção pode ser utilizado por qualquer empresa de qualquer segmento de atuação. Fato preponderante para o uso adequado desta metodologia é a análise e interpretação consistentes da demanda da empresa.

Muitas empresas investem em sistemas caríssimos, mas se esquecem do básico, que é ter dados precisos, confiáveis, que serão tratados e utilizados por diversas áreas, e a partir destes, todo um sistema de planejamento será acionado.

Ainda que a demanda se mantenha oscilante ao longo de um período significativo, o PPCP contribui para planejar não somente o atendimento de uma demanda variável (para mais e para menos), mas também para definir estratégias de produção, programação de linhas, otimizações, racionalizações, balanceamento de linhas, etc., enfim, podendo auxiliar ou complementar estratégias em curso ou aquelas planejadas, de modo a assegurar uma efetividade maior nos níveis de produção e seus controles.

## 2 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho é a pesquisa bibliográfica. Desta forma, a base do estudo está focada nos principais autores que versam sobre PPCP e Administração da Produção, além de outras referências importantes para que possamos estabelecer pontos e contrapontos ao longo de todo o trabalho de pesquisa científica.

## 3 | DEMANDA

A demanda pode se apresentar de diversas formas. Está sujeita a se modificar em função de variáveis controláveis e não controláveis, que atuam em qualquer empresa.

Desta forma, a demanda pode estar sujeita a mudanças econômicas, sociais e até mesmo culturais. Assim, a função planejamento tem um papel fundamental para que a empresa possa, quando possível, antever eventuais variações ou mudanças bruscas na demanda para que possa se precaver.

Para Martins e Laugení (2006, p. 226), os padrões mais comuns são:

- Média: as mudanças da demanda estão em torno de um valor constante;
- Linear: a demanda cresce ou decresce linearmente;
- Não linear: a demanda cresce ou decresce não linearmente;
- Sazonal: a demanda cresce ou decresce em certos períodos.

O presente estudo tem o objetivo de abordar um padrão de demanda que difere dos acima referenciados. Chamado aqui, no presente trabalho, de oscilante, foca as particularidades das demandas que se pode visualizar em economias instáveis e bastante

fragilizadas por variáveis incontroláveis, mas muitas vezes por aquelas consideradas controláveis, mas que também acabam por afetar as estruturas organizacionais. Ainda que tenhamos demandas oscilantes, a função planejar deve se fazer presente nas estratégias e ações de qualquer empresa.

Conforme Moreira (2008, p. 294), planejar é uma atividade comum a qualquer tipo de empresa, independentemente de seu tamanho ou segmento de atuação. Complementa ainda, ao explanar sobre a previsão de demanda, que a mesma é um processo racional de busca de informações acerca do valor das vendas futuras, e que deve fornecer informações acerca de qualidade, localização, dentre outros.

Conforme Corrêa, Gianesi e Caon (1999, p.228), os principais elementos da gestão da demanda (figura 1) influenciam decisivamente a estratégia de qualquer empresa e devem ser constantemente analisados pelas áreas competentes da organização.



Figura 1 – Principais elementos da gestão de demanda

Fonte: Adaptado de Corrêa, Gianesi e Caon (1999)

### 3.1 Previsão

De acordo com Martins e Laugeni (2006, p. 226), temos:

- Planejamento: processo lógico que descreve as atividades necessárias para ir do ponto no qual nos encontramos até o objetivo definido;
- Predição: processo para determinação de um acontecimento futuro baseado em dados completamente subjetivos e sem uma metodologia de trabalho clara;
- Previsão: processo metodológico para determinação de dados futuros baseados em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida.

### 3.2 Métodos de previsão

Os métodos de previsão conhecidos são os Qualitativos e os Matemáticos, sendo que este último se desdobra em causais e séries temporais.

Para Moreira (2008, p. 294), os métodos Qualitativos fundamentam-se no julgamento das pessoas, que direta ou indiretamente, opinam sobre a demanda futura. Já os métodos Matemáticos, como o próprio nome sugere, utilizam modelos matemáticos para se obter os números previstos.

Já os modelos matemáticos necessitam de dados, informações quantitativas preliminares.

A figura 2, apresenta o modelo genérico voltado para previsão de vendas, conforme Corrêa, Gianesi e Caon (1999, p.236).

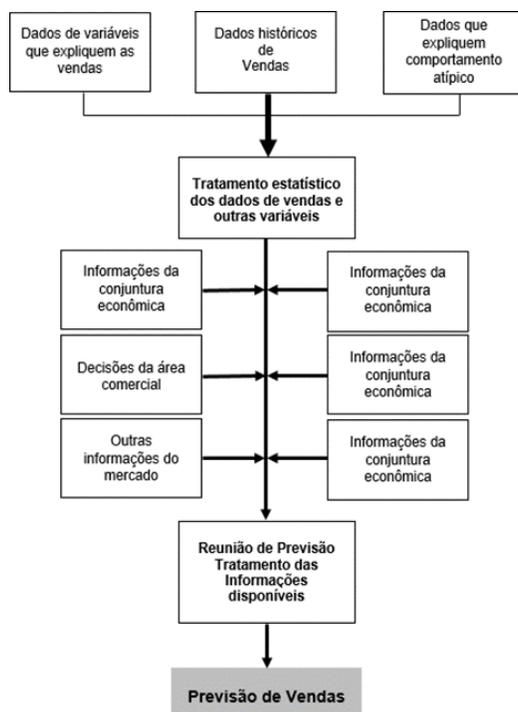


Figura 2 – Sistema genérico de previsão de vendas

Fonte: Adaptado de Corrêa, Gianesi e Caon (1999)

Pensando em uma demanda oscilante, que ora apresenta volumes elevados para atendimentos, ora apresenta queda nos volumes ou ainda, ora mantém os volumes em níveis médios, o atendimento de todas estas variantes depende muitos das estratégias da organização, bem como da utilização forte dos métodos qualitativos.

A proximidade de clientes e fornecedores deve ser intensa. A constante busca por

fontes de fornecimento e de firmar parcerias sólidas nas duas pontas é objeto de trabalho árduo e constante.

Além disso, estratégias voltadas para os estoques também se faz necessária. Considerar muitas vezes, não somente a formação de estoque de segurança, mas também aquele que seja regulador em função de constantes oscilações se faz necessário.

## 4 | PPCP

O Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) possui funções claras, que visam entender a demanda, traduzindo-a para as linguagens e rotinas empregadas pela empresa.

A figura 3, apresenta as interfaces do PPCP com diversas áreas da empresa, bem como os papéis e responsabilidade de cada uma delas.

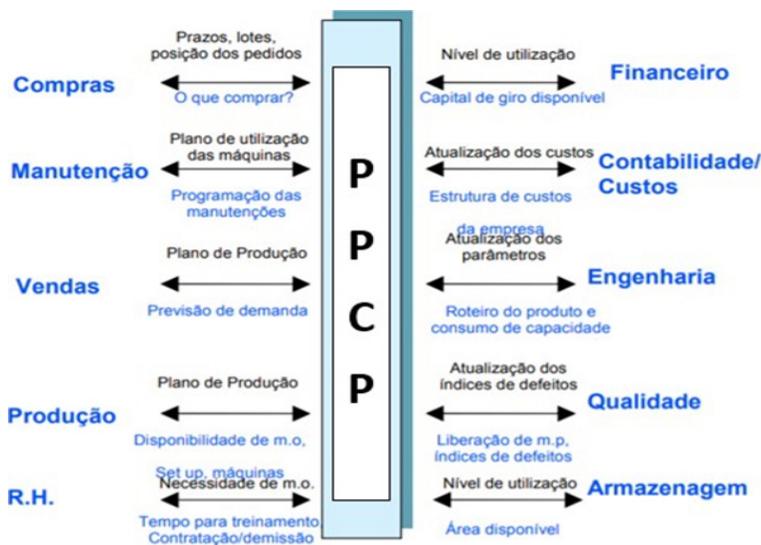


Figura 3 – Modelo de PPCP

Fonte: Adaptado de Souza (2009)

### 4.1 PPCP no chão de fábrica

Favaretto explana sobre os processos em uma organização.

Um conjunto destes processos é a Gestão da Produção, responsável por todas as atividades da produção, desde a compra da matéria prima até a expedição. Entre os processos de Gestão da Produção, o de Planejamento, Programação e Controle da Produção merece destaque. Este processo é responsável por todos os níveis de planejamento da produção, desde as estratégias de longo prazo até a sequência de atividades de um equipamento

de produção (FAVARETTO, 2001, p.1).

Desde a análise e previsão de vendas, até os aspectos de entrega e pós-entregas, todas as partes envolvidas são importantes para compor o todo. Somado a isto, temos a gestão dos estoques, fundamental principalmente nos casos onde a demanda observada é a oscilante.

A figura 4, apresenta o ciclo de geração e uso de dados de chão de fábrica:

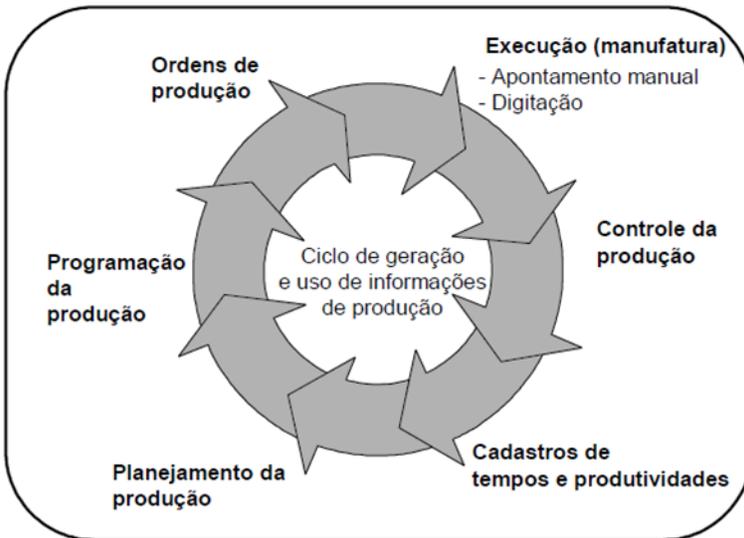


Figura 4 – Ciclo de geração e uso de dados de chão de fábrica

Fonte: Favaretto (2001)

## 5 | DEMANDAS OSCILANTES

As demandas oscilantes não podem ser confundidas com aquelas consideradas lineares ou não lineares, conforme ressaltado anteriormente. Este tipo de demanda pode se modificar rapidamente por variáveis controláveis e incontroláveis.

Como exemplo, temos alguns segmentos, que apesar do triste cenário de pandemia vivido em 2020 e persistindo em 2021, tiveram grandes avanços, conquistando novos mercados e solidificando suas posições estratégicas. É o caso das indústrias químicas (álcool em gel, desinfetantes, bactericidas, etc.), indústria alimentícia, dentre outras.

Podemos então considerar uma demanda oscilante em situações como esta, onde, durante um determinado período tiveram grande crescimento, que pode ir se acomodando com o passar do tempo, mas ainda com uma demanda significativa, ou até mesmo diminuir ou voltar a oscilar caso outros eventos ocorram.

O mercado organizacional é constituído por todas as organizações que

produzem bens e serviços utilizados na produção de outros produtos ou serviços que são vendidos, alugados ou fornecidos a terceiros, constituindo-se em uma ampla rede de organizações que fazem negócios entre si para o desenvolvimento de produtos e serviços que serão comercializados a um consumidor final, que normalmente não é uma organização. Algumas empresas são dedicadas unicamente ao mercado organizacional, enquanto outras estabelecem negócios tanto com o mercado organizacional quanto com outros (Kotler e Keller, 2006, p.208).

Ainda para Kotler e Keller (2006, p.208), no mercado organizacional, a demanda é mais volátil que no mercado de consumo, pois um pequeno consumo ou redução percentual na demanda no mercado de consumo pode representar em até dez vezes mais ou dez vezes menos no mercado organizacional.

Isto explica o fato da demanda oscilante possuir variantes em relação ao mercado de consumo e mercado organizacional.

Este comportamento da demanda, difícil de se prever, no curto prazo leva os gestores a tomarem ações cada vez mais criativas e focadas no conjunto de oportunidades que se apresenta, sem deixar de avaliar os riscos da operação.

## 5.1 Gestão de estoques

Para atendimento às demandas oscilantes, a gestão de estoques é imprescindível, já que determinará o atendimento ou não de pedidos, reprogramações e mudanças constantes impostas pelos clientes.

Em alguns segmentos, a velocidade das mudanças é enorme, exigindo um poder de reação das empresas na mesma velocidade.

Conforme Corrêa, Giansesi e Caon (1999, p.48) as principais razões para o surgimento e manutenção dos estoques pode ser:

- **Falta de coordenação:** pode ser impossível ou inviável coordenar as fases do processo de transformação de forma a alterar suas curvas de suprimento e consumo para que estas sejam iguais, dispensando a necessidade de estoque entre elas.
- **Incerteza:** nos casos em que as taxas futuras não são previsíveis, por exemplo, o consumo não se dá com base em pedidos colocados com grande antecedência, temos a situação em que há incertezas quanto às taxas de consumo e suprimento.
- **Especulação:** em muitas situações, a formação de estoques não se dá para minimizar problemas como falta de coordenação ou incerteza, mas com intenção de criação de valor e correspondente realização de lucro.

O que observamos nas demandas oscilantes, em geral, está associado às incertezas, já que as taxas futuras não são previsíveis ou ainda podem ser alteradas com grande velocidade.

As demandas oscilantes estão atreladas a diversas variáveis, que fogem do controle da empresa. São variáveis de natureza social, econômica, cultural, etc. Um exemplo disso, é a demanda por produtos de higiene e limpeza no momento atual em que vivemos a pandemia do COVID-19 desde o início do ano de 2020. A demanda por produtos químicos: álcool, desinfetantes, bactericidas, oscilou e continua a oscilar em função dos números e resultados obtidos com as medidas de distanciamento.

Espera-se, que após a vacinação em massa, alguns bons hábitos de higiene e limpeza permaneçam, porém é imprevisível planejar esta demanda no momento, ou seja, existe uma grande incerteza.

Para Corrêa e Corrêa (2006, p.516), os estoques estão no topo das preocupações dos gestores de operações e gestores financeiros, sendo que estes últimos consideram a elevação dos custos por conta da formação de estoques, apesar dos gestores comerciais considerarem os prejuízos do não atendimento aos clientes pela indisponibilidade de estoques. Ao mesmo tempo, é frequente encontrar operações com altos níveis de estoques, mas contraditoriamente com baixos níveis de atendimento aos clientes.

Daí a importância, nas demandas oscilantes, em se pensar na gestão dos estoques para produtos de alto giro e que contribuem decisivamente com o resultado da empresa.

Conforme Corrêa (2010, p.271), o surgimento dos estoques pode ser explicado em função de alguns aspectos principais, conforme figura 5.



Figura 5 – Razões para o surgimento dos estoques

Fonte: Corrêa (2010)

Com demandas oscilantes, o plano mestre acaba sendo revisado frequentemente, razão pela qual necessita reunir informações confiáveis e abrangentes, que possam ser utilizadas no processo decisório.

A figura 6, apresenta o planejamento das necessidades de materiais, conforme adaptado de Slack (2010).



Figura 6 – Planejamento das necessidades de materiais

Fonte: Slack (1999)

## 5.2 Estratégias para demandas oscilantes

As estratégias a serem empregadas, no caso de demandas oscilantes são das mais diversas, e podem ir desde a concessão de descontos até a oferta de promoções de produtos e serviços complementares.

Araújo (2010, p.107) inicia a abordagem, relacionando alguns teóricos, e fundamentando suas proposições em relação as estratégias no caso de demandas com grande variação, apresentando as seguintes estratégias:

- Compras estratégicas: subdivide em sistemas puxados de compra, alianças estratégicas de longo prazo, desenvolvimento de fornecedores, gestão de estoque pelo fornecedor, ciclos frequentes de transporte.
- Políticas comerciais e de precificação comercial: subdivide em preço baixo todo dia, desconto para pedidos frequentes e constantes, precificação orientada pelo recurso restritivo.
- Medidas de desempenho encorajadoras de nivelamento: subdivide em processo de desenvolvimento de produto, processo de compras e vendas, processo produtivo.
- Desenvolvimento estratégico do produto: subdivide em plataforma de produtos,

projeto de produto e processo integrados, compensação sazonal de vendas.

- Manufatura enxuta visando flexibilidade operacional: subdivide em troca rápida de ferramentas, nivelamento da produção, células flexíveis de manufatura.
- Integração vendas e produção: máscara de nivelamento de vendas e produção.
- Pontuação de produção para cálculo de capacidade.

As estratégias apresentadas acima, compreendem ações em processos diversos, onde a interação dos mesmos tem papel decisivo para a adoção das melhores ações, que possam minimizar o impacto de demandas oscilantes.

O PPCP tem grande importância nestas estratégias, já que passa a ser o processo, função que reúne diversas atividades operacionais, considerando as flutuações da demanda e as ações estratégicas de produção em termo de capacidade, viabilidade técnica e comercial, alocação de recursos dos mais diversos, além de tantas outras ações rotineiras e contínuas.

## 6 | CONCLUSÃO

Em função da pesquisa bibliográfica realizada, constatamos que muitos autores abordam o Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) para as demandas mais usuais, ou seja, para as demandas médias, lineares, não lineares e sazonais.

O PPCP facilita o entendimento das características de cada sistema produtivo e sua relação com as atividades de planejamento e controle destes sistemas.

Nossa pesquisa foi baseada em demandas oscilantes ou variáveis que chegam a ser referenciadas em alguns estudos ou pesquisas evidenciando a dificuldade em se utilizar métodos efetivos para planejamento e controle da produção.

Demandas oscilantes se apresentam sem dar certos sinais ou marcar períodos específicos para acontecerem, assim como tem ocorrido com a pandemia pelo COVID-19.

A incerteza de uma demanda implica em se ter uma estrutura e profissionais competentes para balancear linhas de produção, gerir estoques e conduzir as etapas dos processos de preparação e atendimento de pedidos.

Entendemos que uma gestão efetiva voltada para PPCP estabelece relações internas e externas que favorecerão o entendimento, adaptação e consistência por parte da empresa em relação a atuação de seus processos frente ao desafio em atender demandas que sejam oscilantes.

Destacamos em boa parte do estudo, a importância do planejamento, no caso de demandas oscilantes, pois em geral, oscila ao acaso, não planejar já seria uma estratégia errada pensando em atender este tipo de demanda.

Concluimos que PPCP para demandas oscilantes, levam empresas a fazerem o exercício contínuo de analisar os cortes e aumentos de volumes, preparar os processos

de manufatura, gestão dos estoques, correção dos rumos da empresa para satisfação e atendimento ao mercado, que por sua vez, tem estado mais competitivo e exigente.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, César Augusto Campos de. **Estudo de causas e estratégias para lidar com a variação na utilização da capacidade dos recursos produtivos em ambientes de empresas enxutas.** Tese de doutorado. São Carlos, 2010.

CORRÊA, Henrique L. **Gestão de redes de suprimento: integrando cadeias de suprimentos no mundo globalizado.** São Paulo: Atlas, 2010.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

FAVARETTO, Fábio. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica.** Tese de doutorado apresentada à Escola de Engenharia da USP. São Carlos, 2001.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de marketing.** 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção.** Edição Compacta. São Paulo: Atlas, 1999.

SOUZA, Fábio R. S. **Planejamento e Controle da Produção.** Universidade Cândido Mendes – Pós-Graduação Lato Sensu. Rio de Janeiro, 2009.

## OS REFLEXOS DA LIDERANÇA NA FIDELIZAÇÃO DO CLIENTE

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Marco Andre Matos Cutrim**

**Jéssica Pereira Alves**

**Andielle Martins Oliveira**

<http://lattes.cnpq.br/2369850476527426>

**Antonilton Serra Sousa Junior**

<http://lattes.cnpq.br/0997929377091657>

**Jean Weberth Magalhães Pinto**

**RESUMO:** A escolha dessa temática aconteceu pela significativa importância da liderança como fator motivacional nas organizações que está diretamente ligada ao bem-estar dos profissionais e conseqüentemente de seus clientes, tendo em vista que esse aspecto é responsável pela realização de um trabalho com excelência. O objetivo geral consiste em analisar a diferença entre o chefe e um líder e a sua atuação para que a fidelização do cliente aconteça de forma eficiente. Então, questiona-se: qual a postura que o líder deverá ter diante de sua equipe? O que isso reflete para os clientes? Para isso, adotou-se uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos e sites que possam fundamentar o tema proposto. A liderança, a motivação de seus liderados e os reflexos que essa postura traz para os clientes proporcionam benefícios à empresa, possibilitando melhores resultados, por isso o papel do mesmo deve ser entendido como uma das principais causas no desempenho de uma empresa. Conclui-se que a liderança e

a valorização das pessoas ao seu redor devem ser elementos imprescindíveis dentro da organização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Liderança. Cliente. Motivação. Equipe.

**ABSTRACT:** The choice of this theme was due to the significant importance of leadership as a motivating factor in organizations that is directly linked to the well-being of professionals and, consequently, of their customers, given that this aspect is responsible for carrying out a work with excellence. The general objective is to analyze the difference between the boss and a leader and their performance so that customer loyalty happens efficiently. So, the question is: what posture should the leader have in front of his team? What does this reflect for customers? For this, a bibliographic research was adopted in books, articles and websites that can support the proposed theme. The leadership, the motivation of its people and the reflexes that this posture brings to the customers provide benefits to the company, enabling better results, so the role of the same must be understood as one of the main causes in the performance of a company. It is concluded that leadership and the appreciation of the people around them must be essential elements within the organization.

**KEYWORDS:** Leadership. Client. Motivation. Team.

### 1 | INTRODUÇÃO

Anteriormente, as empresas tinham um foco voltado para as máquinas, linhas de

produção e marketing apelativo, pois era baseada na produção em massa. Não visavam a qualidade dos produtos, gerando muito retrabalho e perda de tempo, dinheiro e material, havendo, no entanto, um retorno financeiro, único foco estabelecido. Contudo, começou a aumentar a competitividade do mesmo segmento, tornando os clientes cada vez mais exigentes, de modo a aumentarem os critérios das suas escolhas e não apenas comprar de um único fornecedor.

Visualizando a mudança de comportamento, as companhias começaram a substituir suas estratégias, tanto de atendimento para fidelizar seus clientes, como sua gestão interna que era realizada pela figura do chefe, desempenhando um papel de apenas mandar, exigir, cobrar, pressionar e seus funcionários teriam que aceitar. No entanto, com a instalação de um novo cenário, esse comportamento também sofreria alterações, pois estava refletindo no fim do processo e o mais importante, a venda e a fidelização do cliente.

Com isso, a figura do chefe começa a sofrer modificações e as empresas passam a ter líderes à frente de sua gestão, os quais têm total preocupação com o bem-estar de sua equipe e os motivam a ter o melhor rendimento. Passou-se a observar que uma equipe totalmente engajada com suas metas, estratégias e vida pessoal gera melhores resultados para a organização.

A motivação e o engajamento da equipe são importantes simplesmente por permitirem que o líder ultrapasse os objetivos organizacionais e tenha as metas atingidas, resultando em melhora no desempenho, reafirmando a grande importância acadêmica no estudo dessa questão.

Observando as transformações que vinham acontecendo, qual a importância da figura de um líder dentro de uma empresa? O que isso reflete nas vendas e na fidelização dos clientes?

O artigo tem como objetivo específico conceituar a diferença entre um chefe e um líder e a importância da sua gestão para que a empresa cumpra todos os processos com qualidade e seu objetivo final que é vender.

O tipo de pesquisa apresentado neste trabalho é uma revisão bibliográfica, no qual foi realizada uma consulta a livros, artigos científicos, monografias, teses, e-books, entre outros.

## 2 | LÍDER X CHEFE

Liderar parte de uma palavra de origem inglesa, *leader*, que significa conduzir, guiar, comandar, persuadir. Surgiu no ano de 1300 dentro da função de conduzir, porém foi na metade do século XIX, que o tema liderança ganhou grandes proporções. Segundo o dicionário online Dicio (2021), chefe é a pessoa que governa, comanda, dirige, pessoa que detém o poder em uma empresa. Já o líder influencia o modo de pensar ou no comportamento de alguém, sendo seu porta voz.

Liderança é uma atividade que vai além do processo de exercício pessoal do poder ou dar poder a outras pessoas (MUSSAK, 2010). O chefe comanda sua equipe, através de ordens e espera que sejam cumpridas, não admite erros de seu grupo, mas se beneficia dos resultados, tem uma visão inteiramente voltada para o lucro e se aproveita de sua hierarquia. Porém, os envolvidos se sentem desmotivados, realizam as tarefas para finalizarem rápido o trabalho, sem prazer e sem entender a importância de fazer bem-feito, seja lá qual for sua função. Nesse cenário, não fica evidenciado o impacto que a figura autoritária ocasiona.

“Líderes eficazes lideram inspirando outras pessoas e não dando ordens” (MUSSAK, 2010). Eles entendem que o sucesso do trabalho não cabe só a si, é traçando metas divididas e trabalhadas com todos os que são liderados. O bem-estar da equipe está em primeiro lugar, pois é claro que quanto mais se tem um grupo engajado e motivado, as chances de obterem excelentes resultados são muito altas, além disto, assume total responsabilidade junto com os demais, caso erros aconteçam. No Quadro 1 a seguir são exemplificadas as diferenças entre líder e chefe.

<b>Líder</b>	<b>Chefe</b>
Liderança informal	Autoridade Formal
Emerge do grupo	É colocado no cargo
Surge da crença dos liderados	Comum acordo
Produto de inúmeros fatores	Atributo Singular
Inspira confiança	Exerce controle
Visão de longo prazo	Visão de curto prazo
É seguido por acreditarem nele	É obedecido pelo seu posto

Quadro 1 - Diferença entre chefe e líder

Fonte: Adaptado de GP concursos (2012)

Em meio a tantas mudanças políticas, sociais e econômicas que vêm acontecendo, o perfil de um líder também vem mudando gradativamente. Essa característica de liderança agora é tida como necessidade e não mais como um diferencial que uma empresa vem a ter. “Antigamente, focava-se principalmente nos produtos e nos serviços entregues. Hoje, o foco de interesse passa para as pessoas” (KRAMES, 2006). Com isso é adotada a estrutura de recompensa como incentivo para que o funcionário supere sua meta, isso se confirma quando o autor diz que um dos principais papéis do líder é estimular o trabalho em grupo.

O maior desafio dos atuais líderes está na melhoria dos relacionamentos interpessoais e trabalhos em grupos, já que uma única pessoa fora de foco pode ser má influência sobre a equipe. Por isso o líder do século XXI está preocupado com as pessoas e vem trabalhando para, com e por elas, sendo exemplo para os demais.

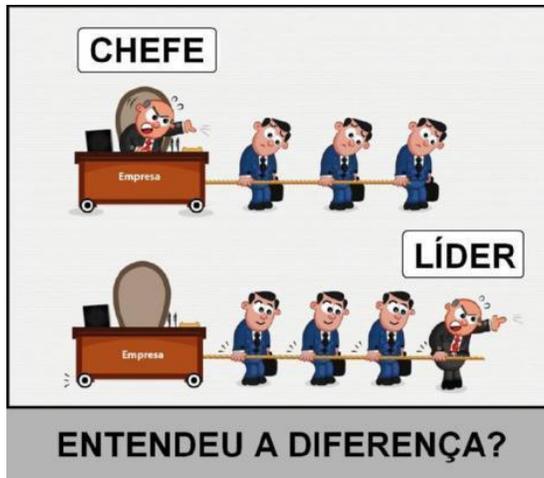


Figura 1 – Chefe x Líder

Fonte: Adaptado de Gservices (2014)

## 2.1 Liderança

Chiavenato (2014) cita os principais tipos de líderes e comportamentos existentes no meio empresarial, são eles:

**Liderança Autocrática:** o líder toma decisões individuais e é focado apenas nas tarefas, desconsiderando a opinião de sua equipe;

**Liderança Democrática:** líder voltado para as pessoas e há participação dos demais nas decisões;

**Liderança Liberal:** o grupo já atingiu um nível de maturidade e não precisa de supervisão constante, com isso pode colocar seus projetos em práticas.

Há uma visão moderna no mercado acerca do conceito do líder estratégico, baseado no desempenho dos funcionários e da empresa, buscando o melhor para ambos. Uma comunicação adequada é essencial para a liderança, pois permite que as negociações, resolução de conflitos e delegação de funções aconteçam de maneira correta.

Gaehtgens (2017) diz que liderar, no século XXI, nos leva ao paradigma de olhar para o ser humano nas dimensões corpo, mente, coração e espírito, e este é um desafio que exige do líder autoconhecimento, disciplina e desenvolvimento.



Figura 2 – Hierarquia das necessidades e das respostas, segundo Chopra

Fonte: Adaptado de Chopra (2002, p. 2)

Por ser um cargo de influência, está associado a estímulos e incentivos que possibilitam a provocação da motivação em seus liderados, a fim de que suas funções sejam exercidas de forma comprometida. Para que isso ocorra, existem três principais funções que a liderança deve possuir para atingir objetivos empresariais, como: explorar, alinhar e dar autonomia, como bem asseguram Hesseelbein et al. (1996, p. 163).

A liderança é uma propriedade básica na gestão efetiva de pessoas, é responsável pelo direcionamento dos esforços vindos da motivação. A forma como o gestor lidera terá reflexo na satisfação do empregado e de seus clientes também, isso se torna fundamental para redução da insatisfação de seus funcionários e conseqüentemente de seus clientes.

## 2.2 Fidelização de cliente

Cristina Moutella (2003) explica que, na década de 90, as empresas tinham um foco voltado exclusivamente para produto e o marketing, isto é, o processo era muito mecanizado. As propagandas e produtos eram voltados para todos os clientes, não possuía a visão e o interesse em saber a quem eram destinadas, o que queriam e quanto poderiam pagar, ou seja, não havia valor agregado ao produto. Além disso, a competitividade era enxuta, com isso o foco era todo voltado na produção, os clientes não tinham poder de escolha, ficavam constantemente insatisfeitos e não havia onde reclamar. As empresas conquistavam muitos clientes, mas também perdiam na mesma proporção.

PRODUTO	VENDAS	CANAIS	MARKETING	SERVIÇOS	CLIENTES
Foco no produto e na velocidade e exatidão das transações	Foco na performance de vendas por região. Transações em massa e marketing direto.	Foco na propaganda. Comunicações levam em consideração características demográficas	Aumento do número de canais de comunicação. Início da mudança de foco para as relações com clientes	Foco no uso histórico do cliente para otimização dos serviços. A informação em cada ponto de contato com o cliente é chave	Interação baseada na necessidade e no comportamento de cada cliente

Quadro 2 - Evolução do cliente diante da empresa

Fonte: Adaptado de Cistina Moutella (2003, p. 04)

Fidelização, segundo Barlow (1992), é uma estratégia usada pelas empresas para aumentarem o rendimento dos seus melhores clientes, em uma relação com valor agregado em seus produtos. Nesse sentido, para Griffin (1998, p. 33, apud PIZZINATTO, 2005, p. 132) “sempre que um cliente compra, avança por meio de um ciclo de compra. Cada passo nesse ciclo é uma oportunidade de conquistar fidelidade”.

“A Fidelização não deve ser tratada como uma questão de *software*, mas sim de atitude de cada membro de uma empresa” (CAETANO, 2007). Todos são responsáveis pelo cliente, desde o funcionário da limpeza, até o que fecha o pedido de compra, tudo está envolvido em uma experiência e é por isso que a liderança influencia no fim da cadeia.

Para as empresas, cliente fiel é aquele que permanece, sendo pelo serviço prestado ou pelo produto oferecido. Já a fidelização é o procedimento que torna alguém fiel, sendo realizações das estratégias utilizadas em um processo consecutivo para alcançar a fidelidade dos clientes, podendo cada empresa utilizar estratégias de acordo com sua necessidade. Com a fidelidade adquirida os clientes compram mais, são menos sensíveis aos preços e o atendimento torna-se menos custoso (KOTLER; ARMSTRONG, 2007).

Por esse motivo, o processo de fidelização do cliente tem que ser gerenciado cuidadosamente. Como em diversos outros serviços, a organização tem algo a contribuir para a qualidade final a ser percebida pelos clientes, embora toda a equipe deva contribuir para o desempenho deste serviço, averiguando qual a deficiência que necessita ser mais trabalhada, ou seja, onde houve uma falha, para que seja suprida e o cliente saia satisfeito.

Os líderes têm que tornar possível aos liderados a compreensão da importância do trabalho desempenhado na organização, pois o seu serviço faz total diferença para os demais. A partir desse entendimento, benefícios são refletidos nos clientes.

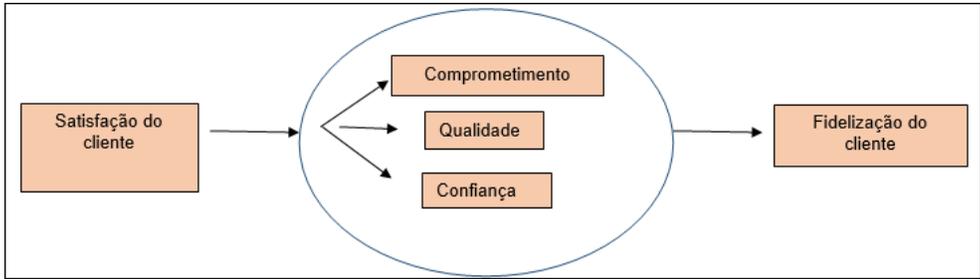


Figura 3 - Modelo teórico proposto por Henning-Thurau e Klee

Fonte: Adaptado de Henning-Thurau e Klee (1997, p. 742)

Como bem assegura Kotler e Armstrong (2007, p. 458) “lidar com clientes felizes faz com que os funcionários fiquem ainda mais satisfeitos, resultando em melhores serviços oferecidos e maior repetição de negócios”, ou seja, melhores resultados para a empresa. Afirmam ainda que as melhores empresas prestadoras de serviços acreditam que as relações com os seus funcionários refletirão sobre as relações com os consumidores.

De acordo com Bogman (2002, p. 20) “cliente fiel é aquele que sempre volta à organização por ocasião de uma nova compra ou transação, por estar satisfeito com o produto ou serviço. E fidelização é o processo pelo qual um cliente se torna fiel”. Nesse contexto, Souza (2009, p. 43) comenta que a fidelização do cliente, alvo desejado por qualquer organização, é alcançada quando a empresa alcança o nível de satisfação e dependência dos clientes em relação ao serviço/produto ofertado. Contudo, para que isso aconteça é preciso que se tenha uma administração de relacionamentos eficiente e eficaz.

Souki (2006) diz que em 1990 o foco era voltado ao produto, pois era novo, as empresas eram novas, mas, com o passar dos anos, a mudança de comportamento do cliente o fez buscar experiências. Essa visão empresarial veio após perceberem que depois que os clientes estão fidelizados, pagam mais caro pelo produto que estão adaptados, além disso são mais abertos a consumir produtos novos da marca e querem ser surpreendidos, ou seja, ter novas experiências.

Atrelado às experiências, uma empresa vende junto prazer, ninguém compra algo sem prazer, sem gostar, ou sem alegria.

Mooney e Bergheim (2002) propõem os sete mandamentos da demanda, que mostram as novas expectativas e necessidades de um consumidor mais exigente, exemplificados no Quadro 3.

Nº	Mandamentos	
1	Ganhe minha confiança	Toda empresa deve em primeiro lugar, conquistar a confiança e a lealdade do cliente
2	Inspire-me	O cliente compra emoções
3	Dê-me controle	O cliente deve sentir-se bem, sentir que domina em vez de ser dominado
4	Mandamento 24/7	Isto é, 24 horas, 7 dias por semana, conveniência e rapidez são essenciais
5	Conheça-me	Para fidelizar é preciso conhecer
6	Supere minhas expectativas	Agregue valor ao produto/serviço
7	Fique ao meu lado	Relacionamentos duradouros são construídos ao longo do tempo

Quadro 3 - Sete mandamentos da demanda

Fonte: Adaptado de Mooney e Bergheim (2002, p. 55)

“A Gestão da Qualidade Total é uma abordagem para a organização que busca a melhoria contínua de todos os seus processos, produtos e serviços” (KOTLER, 2000, p. 78). O contato com o cliente se inicia por meio de um atendimento, seja ele por telefone, e-mail, redes sociais, ou pessoalmente, por isso as organizações precisam estar atentas em oferecer um primeiro contato de excelência.

O termo qualidade total é a busca pela satisfação, não só dos clientes, mas de todos os que estão inseridos na cadeia, e deve estar em constante aperfeiçoamento, para alcançar a perfeição. Essa prática constante garante o crescimento de uma organização. Com isso, fornecer treinamento para a equipe e prestar um atendimento de alta qualidade pode se tornar um diferencial competitivo.

Para Freemantle (1994, p. 13), “o atendimento ao cliente é o teste final. Você pode fazer tudo em termos de produto, preço e marketing, mas, a não ser que você complete o processo com um atendimento ao cliente incrivelmente bom, corre o risco de perder negócios”.

É importante frisar que um atendimento de qualidade não se resume apenas a tratar bem o cliente, mas acrescentar benefícios a sua compra, experiência, superar suas expectativas até mesmo permitir que visualize o cuidado que os funcionários têm com a loja, com o produto e o carinho e atenção utilizados para gerar sua experiência.

Entrar em uma empresa e encontrar um ambiente harmonioso, organizado, pessoas felizes e satisfeitas por estarem ali, realizando um trabalho que lhe dão prazer, são detalhes percebidos pelo cliente e deixam o ambiente mais familiar e aconchegante, algo que causa prazer por estarem ali e passarem seu tempo.

Desse modo, fidelizar está relacionado a encantar, superar as expectativas do cliente, bem como saber a forma de atuar estrategicamente, que vai desde um simples atendimento, até uma prestação de serviço personalizado. Pois não existe nada mais frustrante para o cliente do que ficar repetindo informações já prestadas a empresa. (DICK

et al. apud CAMPANHÃ 2011, p. 22-23).

Torna-se oportuno mencionar que uma das formas mais óbvias de fidelizar o cliente é oferecendo algo diferenciado, exclusivo e que supere as suas expectativas, tendo em vista que o nível de satisfação de clientes vai muito além do valor ofertado pelo produto/serviço prestado. Para que se consiga comandar no mercado, o seguro é ampliar os níveis de retenção do cliente, vale lembrar que, para Gronroos (2009, p. 402), “Cliente retido é cliente antigo, quando bem gerenciados, cliente não bem assistido jamais voltará, ou trará novos clientes ao ambiente organizacional”.



Figura 4 - Porque se perde um cliente

Fonte: Adaptado de Marques (2006)

Segundo Marques (2006), a empresa perde um cliente por motivos que muitas vezes podem ser corrigidos. O consumidor que compra pouco não quer ser tratado com indiferença por quem compra mais. Porém, quem comprar mais quer ter um diferencial em relação aos outros, neste momento a organização precisa usar estratégias para que consiga agradar a ambos.

Contudo, nenhum cliente é igual ao outro, possuem diversos tipos de comportamento, a atenção e a fala com cada tipo é de extrema importância para obter sucesso. Pilares (1991) fez uma classificação dos tipos de clientes existentes e orienta para como lidar com cada um, conforme o quadro exposto a seguir.

<b>Tipos de Clientes</b>	<b>Características</b>	<b>Como lidar</b>
Impaciente	Perguntador cíclico, insistente, compulsivo, chegando a insultar quando contrariado, fazendo piadinhas de mau gosto.	Tratá-lo com brevidade, mas com muita cortesia. Esse tipo de cliente exige sinceridade, segurança nas respostas e autocontrole.
Silencioso	Demonstra não ter conhecimento, aparenta um ar de cansaço, mostrando-se sempre pensativo e quase não conversa.	Induzir o cliente ao diálogo, bastando apenas formular perguntas claras, num clima de consideração e atenção.
Barganhador	Procura insistentemente por vantagens.	Agir com tato, analisando minuciosamente sua fala para que se possa argumentar com convicção. É importante saber até onde deve ir.
Indeciso	Apresenta ar de apreensão permanente, sempre quer conversar mais, perguntar sobre coisas que já perguntou. Às vezes tem raciocínio lento	Agir com moderação, calma e paciência, respondendo sempre e sinceramente às perguntas feitas várias vezes.
Agitado	Pessoa inquieta, geralmente interrompe sua fala e não tem paciência de ouvir a explicação.	Agir com calma, falando moderadamente, sem se irritar. Deve-se evitar ao máximo abordar questões que tenham mais de um sentido e ter respostas objetivas.
De bom senso	É uma pessoa amável, agradável e inteligente.	Agir com atenção, demonstrando prestabilidade, mantendo sempre o clima de simpatia e cordialidade.
Bem-humorado	Pessoa agradável, de conversa envolvente, mas que desvia do assunto constantemente, dificultando o diálogo.	Ter habilidade e buscar constantemente retomar o rumo da conversa. Não perder as rédeas da situação.
Inteligente	Sabe tudo sobre todas as coisas, não gosta de argumentos fracos.	Usar de bom senso e lógica, nunca omitindo informações. Esteja bem-informado, agindo com segurança em tudo que faz.
Confuso	É aquele cliente indeciso, muda de opinião constantemente.	Fazer apresentações firmes e convincentes, reiniciando com paciência sempre que o cliente solicitar.
Presunçoso	Sempre fala “eu sei” depois de qualquer afirmativa. Pouco argumenta e quase nunca ouve os seus interlocutores.	Ter muita habilidade, dar valor ao cliente, sem bajulá-lo.
Detalhista	Pessoa que quer saber detalhes, não entende como funciona, demonstra dificuldade em associar ideias.	Falar pausadamente, várias vezes, com clareza, não se prendendo a detalhes desnecessários.
Agressivo	Gosta de discutir por qualquer coisa, seja muito ou pouco importante. Critica abertamente. Tudo é um motivo para brigar.	Não interrompa a fala do cliente, deixe-o liberar a sua raiva. Nunca lhe diga que está nervoso, isso o deixará mais furioso. Use frases que ajudam a acalmar, exemplos: Imagino como o senhor ou a senhora está se sentindo; O senhor tem razão; farei tudo para resolver o problema.

Quadro 4 - Tipos de clientes

Fonte: Adaptado de Pilares (1991, p. 54)

No Quadro anterior, Pilares (1991) deixa claro como tratar cada tipo de cliente, entender seu comportamento e identificar cada forma de tratamento, pois é essencial para um bom atendimento e para uma futura fidelização. Os líderes, sabendo dessa estratégia e sabendo conduzir seus liderados para que isso ocorra, possuem um papel muito importante para a empresa.

Chiavenato (2014) acredita que o atendimento ao cliente é um dos aspectos de maior importância dentro do negócio e que é imprescindível para a empresa se manter no mercado. Investir em treinamento é sinônimo de se importar em oferecer conforto aos funcionários para saber lidar com o consumidor.

É uma tarefa difícil manter um ambiente organizacional todo alinhado. Trabalhando em conjunto, todos dentro do ambiente desempenham importantes papéis, desde a limpeza até a alta direção, e é função dos líderes fazerem com que entendam isso e a importância de seu trabalho para o atendimento ao cliente.

Nenhum cliente quer entrar em um ambiente sujo, ou que esteja em clima de briga, ou que os próprios funcionários não comprariam o produto. O que um líder espelha para seus liderados surte efeito em todo o restante do processo e isso é de extrema relevância para a organização, e pode alavancar seus resultados.

### 3 | CONCLUSÃO

Este trabalho abordou a importância da liderança na empresa, de modo que manter um clima organizacional organizado, funcionários motivados e entusiasmados alteram os resultados de forma muito positiva. Uma vez que o mercado está cada dia mais exigente e competitivo, a motivação é um aspecto que merece mais atenção por parte dos gestores, visto que os retornos serão bem mais positivos para a empresa se os indivíduos estiverem satisfeitos e motivados, tanto no seu ambiente social e familiar quanto laboral.

Verificou-se que a consolidação de clientes e o sucesso da organização dependem muito das pessoas envolvidas nesse processo, principalmente da gestão do líder. É importante lembrar que manter os objetivos pessoais alinhados aos da empresa estimula a motivação dos líderes e equipes, tornando-os mais engajados com um mesmo propósito.

Conforme a revisão bibliográfica, manter um clima organizacional agradável, pessoas engajadas e líderes alinhados com o grupo, fazem com que o trabalho seja desempenhado de maneira satisfatória e sintonizado para um melhor resultado da organização, com isso os reflexos para os clientes são muitos positivos.

Contudo, as empresas perceberam que para chegar a uma fidelização eficiente e eficaz e os clientes passem mais tempo fiéis, é preciso ter estratégias bem elaboradas. Com isso, agradar o cliente, vender experiências e fazer com que se sinta parte da organização são atitudes que as empresas passaram a tomar após perceber o crescimento da concorrência e das exigências.

A exigência dos compradores não é somente relacionada a qualidade do produto, mas sim a forma como se sentem dentro da empresa, pois, se não se sentir importante para a organização, não voltará a comprar, reafirmando a importância de manter um clima organizacional engajado e pessoas motivadas. Os reflexos que trazem para os clientes podem chegar de forma positiva ou negativa. Por isso, as empresas passaram a ficar mais cautelosas em relação ao que o cliente acha, pois elas precisam deles para crescer e se estabelecer no mercado, com isso fazem um planejamento sempre pensando no bem-estar de todos, para proporcionar as melhores experiências.

De modo geral, a pesquisa alcança seus objetivos ao dar resposta à problemática envolvida no estudo, mostrando os principais indicadores motivacionais e estratégias para o líder adotar com as equipes. A pesquisa revela que para envolver os funcionários e ter uma equipe com um desempenho positivo, a organização precisa investir no capital humano, que se desdobra no capital intelectual e agrega valor oferecendo vantagem competitiva. Administrar ou gerenciar pessoas e mantê-las motivadas para o cumprimento dos objetivos compatibilizados com a estratégia da empresa, sem dúvida, é uma das tarefas mais importantes que são incumbidas aos grandes líderes de uma organização. E, para que haja uma liderança consistente e duradoura, é necessário respeito mútuo entre o líder e os liderados.

As recomendações propostas para o estudo têm por finalidade contribuir para a importância do fortalecimento da estrutura do trabalho, condições essas consideradas fundamentais para melhorar a relação entre líder e equipe. Sabe-se que os profissionais exercendo sua função de forma satisfatória preservando sua qualidade de vida e prestando excelência no atendimento, resultará em uma boa qualidade de vida, diretamente atrelada ao bom desempenho profissional.

## REFERÊNCIAS

BARLOW, R. Relationship Marketing – **The ultimate in customer services**, Retail Control, 1992.

BOGMAN, Itzhak Meir. **Marketing de Relacionamento: estratégias de fidelização e suas implicações financeiras**. São Paulo: Nobel, 2002.

CAMPANHÃ, Fabio David Rizzo. **A fidelização de clientes como um recurso estratégico: um estudo exploratório em empresas prestadoras de serviços na grande São Paulo**. 2011. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp143091.pdf>> Acesso em: 10 mar. 2021.

CHIAVENATO, Idalberto. **Comportamento organizacional: a dinâmica do sucesso das organizações**. São Paulo: Thomson, 2014.

CHOPRA, Deepak. **A alma da liderança**. HSM Management, 33 julho-agosto 2002.

DICIO. Dicionário Online de Português. **Chefe**. 2021. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

FREEMANTLE, David. **Incrível Atendimento ao Cliente**. São Paulo: Makron Books, 1994.

GAEHTGENS, Angela. **Líder Coach: Coaching com liderança**, 2017. Disponível em: <<https://www.blog-coaching.pt/2017/04/07/lider-coach-coaching-lideranca>>. Acesso em 06 abr. 2018

GP CONCURSOS. **Líder x Chefe**. 2012. Disponível em:< <http://gpparaconcursos.blogspot.com/2012/10/lider-x-chefe.html>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

GP SERVICES. **Chefe x líder**. 2015. Disponível em: <<https://www.gservicer.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Chefe-X-L%C3%ADder.png>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

GRONROOS, Christian. **Marketing, gerenciamento e serviços**. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2009.

HENNING-THURAU, T.; KLEEE, A. O impacto da satisfação do cliente e da qualidade do relacionamento na retenção do cliente: uma reavaliação crítica e desenvolvimento de modelo. **Psicologia e Marketing**, 1997, v. 14, n. 18, p. 737-764.

HESSELBEIN, F. et al. **O Líder do Futuro: Novas Visões, Estratégias e práticas para a próxima era**. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1996.

HUNTER, James C. **O monge e o executivo: uma história sobre a essência da liderança**. Rio de Janeiro: Sextante, 2004.

KOTLER, P. **Administração de marketing**. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Princípios de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

KRAMES, J. A. **Os Princípios de liderança de Jack Welch**. Curitiba: Sextante, 2006.

MARQUES, Fábio. **Guia prático da qualidade total em serviços**. São Paulo: APMS, 2006

MOONEY, K.; BERGHEIM, L. **Os 10 mandamentos da demanda: afinal de contas o que os clientes querem?** RJ: Campus, 2002.

MOUTELLA, Cristina. **Fidelização de Clientes como Diferencial Competitivo**. 2003. Disponível em: <[http://www.portaldomarketing.com.br/Artigos/Fidelizacao\\_de\\_clientes\\_como\\_diferencial\\_competitivo.htm](http://www.portaldomarketing.com.br/Artigos/Fidelizacao_de_clientes_como_diferencial_competitivo.htm)>. Acesso em: 27 fev. 2021.

MUSSAK, Eugenio. **Gestão humanista de pessoas: o fator humano como diferencial competitivo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

PILARES, Nanci Capel. **Atendimento ao cliente, o recurso esquecido**. São Paulo: Nobel, 1991.

PIZZINATTO, N.K. **Marketing focado na cadeia de clientes**. São Paulo: Atlas, 2005.

SITWARE. **O que faz um líder estratégico?** O papel de um líder estratégico, 2016. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/blog/lideranca/lider-estrategico/#:~:text=Um%20l%C3%ADder%20estrat%C3%A9gico%20cria%20condi%C3%A7%C3%B5es%20favor%C3%A1veis%20para%20o%20crescimento%20de%20um%20neg%C3%B3cio.&text=A%20vis%C3%A3o%20estrat%C3%A9gica%20para%20o,humano%20com%20suas%20a%C3%A7%C3%B5es%20externas>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

SOUZA, Roberto Araújo de Oliveira. **Estratégias de marketing de relacionamento:** um estudo na empresa videira artigos evangélicos e locadora. 2009. Disponível em: <[http://asac.unirg.edu.br/cur/adm/arq/banco7p2009\\_1/PROJETO%20-%20Roberto%20Araujo%20de%20Oliveira%20Souza.pdf](http://asac.unirg.edu.br/cur/adm/arq/banco7p2009_1/PROJETO%20-%20Roberto%20Araujo%20de%20Oliveira%20Souza.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2021.

SOUKI, Ômar. **As sete chaves da fidelização de clientes.** São Paulo: Harbra, 2006.

## ANÁLISE DE DEVOLUÇÕES EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

*Data de aceite: 01/11/2022*

*Data de submissão: 01/11/2022*

### **Bruna Ludmyla Soares dos Santos**

Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Discente da graduação em Engenharia de Transportes  
Aparecida de Goiânia - Goiás

### **Carlos Eduardo Sanches de Andrade**

Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Docente da graduação em Engenharia de Transportes  
Aparecida de Goiânia - Goiás

### **Cintia Isabel de Campos**

Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Docente da graduação em Engenharia de Transportes  
Aparecida de Goiânia - Goiás

**RESUMO:** Este trabalho tem como local de estudo a área de expedição de uma empresa do ramo alimentício, em que se observa a ocorrência de devoluções pós-venda advindas dos clientes. Apesar do registro dessas devoluções, não há um processo estabelecido de monitoramento e gerenciamento desta atividade, que gera retrabalhos e custos de difícil identificação e mensuração. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar as devoluções, propor uma análise das ocorrências e melhorias a serem

implementadas para redução das devoluções associadas à transportes. O método proposto contempla o uso das ferramentas de qualidade Diagrama de Pareto e Diagrama de Ishikawa, complementada pela aplicação da Árvore de Decisão para investigação de padrões de acordo com os motivos e causas de devoluções relacionados ao transporte externo. Por meio dessas ferramentas, foram estabelecidas as relações entre as causas e a problemática. Os resultados indicaram que as devoluções eram relacionadas majoritariamente à problemas de qualidade e transporte, que apresentaram as maiores frequências de ocorrências de devolução. Entre essas devoluções, o principal motivo de devolução relacionado a transportes foi avaria. Os resultados obtidos possibilitaram analisar melhor a logística reversa na empresa, na perspectiva do acompanhamento das devoluções para compreender quais são os fatores críticos que levam à devolução pós-venda na empresa. Os resultados encontrados auxiliaram a proposição das sugestões por meio da ferramenta 5W2H. Assim, foram propostas melhorias no setor de expedição com o objetivo de reduzir o volume de devoluções por motivos de transportes, sendo as principais relacionadas ao estudo do carregamento dos caminhões e capacitação para manuseio e carregamento de cargas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Logística Reversa, Devolução de Mercadorias, Avaria no Transporte, Pós-venda, Ferramentas de Qualidade.

## ANALYSIS OF RETURNS IN A FOOD PRODUCT DISTRIBUTION CENTER

**ABSTRACT:** This work has as its place of study the shipping area of a company in the food industry, in which the occurrence of after-sales returns from customers is observed. Despite the registration of these returns, there is no established monitoring and management process for this activity, which generates rework and costs that are difficult to identify and measure. Therefore, the objective of this work is to analyze returns, propose an analysis of occurrences and improvements to be implemented to reduce returns associated with transport. The proposed method includes the use of the Pareto Diagram and Ishikawa Diagram quality tools, complemented by the application of the Decision Tree to investigate patterns according to the reasons and causes of returns related to external transport. Through these tools, the relationships between the causes and the problem were established. The results indicated that returns were mostly related to quality and transport problems, which had the highest frequency of return occurrences. Among these returns, the main reason for returns related to transportation was damage. The results obtained made it possible to better analyze the reverse logistics in the company, from the perspective of monitoring returns to understand the critical factors that lead to post-sale returns in the company. The results found helped to propose the suggestions using the 5W2H tool. Thus, improvements were proposed in the shipping sector in order to reduce the volume of returns for transport reasons, the main ones being related to the study of truck loading and training for handling and loading cargo.

**KEYWORDS:** Reverse Logistics, Return of Goods, Transport Breakdown, After-sales, Quality Tools.

## 1 | INTRODUÇÃO

A logística tem a função de otimizar o fluxo de materiais, informações e recursos de uma organização por meio da integração de atividades gerenciais e operacionais, envolvendo fluxos de processos como os de planejamento, implementação e controle (AVILA, 2013). Para Ballou (1992), a logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação, armazenagem, fluxo de produtos e informações, com intuito de oferecer custos satisfatórios e níveis de serviço aos clientes, sendo que essa relação compõe a maior parcela do custo total da logística e influenciando diretamente.

A logística reversa é definida por Mueller (2005) como sendo o processo contrário da logística. Os autores Rogers e Tibben-Lembke (1998) sugerem uma definição mais completa, incluindo todos os processos de planejamento, implementação e controle da eficiência, entrando o custo do estoque de matéria-prima e produto acabado, fluxo de matéria-prima e o fluxo de informação.

Ainda, conforme apresentado por Stock (1992), a principal função da logística reversa consiste no retorno de bens de consumo e embalagens. Desse modo, possibilita contribuições desde a redução de uso de recursos naturais por meio da reciclagem, remanufatura (desmontagem completa para recuperação), recondicionamento (reparo simples), reutilização de produtos e revenda, até o atendimento da necessidade do cliente

em devolver o produto comprado ao fornecedor. Assim, é importante o relacionamento com os clientes e com as áreas internas, tornando os processos mais ágeis e garantindo a oportunidade de ganhos.

Deste modo, destaca-se a importância do monitoramento das devoluções, visto que este processo gera custos, além da perda de desempenho e retrabalhos. Ademais, entre os benefícios que podem ser alcançados com o devido monitoramento pode-se citar a redução do volume de devolução, maior satisfação e fidelização do cliente, e redução dos custos operacionais (BRITO; LEITE, 2005)

A identificação de falhas, mensuração de dados, identificação de eficiência e as fontes de problemas nos processos, tornam as operações logísticas mais competitivas. Como evidenciado por Azevedo *et al.* (2018) e Mülle *et al.* (2015), as organizações cada vez mais têm tomado a decisão de direcionar os esforços na análise das causas raízes e melhoria dos processos, antes de estudar ou analisar os efeitos.

Assim, o objetivo deste estudo é aplicar ferramentas de qualidade na análise dos registros de devolução, identificar os principais motivos das devoluções de mercadorias dos clientes, avaliar a participação das devoluções com motivos relacionados ao transporte externo e identificar as causas que podem estar associadas aos principais motivos de devolução. E ao final, propor sugestões de mudanças a serem implantadas visando à redução das devoluções associadas ao setor de transportes.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODO

### 2.1 Local do estudo – A empresa

O objeto de estudo deste trabalho consiste em um Centro de Distribuição de uma empresa do setor alimentício. Esta empresa fica localizada em Goiânia-GO, onde se concentra o recebimento da matéria-prima, embalagens, envase de tomates durante a safra, armazenagem de cubos e polpas de tomate no pátio de polpas para as épocas sazonais, desenvase para a produção de molhos e extratos, ou seja, todo o processo de industrialização até o produto final. A empresa possui um Centro de Distribuição dentro do próprio *site*<sup>1</sup>, onde são armazenados produtos pré-industrializados como tomates em cubos e polpas, e nos depósitos os produtos acabados como molhos, extratos e importados de tomate. Além disso, também são armazenados produtos de outras unidades de produção.

---

<sup>1</sup> *Site* – local onde a empresa faz suas operações.

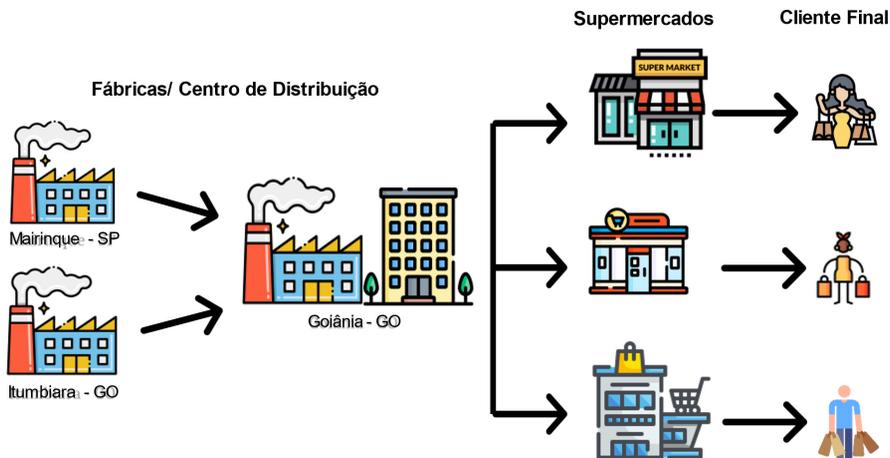


Figura 1: Representação do Centro de Distribuição.

Fonte: Ícones Flaticon (2022). Elaborado pelos Autores (2022).

## 2.2 Base de dados

O banco de dados utilizado contempla os dados das notas fiscais de devolução preenchidos pelo time de *Route Planning*<sup>2</sup> da empresa. Os dados ficam armazenados em planilha Excel divididos por ano fiscal, que começa em junho e finaliza em maio do ano seguinte. Neste trabalho serão analisados 5 anos de dados históricos, referente aos anos fiscais 2015/2016 a 2019/2020.

## 2.3 Etapas metodológicas

Para o desenvolvimento deste trabalho foram estabelecidas 4 etapas metodológicas: i) análise descritiva dos dados, ii) classificação das devoluções, iii) análise das devoluções e iv) propostas de melhorias. Na sequência será apresentada uma breve descrição dessas etapas.

Na primeira etapa foi realizada a análise descritiva do banco de dados, incluindo a evolução do número de devoluções durante o período analisado, por meio da variação percentual em relação à média do período e valores monetários normalizados.

Na segunda etapa foi utilizado o Diagrama de Pareto para determinar as devoluções de maior impacto a partir do número de devoluções (frequência).

Na terceira etapa foi realizada a identificação das possíveis causas das devoluções, utilizando o Diagrama de Ishikawa e a Árvore de Decisão, que possibilita a identificação de padrões nas devoluções.

Na quarta e última etapa, com análise de todos os resultados trabalhados, foram

<sup>2</sup> *Route Planning* – setor responsável pelo planejamento de rotas.

estabelecidas propostas de soluções e indagações relacionadas aos motivos de devolução operacionais.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise exploratória (Figura 2) demonstra as variações percentuais do volume financeiro de devoluções em relação à média do período. Desse modo, a linha em vermelho representa a média dos valores de devolução para os cinco períodos e as colunas representam o percentual de devoluções no período em relação à média. O resultado indicou uma oscilação mais acentuada nos períodos 2015/2016 e 2016/2017, em que se observa um volume financeiro quase 80% superior e 50% inferior em relação à média, respectivamente.

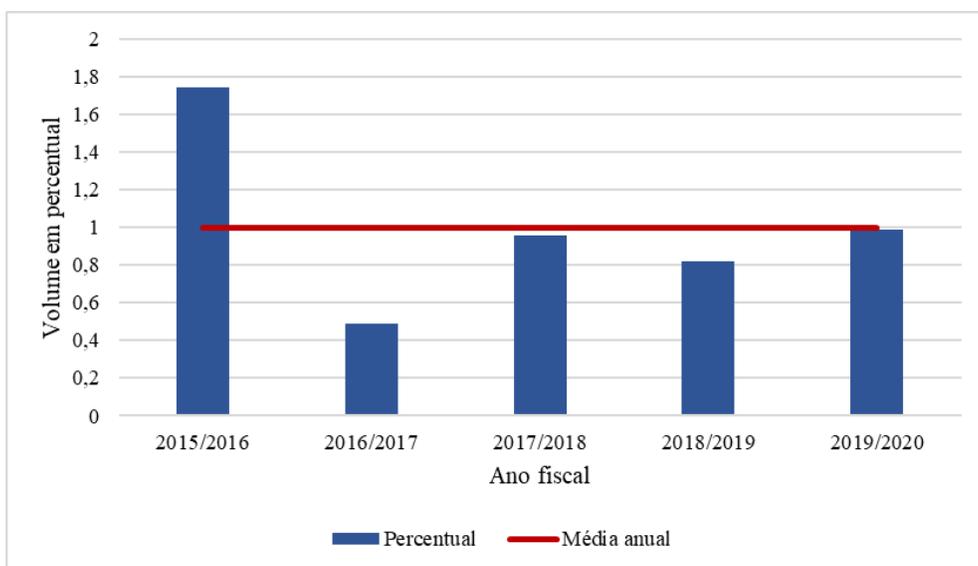


Figura 2: Relação entre volumes financeiros e média em percentual no período estudado.

Fonte: Autores (2022).

A aplicação da ferramenta de qualidade Diagrama de Pareto proporcionou a análise em duas abordagens, por motivo e por setor/departamento responsável. Conforme observado na Figura 3, no Diagrama de Pareto por setor responsável, os setores com maior número de ocorrência de devolução são: qualidade (37,2%) e transportadora (37,1%). Assim, observa-se que a participação das devoluções sob responsabilidade do setor de transportes corresponde ao segundo lugar no *ranking*, representado pelas transportadoras, ou seja, relacionadas ao transporte externo.

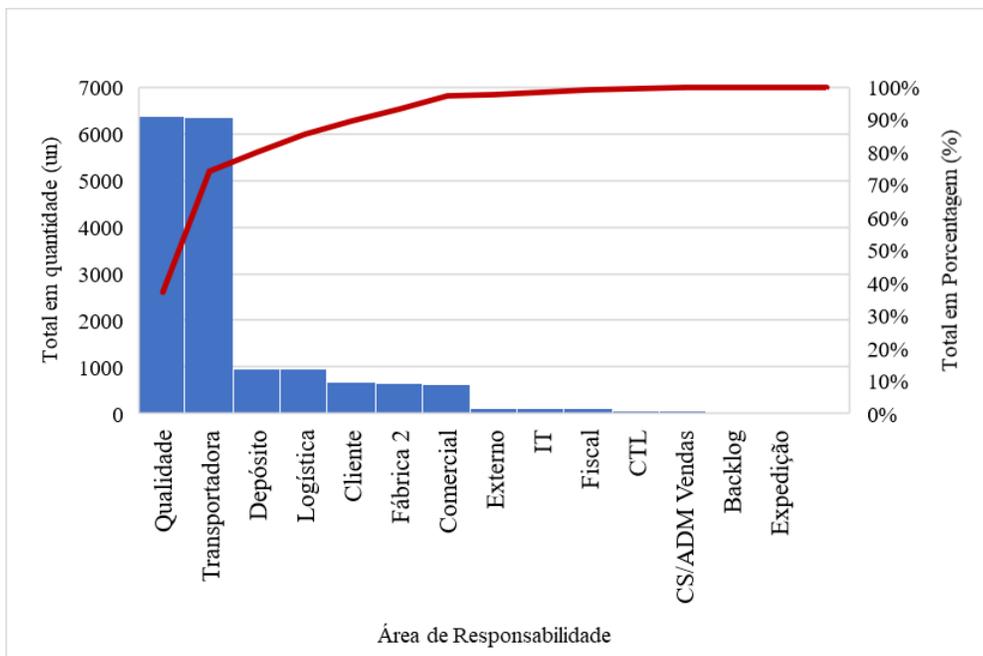


Figura 3: Diagrama de Pareto relacionado os responsáveis pela devolução.

Fonte: Adaptado de Soares Dos Santos e De Campos (2021).

O resultado da análise referente aos motivos de devolução sob responsabilidade das transportadoras (Figura 4) demonstra que os problemas de avaria no transporte e falta de produto representaram, juntos, quase 80% das devoluções.

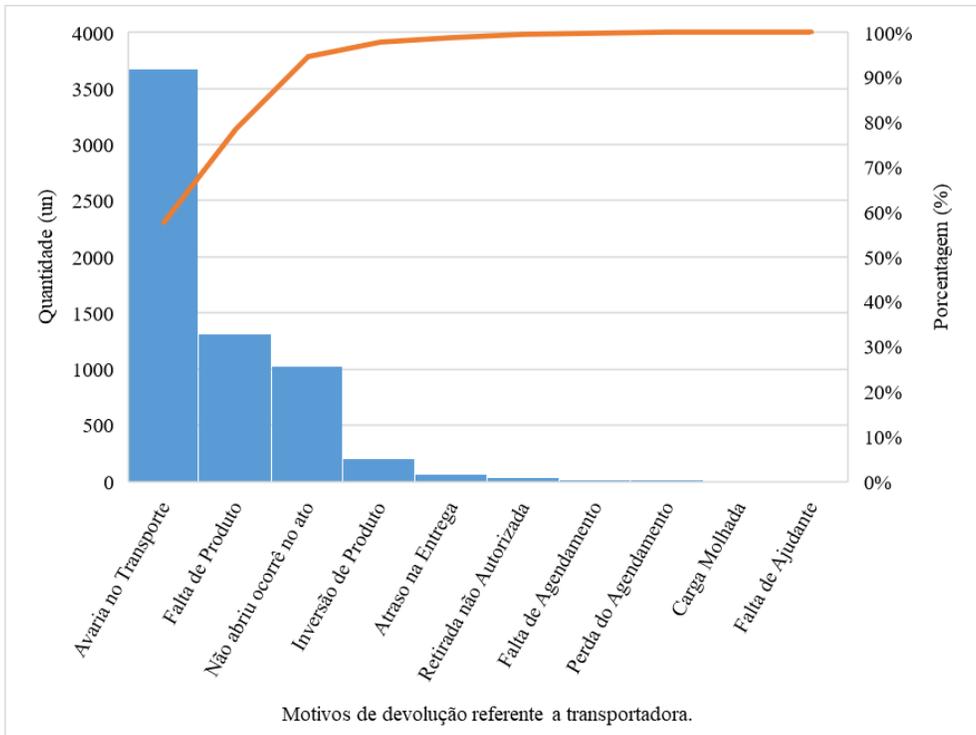


Figura 4: Diagrama de Pareto dos motivos de devolução sendo a transportadora responsável.

Fonte: Autores (2022).

Como resultado, constata-se que, 20% dos motivos de devolução advém 80% das devoluções. A representatividade desses valores dá indícios de possíveis problemas que serão avaliados com o auxílio do Diagrama de Ishikawa.

Os dados utilizados na construção do Diagrama de Ishikawa foram levantados com base na descrição da abertura de chamados junto à empresa e observação do local. A ferramenta de qualidade Diagrama de Ishikawa foi aplicada à principal causa de devolução, relacionada ao motivo “Avaria no Transporte” (Figura 5).

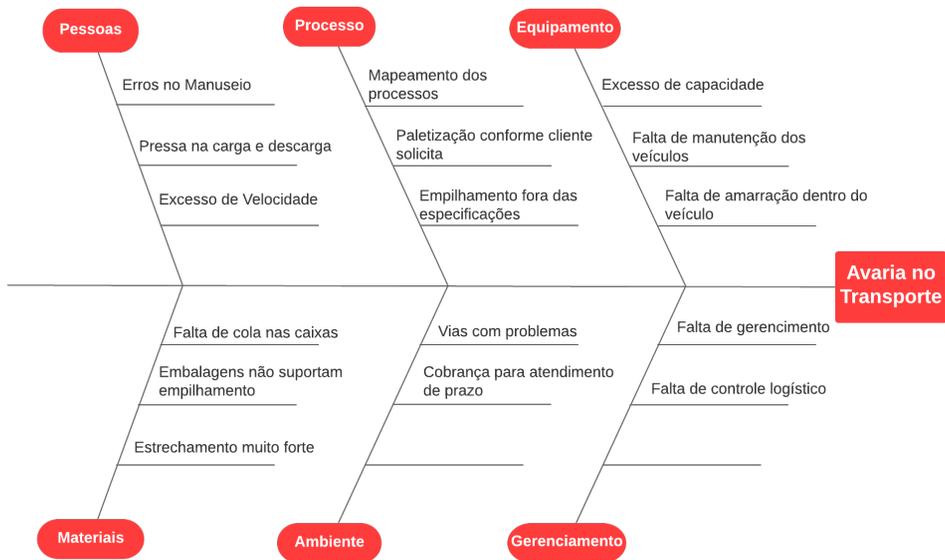


Figura 5: Diagrama de Ishikawa para “Avaria no Transporte”.

Fonte: Autores (2022).

A análise revela fragilidades no processo de expedição e transporte como a falta de padronização na distribuição do peso dos paletes por eixo do veículo utilizado. As cargas em sua maioria não utilizam todo o compartimento do baú do veículo, ficando paletes sozinhos, podendo estes, em curvas e frenagens/ aceleração, movimentar principalmente para os lados onde não tem outro palete para apoiar.

Nesses tipos de cargas deve-se ter uma atenção maior quanto a distribuição, padronização, organização e amarração das mercadorias. Penteadó de Melo (2009) expõem que a falta de distribuição ou excesso de peso compromete a distância de parada, a dirigibilidade como perda de freios, redução de estabilidade e pode ocasionar tombamentos e sinistros por causa do superaquecimento do sistema.

Além disso, observa-se no contexto do processo e ambiente, o relato e registros de excesso de velocidades, frenagens, empilhamento fora das especificações e falta de amarração, o que contribuiu para as avarias no transporte. Por fim, é observado o descontentamento dos motoristas sobre a má distribuição das cargas dentro do veículo.

Assim, conclui-se, a partir da análise do Diagrama de Ishikawa, que a causa raiz das devoluções ocasionadas por avarias no transporte externo é a falta da padronização do carregamento da carga.

Adicionalmente, uma análise de árvore de decisão foi realizada utilizando o *software IBM SPSS Statistics* (versão estudante) para verificar a relação da frequência de devolução das transportadoras para o local de estudo, de acordo com o motivo da devolução. Para

essa análise foram mantidos os registros das devoluções de responsabilidade da área da “Transportadora”, mantendo as transportadoras que possuíam frequência acima de 15 devoluções. Os demais registros foram excluídos dessa análise, pois neste momento busca-se identificar ocorrências recorrentes.

Alguns motivos de devolução foram reagrupados, no intuito de estarem em uma só categoria genérica e de maior frequência. Essa reorganização ocorreu nos motivos de devolução de *Cross-Docking*<sup>3</sup> por avaria e falta de produto, onde não era possível saber em qual momento da operação ocorreu a avaria ou falta de produto. Assim, essas devoluções foram unidas aos motivos avaria no transporte e falta de produto.

A árvore foi gerada com as restrições de 100 casos para o nó pai e 50 casos para os nós filhos, resultando em 5 nós terminais, conforme apresentado na Figura 6. No nó pai revela que a transportadora com maior ocorrência é a “Transportadora3”, já nos nós finais é revelado que as transportadoras: “Transportadora3”, “Transportadora17” e “Transportadora24” são as que precisam de maior atenção, visto que estas apresentaram as maiores frequências e aparecem mais de uma vez nos motivos de devoluções.

A maior parcela das devoluções da “Transportadora17” ocorre por atraso de entrega e falta de agendamento, em contrapartida está entre as que menos registram avaria no transporte.

---

<sup>3</sup> *Cross-Docking* – é o nome dado ao sistema logístico no qual encomendas são recebidas dos fornecedores em um centro de distribuição especializado e, na sequência, preparadas para serem despachadas e entregues ao consumidor final.

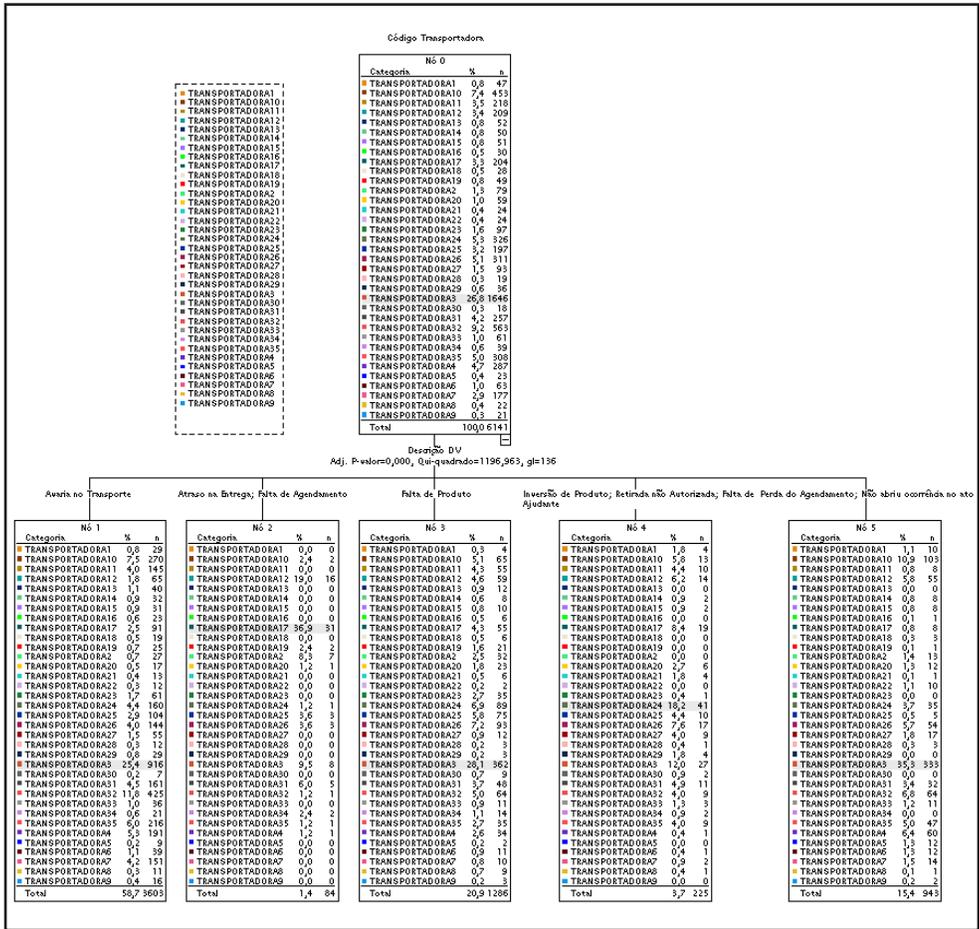


Figura 6: Árvore de Decisão com variável dependente “Código Transportadora”.

Fonte: Autores (2022).

A “Transportadora3” tem as maiores ocorrências de avaria no transporte e perda de agenda. Esse resultado leva a uma investigação sobre a possibilidade da transportadora, para atender a agenda preestabelecida, pressionar os motoristas levando-os a serem mais imprudentes e, com isso, a ocorrência de avarias no transporte.

A partir da causa raiz identificada e dos padrões observados para as transportadoras com a análise da árvore de decisão, algumas medidas foram sugeridas com o auxílio da ferramenta 5W2H. O Quadro 1 representa o chamado Plano de Ação, que reúne as propostas de melhorias com a aplicação da ferramenta, respondendo as seguintes perguntas: *what* (o que?), *who* (quem?), *where* (onde?), *when* (quando?) e *why* (por que?), *how* (como?) e *how much* (quanto?).

<b>what (o que?)</b>	<b>who (quem?)</b>	<b>where (onde?)</b>	<b>when (quando?)</b>	<b>why (por que?)</b>	<b>how (como?)</b>	<b>how much (quanto?)</b>
Realizar um estudo sobre distribuição de carga	Setor de logística	Na própria empresa	1 vez ao ano realizar atualização dos dados	Para padronizar o processo de carregamento	Planilha Eletrônica e Pesquisa de campo	Custo adicional para pagamento de consultoria
Monitoramento da nova distribuição de carga	Setor de logística	Na própria empresa	Mensal	Para verificar se está adequado	Planilha Eletrônica e Pesquisa de campo	Sem custo adicional para empresa
Capacitar os colaboradores envolvidos com o manuseio de carga	Setor de logística	Na própria empresa	A cada 6 meses em todos os turnos	Por erros identificados no manuseio	Aulas expositivas e simulações com materiais	Sem custo adicional para empresa
Capacitar os colaboradores responsáveis por carregar e descarregar	Setor de logística	Na própria empresa	A cada 6 meses em todos os turnos	Para conscientizar do risco de acidentes e reduzir as avarias no carregamento	Treinamento e simulações	Sem custo adicional para empresa
Entregar cartilhas aos motoristas sobre os riscos do excesso de velocidade	Setor de logística/ Portaria da Empresa	Na própria empresa	Quando o motorista entrar na empresa	Porque melhora o processo e reduziria as avarias no transporte	Entregando as cartilhas na portaria ou na área da logística	Gastos em impressão das cartilhas
Realizar paletização conforme produtos suportam peso de empilhamento	Setor de logística	Na própria empresa	Atualização dos dados de paletização a cada novo produto	Para padronizar o processo de paletização	Planilha Eletrônica	Sem custo adicional para empresa
Identificar prazos e agendamentos compatíveis	Setor de logística	Na própria empresa	1 vez ao ano realizar atualização dos dados	Para padronizar os prazos e agendamentos antecipadamente	Planilha Eletrônica	Custo adicional para pagamento de consultoria
Poderia acompanhar os motoristas com auxílio de tacógrafos	Transportadoras/ Logística	Pela transportadora	Transportadora apresenta um relatório mensal dos motoristas ao Setor de Logística	Para reduzir as avarias por conta de excesso de velocidade	Realizar uma reciclagem e treinamentos sobre boas práticas	Sem custo adicional, os tacógrafos já são obrigatórios

Quadro 1: Propostas de melhorias pelo método 5W2H.

Fonte: Autores (2022).

Como causa raiz, foi identificado que não há um procedimento ou direcionamento sobre a distribuição de pesos sobre os eixos do veículo, o que pode causar a instabilidade do mesmo na via devido a movimentação dos produtos, resultando em avaria no transporte e comprometimento da segurança. Desse modo, a primeira proposta visa um estudo sobre a distribuição de carga que possibilite identificar todas as falhas associadas a esse processo e que possibilite planejar uma padronização a ser adotada entre as transportadoras.

Para atuar no problema de excesso de velocidade, uma atividade é proposta para ser implementada nas transportadoras, mas que podem fazer parte dos requisitos da empresa do local de estudo no momento da contratação. Esta atividade consiste no monitoramento

dos tacógrafos, para acompanhar os motoristas que estão dirigindo com velocidades acima do permitido, as rotas (distâncias) e tempo de trabalho. O excesso de velocidade pode ser um causador das avarias. Por isso, o monitoramento pode auxiliar no controle das velocidades que, além de reduzir as avarias, podem reduzir o consumo de combustível, multas, manutenção do veículo e risco de envolvimento em sinistros.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou a logística reversa de pós-venda analisando os motivos de devolução de uma empresa do setor alimentício. Como enfoque do trabalho, foram analisados em profundidade os motivos relacionados ao transporte externo, de modo a definir melhorias e pontos de atenção no monitoramento das devoluções. Com base nas referências consultadas sobre logística reversa e coleta de dados sobre devoluções, destaca-se a importância desse monitoramento visto que a falta de monitoramento gera incerteza sobre as causas das devoluções. Além disso, dificulta o diagnóstico do problema para proposta de medidas de solução.

Ao aplicar as ferramentas de qualidade, como demonstrado no capítulo de resultados, foi possível identificar que os principais motivos de devolução estão sob responsabilidade do setor da qualidade e das transportadoras contratadas para o transporte até o cliente. Assim, ao avaliar especificamente as devoluções relacionadas às transportadoras, verificou-se como principal motivo a “Avaria no Transporte”.

Para compreender melhor e identificar a causa raiz que ocasiona essas devoluções, foi realizado a análise do Diagrama de Ishikawa, que revelou como possível a causa raiz do problema, a falta de padrão no carregamento.

Com a redução desses retornos por avaria no transporte, a empresa do ramo alimentícios reduziria os gastos com custos extras de retorno das mercadorias, custos com pedágio, com retrabalhos e com descarte ou reprocesso, trazendo benefícios tanto para a empresa quanto para as transportadoras, promovendo uma operação mais sustentável.

Ao final, foi apresentado um Plano de Ação (5W2H), onde estão relacionadas ações que a empresa e a transportadora podem implantar como forma de melhorias no processo de devolução. Destaca-se a proposta de se realizar o estudo da distribuição de carga para mitigar a causa raiz encontrada. A partir do estudo será possível desenvolver um procedimento padrão de carregamento de carga com o objetivo de evitar a movimentação da carga no veículo para assim reduzir as avarias no transporte. Foi observada a falta de procedimentos bem definidos para padronizar o processo de devolução, além de um acompanhamento das devoluções.

Como sugestões para a empresa, propõem-se realizar parcerias com as transportadoras, com intuito de realizar um monitoramento dos motoristas pelo tacógrafo e assim, com o relatório mensal estabelecer melhorias a serem implementadas com os

motoristas com mais índice de avarias. Outra sugestão seria sobre a realização do estudo sobre o planejamento da carga, que ajudaria o setor de expedição a acondicionar os paletes corretamente.

Outra sugestão é padronizar os motivos de devolução, o que tornaria o processo de análise mais eficiente, e levar à equipe de qualidade que o primeiro maior índice no ranking de devolução é por problema de embalagem. E levando à equipe de logística, os outros dois problemas de devolução que ocupam o segundo e terceiro lugar no *ranking*, respectivamente, avaria no transporte e falta de produto.

Por fim, foi possível concluir que além do registro das devoluções é imprescindível realizar o monitoramento e encontrar a causa raiz de devoluções frequentes. A logística reversa precisa ser melhor assistida por empresas visando redução de custos logísticos de retorno. A aplicação das ferramentas de qualidade demonstrou ser uma ótima opção para análise e visualização do problema, bem como para a proposição de solução.

## REFERÊNCIAS

AVILA, Dione Ferreira de. Logística Reversa: Um diferencial competitivo para as organizações. **RAUSP - Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, [s. l.], v. 11, n. 19, p. 1–19, 2013.

AZEVEDO, Antonio Airton De; SILVA, Leandro Lima; GOMES, Rickardo Léo Ramos. Ferramentas de qualidade aplicadas à melhoria das operações logísticas em um centro de armazenagem e distribuição de produtos alimentícios. **Revista Observatorio de La economía Latinoamericana**, [s. l.], p. 1–11, 2018.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**. [S. l.: s. n.], 1992.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeira de Suprimentos/ Logística Empresarial**. [S. l.: s. n.], 2006.

BRITO, Eliane Pereira Zamith; LEITE, Paulo Roberto. Logística reversa de produtos não consumidos: práticas de empresas no Brasil. **Gestão. Org - Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, [s. l.], v. 3, n. 3, 2005.

MÜLLE, Paulo Emílio et al. Contribuições do cep para a melhoria do desempenho do pós-vendas na indústria calçadista. **Revista Ingeniería Industrial**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 51–66, 2015.

MUELLER, Carla Fernanda. Logística Reversa: Meio-ambiente e Produtividade. **Grupo de Estudos Logísticos GELOG/UFSC**, [s. l.], p. 1–6, 2005. Disponível em: [http://limpezapublica.com.br/textos/artigo01\\_1.pdf](http://limpezapublica.com.br/textos/artigo01_1.pdf).

PENTEADO DE MELO, Rubem. Fiscalização e controle do excesso de peso nos veículos de carga nos aspectos relacionados com a segurança viária. **Palestra da Transtech no Seminário Internacional de Segurança e Proteção no Trânsito e nos Transportes**, [s. l.], n. 41, p. 1–15, 2009.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. **Going Backwards : Reverse Logistics Trends and Practices**. [S. l.: s. n.], 1998.

STOCK, J. R. **Development and Implementation of Reverse Logistics Programs**, Oak Brook: Council of Logistics Management, 1998.

SOARES DOS SANTOS, Bruna Ludmyla; DE CAMPOS, Cintia Isabel. Logística Reversa de Pós-Venda : **Análise de Devoluções de um Centro de Distribuição de Produtos Alimentícios**. [s. l.], 2021.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE** - Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes. Possui 2 graduações: Administração (1999) e Engenharia de Produção (2004) ; 3 pós-graduações lato sensu: MBA em Marketing (2001), MBA em Qualidade e Produtividade (2005) e Engenharia Metroferroviária (2017) ; e 2 pós-graduações stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ (2009 e 2016). É professor adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT/UFG), das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil. É coordenador de estágio do curso de Engenharia de Transportes da FCT/UFG. Atuou como Engenheiro de Operações do Metrô do Rio de Janeiro por mais de 15 anos (2003 - 2019), nas gerências de: Planejamento e Controle Operacional, Engenharia Operacional, Operação, Inteligência de Mercado, Planejamento de Transportes e Planejamento da Operação Metroviária (de trens, das linhas de ônibus Metrô Na Superfície, e das estações metroviárias). Experiências acadêmica e profissional nas áreas de: Engenharia de Transportes, Operação de Transporte, Planejamento da Operação, Transporte Público, Sustentabilidade, Engenharia de Produção, Gestão, Administração e Engenharia de Projetos, atuando principalmente nos seguintes temas: operação, avaliação de desempenho operacional, ferramentas de gestão e de controle operacional, documentação operacional, indicadores de desempenho, planejamento da operação, satisfação dos usuários de transporte, pesquisas e auditoria de qualidade, sustentabilidade, emissões de gases do efeito estufa em sistemas de transportes, planejamento e acompanhamento de projetos de engenharia e de melhoria em sistemas de transporte.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aceleración 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25

Acceleration 14

Automação industrial 3, 4, 9, 12, 13

Automatização 1, 12

Avaria no transporte 52, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

### C

Canais 7

Cliente 3, 4, 12, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 63

CLP 1, 3, 7, 8, 11, 13

Controlador lógico programável 1, 2, 7, 13

Coriolis 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 26

Cross-Docking 60

### D

Demanda 5, 11, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 44, 45, 50

Devolução de mercadorias 52

Diagrama de Ishikawa 52, 55, 58, 59, 63

Diagrama de Pareto 52, 55, 56, 57, 58

### E

Eficiência 1, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 53, 54

Equipe 38, 39, 40, 41, 43, 45, 49, 64

### F

Ferramentas de qualidade 52, 54, 63, 64

Fidelização 38, 39, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 54

### G

Gestão de estoques 33

### I

Indústria 4.0 5, 6, 13

### L

Liderança 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 50

Linha de produção 1, 2, 3, 4, 9, 11, 12

Linkages 14

Lógica 1, 47

Logística reversa 52, 53, 63, 64, 65

## **M**

Manufatura 5, 13, 27, 36, 37

Marketing 37, 39, 42, 45, 49, 50, 51, 66

Mecanismos 4, 14, 15, 16, 17, 25, 26

Motivação 38, 39, 42, 48

## **O**

Oscilante 27, 28, 30, 32, 33

## **P**

Particiones 14, 15, 17, 19

Partitions 14

Planejamento da produção 31

Pós-venda 52, 63, 65

PPCP 27, 28, 31, 36

Previsão 29, 30, 32

Produto 1, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 53, 54, 57, 60, 64

## **Q**

Qualitativos 30

## **S**

Serviços 5, 7, 27, 33, 35, 40, 43, 44, 45, 49, 50

Sistemas 3, 4, 5, 6, 7, 16, 27, 28, 35, 36, 66

Sistemas distribuídos para controle digital 3

SPSS 59

## **V**

Vendas 29, 30, 32, 35, 36, 39, 64

# ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Desafios científicos e problemas aplicados 3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Desafios científicos e problemas aplicados 3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 