



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

LUCAS CIPRIANO FEITOSA BRANDÃO

**PROCUREMENT 4.0: A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA COMPRA DE MRO EM
UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

FORTALEZA

2024

LUCAS CIPRIANO FEITOSA BRANDÃO

PROCUREMENT 4.0: A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA COMPRA DE MRO EM
UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. João José Hiluy Filho

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B818p Brandão, Lucas Cipriano Feitosa.
Procurement 4.0 : a transformação digital na compra de MRO em uma indústria alimentícia / Lucas
Cipriano Feitosa Brandão. – 2024.
77 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. João José Hiluy Filho.
1. Procurement 4.0. 2. Transformação digital. 3. Indústria alimentícia. 4. Indústria 4.0. I. Título.
CDD 660
-

LUCAS CIPRIANO FEITOSA BRANDÃO

PROCUREMENT 4.0: A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA COMPRA DE MRO EM
UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovada em: 17/09/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João José Hiluy Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Vasconcelos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng^a Yanka Moreiro Falquetto
M. Dias Branco

Dedico esse trabalho ao meu pai, minha mãe,
meu irmão e minha namorada.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço aos meus pais por terem acreditado em mim e me dado essa oportunidade. Sem o apoio, presença e o amor deles a jornada teria sido muito mais árdua.

Agradeço ao meu irmão Leandro pelo companheirismo e a presença em todos os momentos, mesmo distantes.

A minha namorada Bruna, que além de ser uma namorada incrível, também é minha melhor amiga e me apoiou e incentivou na rotina diariamente, sempre acreditando na minha capacidade, também agradeço a sua família pelo acolhimento.

Agradeço a Núbia, Cláudio, João Cláudio e a Jorgiana e família que foram um ponto de apoio muito importante nos primeiros anos da universidade, sendo praticamente uma segunda família na distância de casa.

Agradeço aos amigos que fiz durante a faculdade por tornarem a jornada muito mais leve e terem sido uma influência muito positiva no meu desenvolvimento, em especial, Lucas Barbosa, Luan, Matheus Vasconcelos, Gabriel Moreira e Simieus.

Agradeço ao meu Professor Orientador José Hiluy pelos direcionamentos claros, sinceros e assertivos e a disponibilidade no desenvolvimento desse trabalho.

Por fim, agradeço a Ciclo Jr. por ter sido uma divisora de águas no meu desenvolvimento pessoal e profissional, me tirando constantemente da zona de conforto e me permitindo fazer amizades incríveis como, em especial, a Vitória Lacerda, Mariana e Amanda Bezerra, além de ter me feito conhecer minha namorada.

*“Aquele que tem um porquê para viver, pode
enfrentar todos os ‘comos’”*
(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

O setor de compras de MRO (Manutenção, Reparo e Operações) é crucial para a eficiência e competitividade das indústrias alimentícias. O *Procurement 4.0* representa a adaptação e evolução da área de compras com a adoção das tecnologias da Indústria 4.0. Este trabalho investiga a transformação digital no setor de compras de uma grande indústria alimentícia no Ceará, líder nacional no mercado de biscoitos e massas, com 29,6% de participação no país e 53,7% na região Nordeste. O estudo apresenta um levantamento das tecnologias implementadas e analisa as oportunidades e vantagens competitivas resultantes dessa transformação. O foco está na melhoria dos processos de compras de MRO, com destaque para a aceitação e percepção dos profissionais do setor quanto às novas tecnologias adotadas. A metodologia inclui revisão de literatura, coleta de dados através de formulários, e análise qualitativa e quantitativa dos resultados. Os resultados mostram uma aceitação positiva das novas tecnologias pelos funcionários, melhorias significativas na eficiência dos processos e vantagens competitivas para a empresa, reforçando a importância da transformação digital para o setor. Além disso, o estudo avalia o desempenho da empresa comparado ao reportado na literatura e sugere melhorias para o futuro.

Palavras-chave: Procurement 4.0; transformação digital; MRO; indústria alimentícia; Indústria 4.0.

ABSTRACT

The MRO (Maintenance, Repair, and Operations) procurement sector is crucial for the efficiency and competitiveness of the food industry. Procurement 4.0 represents the adaptation and evolution of the procurement area through the adoption of Industry 4.0 technologies. This study investigates the digital transformation in the procurement sector of a large food industry in Ceará, a national leader in the biscuits and pasta market, with 29.6% market share in the country and 53.7% in the Northeast region. The study presents a survey of the implemented technologies and analyzes the opportunities and competitive advantages resulting from this transformation. The focus is on improving MRO procurement processes, highlighting the acceptance and perception of sector professionals regarding the new technologies adopted. The methodology includes a literature review, data collection through questionnaires, and qualitative and quantitative analysis of the results. The results show a positive acceptance of the new technologies by employees, significant improvements in process efficiency, and competitive advantages for the company, reinforcing the importance of digital transformation for the sector. Additionally, the study evaluates the company's performance compared to that reported in the literature and suggests improvements for the future.

Keywords: Procurement 4.0; digital transformation; MRO; food industry; Industry 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeira, segunda e terceira revolução industrial.....	16
Figura 2 - Equipamentos mecânicos e movidos a vapor da Primeira Revolução.....	21
Figura 3 - Linha de montagem de automóveis da Ford	23
Figura 4 - Robôs executando sequências programadas de ação	24
Figura 5 - As nove tecnologias que estão transformando a produção industrial	26
Figura 6 - Modelo de aplicação da Internet das Coisas Industrial.....	29
Figura 7 - Os diferentes fluxos dentro da cadeia de suprimentos.....	32
Figura 8 - Visualização da teia ou rede de suprimentos.....	33
Figura 9 - Forças de Porter para a competição em mercados.....	40
Figura 10 - Modelo de aceitação tecnológica.....	43
Figura 11 - Transformação Digital como um dos projetos estratégicos da companhia	45
Figura 12 - Agenda Digital citada novamente como um dos projetos estratégicos da companhia	45
Figura 13 - Exemplo de Objective and Key Result (OKR) típico em MRO	52
Figura 14 - Painel de acompanhamento do indicador de automação de compras.....	53
Figura 15 - Painel de acompanhamento do indicador de Prazo Médio de Pagamento.....	63

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1 - Formulário - Confiança nas tecnologias da Transformação Digital	47
Gráfico 2 - Formulário - Percepção do apoio e investimento da alta gestão	47
Gráfico 3 - Formulário - Percepção do apoio e investimento da média gestão.....	48
Gráfico 4 - Formulário - Crença e confiança na transformação digital como um meio de atingir maior vantagem competitiva	48
Gráfico 5 - Frequência de uso de ferramentas de e-Procurement.....	56
Gráfico 6 - Evolução dos indicadores de automação de compras do setor	57
Gráfico 7 - Formulário - Ganho percebido em produtividade.....	61
Gráfico 8 - Evolução proporcional do PMP com base em Outubro de 2022	64
Gráfico 9 - Formulário - Frequência de uso de ferramentas de análise e visualização de dados	65
Gráfico 10 - Formulário - Facilidade percebida no uso das novas tecnologias e ferramentas .	66
Gráfico 11 - Formulário - Autoavaliação sobre competências ferramentais para a transformação digital.....	66
Gráfico 12 - Formulário - Sentimento de pertencimento ao processo de transformação digital	67
Gráfico 13 - Formulário - Crença na cultura local para o processo de transformação digital .	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Revoluções Industriais e seu tipo de indústria associada	20
Tabela 2 – Memorial de Ganhos e Resultados dos projetos de RPA do setor	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ABIA	Associação Brasileira da Indústria de Alimentos
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
PIB	Produto Interno Bruto
MRO	Manutenção, Reparo e Operações
PRI	Primeira Revolução Industrial
SRI	Segunda Revolução Industrial
TRI	Terceira Revolução Industrial
QRI	Quarta Revolução Industrial
USPTO	<i>United States Patents and Trademark Office</i> (Escritório de Patentes e Marcas Registradas dos Estados Unidos)
CD-ROMs	<i>Compact Disc Read-Only Memory</i> (Disco Compacto com Memória Apenas de Leitura)
RI	Revolução Industrial
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
CPS	<i>Cyber-Physical System</i> (Sistemas Cyber-Físicos)
NoSQL	<i>Not Only SQL</i> (Não Apenas SQL)
SQL	<i>Search Query Language</i> (Linguagem de Consulta Estruturada)
CS	Cadeia de Suprimentos
IACS	<i>Industrial Automation and Control Systems</i> (Sistemas de Automação e Controle Industrial)
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TI	Tecnologia da Informação
IIot	<i>Industrial Internet of Things</i> (Internet das Coisas Industriais)

CC	<i>Cloud Computing</i> (Computação em Nuvem)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedade Americana para Testes e Materiais)
CIPs	<i>Chartered Institute of Procurement & Supply</i> (Instituto Licenciado de Compras e Fornecimento)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Gestão de Recursos Empresariais)
WMS	<i>Warehouse Management Systems</i> (Sistema de Gerenciamento de Estoque)
TMS	<i>Transport Management Systems</i> (Sistema de Gerenciamento de Transporte)
OKRs	Objectives and Key Results (Objetivos e Resultados Chave)
E-Proc	Electronic Procurement (Compras Eletrônicas)
RPA	Robotic Process Automation (Automação Robótica de Processos)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivo Geral	16
1.2	Objetivos Específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Indústria 4.0	17
2.1.1	<i>A evolução até a Indústria 4.0</i>	17
2.1.1.1	<i>Primeira Revolução Industrial e a Indústria 1.0</i>	18
2.1.1.2	<i>Segunda Revolução Industrial e a Indústria 2.0</i>	19
2.1.1.3	<i>Terceira Revolução Industrial e a Indústria 3.0</i>	21
2.1.2	Características e tecnologias da Indústria 4.0	23
2.1.2.1	<i>Principais tecnologias da Indústria 4.0</i>	24
2.2	Cadeia de Suprimentos	29
2.2.1	<i>A Cadeia de Suprimentos</i>	29
2.2.2	<i>A evolução da Cadeia de Suprimentos</i>	31
2.3	Compras (Procurement)	33
2.3.1	<i>A evolução das Compras</i>	34
2.3.1.1	<i>Primeira Revolução Industrial, Compras 1.0</i>	35
2.3.1.2	<i>Segunda Revolução Industrial, Compras 2.0</i>	35
2.3.1.3	<i>Terceira Revolução Industrial, Compras 3.0</i>	36
2.3.2	Compras 4.0	37
3	METODOLOGIA	39
3.1	Método de Pesquisa	39
3.2	Coleta de Dados	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Desenvolvimento do Procurement 4.0 na Indústria Alimentícia	42
4.1.1	<i>Ponto de vista corporativo</i>	42
4.1.2	<i>Ponto de vista departamental (Compras)</i>	47
4.1.3	<i>Ponto de vista setorial (Compras de MRO)</i>	49
4.2	Oportunidades e Vantagens Competitivas das Tecnologias de Procurement 4.0	57
4.2.1	<i>Eficiência Operacional</i>	58

4.2.2	<i>Redução de custos e despesas e melhor saúde financeira</i>	60
4.3	Resultados do formulário	63
5	CONCLUSÃO	67
5.1	Principais tecnologias da literatura	67
5.2	Resultados do formulário	67
5.3	Resultados do formulário	67
	REFERÊNCIAS	72

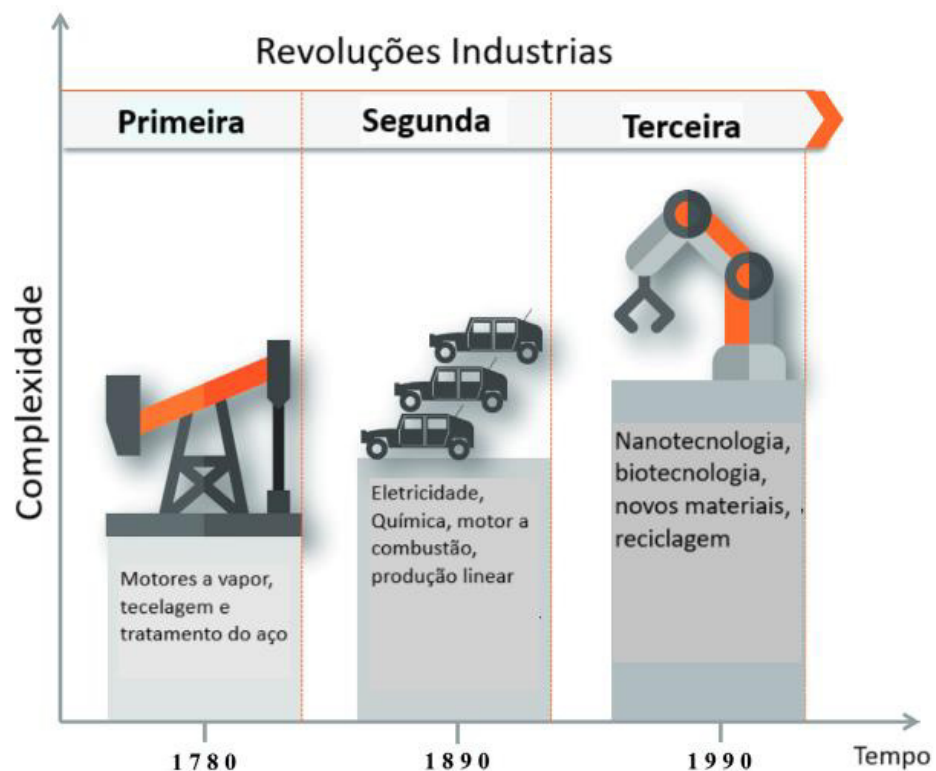
1 INTRODUÇÃO

O termo Indústria 4.0 está contido no contexto da quarta revolução industrial que se concentra nas mais recentes inovações tecnológicas e que contribui para uma produção mais rápida, inteligente e integrada. A origem desse termo remonta à Alemanha em 2011 e está relacionada às mudanças que envolvem a integração dos campos de automação com a tecnologia da informação, de acordo com Carvalho e Cazarini (2019).

Com o objetivo de impulsionar a automação na fabricação e, como resultado, aumentar a produtividade por meio das "fábricas inteligentes", a Quarta Revolução Industrial, que se iniciou em 2016, pode ser caracterizada pela combinação da Internet com os processos de produção, com a assistência de sensores menores e da aplicação de inteligência artificial em máquinas.

Assim como as outras três revoluções industriais, descritas na figura 1, a quarta revolução industrial é caracterizada por um ambiente de inovações relevantes e novas maneiras de lidar com o ambiente, as pessoas e ferramentas além dos ganhos de eficiência e competitividade, como explicou Daemmrich (2017).

Figura 1 - Primeira, segunda e terceira revolução industrial



Fonte: adaptado de *Industry 4.0: Current Status and Future Trends* (2020)

Porém, apesar das tecnologias avançarem a um ritmo exponencial, a curva inicial de adoção dessas tecnologias na indústria e no mercado não é tão acelerada, sendo as áreas de suporte à indústria ainda mais deficitárias.

Assim, a área de Suprimentos, ou *Procurement*, se tornou um dos pilares da rede de valor, pois é fundamental que a produção possua os suprimentos certos na hora certa. E é no *Procurement 4.0* (Compras 4.0) que residem muitas oportunidades de alavancar a competitividade das empresas, devido a todo esse cenário posto anteriormente de tecnologias emergentes com crescimento exponencial, a subutilização delas em áreas de suporte e a revolução iminente da maneira que interagimos e utilizamos a tecnologia.

A indústria alimentícia no Brasil é um dos setores mais relevantes, representando cerca de 10% do PIB nacional e 25% do PIB industrial, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA). Este setor faturou R\$ 922,6 bilhões em 2022, exportando cerca de US\$ 55,2 bilhões em produtos alimentícios, o que equivale a 19% das exportações totais do país. Essa indústria é responsável por empregar aproximadamente 1,8 milhão de pessoas diretamente, sendo um dos maiores empregadores da economia brasileira.

No estado do Ceará, o Diário do Nordeste publicou em fevereiro de 2024, por meio de dados do IBGE, ABIA, CAGED e SECEX, que a indústria de alimentos e bebidas faturou R\$ 17 bi no estado, gerando mais de 47 mil empregos por meio de mais de 1200 empresas no ano de 2023. Ainda no ano de 2023, esse setor da economia correspondeu a 7% do PIB do estado e contribuiu positivamente para a balança comercial do estado com US\$ 211 milhões em exportações.

Além de sua participação significativa no PIB e na geração de empregos, a indústria alimentícia também é fundamental para a segurança alimentar nacional, contribuindo para a oferta de alimentos processados e in natura para milhões de brasileiros. O setor enfrenta desafios relacionados à inovação, sustentabilidade e aumento da eficiência produtiva. Empresas do setor têm investido em automação e tecnologia, como forma de melhorar a produtividade e reduzir custos, atendendo às demandas por alimentos mais saudáveis e de melhor qualidade.

A abrangência do setor é evidenciada pela sua capacidade de impactar diversos segmentos da cadeia produtiva, desde o agronegócio até o transporte e a logística. Em 2023, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o setor alimentício registrou um crescimento de 2,5%, impulsionado pelo aumento das exportações e pelo consumo interno. Para a sociedade brasileira, a indústria de alimentos é imprescindível, não só pela geração de empregos e contribuições ao PIB, mas também pela sua capacidade de promover o

desenvolvimento regional, principalmente em estados onde a agroindústria é predominante.

O futuro do setor alimentício no Brasil aponta para uma maior adoção de práticas sustentáveis e inovadoras, que envolvem desde a produção de alimentos até a sua distribuição, visando atender a um mercado global cada vez mais competitivo e exigente. Por isso, a modernização e a adoção de novas tecnologias, alinhadas às diretrizes de sustentabilidade, são essenciais para manter a competitividade do Brasil no cenário global.

Dito isso, o foco desse trabalho é estudar de maneira exploratória, por meio de uma revisão de literatura, quais tecnologias vêm sendo adotadas na digitalização da área de Suprimentos, quais vantagens, benefícios, alavancas competitivas e oportunidades elas podem trazer ao negócio, visando entender qual seria o estado da arte no desenvolvimento de Suprimentos reportados no mercado e na literatura. Para, a partir disso, realizar um estudo de caso com o desenvolvimento e digitalização de Suprimentos de MRO em uma Indústria Alimentícia no Ceará.

1.1. Objetivo Geral

Identificar as tecnologias adotadas no desenvolvimento do *Procurement* 4.0 no contexto da quarta revolução industrial através do estado da arte reportado no mercado e na literatura, para a partir disso de modo a tratar de um estudo de caso comparativo com a estrutura em desenvolvimento e implantação em uma grande indústria alimentícia do Ceará.

1.2. Objetivos Específicos

- a) Estudar as principais tecnologias adotadas no mercado e reportadas na literatura para o desenvolvimento do *Procurement* 4.0;
- b) Analisar que oportunidades e vantagens competitivas a adoção e amadurecimento dessas tecnologias trazem para os negócios;
- c) Mapear como esse mesmo desenvolvimento está acontecendo na área de Suprimentos de MRO (Manutenção, Reparo e Operações) em uma indústria alimentícia do Ceará;
- d) Avaliar como o caso estudado se compara ao caminho de desenvolvimento e as tecnologias reportadas na literatura;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No escopo desse referencial teórico, são tratados temas pertinentes à *Procurement* 4.0 (ou Compras 4.0) de um modo geral e especificamente para MRO. Trazendo de maneira prévia o contexto que esses temas estão inseridos em relação à evolução da Indústria, da Cadeia de Suprimentos, Logística e Compras como um todo. Sendo Compras 4.0 em MRO, especificamente, o foco deste trabalho.

2.1 Indústria 4.0

Como citado anteriormente e descrito por Carvalho e Cazarini (2019), a Indústria 4.0 constitui-se como um novo paradigma industrial que delinea a Quarta Revolução Industrial. Esse modelo avançado de produção é caracterizado por um desempenho inteligente e digital em indústrias de grande porte, representando uma ruptura em relação às três revoluções industriais precedentes.

O próprio modelo industrial inovador compreende uma estrutura integrada que abrange toda a fábrica e potenciais tecnologias em diversas áreas da atividade industrial. Tais tecnologias são intrínsecas aos princípios de design da Indústria 4.0, que também desempenham um papel crucial na garantia do desempenho inovador dessa nova era industrial.

2.1.1 A evolução até a Indústria 4.0

Revoluções marcam momentos decisivos na história. Uma revolução é um evento tumultuado e transformador, ou uma série de eventos e ações com a finalidade de alterar uma nação, uma região ou uma sociedade. No entanto, esse termo não se aplica de maneira precisa a outros contextos, como os cenários industriais, empresariais e científicos em geral, como citado por Groumos (2021).

Este termo, apesar da sua ampla utilização, assume uma conotação mais gradual ao entrar no contexto científico e industrial, como pontuado por Groumos. Pois ele possui um cunho complexo, acontecendo em vários locais ao mesmo tempo, com vários interesses, motivações e tecnologias. Dito isso, esse trabalho utilizará o termo “Revolução Industrial” para delimitar marcos temporais e contextos específicos com o objetivo de ilustrar a transformação decorrida de avanços tecnológicos.

Sendo reportadas na literatura flexibilizações do termo, novas definições e tipos de Revoluções Industriais, como as citadas por Groumpous (2021) e adaptadas na Tabela 1, bem como a Revolução Industrial 3.5, enunciada por Chien et al. (2017).

Tabela 1 - Revoluções Industriais e seu tipo de indústria associada

Nome da Indústria	Especificação	Nome da Revolução
Indústria 1.0	Mecanização	Mecânica
Indústria 2.0	Eletrificação	Elétrica
Indústria 3.0	Automação	Automatizada
Indústria 3.5	Globalização	Globalizada
Indústria 4.0	Digitalização	Digitalizada
Indústria 5.0	Personalização	Personalizada
Indústria 6.0	Humanização	Humanizada

Fonte: adaptado de Groumpous (2021).

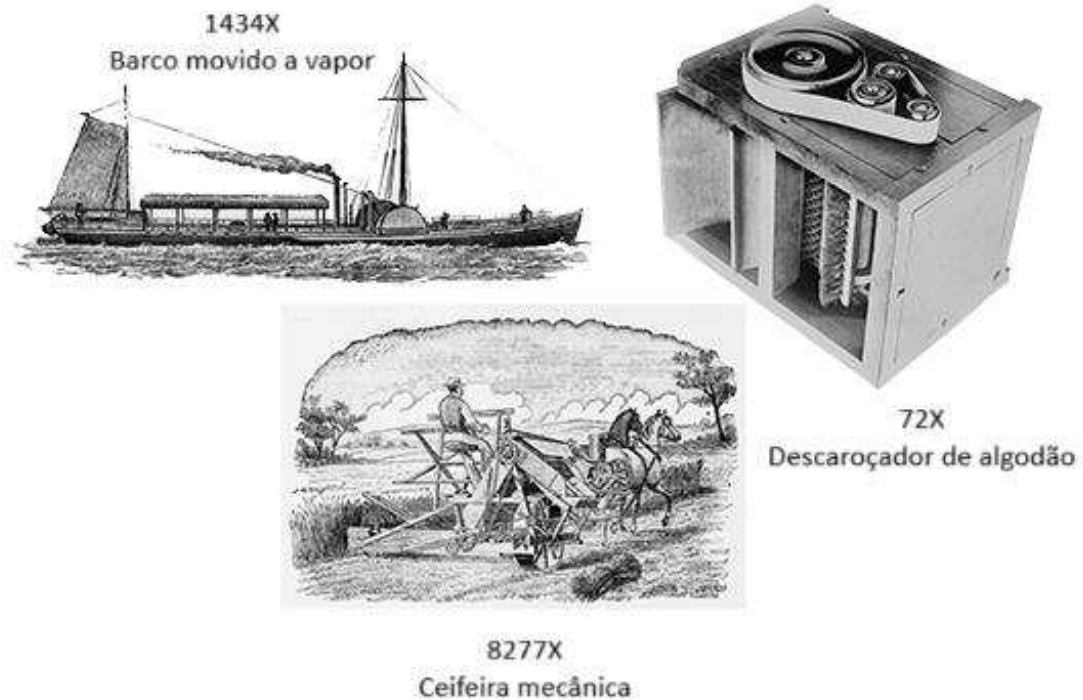
Para o escopo desse trabalho, são abordadas as Revoluções Industriais 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 e 5.0 e suas respectivas terminologias de “Indústria” associadas.

2.1.1.1 Primeira Revolução Industrial e a Indústria 1.0

O momento exato do início da Primeira Revolução Industrial (P.R.I.) ainda é discutido, porém, a maior parte dos historiadores concordam que ela ocorreu no século XVIII, como Ashton (1968), que afirma que ela aconteceu entre os anos de 1760 e 1830, e primeiramente na Inglaterra devido à suas condições de comércio e inovações tecnológicas favoráveis.

Também chamada de Revolução Mecânica ou da Mecanização, de acordo com Groumpous (2021), a P.R.I. foi impulsionada pelo uso de equipamentos movidos à vapor e equipamentos mecânicos de um modo geral, exemplificados na figura 2, que representaram a saída de modelos “artesanais” e que dependiam da força humana, para modelos mais modernos que dependiam de máquinas e da força da água e do vapor e se centralizavam na indústria ao invés da vida rural, além de novos processos químicos, siderúrgicos e têxteis mais produtivos.

Figura 2 - Equipamentos mecânicos e movidos a vapor da Primeira Revolução



Fonte: Escritório de Patentes e Marcas Registradas dos Estados Unidos (USPTO) (2023).

Com o ganho de produtividade e eficiência que as novas tecnologias proporcionaram a renda média per capita, a taxa de crescimento da população e a qualidade de vida como um todo passou por um crescimento acelerado e contínuo como nunca visto antes, de acordo com Groumpos (2021). Historiadores da área econômica corroboram com esse cenário, afirmando até que a P.R.I. foi o evento mais importante da humanidade desde a domesticação de plantas e animais (Weightman, 2010).

Essas invenções e mudanças nos processos produtivos levaram ao que chamamos de Indústria 1.0, um cenário industrial dominado pela utilização do vapor e pela mecanização dos processos.

A comparação direta entre processos manuais e que demandavam “poder braçal” *versus* processos mecânicos a base de vapor aumentava a capacidade produtiva em oito vezes, de acordo com George e George (2020), essa diferença expressiva de produtividade foi um dos grandes direcionadores da adoção da tecnologia e do ganho em qualidade e padrão de vida vistos no período.

2.1.1.2 Segunda Revolução Industrial e a Indústria 2.0

A Segunda Revolução Industrial (S.R.I.) ou Revolução da Eletricidade, como enunciado por Groumos (2021), datada entre 1870 e 1914, embora com características típicas já notáveis desde 1850 (Mokyr, 1998), representou um período de profundas transformações na história industrial e empresarial. Ela é chamada de "segunda" devido à sua distinção em relação à P.R.I., que se concentrou principalmente nas inovações da produção têxtil e na utilização da máquina a vapor.

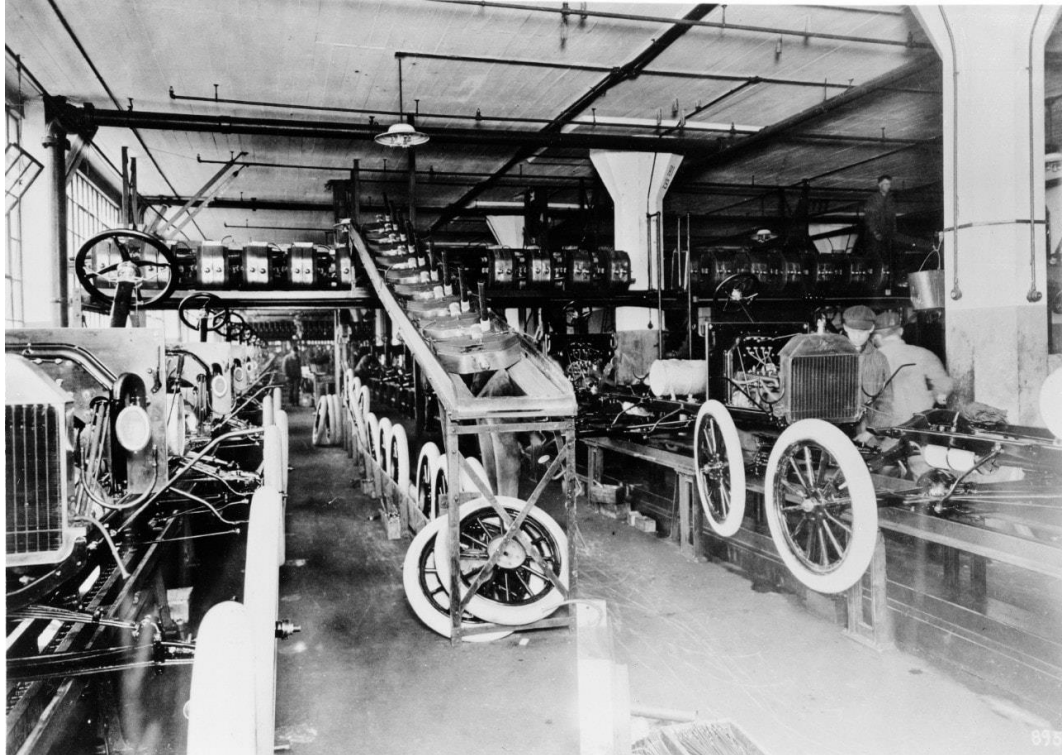
Esta segunda onda de transformação industrial trouxe consigo uma série de características distintas para a Indústria 2.0 em relação à 1.0:

1. O uso da eletricidade como principal fonte de energia para máquinas, equipamentos e processos industriais, possibilitado pelo barateamento da produção e distribuição da energia elétrica;
2. Tecnologia, ciência e negócios começaram a conversar entre si em uma espécie de feedback recursivo, conseqüentemente, tempo e energia pararam de ser desperdiçadas em pseudociências, alquimia, máquinas perpétuas, entre outros temas similares sem qualquer embasamento científico, de acordo com Mokyr (1998).

O primeiro ponto, permitiu a concentração da energia em máquinas específicas, tornando-as mais leves, portáteis e compactas, barateando e simplificando muitos processos produtivos (George e George, 2020).

Ademais, o segundo ponto estimulou a introdução de novas maneiras de estudar e organizar a produção e o trabalho como os desenvolvidos por Frederick Taylor e Henry Ford, que introduziram novas organizações e fluxos de produção (como linhas de montagem, ilustrada na figura 3 e o *lean*) que aceleraram, baratearam e aumentaram a economia de escala dos processos produtivos, como notado por (Mokyr, 1998), Groumos (2021) e George e George (2020).

Figura 3 - Linha de montagem de automóveis da Ford



Fonte: extraído de *Ford Newsroom*, Celebrando a linha de produção móvel em imagens (tradução nossa) (2013).

Diferentemente da P.R.I., a segunda foi mais dispersa tanto em setores afetados por ela (siderurgia, químico, elétrico, transporte, produção, agricultura e processamento de alimentos, automotivo, bem-estar social e doméstico, etc.) quanto em foco geográfico que deixou de ser um desenvolvimento exclusivo da Inglaterra e se difundiu para outros países da Europa, Estados Unidos, etc. mas ainda com uma clara liderança do Ocidente Industrializado, de acordo com Mokyr (1998).

2.1.1.3 Terceira Revolução Industrial e a Indústria 3.0

A Terceira Revolução Industrial (T.R.I.), também conhecida como Revolução da Automação marcou um período de profunda transformação na indústria e na sociedade, assim com as duas R.I.s que a precederam. No entanto, dessa vez impulsionado pelo avanço das tecnologias eletrônicas e da computação. Este momento crucial teve início logo após o fim da Segunda Guerra Mundial, por volta dos anos 50 do século XX, de acordo com Groumpou, (2021).

O fato revolucionário da T.R.I. foi a automação computacional, possibilitada pelo uso de controles programáveis em memória e computadores. Essas tecnologias permitiram a automação de todo o processo de produção sem a necessidade de intervenção humana direta. Exemplos notáveis incluem robôs que executam sequências programadas sem intervenção humana, como ilustrados na figura 4, e o pouso automatizado de aeronaves sem a assistência do piloto (Groumos, 2021).

Figura 4 - Robôs executando sequências programadas de ação



Fonte: extraído de *South China Morning Post*, ‘Feito na China’: o mapa da revolução digital que promete levar Beijing para a era digital (tradução nossa) (2015).

Outro aspecto fundamental dessa revolução foi a transição das tecnologias analógicas para as digitais. Dispositivos e sistemas que anteriormente operavam de forma analógica, como televisores com ajustes de antena, deram lugar a tecnologias digitais. Essa migração de tecnologias analógicas e mecânicas para a digitalização teve um impacto dramático em diversas indústrias, especialmente nas áreas de comunicação e energia.

Essas grandes invenções possibilitaram melhorias incrementais em tecnologias como os Semicondutores, CD-ROMs, Redes de Computadores (que evoluíram para a *World Wide Web* ou *Internet*) que foram fundamentais para reduzir as distâncias e acelerar a troca de informações, ideias e bens de consumo em um processo chamado globalização, descrito por Fitzsimmons (1994) como o processo de criação de uma “Vila Global”.

Essa noção de fluxo de informação e interconectividade global foi crucial para a construção das atuais redes de suprimentos ou redes de valor, bem como foi a base para as tecnologias vigentes na Indústria 4.0, que serão abordadas na próxima seção.

Nesse sentido, Rifkin (2011, tradução nossa) afirma que:

A Terceira Revolução Industrial é o último estágio da grande Saga Industrial e o primeiro estágio da emergente Era da Colaboração aglutinadas no mesmo período. Ela representa a grande interseção entre duas eras da história e da economia, a primeira caracterizada pela industrialização e a segunda pela colaboração.

2.1.2 Características e tecnologias da Indústria 4.0

A expressão "Indústria 4.0" surgiu pela primeira vez em 2011, quando uma associação composta por representantes da indústria, política e academia a promoveu como uma abordagem para aprimorar a competitividade industrial alemã. O governo alemão, alinhado com essa ideia, anunciou que a Indústria 4.0 era parte integrante de sua estratégia chamada "*High-Tech Strategy 2020 for Germany*" (Estratégia de Alta Tecnologia para 2020 da Alemanha), de acordo com Nicoletti, (2020).

Adiante desse marco, o termo "Indústria 4.0", passou a representar uma evolução da Terceira Revolução Industrial, isto é, a Quarta Revolução Industrial (Q.R.I.), baseada nos avanços tecnológicos desde então, como explicado por George e George, (2020).

Esses avanços se caracterizaram na aplicação intensiva de tecnologias da informação e comunicação em processos industriais. Isso envolve a expansão de sistemas de manufatura já equipados com tecnologia da informação por meio da conectividade em rede e da criação de "gêmeos digitais" (*digital twins*) na internet. Esses gêmeos digitais, de acordo com George e George (2020), permitem a comunicação entre diferentes instalações industriais e a divulgação de informações sobre si mesmos

A interconexão de todos esses sistemas resulta em sistemas de produção ciberfísicos, que são a base das chamadas "fábricas inteligentes" (*smart factories*), onde os sistemas de produção, componentes e indivíduos comunicam-se por meio de uma rede e a manufatura é altamente autônoma, interconectada e inteligente.

Na sua carta para o Governo Alemão, da Estratégia de Alta Tecnologia para 2020 da Alemanha, Kagermann *et al* (2013, tradução nossa), descreve a visão compartilhada do grupo de trabalho para a *Industrie 4.0* da seguinte maneira:

No futuro, negócios vão estabelecer redes globais que integram seus maquinários, estoques e plantas de produção, no formato de Sistemas Ciber-Físicos. No ambiente manufatureiro, esses sistemas consistem em máquinas inteligentes, sistemas de estoque e produção capazes de trocar informações de maneira autônoma, desencadeando ações e se autorregulando de maneira independente [...]. Os sistemas

manufatureiros são verticalmente integrados com processos de negócios dentro da própria planta e horizontalmente integrados com redes de valor dispersas, capazes de serem gerenciadas em tempo real – a partir do momento que um pedido é feito até a logística de entrega. Ademais, ambos permitem e precisam de controle de ponta-a-ponta por toda a cadeia de valor.

2.1.2.1 Principais tecnologias da Indústria 4.0

Todas as Revoluções Industriais que precederam à Q.R.I. tiveram como pilares para o seu caráter revolucionário tecnologias inovadoras que trouxeram enormes ganhos de eficiência e produtividade. A Q.R.I. não foi diferente nesse aspecto, Rubbmann *et al* (2015) levantou nove tecnologias como pilares dos avanços observados, simbolizados na figura 5:

Figura 5 - As nove tecnologias que estão transformando a produção industrial



Fonte: extraído de Mais Gemba Consultoria, apud *Boston Consulting Group* (2015).

Esses nove específicos avanços tecnológicos já são utilizados na indústria, no entanto, a sua interconexão e integração é o que está transformando e continuará a transformar a

produção. Eles irão transformar células de produção isoladas e “perfeitamente” otimizadas em uma rede e um fluxo de produção totalmente integrado, automatizado e otimizado enquanto rede (ao invés de isoladamente), alterando as relações tradicionais de fornecedores, fabricantes, clientes, seres humanos, sistemas digitais e máquinas.

Essas mudanças representam uma disrupção do modelo tradicional de produção industrial, de tal modo que a interconexão, automação e compartilhamento de informações por toda a rede de valor desempenham um papel fundamental na otimização da produtividade e eficiência, de acordo com Rubbmann *et al* (2015). E assim pode-se descrever as nove tecnologias fundamentais da Q.R.I. da seguinte maneira:

1. *Big Data e Analytics* (Megadados e Análises, em tradução nossa):

De acordo com Mauro, Greco e Grimaldi (2015), uma das principais razões para a existência do fenômeno da *Big Data* é a escala e extensão com que dados são gerados e armazenados.

Essa geração de dados e informações, causado por tecnologias e fenômenos como a Internet das Coisas (*IoT*, em inglês), Sistemas Ciber Físicos (*CPS*, em inglês), digitalização e dataficação (termo proposto por Mayer-Schönberger e Cukier (2013), tradução nossa, descrevendo a quantificação e informatização de fenômenos digitais ou não digitais), demanda novas tecnologias que possam armazenar, gerenciar, disponibilizar e auxiliar na tomada de decisão.

Logo, tecnologias como *Hadoop* ou *Spark*, citadas por Mauro, Greco e Grimaldi (2015), para a gestão de grandes volumes de dados de forma descentralizada, e Bancos de Dados Não Relacionais (conhecidos como bancos NoSQL) são tecnologias características que permitem com que usuários possam lidar com a Velocidade, Volume e Variedade (3Vs) presentes nos contextos industriais e não industriais atuais.

2. *Robôs Autônomos*:

De acordo com Rubbmann *et al* (2015), empresas de diversos setores têm empregado robôs há bastante tempo para lidar com tarefas complexas. No entanto, esses robôs estão tornando-se cada vez mais autônomos, flexíveis e colaborativos. A tendência é que, no futuro, eles interajam entre si e trabalhem lado a lado com os humanos de forma segura, aprendendo com suas interações. Além disso, espera-se que esses novos robôs tenham um custo menor e uma gama mais ampla de capacidades em comparação com os modelos atualmente utilizados na indústria.

Um exemplo dessa evolução pode ser encontrado na empresa europeia Kuka, especializada em equipamentos robóticos, que oferece robôs autônomos capazes de interagir entre si. Esses robôs são conectados em rede, permitindo que trabalhem em conjunto e se ajustem automaticamente às demandas do processo produtivo. A utilização de sensores avançados e unidades de controle possibilita uma colaboração com os operadores humanos.

Essas inovações representam um avanço significativo no campo da automação industrial, promovendo uma maior eficiência e flexibilidade nos processos de produção. O futuro da indústria aponta para uma integração cada vez maior entre humanos e máquinas, criando ambientes de trabalho mais dinâmicos e produtivos, como pontuado por Rubbmann *et al* (2015).

3. *Simulação:*

De acordo com Rodič (2017), a simulação por modelagem consiste em utilizar modelos de um sistema real ou imaginário, ou de um processo, para compreender ou prever de forma mais precisa o comportamento do sistema ou processo em questão. Como uma analogia ao conceito, um modelo físico (representação do sistema em escalas menores) ou matemático também representam uma modelagem com simulação.

Santos, et. Al (2020), destaca uso da simulação como um Gêmeo Digital, uma cópia virtual e inteligente capaz de espelhar processos reais, facilitando a tomada decisão, previsão de acontecimentos futuros e a experimentação com sistemas industriais complexos, avaliando potenciais mudanças e hipóteses referentes a esses sistemas reais.

4. *Integração vertical e horizontal:*

A integração vertical diz respeito aos sistemas flexíveis e reconfiguráveis dentro da fábrica e ao grau de integração entre eles; já a integração horizontal trata da integração dos parceiros dentro das Cadeias de Suprimentos (CS). A rede industrial coleta *Big Data* para otimizar o desempenho do sistema e enviá-los para a nuvem. Esse mecanismo de coordenação cria o *framework* da fábrica inteligente. Portanto, os sistemas de manufatura são projetados como estruturas auto-organizadas que integram todos os objetos físicos entre si por meio de redes inteligentes, de acordo com Erboz (2017).

Atualmente, a integração dos sistemas de tecnologia da informação ainda apresenta desafios. As conexões entre empresas, fornecedores e clientes nem sempre são tão estreitas quanto necessário. Da mesma forma, os diferentes setores dentro das organizações, como engenharia, produção e serviço, frequentemente operam de forma independente. A integração entre os processos empresariais e o chão de fábrica nem sempre é completa, e até mesmo a

engenharia, desde o desenvolvimento de produtos até a automação das plantas, muitas vezes não está totalmente alinhada.

No entanto, com a implementação da Indústria 4.0, espera-se uma mudança significativa nesse cenário. A evolução das redes de integração de dados interempresariais e universais possibilitará a criação de cadeias de valor verdadeiramente automatizadas. Isso permitirá que as empresas, seus departamentos, funções e capacidades se tornem mais coesos, promovendo uma integração mais profunda e eficiente em toda a organização, de acordo com Rubbmann *et al* (2015).

5. A Internet das Coisas Industrial (IIot):

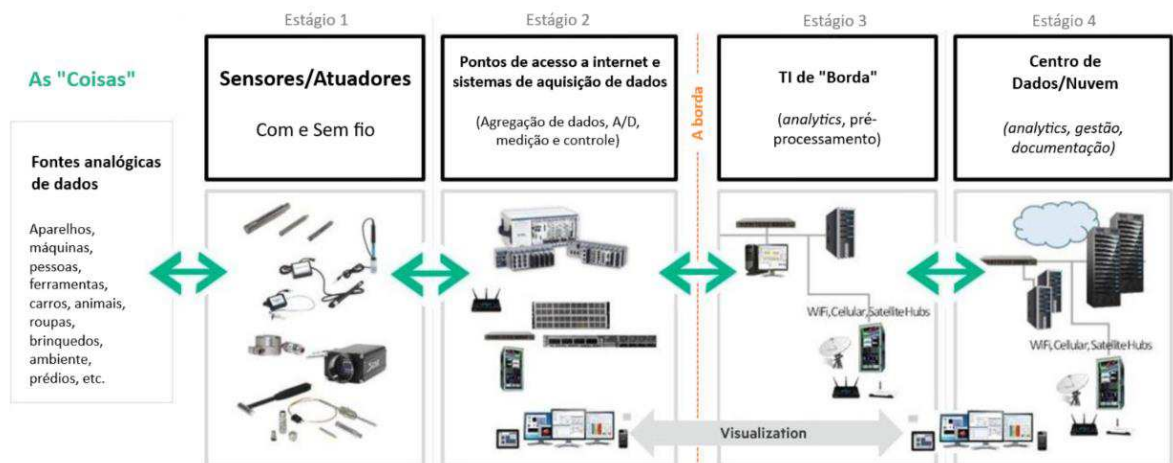
Historicamente, os Sistemas de Automação e Controle Industrial (IACS) eram amplamente isolados de redes digitais convencionais, como os ambientes de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) empresariais. A adoção e implementação de tecnologias de 'Internet das Coisas' (IoT) está promovendo mudanças arquiteturais nos IACS, incluindo uma maior conectividade aos sistemas industriais, como explicado por Watson, et al (2018).

A definição da Internet Industrial inclui dois componentes-chave, de acordo com Floyer (2013):

- A conexão dos sensores e atuadores de máquinas industriais ao processamento local e à Internet;
- A conexão subsequente a outras redes industriais importantes que podem gerar valor de forma independente.

Existem inúmeros modelos e aplicações da IIoT descritos na literatura, um exemplo demonstrado por Floyer (2013) pode ser visto na figura 6:

Figura 6 - Modelo de aplicação da Internet das Coisas Industrial



Fonte: adaptado de Watson et al., 2018.

6. Cybersegurança:

Uma das diversas definições de Indústria 4.0 é fazer uso de Sistemas Ciber-Físicos (CPS) inteligentes e interconectados, com o objetivo de automatizar todas as fases das operações industriais (desde o projeto e fabricação até a cadeia de suprimentos e a manutenção de serviços), de acordo com Corallo, Lazoi e Lezzi (2020).

Em contrapartida, Tuptuk e Hailes (2018) levanta o argumento que, os protocolos de rede de comunicação usados na automação industrial foram concebidos sem foco explícito em segurança, e pouca análise foi realizada sobre suas propriedades de segurança em comparação com protocolos semelhantes da Internet de uso comum/social. Essa análise sugere que as propriedades de segurança das interconexões presentes na indústria variam significativamente, deixando vulnerabilidades conhecidas e desconhecidas em seu ecossistema.

Dessa forma, há um aumento da necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de produção contra ameaças de cibersegurança. Portanto, é essencial contar com comunicações seguras e confiáveis, além de um gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários. Por esse motivo, a Cybersegurança é um dos pilares da Indústria 4.0.

7. A Nuvem:

De acordo com Velásquez, Estevez e Pesado (2018), a Computação em Nuvem (Cloud Computing, ou CC) permite o armazenamento de grandes volumes de dados, sendo essencial para armazenar os dados gerados ao longo de todo o processo de produção, onde máquinas e sensores coletam e registram informações de forma contínua.

Dessa forma, reduzindo o investimento em recursos tecnológicos e permitindo que o espaço de armazenamento e a capacidade de processamento sejam contratados conforme a demanda, com flexibilidade, agilidade e adaptabilidade às necessidades dos negócios.

Ademais, por meio de uma estrutura escalável, a nuvem permite a redução de custos ao evitar a compra de servidores, licenças e contratação de pessoal especializado para manutenção, além de economizar energia. Por isso, proporciona fácil acesso ao armazenamento de diferentes pontos geográficos e em horários distintos, independentemente da plataforma e dos dispositivos de conexão. Essas características facilitam a criação de ecossistemas de fabricação e incentiva a colaboração entre clientes, fornecedores e de diferentes setores.

8. Manufatura Aditiva:

Como citado por Bourell (2016), a Manufatura Aditiva, conforme definida pelo padrão de terminologia conjunto ISO/ASTM, é o "processo de unir materiais para criar peças a partir de dados de modelos 3D, geralmente camada sobre camada, em oposição às metodologias de manufatura subtrativa e formativa".

Esta abordagem frequentemente envolve a criação de protótipos e o uso de técnicas de impressão 3D para produzir lotes menores, alcançando uma redução de estoque e minimizando a superprodução ou desperdícios, de acordo com Erboz (2017).

9. Realidade Aumentada:

Sistemas baseados em Realidade Aumentada podem proporcionar uma gama de soluções, como seleção de peças em estoque, envio de instruções de reparo por meio de dispositivos móveis, entre outros. Embora ainda em estágio inicial, espera-se que no futuro as empresas explorem amplamente a realidade aumentada para disponibilizar informações em tempo real aos trabalhadores, visando aprimorar processos de tomada de decisão e procedimentos de trabalho.

Por exemplo, operários podem receber instruções de reparo sobre como substituir uma peça específica enquanto observam o sistema real que necessita de reparo. Tais informações podem ser exibidas diretamente no campo de visão dos trabalhadores por meio de dispositivos como óculos de realidade aumentada, como explicado por Rubbmann *et al* (2015).

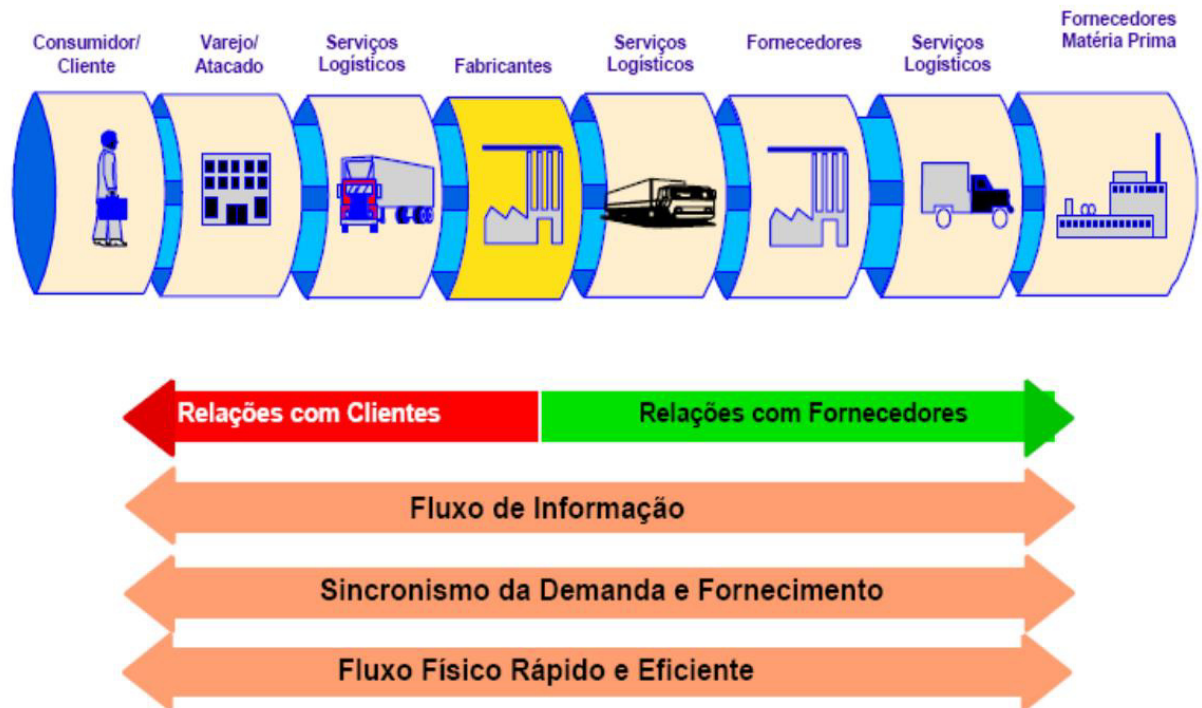
2.2 Cadeia de Suprimentos

2.2.1 A Cadeia de Suprimentos

O papel da indústria de manufatura é gerar valor agregado e lucro por meio da produção e venda de produtos. Uma característica comum a todas as empresas de manufatura é a necessidade de gerenciar o fluxo de materiais desde os fornecedores, passando pelos processos de produção e distribuição, até chegar aos clientes.

A cadeia de suprimentos, entra nesse contexto como sendo uma série de atividades interconectadas que envolvem o planejamento, coordenação e controle dos materiais, peças e produtos acabados, desde os fornecedores dos fornecedores até os clientes dos clientes, como explicado por Stevens (1989). Essa estrutura é ilustrada na figura 7:

Figura 7 - Os diferentes fluxos dentro da cadeia de suprimentos



Fonte: extraído de Neto e Sacomano, 2010.

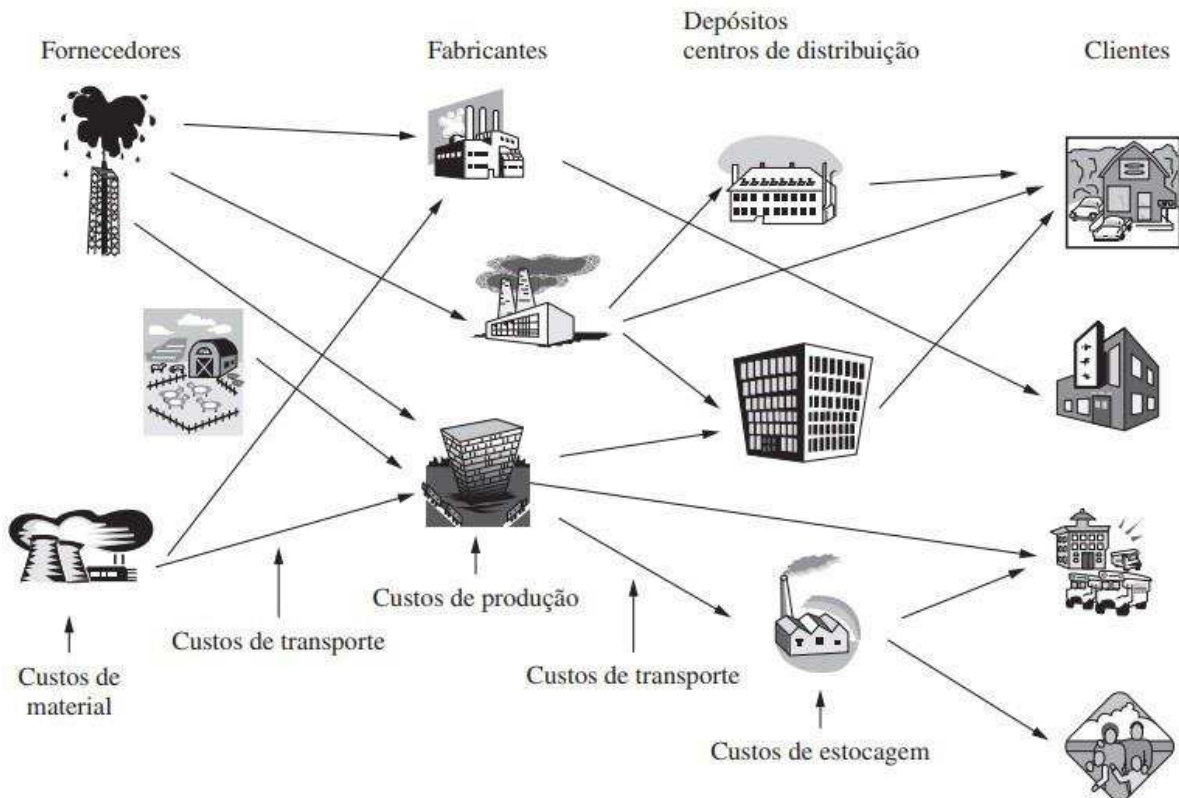
MacCarthy et al. (2016), explica que o escopo da cadeia de suprimentos estende-se muito além da simples preocupação com o movimento físico de materiais e preocupa-se igualmente com o gerenciamento de fornecedores, compras, gestão de materiais, gestão de manufatura, planejamento de instalações, serviço ao cliente e fluxo de informações, assim como com transporte e distribuição física. Sendo as próprias necessidades de consumo e econômicas da humanidade os criadores orgânicos dessas cadeias de suprimentos.

Devido a natureza dinâmica e intrinsecamente ligada às necessidades humanas de consumo, a cadeia de suprimentos é caracterizada por uma estrutura de rede que permeia diversas empresas. Borgatti e Li (2009, tradução nossa) explicam que:

A Gestão das Cadeias de Suprimentos não tem sido apenas diádica, como a maioria das dependências de recursos tem sido, mas tem - através da noção de cadeias - considerado implicitamente caminhos através de uma rede de empresas.

Essa cadeia (ou rede, ou teia) pode ser visualizada na figura 8 abaixo, e agora passa a transmitir uma visão de conectividade e colaboratividade entre diferentes companhias e agentes da cadeia de suprimentos ante uma visão de fluxo rígido de informações, material e capital:

Figura 8 - Visualização da teia ou rede de suprimentos



Fonte: extraído de Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi, 2010.

2.2.1 A evolução da Cadeia de Suprimentos

A introdução de novas tecnologias digitais, como parte da chamada Indústria 4.0, tem proporcionado uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos, também chamada de Cadeia de Suprimentos 4.0 de acordo com Alhalalmeh (2022).

Esse movimento em direção à digitalização da cadeia de suprimentos envolve a adoção de tecnologias como *Blockchain*, *Big Data*, Internet das Coisas (IoT), Aprendizado de Máquina, entre outras. Essas ferramentas têm o potencial de otimizar significativamente as estratégias de planejamento, *sourcing* e *procurement*, promovendo uma abordagem mais inteligente e integrada na gestão dos seus processos, de acordo com Taglienti et al. (2022).

Murthy, Ghosh e Swafford (2008), explicam que a capacidade de uma empresa de responder à competição e manter sua vantagem é um elemento chave para o sucesso. Sendo essa capacidade dependente da flexibilidade e agilidade dos processos internos de sua cadeia de suprimentos. Dessa forma, as tecnologias levantadas anteriormente e as tecnologias de informação como um todo desenvolvidas e em desenvolvimento durante a R.I. 4.0 estão no coração dessa agilidade e flexibilidade.

Isso acontece porque as Tecnologias de Informação permitem às empresas coletar, armazenar, acessar, analisar, compartilhar e tomar decisões que envolvem múltiplos fatores e podem responder a complexidade do mercado e das relações entre companhias. Dessa forma, a extensão com que os recursos de TI em uma empresa são utilizados para planejar, coordenar e tomar decisões aumenta a flexibilidade e a agilidade de seus processos internos e de sua cadeia de suprimentos, como explicado por Murthy, Ghosh e Swafford (2008).

Assim, Murthy, Ghosh e Swafford, por meio de uma revisão de literatura sistemática no tema, propõe um fluxo causal a partir da utilização das novas tecnologias da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos:

1. O aumento no uso e integração de Tecnologias da Informação aumenta a flexibilidade da cadeia de suprimentos;
2. Aumento no uso e integração de Tecnologias da Informação aumenta a agilidade da cadeia de suprimentos;
3. Aumento na flexibilidade da cadeia de suprimentos gera maior agilidade na mesma;
4. O aumento na flexibilidade e agilidade da cadeia de suprimentos gera maior performance e vantagem competitiva na companhia.

Essa maior performance e vantagem competitiva se traduz em atingir com maior êxito objetivos estratégicos da cadeia de fornecimento, que [Frederico et al. \(2019\)](#), lista como sendo:

- Foco no cliente;
- Foco nos fornecedores;
- Redução de Custos;
- Maior rentabilidade;
- Maior expansão da imagem da marca.

Os cinco pontos citados anteriormente, bem como a adoção das tecnologias da indústria 4.0 na cadeia de suprimentos, vem mudando o próprio perfil e os objetivos na gestão da cadeia de fornecimento. Ahmed, Zairi e Al-Mudimigh (2003), explicam que esse novo perfil e filosofia para gerir a cadeia de suprimentos foca muito mais em conseguir responder de maneira ágil e flexível às novas tendências de negócio, que surgem tanto das necessidades e mudanças em percepção de valor dos clientes quanto às pressões competitivas geradas por elas.

Essa nova filosofia, coloca o valor percebido como sendo o centro dos processos e objetivos de negócio. Ahmed, Zairi e Al-Mudimigh (2003), definem esse “valor” de maneira ampla, porém sempre tendendo a possuir as seguintes características:

- O valor do cliente está intrinsecamente ligado à utilização de um produto ou serviço, dissociando-o dos "valores" pessoais;
- O valor do cliente é percebido pelos clientes ao invés de ser objetivamente determinado pelo vendedor;
- O valor do cliente normalmente envolve uma compensação entre o que o cliente recebe (por exemplo, qualidade, benefícios, valor) e o que ele ou ela renuncia para adquirir e utilizar um produto ou serviço (por exemplo, preço, sacrifícios).

A criação desse valor de forma contínua e adaptável, passa a ser o objeto de gerenciamento com a adoção das tecnologias da indústria 4.0 na cadeia de suprimentos, que permitem uma maior integração entre fornecedores, clientes e clientes internos, aumentando a agilidade, velocidade e colaboratividade entre todas as partes envolvidas, com o cliente final no centro. Essa conjuntura é a própria evolução da cadeia de suprimentos, chamada cadeia de valor.

2.3 Compras (Procurement)

De acordo com o *Chartered Institute of Procurement & Supply* (Instituto Licenciado de Compras e Fornecimento ou CIPs, do inglês), a atividade de compras, no âmbito do gerenciamento de suprimentos, é definida como a aquisição de bens e serviços que possibilitam a operação das cadeias de abastecimento de uma organização, de maneira lucrativa e ética.

Existem diversos tipos de compras, sendo possível classificá-las como diretas ou indiretas. As compras diretas envolvem a aquisição de matérias-primas e produtos necessários para a produção. Geralmente, são realizadas em grandes quantidades e provenientes de diversos fornecedores, visando obter o melhor custo, qualidade e confiabilidade possíveis. Podem incluir matérias-primas, peças mecânicas ou embalagens, entre outros.

Já as compras indiretas referem-se à aquisição de serviços que não são diretamente utilizados no processo de fabricação, mas que são fundamentais para as operações do dia a dia. Isso inclui serviços como utilidades, manutenção de máquinas, despesas de viagem, equipamentos de informática e despesas de marketing.

Além disso, existem mais dois tipos de compras. A compra de bens diz respeito a itens físicos e pode incluir compras diretas e indiretas, enquanto a compra de serviços concentra-se na aquisição de serviços baseados em pessoas e empresas.

Joyce (2006), explica que o processo de compras (de maneira generalista, independentemente do tipo) se inicia com uma requisição originada dentro da organização

para a compra de material, equipamentos, suprimentos ou outros itens junto a fornecedores externos, e se conclui quando o departamento de compras é informado sobre o recebimento satisfatório de um envio, envolvendo ativamente a contabilidade gerencial em cada etapa.

Joyce (2006), também explica que esse processo pode ser comumente dividido nas seguintes etapas:

1. Recebimento da Requisição:

O departamento de compras recebe a solicitação contendo detalhes sobre os itens desejados, como descrição, quantidade, qualidade e prazos de entrega, juntamente com a identificação do solicitante.

2. Seleção do Fornecedor:

A equipe de compras identifica os fornecedores adequados para atender às necessidades, consultando avaliações de desempenho dos fornecedores e buscando novas parcerias quando necessário.

3. Realização do Pedido:

O pedido é feito junto ao fornecedor, podendo envolver processos de licitação para grandes gastos ou acordos contínuos para itens de alto volume. Compras menores podem ser tratadas diretamente pelas unidades operacionais, com supervisão adequada.

4. Monitoramento dos Pedidos:

Acompanhamento regular dos pedidos permite detectar possíveis atrasos e comunicar às unidades operacionais sobre mudanças nas necessidades de entrega, mantendo uma comunicação eficiente com os fornecedores.

5. Recebimento dos Pedidos:

O setor de recebimento verifica a qualidade e quantidade dos itens recebidos, comunicando quaisquer problemas à equipe de compras e à unidade operacional correspondente. Itens insatisfatórios podem ser devolvidos ou submetidos a inspeções adicionais conforme necessário.

2.3.1 A evolução das Compras

Os processos, ferramentas e o próprio perfil da área de compras tem sofrido transformações intensas, de acordo com Nicoletti (2020), é possível dividir essas ondas de inovações para o universo de compras em quatro grandes períodos (análogos e síncronos às quatro revoluções industriais).

2.3.1.1 Primeira Revolução Industrial, Compras 1.0

A Primeira Revolução Industrial foi iniciada graças à introdução da máquina a vapor por James Watt em 1782. Essa inovação possibilitou um aumento significativo na capacidade de produção. O desenvolvimento dos transportes naval, ferroviário e, posteriormente, aéreo, proporcionaram mudanças sem precedentes, melhorando significativamente a capacidade de transporte e a velocidade de produção.

Essa transformação também impactou a área de compras, majoritariamente devido à redução dos tempos de transporte. Até então, as compras eram realizadas principalmente com parceiros locais, devido às limitações de transporte. Pequenos empresários ou membros individuais lidavam com a maioria da gestão de compras, atuando como empreendedores, mas também como compradores e agentes de compras.

O fluxo de entrada e saída de suprimentos era baseado em uma abordagem de "puxar"; os produtos eram direcionados aos mercados, do lado da produção para os distribuidores. Os produtores estabeleciam as operações com base em tendências históricas da demanda. Essa situação resultava em uma resposta lenta às mudanças na demanda, com consequências como excesso de estoque, gargalos e atrasos, resultando em níveis de serviço inaceitáveis e obsolescência de produtos.

O armazém era simplesmente um local para armazenar materiais ou produtos acabados. A rede de valor ou o movimento de mercadorias dentro de uma fábrica era realizado com caminhões dirigidos manualmente por trabalhadores ou, em alguns casos, por animais. Trens e navios a vapor posteriormente permitiram a aquisição e transporte de materiais e mercadorias por longas distâncias.

2.3.1.2 Segunda Revolução Industrial, Compras 2.0

Durante a Segunda Revolução Industrial, diversos avanços surgiram, contribuindo significativamente para a redução dos custos de aquisição de uma vasta gama de produtos. Frederick W. Taylor introduziu o conceito de divisão do trabalho no início do século XX, marcando uma mudança radical na indústria ao permitir a produção em larga escala, tornando-se o padrão para as fábricas por muitas décadas. Paralelamente, Henry Ford promoveu a ideia da linha de montagem.

Essas mudanças, aliadas aos progressos no transporte, expandiram as opções de escolha de parceiros na área de compras. A gestão de compras passou a atuar em uma escala global ou regional, não se limitando necessariamente a fornecedores próximos às fábricas. Parcerias de longa duração em distâncias maiores tornaram-se mais comuns, e surgiram

demandas por expertise em áreas como mecânica, eletricidade, química e engenharia por parte dos compradores. As organizações começaram a contar com profissionais de compras dotados de novas habilidades e conhecimentos.

O modelo de entrega *push* na produção foi aplicado para comprar materiais em grandes volumes, enquanto os armazéns passaram por automação. O movimento de mercadorias dentro das instalações passou a ser realizado por meio de empilhadeiras, muitas vezes equipadas com motores elétricos, operadas pelos trabalhadores. Trens e navios passaram a ser utilizados para transportar produtos acabados e materiais, mesmo em longas distâncias.

2.3.1.3 Terceira Revolução Industrial, Compras 3.0

Na área de compras, diversos softwares foram desenvolvidos para facilitar sua gestão. Exemplos incluem o ERP (*Enterprise Resources Planning* ou Planejamento de Recursos Empresariais), WMS (*Warehouse Management Systems* ou Sistema de Gerenciamento de Estoque), TMS (*Transport Management Systems* ou Sistemas de Gerenciamento de Transporte) e outras soluções de Tecnologia da Informação e comunicação. Mais tarde, o *e-procurement* (processo de compras em meio eletrônico) começou a se popularizar, permitindo uma integração de ferramentas de TI para compras.

A automação no manuseio de cargas representou outra grande evolução nas compras. A disseminação dos navios porta-contêineres trouxe inovações na automação de muitas atividades portuárias, aumentando a segurança dos contêineres e facilitando a mudança entre diferentes modos de transporte.

As compras também passaram a ter uma abordagem cada vez mais global, com a busca dos melhores parceiros em um mercado globalizado. Os softwares permitem o planejamento de pedidos para os parceiros, possibilitando a recepção automática de pedidos pela rede. Isso permite o planejamento e controle das aquisições recebidas por meio de aplicativos de software. Além disso, sistemas baseados em software e plataformas de serviços desempenham um papel essencial nos processos de produção, facilitando a conectividade e análise de dados com máquinas e componentes na linha de produção.

O transporte de mercadorias dentro das instalações frequentemente é realizado por meio de linhas de produção automatizadas. Os operadores utilizam empilhadeiras e cada vez mais programam ações de robôs. A frota de veículos é planejada com antecedência e segue rotas otimizadas, calculadas por aplicativos de software. O processamento e a entrega de

produtos são gerenciados conforme planos e cronogramas previamente definidos, antes mesmo do início da produção.

2.3.2 Compras 4.0

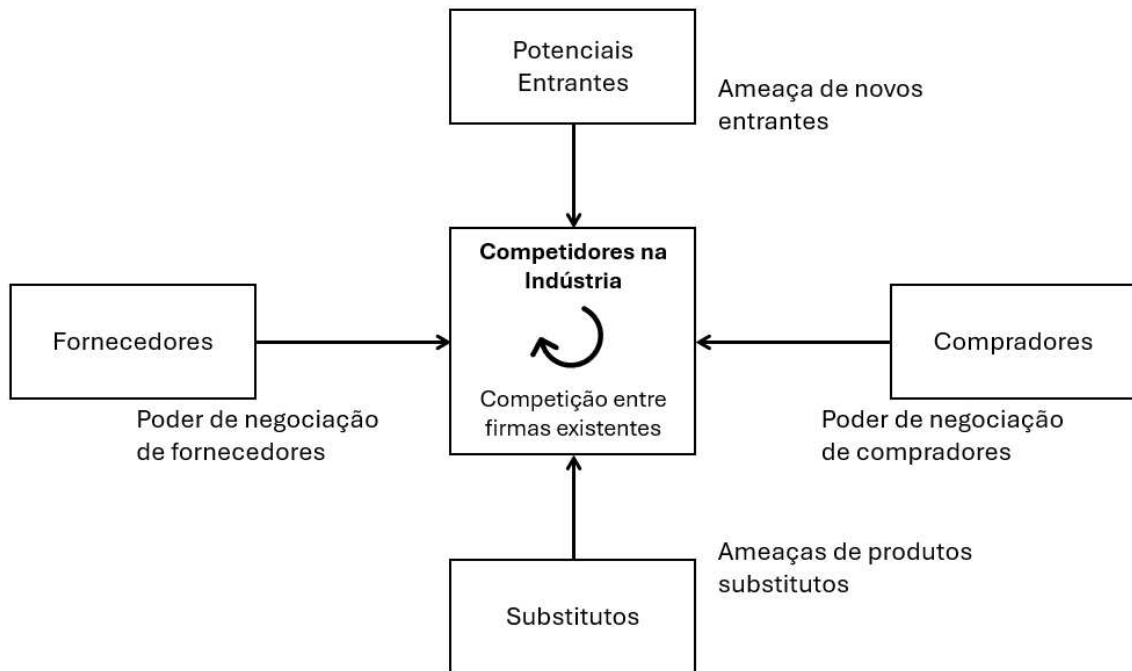
A evolução de compras, ao longo das revoluções industriais, não impactou e impacta apenas na performance operacional do setor. McIvor, Humphreys e McAleer (1997), explicam que no passado a área de compras era considerada uma função braçal com o objetivo de adquirir um bem/serviço pelo menor preço possível, tendo um papel passivo dentro das organizações, ao invés de um papel estratégico e de tomada de decisão.

A crise de petróleo de 1973-74, como explicado por Farmer (1978), fez que com que produtores e clientes dentro da cadeia de fornecimento de petróleo sofressem com a escassez de fornecimento. Um caso citado por Farmer, de uma empresa no ramo petrolífero, de quando o problema foi apresentado ao conselho da empresa, houve surpresa ao perceber que, conforme expressou o diretor executivo, "nossas questões de abastecimento estavam sendo tratadas em um nível de importância muito baixo". Isso não se referia apenas ao status dos compradores da empresa, mas também à falta de ênfase em aspectos além das operações diárias relacionadas ao fornecimento.

Cenários como o citado anteriormente, a rápida evolução tecnológica evidenciada nas revoluções industriais e na gestão das cadeias de fornecimento, o fenômeno do uso de Tecnologias da Informação no âmbito industrial e riscos nas cadeias de fornecimento globais em crises como a Covid-19, como explicado por von Hoek (2020), todo culminaram no que é chamado hoje de Compras 4.0, um cenário em que a área de compras adota uma função cada vez mais estratégica, orientada a conceder vantagem competitiva aos negócios e agregar valor para seus clientes, como demonstrado por Murthy, Ghosh e Swafford (2008) sobre a relação causal entre adoção de tecnologias de TI e performance de uma cadeia de fornecimento (ou valor).

Essa virada gradual de perfil, pode ser observada também em trabalhos como o de Porter (1980), em que as relações de compradores e fornecedores são analisadas como duas das principais forças que movem a competição entre indústrias e mercados, em contrapartida ao paradigma de forças que movem apenas o aumento ou redução de custos, como ilustrado na imagem 9 abaixo:

Figura 9 - Forças de Porter para a competição em mercados



Fonte: adaptado de Porter (1980).

3 METODOLOGIA

Neste trabalho adotou-se uma abordagem metodológica que combinou revisão de literatura e estudo de caso.

A pesquisa envolveu uma investigação detalhada de artigos, literatura especializada além de análise in loco dos processos da área de compras na indústria alimentícia em questão e entrevistas estruturadas com colaboradores do setor da área de MRO, por meio de um formulário, que estão direta ou indiretamente envolvidos na transformação digital, seja como promotores ou clientes dela.

3.1 Método de Pesquisa

Quanto à natureza do trabalho, este foi classificado como exploratório e descritivo, visando a compreensão profunda do tema e a descrição detalhada dos processos de compra de MRO (Manutenção, Reparo e Operações) na indústria alimentícia, bem como a análise das implicações da transformação digital nesse contexto quando comparado ao cenário descrito em artigos científicos e em literatura especializada no tema.

As fontes de dados utilizadas foram tanto primárias quanto secundárias. As informações primárias foram coletadas diretamente no ambiente de trabalho, por meio da observação dos processos e entrevistas com profissionais da área. Já as fontes secundárias incluíram artigos científicos, livros, documentos técnicos e relatórios de pesquisas anteriores relacionadas ao tema.

O tratamento dos dados obtidos foi qualitativo e quantitativo, buscando compreender e interpretar os aspectos qualitativos dos processos de compra de MRO na indústria alimentícia, bem como identificar padrões, tendências e desafios associados à transformação digital nesse contexto. Essa abordagem permitiu uma análise aprofundada e uma compreensão holística do fenômeno em estudo.

3.2 Coleta de Dados

O presente trabalho analisou duas fontes de evidências para coleta de dados, de acordo com Yin (2001), o estudo de caso possibilita que haja coleta de dados e informações por meio de observação participante, através da participação do próprio autor da pesquisa na organização e do caso em estudo e por meio da observação direta, que foi realizada por meio de um formulário.

A observação participante foi realizada por meio da coleta de documentos evidenciando resultados qualitativos de indicadores de performance e por meio de memoriais de projetos e apresentações internas que delimitam os marcos temporais e principais projetos habilitadores da transformação digital.

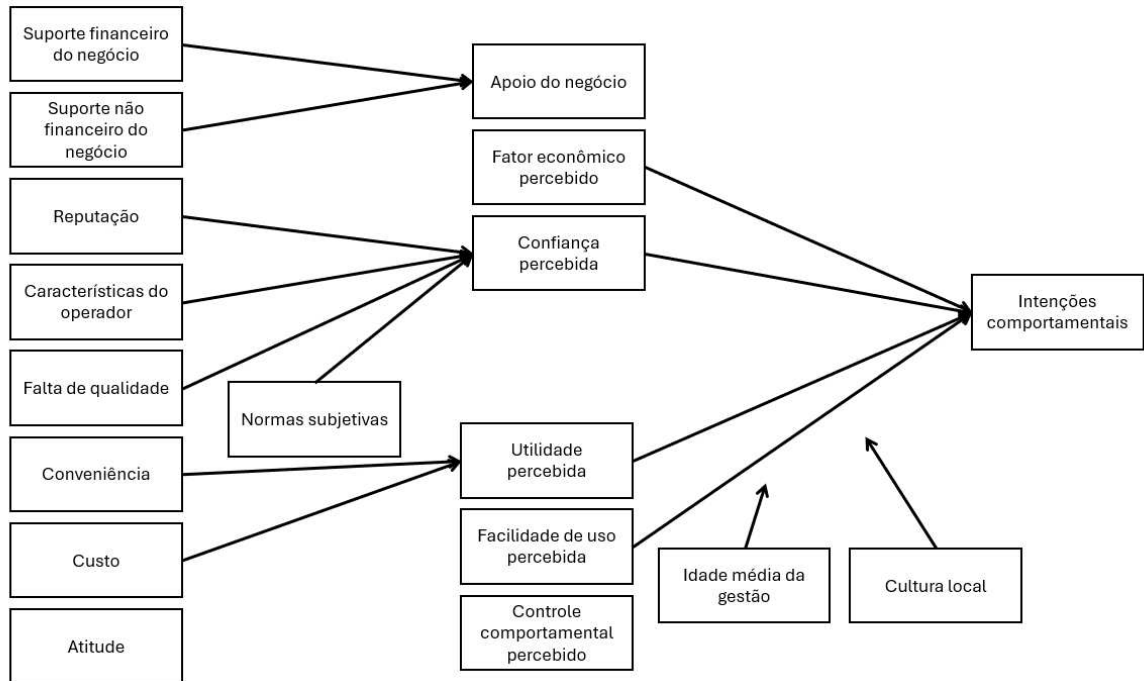
Por sua vez, a observação direta contou com um formulário disponibilizado via grupo de *WhatsApp* que continha 17 perguntas de múltipla escolha, o formulário foi construído com base em um modelo de aceitação tecnológica primeiramente proposto por Davis (1989) e posteriormente adaptado para analisar o grau de aceitação da transformação digital em compras 4.0 por Nicoletti (2020), esse formulário avalia as seguintes dimensões chave para medir o grau de aceitação:

- Apoio da companhia (financeiro e não financeiro);
- Fator econômico (como a necessidade de alavancagem em mercados competitivos);
- Confiança demonstrada pelo usuário;
- Grau de relevância percebida;
- Grau de facilidade ou fator de conveniência;
- Grau de usabilidade percebido;
- Cultura local;

A soma desses fatores cria intenções e um ambiente favorável à inovação e adoção de novas tecnologias, não apenas no sentido de microinvenções, mas também no próprio planejamento da companhia. Conseqüentemente, podem ser usadas para aferir a tendência de sucesso ou explicar o presente sucesso na adoção de novas tecnologias.

Esse modelo é ilustrado na figura 10 abaixo:

Figura 10 - Modelo de aceitação tecnológica



Fonte: adaptado de Nicoletti (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo do trabalho possui como objetivo a apresentação do desenvolvimento do *Procurement 4.0* para compras de MRO na indústria alimentícia como objeto de estudo e abordá-lo de forma comparativa ao cenário proposto na literatura. Ademais, há também o detalhamento de como esse desenvolvimento se traduz na prática em vantagem competitiva, tão falada na literatura como consequência direta da adoção de tecnologias da informação no setor de compras.

Por fim, são expostos os resultados coletados por meio do formulário, que contou com 15 respostas de 18 possíveis participantes, resultando em uma margem de erro de 11% com 95% de confiança.

4.1 Desenvolvimento do *Procurement 4.0* na Indústria Alimentícia

O desenvolvimento de Compras 4.0, assim como exposto na literatura, depende de uma visão holística da companhia, pois existem fatores tanto internos quanto externos (setorialmente falando) que influenciam no formato e no desempenho de uma implementação.

Dessa forma, essa seção foi dividida em três partes detalhando desenvolvimentos e projetos relevantes para Compras 4.0, essas partes compõe três possíveis esferas de influência: Companhia (alta gestão, macroprojetos e estratégia global da empresa), departamental (estratégia e projetos da área de compras como um todo) e setorial (projetos, estratégias e desenvolvimentos específicos para a compra de MRO).

4.1.1 Ponto de vista corporativo

A indústria alimentícia em estudo, passou por diversas mudanças no formato da sua gestão e no direcionamento dos seus objetivos nos últimos anos, dentro dessas mudanças o próprio setor de Tecnologia da Informação foi reestruturado, tornando-se um pilar central e um grande habilitador do direcionamento estratégico da companhia.

As áreas de TI passaram a compor um dos projetos estratégicos na visão de crescimento da empresa, evidenciado pelo próprio direcionamento estratégico que passou a citar a **Transformação Digital** como um “habilitador dos requisitos e capacitações necessários para o futuro” (trecho removido do Direcionamento Estratégico 2022 a 2024):

Figura 11 - Transformação Digital como um dos projetos estratégicos da companhia



Fonte: Documento Interno da empresa.

Da mesma forma, a visão de futuro, isto é, o pós 2024 continua a linha de Tecnologias da Informação como um grande habilitador e a transformação digital é novamente citada como um dos grandes projetos estratégicos:

Figura 12 - Agenda Digital citada novamente como um dos projetos estratégicos da companhia

⑩ Fortalecimento da agenda digital, da **base tecnológica** e disponibilidade de **dados**

Fonte: Documento Interno da empresa.

Dentro da agenda digital é possível citar a criação de algumas áreas:

- **Hiper automação:** busca identificar e automatizar o máximo de processos possíveis, por meio de ferramentas de Automação Robótica de Processos (RPA, do inglês) como o *Blue Prism*.

Além disso, também estimula o conceito de *Citizen Developer* (desenvolvedor cidadão, são indivíduos sem formação técnica de TI que criam soluções para si mesmo, clientes ou setores), possibilitado por meio da introdução de ferramentas *Low Code* (pouco código) ou *No Code* (nenhum código) o desenvolvimento de soluções de TI personalizadas para diferentes realidades de negócio.

A área de hiper automação cita e utiliza em seu discurso o acesso a essas ferramentas, construídas para serem mais simples que ferramentas de programação convencional, por isso os nomes pouco código ou nenhum código, como uma forma de democratizar o uso e facilitar a customização para as diferentes e específicas realidades entre setores.

Dentre essas ferramentas, podem ser citadas:

1. *Power Automate*, para robotização de processos;
 2. *Power BI*, para análise e visualização de dados e facilitar a tomada de decisão de decisão baseada em dados;
 3. *Power Apps*, para a criação de aplicativos completamente personalizados.
- **Ciência de Dados:**

Esse setor atua com outras esferas da transformação digital, enquanto o foco da hiper automação são processos, o foco do setor de ciência de dados é a tomada de decisão baseada em dados, o setor cita como seu propósito, registrado em rede de comunicação interna: “evoluir a cultura *Data-driven* (decisões baseadas em dados), promovendo a atuação analítica das áreas de negócio e transformando dados em conhecimento com uso intenso de tecnologia.”.

São oferecidos serviços como a construção de conjuntos de dados, extração de dados de sistemas, criação de painéis e relatórios gerenciais e suporte técnico de um modo geral em relação ao fluxo de dados para alimentar tomadas de decisão.

Além disso, não se restringindo ao escopo desses dois setores, outra grande transformação a nível corporativo foi o projeto de mudança de ERP. Durando mais de dois anos, a mudança de ERP foi executada de maneira simultânea nas mais de quinze plantas industriais da companhia, revendo todos os processos e refazendo todas as integrações de sistemas satélites, para com um ERP mais moderno e preparada para as tecnologias da Indústria 4.0 (Robotização de Processos, Sistemas Ciber-Físicos, *Business Intelligence*, entre outros) conseguir apoiar a transformação digital.

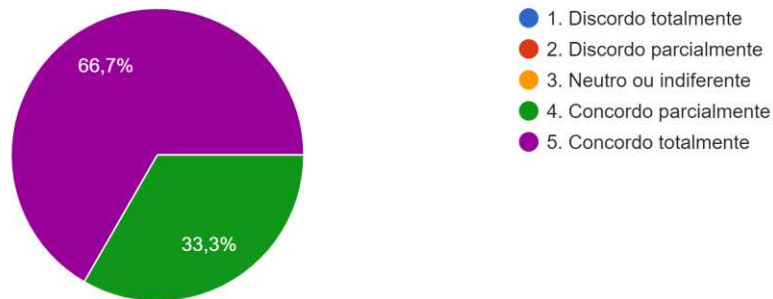
Dessa maneira, percebe-se que há fomento e incentivo a transformação digital a nível corporativo, com mudanças e projetos com grandes montantes de investimento, o que constrói um ambiente propício para a Indústria 4.0 e a modernização dos setores satélites ao de compras, assim facilitando a sua modernização para *Procurement 4.0*.

Todas essas mudanças corporativas e incentivos contribuem para a criação de uma visão compartilhada nos colaboradores que apoiam e confiam nas tecnologias como uma vertente de crescimento, além de reduzir as barreiras de acesso e uso efetivo. Por meio do formulário fica evidente como essa mensagem é transmitida de maneira eficaz (em relação ao setor de compras de MRO), uma vez que 66,7% dos colaboradores do setor de compras de MRO confiam totalmente e 33,3% confiam parcialmente nas tecnologias adotadas e em adoção:

Gráfico 1 - Formulário - Confiança nas tecnologias da Transformação Digital

Você confia nas tecnologias adotadas e em adoção no processo de Transformação Digital?

15 respostas



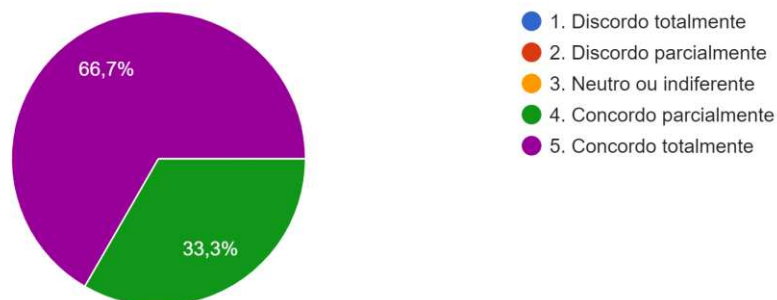
Fonte: Do Autor.

O mesmo resultado é observado na percepção dos colaboradores no nível de apoio e investimento da alta e média gestão da companhia:

Gráfico 2 - Formulário - Percepção do apoio e investimento da alta gestão

Você avalia que a alta gestão (Diretores, Vice Presidentes e similares) da companhia investe e apoia a transformação digital de Compras de MRO e na transformação digital da companhia?

15 respostas

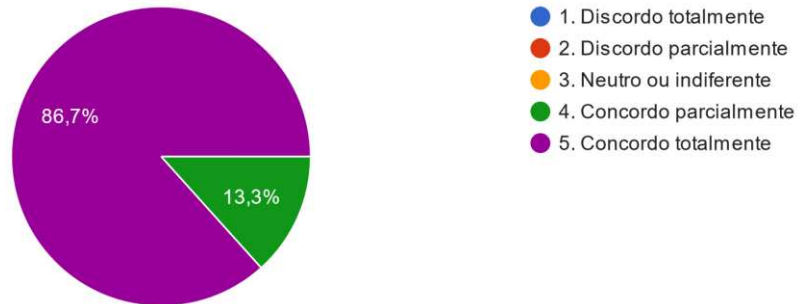


Fonte: Do Autor.

Gráfico 3 - Formulário - Percepção do apoio e investimento da média gestão

Você avalia que a média gestão (Coordenadores, Especialistas e Gerentes) apoia e investe na transformação digital de Compras de MRO?

15 respostas



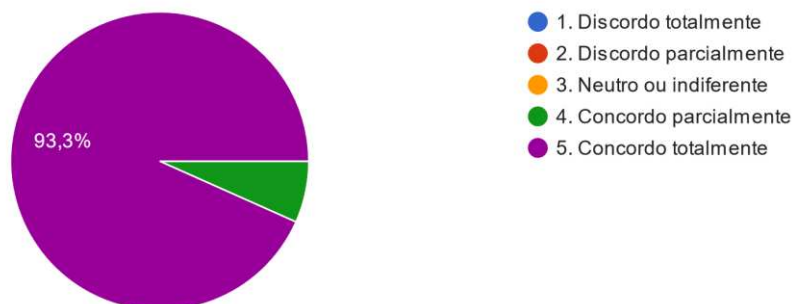
Fonte: Do Autor.

E acreditam, em mais de 90%, que a transformação digital é uma forma de atingir vantagem competitiva e alavancar resultados, conforme o gráfico abaixo:

Gráfico 4 - Formulário - Crença e confiança na transformação digital como um meio de atingir maior vantagem competitiva

Você acredita e confia na transformação digital como uma forma de atingir vantagem competitiva e alavancar resultados?

15 respostas



Fonte: Do Autor.

Demonstrando que, além de simplesmente ser anunciada como parte da estratégia, a mensagem e visão compartilhada é articulada de forma efetiva (especificamente para o setor de compras de MRO, onde a amostragem foi feita), por essa lente, a companhia está aderente e alinhada às melhores práticas reportadas na literatura, uma vez que há indicação de apoio

(financeiro e não-financeiro) da companhia bem como há um alto grau de relevância e de confiança percebida pelos colaboradores, citadas como três das dimensões para avaliar o grau de sucesso de uma transformação digital por Nicoletti (2020).

4.1.2 Ponto de vista departamental (Compras)

O departamento (ou diretoria, como chamado na indústria em estudo) de Compras, assim como os outros departamentos, desmembram a sua estratégia e direcionamento através dos objetivos definidos para a companhia como um todo. Conseqüentemente, a transformação digital e o uso de tecnologias da informação também compõem uma vertente habilitadora para a diretoria de compras.

No documento do plano estratégico da diretoria de 2020 a 2024 existem quatro pilares:

1. Alinhamento estratégico com o negócio;
2. Gestão de Categorias de Compras e Execução;
3. Estrutura, Processos e Sistemas;
4. Pessoas, Capacitação e Cultura.

Dentro do pilar de estrutura, processos e sistemas dois tópicos remetem diretamente ao uso de tecnologias da informação como habilitadores: a utilização da tecnologia como vantagem competitiva e processos de compras eficientes.

Como principal projeto desse pilar, em dezembro de 2021 foi realizada a implementação de um sistema de E-Procurement, junto com a sua implementação inúmeros processos e políticas de compras foram revisados, tornando o acesso à informação e a dados mais simples. O sistema implementado possui um módulo de gestão de contratos e uma interface de acesso à dados que aceleram e simplificam a automação das compras comparado ao processo direto no ERP sem um sistema especializado de compras eletrônicas, tornando o processo mais rápido e livrando tempo dos compradores para uma atuação mais estratégica.

Essa facilitação da automação e melhoria da eficiência dos processos, é posta e utilizada como uma facilitadora do posicionamento do departamento de compras como um parceiro de negócio para as áreas da indústria, manutenção, qualidade, P&D, entre outros clientes internos chave na gestão da cadeia de fornecimento e produção.

Conseqüentemente o papel do comprador começou e continua a migrar de um perfil braçal e operacional para um papel mais estratégico e consciente do papel e do poder do setor de compras com seus clientes internos e com seus fornecedores. Movimento muito similar ao descrito por McIvor, Humphreys e McAleer (1997) em seu artigo sobre as mudanças de

papéis do setor de compras na cadeia de fornecimento com o amadurecimento das tecnologias da indústria 4.0.

Esse recente posicionamento do setor de compras como parceiro de negócio facilita o alinhamento e a livre troca de informações para além de simples transações e abastecimento de materiais, gerando maior grau de colaboratividade com projetos mais complexos e interdisciplinares, fazendo com o que a informação flua de maneira mais ágil dentro da cadeia de fornecimento da empresa (de clientes, ao comercial, à produção, ao setor de compras e até os fornecedores), de forma interconectada em alinhamento ao descrito por Stevens (1989) sobre a rede de fornecimento.

Para apoiar essa virada de perfil, a metodologia de compras estratégicas é utilizada como orientador, por meio de treinamentos, rodas de conversa e leituras de livros como o *Purchasing Chessboard: 64 Methods to Reduce Costs and Increase Value with Suppliers* (Xadrez da Compra: 64 métodos para reduzir custos e agregar valor por meio de fornecedores, em tradução nossa), guiando a virada para Compras 4.0 para além simplesmente das tecnologias utilizadas e sim como a companhia se porta e negocia frente ao seu mercado de fornecedores.

Por fim, o departamento de compras também executou e executa projetos em conjunto com os setores de Tecnologia da Informação citados anteriormente como propulsores da transformação digital na empresa, tais como projetos de robotização de processos de concorrência para aquisição de materiais e robotização de certas aprovações para aquisições de fretes.

No entanto, são ausentes os projetos para maior facilitação e acesso a dados para tomadas de decisão e gestão de indicadores de forma transversal para a diretoria, tornando a decisão baseada em dados ainda pobre de informações e lenta. Pois o fluxo de informações e o desdobramento de dados brutos em *insights* ainda é descentralizado dentro da diretoria, introduzindo desperdícios de recurso e desvios na qualidade dos dados e decisões e sem uma estrutura efetivamente utilizando as tecnologias de nuvem e *Big Data* e *Analytics*, que Rubbmann *et al* (2015) cita como duas de nove tecnologias chave na Indústria 4.0.

Dessa forma, há uma grande desvantagem na agilidade com que gestores e compradores conseguem tomar decisões e efetivamente agir, prejudicando a agilidade e flexibilidade dos processos internos e a reação e previsão de mudanças na cadeia de suprimentos, e por fim, sendo um fator detrator para a vantagem competitiva da companhia como um todo, como explicado por Murthy, Ghosh e Swafford (2008).

4.1.3 Ponto de vista setorial (Compras de MRO)

Especificando para o setor de compra de MRO (Manutenção, Reparo e Operações), o seu perfil é bastante transacional e operacional, o setor de MRO compra diversos tipos de materiais e em grande volume, tais como: chaves de fenda, parafusos, discos de corte, fitas, colas químicas, vedações de borracha, gases de refrigeração, ar condicionados, computadores industriais, canaletas elétricas, mancais, rolamentos, garras de robôs, bombas, motores, reagentes de laboratório, rolamentos, facas de corte de massa, pastilhas extrusoras de massa, esteiras, correias de transmissão, filtros, amperímetros, entre diversos outros tipos.

Foi dada essa ampla gama de exemplos para ilustrar o grau de complexidade e volumetria operacional que o setor possui, exigindo assim aplicações mais robustas de tecnologias e controles mais apurados do processo de compras, além disso, apesar de serem materiais indiretos (sem participação no produto final), muitos deles entram em contato com o alimento ao longo do processo, como pastilhas extrusoras, esteiras, facas de corte, entre outros diversos não citados, esse contato com o produto final reforça a importância do controle do processo de compras para garantir que sejam produtos de grau alimentício e dentro dos padrões de higiene e segurança da produção.

Dado esse contexto, a trilha da transformação digital do setor de compras de MRO foi bastante impulsionada por essa particularidade de alta volumetria e complexidade na operação, pois essas características criam cenários mais complexos que precisam de mais dados e informações para basear as tomadas de decisão, não apenas tomadas de decisão estratégicas mas até pequenas decisões de rotina e operacionais, como que fornecedores incluir nas concorrências e a avaliação de preços e condições comerciais.

Os projetos de melhoria e a trilha da transformação digital do setor pode ser dividida, até o momento, em quatro partes:

1. Fator cultural e a digitalização de pessoas:

Para a primeira fase da transformação digital de compras de MRO, foi entendido que um dos principais fatores determinantes do sucesso e da geração de resultados efetivos por meio da transformação digital seria o fator cultural, isto é, a forma com que as pessoas trabalham e enxergam os dados e as ferramentas de TI para apoiar na rotina, uma vez que ferramentas e processos digitalizados dependem de uma mentalidade movida a dados e aberta para usufruir da melhor maneira possível dessas inovações, em alinhamento com as dimensões de Cultura Local e Confiança propostos por Nicoletti (2020).

Dessa forma, a primeira fase dessa transformação digital teve duas implementações significativas, a primeira sendo a implementação de uma ferramenta de gestão chamada OKRs (*Objective and Key Results*, ou Objetivos e Resultados Chave) em conjunto a implementação do acompanhamento detalhado dos indicadores de Automação de Compras e Prazo Médio de Pagamento por meio da ferramenta de análise de dados *Power BI*.

A primeira ferramenta implementada, os OKRs, é composto por dois elementos básicos: o objetivo e o resultado chave. Niven e Lamorte (2017), define esses dois elementos da seguinte forma:

- **Objetivo:** um objetivo é uma declaração concisa que delinea uma meta qualitativa ampla, projetada para impulsionar a organização na direção desejada;
- **Resultado Chave:** um resultado-chave é uma declaração quantitativa que mede o atingimento de um determinado objetivo.

Um exemplo de um OKR implementado no setor de Compras de MRO pode ser visto na imagem 13 abaixo:

Figura 13 - Exemplo de *Objective and Key Result* (OKR) típico em MRO

OKR		Período	Progresso Atual	
[Colaborador responsável pelo OKR]		2023T3	36%	
Objetivo	Minimizar minha operação e acelerar a automação de MRO	Indicador	Valor Inicial	Meta (Valor Final)
Key Result	Aumentar 26% da automação relativa de todas as minhas categorias	Automação	56%	82%
Key Result	Garantir que MRO atinja 70% de automação relativa	Automação	62%	70%
Key Result	Fazer 100% do curso de APIs para Iniciantes [Omitido]	PDI	0%	100%
Key Result				
Iniciativa	CE e RJ - Acordo fitas [Omitido] - Definir estratégia			
Iniciativa	Redução da Base de fornecedores - Focar CE e PE			
Iniciativa	Fechar tabela com [Omitido]			
Iniciativa	Manter horário de fazer cursos dentro da rota			

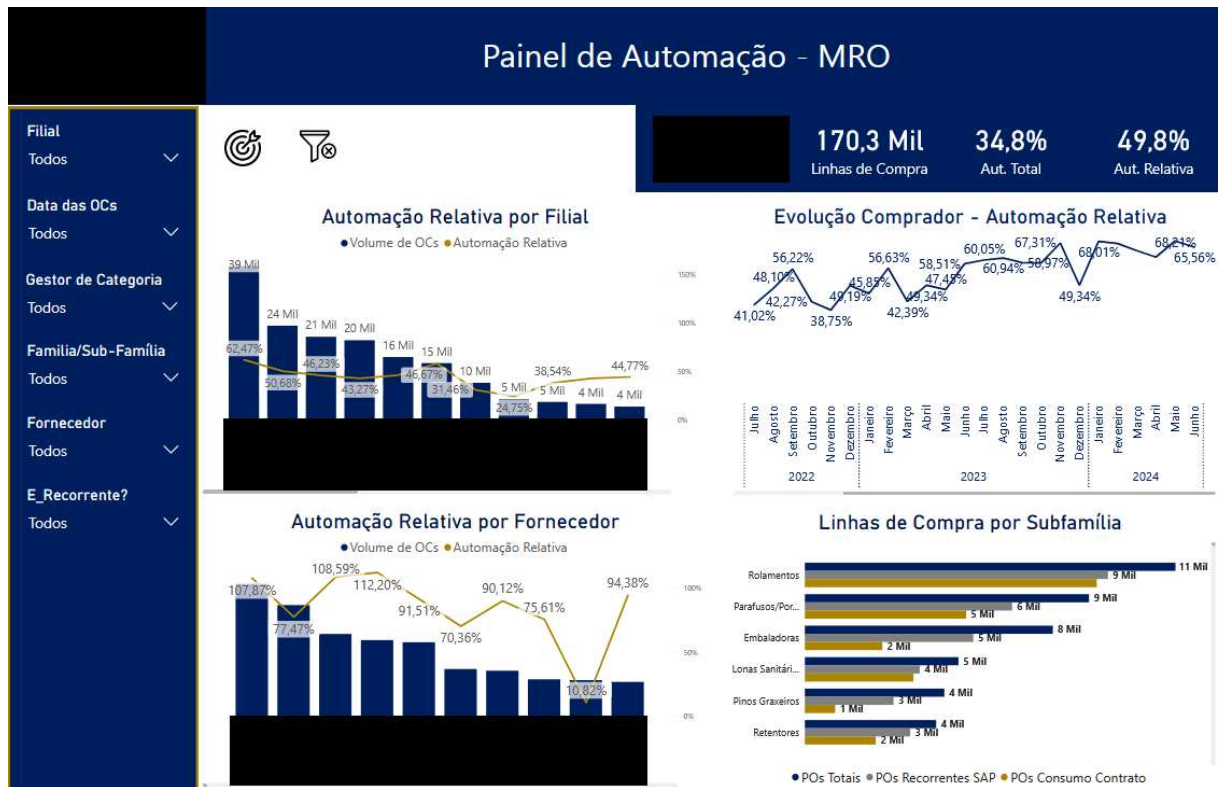
Fonte: Do Autor.

A sua implementação inicial durou 3 meses (que é também o ciclo de vigência de um OKR, trimestralmente ele passa por uma revisão de metas e resultados e é redefinido com uma nova priorização e metas), e a primeira curva de aprendizado do setor com a ferramenta mais 3 meses, totalizando um período de 6 meses para implementar a ferramenta com todos os colaboradores.

Para apoiar e embasar uma definição de objetivos e resultados, foram criados painéis de acompanhamento dos principais indicadores foco, que são a automação de compras (compras emitidas de maneira automática por meio de acordos comerciais) e o prazo médio de pagamento (que mede quanto tempo em média a empresa leva pra pagar os seus fornecedores, sendo um indicativo de saúde de caixa financeiro e também uma fonte de

geração de renda por meio de captação de capital), conforme a imagem abaixo como exemplo para o indicador de Automação (partes da imagem foram omitidas para preservar informações sensíveis):

Figura 14 - Painel de acompanhamento do indicador de automação de compras



Fonte: Do Autor.

Por meio dessa combinação de uma ferramenta de gestão que exige e cria rotinas de acompanhamento quinzenais e trimestrais com metas, resultados e aferições baseadas em dados juntamente com o apoio ferramental baseado em tecnologias de *Analytics*, foi introduzido no trabalho de todos uma rotina com decisões muito mais baseada em dados, tomadas de decisões muito mais ágeis e informadas com fatos e não sentimentos de rotina.

De forma correlata, pois é complexo afirmar uma causalidade direta, a automação das compras do setor aumentou de 40% para 68% e o prazo médio de pagamento aumentou em 28,7% desde o início da implementação da ferramenta em outubro de 2022.

Porém, existem deficiências na implementação das ferramentas, como qualquer mudança, principalmente na criação de novas rotinas e hábitos. De maneira regular, pelo menos 50% dos usuários da ferramenta não mantêm de maneira consistente a rotina de

atualização quinzenal dos OKRs, indicando que talvez existam barreiras de usabilidade e culturais no uso contínuo e/ou deficiências na gestão da ferramenta e dos resultados.

2. Automação de processos para tornar compradores mais estratégicos:

Com as melhorias e implementações citadas anteriormente, foi iniciado um ciclo de otimizações e de automação de processos, com o intuito de, por meio das novas tecnologias e ferramentas disponíveis, padronizar e automatizar processos de rotina que exigem baixo esforço criativo para serem executados.

Processos tais como:

- Solicitação de orçamentos/cotações;
- Envios de pedidos de compra de peças e partes padronizadas;
- Preenchimento de parâmetros pré-definidos em requisições de compra etc.

Essas melhorias de processo possuem como objetivo reduzir o recurso de tempo investido em sua execução, conseqüentemente, permitindo o investimento de tempo em atividades mais estratégicas, como por exemplo:

- Gestão de Contratos;
- Estruturação e negociação de acordos comerciais;
- Estudo do mercado fornecedor;
- Prospecção de novos fornecedores;
- Integração e prospecção de projetos com clientes internos chave etc.

Tais atividades são pautadas e guiadas principalmente pelas metodologias de compras estratégicas descritas no livro *Xadrez de Compra* e possuem como princípio base o entendimento que o agente “Comprador” possui força suficiente dentro de um mercado competitivo para que a sua atuação no mercado como agente de fato proativo, e não apenas reativo executando atividades transacionais, gera um retorno sob investimento para a companhia, lhe tornando mais competitiva, em alinhamento com o exposto por Porter (1980).

O “como” desse ciclo de otimizações se pauta em duas tecnologias do *Procurement 4.0*:

a. Robotização Automatizada de Processos (RPA):

Por meio de um *software* de RPA, foi implementado um robô criador de solicitações de cotação com fornecedores, esse robô, por meio da identificação do material e da planta industrial que fez a solicitação, seleciona uma lista pré-definida de fornecedores e envia a solicitação da cotação para eles.

A ferramenta, assim, executa passos definidos na ferramenta de e-procurement do setor de compras que antes caíam sob a responsabilidade do comprador, conseqüentemente, não apenas automatizando e livrando o tempo do comprador para uma atuação mais estratégica do mercador, como também padronizando o processo de uma forma que reduz a margem para erro humano e os desvios na execução do processo.

É estimado que, na primeira fase desse projeto, sejam economizadas 100 horas de trabalho mensais e na segunda, que está em fase de implementação, sejam economizadas mais 200 horas de trabalho mensais, de acordo com o memorial de ganhos do projeto descrito na tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Memorial de Ganhos e Resultados dos projetos de RPA do setor

Qual o nome da solução/processo?	Quantidades de usuários que realizam o processo?	Quantidades de usuários que utilizarão a ferramenta?	Quantidade de registro diário	Quantidade de registros mensais	Qual tempo de execução em uso?	Horas de trabalho automatizadas mensalmente
Criação de Evento de Sourcing	17	17	~ 40 a 50 requisições	~ 900 a 1000 requisições	~ 6 min/criação de evento	100
Premiação de Fornecedor no Evento de Sourcing	17	17	~ 40 a 50 requisições	~ 900 a 1000 requisições	~ 12 min/premiação de evento	200

Fonte: Documento Interno da empresa.

b. Módulo de Gestão de Contratos:

Além do robô criador de solicitação de cotação, outra ferramenta que apoia diretamente a automação de processos é o módulo de contratos do sistema de *e-procurement*, pois a partir dele são armazenadas informações pré-definidas nas negociações com fornecedores (como preço, condição de pagamento, tipo de frete, entre outros) e, com essas informações, sempre que houver uma solicitação de um material em alguma unidade que esses parâmetros já foram definidos por meio de um contrato, o Pedido de Compra, pode ser enviado de forma automática para o fornecedor.

Essa ferramenta foi implementada em dezembro de 2021 no setor de compras como um todo e desde então é utilizado diariamente para praticamente todas as operações de

compras e por todos os compradores, conforme fica evidente no gráfico abaixo que mostra a frequência de uso da ferramenta de *e-procurement* respondida pelos compradores do setor de MRO:

Gráfico 5 - Frequência de uso de ferramentas de *e-Procurement*

E-Procurement (Plataformas de compras digitais como SAP Ariba, COUPA, Mercado Eletrônico, Linkana, etc.).

15 respostas

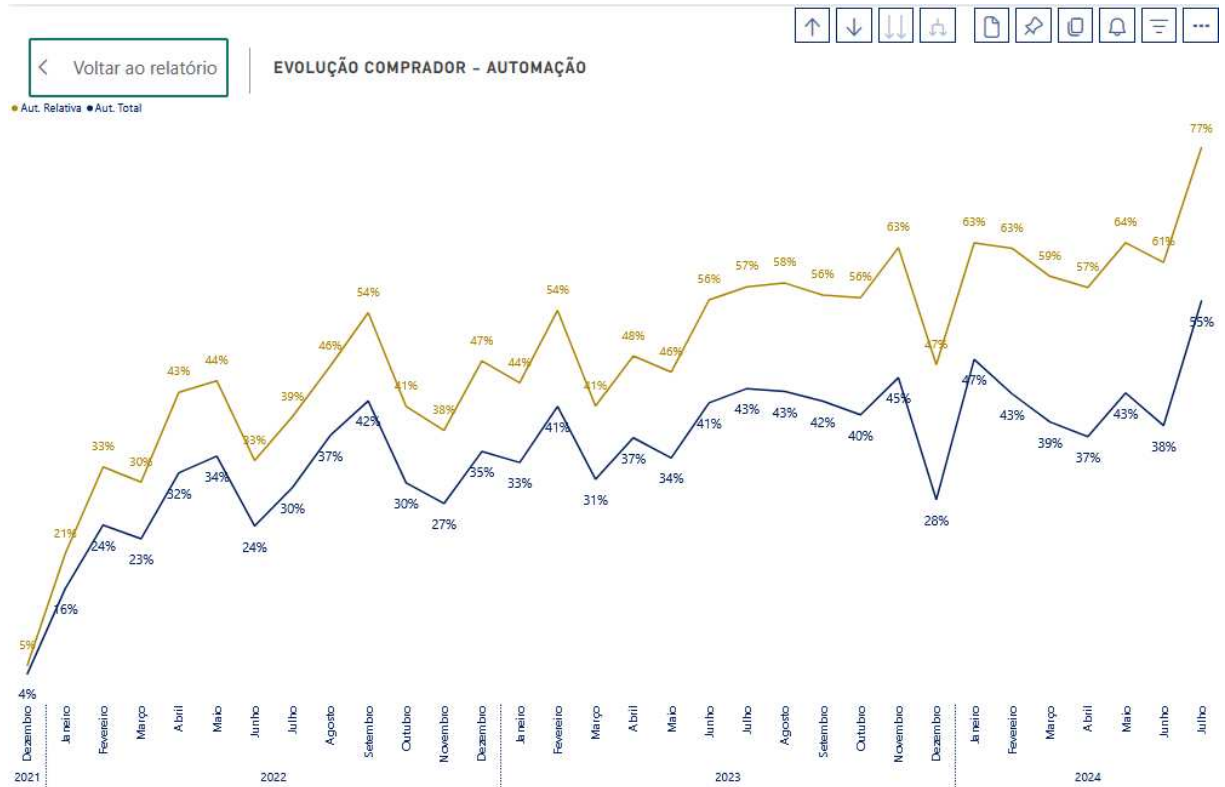


Fonte: Do Autor.

Dessa forma, os termos comerciais são definidos de maneira proativa entre o comprador e o mercado fornecedor, possibilitando negociações mais estratégicas e ao mesmo tempo automatizando o processo de compra. Cerca de 45% a 50% de todas as compras do setor de MRO são automatizadas por meio desse processo mensalmente.

É possível observar de maneira quantitativa a taxa de automação das compras do setor proporcionada por essa ferramenta no gráfico abaixo, onde a linha laranja representa o KPI de automação relativa, que é o quanto está automatizado do “possível”, leia-se por possível compras de materiais com alta recorrência, e a linha azul representa o KPI de automação total, ou seja, representa o quanto do total de compras efetuadas foram automatizadas:

Gráfico 6 - Evolução dos indicadores de automação de compras do setor



Fonte: Do Autor.

3. Incentivos à formação como comprador estratégico:

À medida que as ferramentas de T.I. e de gestão, que possuem uma maior orientação à tomada de decisão baseada em dados e à automação de trabalhos administrativos mais simples vão ganhando espaço e efetivamente simplificando a rotina é necessário que a força de trabalho tenha as condições para migrar lentamente para um perfil mais estratégico.

Aqui essa formação foi, e é dada de maneira contínua, na forma de treinamentos, tais como o curso de Reaprendizagem Criativa do palestrante Murilo Gun, que promove uma orientação mais criativa e sistêmica ao trabalho em um ambiente que muitas das atividades mais simples e administrativas são automatizadas.

Outros exemplos, tais como a leitura do livro Xadrez da Compra, citado anteriormente, cursos de Gestão de Contratos, Gestão de relacionamento com fornecedores, entre outros fornecidos pela área de suporte da diretoria. Além disso, o método da cumbuca sugerido por Vincente Falconi em seu livro “O Verdadeiro Poder - Práticas de Gestão que Conduzem a Resultados Revolucionários” é amplamente utilizado como forma de envolver todos nas discussões e relacionar de forma prática os conteúdos vistos com o dia a dia do trabalho.

Por fim, os próprios resultados de indicadores são acompanhados por todos com uma frequência, no mínimo, mensal nas chamadas Reuniões de Resultados, essas reuniões envolvem apresentações dos próprios colaboradores e não da gestão sobre os resultados, fatores que estão impactando positiva ou negativamente e ações em execução e a executar, com o intuito de engajar em prol dos resultados efetivos, criando uma orientação e uma gestão fortemente baseada em dados.

4. Criação do pilar de inteligência em suprimentos no setor de compras de MRO:

Para apoiar a implementação das ferramentas e das metodologias citadas nos tópicos anteriores, foi formalizada a criação do pilar de inteligência em suprimentos para o setor de compras de MRO no último trimestre de 2023.

Esse “pilar” é uma célula específica dentro do setor de MRO que possui como missão fornecer o suporte de ferramentas, processos e sistemas para apoiar a transformação digital do setor com o objetivo de simplificar, automatizar e otimizar processos dentro da rotina dos compradores e gestores, conseqüentemente, habilitando que o perfil do agente comprador seja cada vez menos operacional e mais estratégico.

Nesse contexto, o pilar de inteligência é um fornecedor de serviços e soluções para seus clientes (compradores e gestores), para acelerar a transformação digital do setor.

O pilar é formatado de maneira similar a um setor de T.I., e é composto por duas frentes de trabalho, que foram divididas no formato abaixo que possuem duas orientações: defender e manter o território e o nível de serviço e atendimento já concedido aos clientes e atacar e conquistar território novo com o objetivo de aumentar o nível de serviço concedido aos clientes.

a. Região de Defesa (suporte e manutenção):

Consiste nos papéis responsáveis pelo atendimento às necessidades pontuais de dados, relatórios e KPIs dos clientes (compradores e gestores) e manutenção e operação das ferramentas que mantém a operação e rotina do setor em movimento, tais como relatórios de requisições sem pedido de compra, relatórios de pedidos de compra não recebidos nas unidades fabris, relação de materiais com informações para negociações no mercado fornecedor etc.

Aqui o atendimento aos compradores é dividido em dois tipos:

i. *Self-Service* (Autoatendimento):

É quando o comprador atua de maneira autônoma e suas necessidades ou dores são atendidas de maneira independente ao pilar, como por exemplo, na análise exploratória de dados em painéis de *Power BI* já disponibilizados, configurados e planejados para atender as

diferentes necessidades de análise e extração de informações para tomada de decisão, aqui é exercitado o conceito de *Self-Service BI*, que possui como princípio permitir usuários finais a tomar decisões baseadas em dados sem depender de um analista ou especialista em dados.

Esse tipo de atendimento também é realizado por meio da disponibilização de manuais de uso das ferramentas, documentações e treinamentos gravados na plataforma de armazenamento em nuvem da companhia.

ii. Atendimento *Spot* (ou *Help Desk*):

Consiste em atendimentos pontuais de necessidades de análises, estratificações de indicadores ou levantamentos de dados específicos que não estão disponíveis ou não são de fácil acesso por meio das ferramentas já disponíveis, aqui há o engajamento direto entre um cliente (comprador ou gestor) com um membro do pilar de inteligência para que suas necessidades sejam atendidas.

b. Região de Ataque (projetos e melhorias):

A região de ataque, em contraste com a região de defesa, que possui uma orientação mais tradicional de suporte, manutenção e atendimentos pontuais, é construída no formato de uma célula de execução de projetos ágeis com uma orientação mais direcionada e focada na inovação, criação de produtos e na prototipagem de soluções que vão de alguma forma, impulsionar e acelerar os resultados de seus clientes (compradores e gestores) e do setor.

A estruturação dessa célula de projetos utiliza a metodologia ágil de gestão de projetos scrum, popularizada por meio de Jeff Sutherland em seu livro *Scrum: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo*, que nasceu a partir dos desenvolvimentos das melhores práticas de desenvolvimento de software com o Manifesto Ágil, publicado em 2001. De acordo com Akinoso et al (2024), as metodologias ágeis enfatizam a flexibilidade, colaboração, responsividade e agilidade em lidar com mudanças, fazendo com que o scrum seja especialmente adequado para a gestão de projetos em um contexto de transformação digital para o *Procurement 4.0*.

Dessa forma, todos os projetos de robotização, automação de processos e o desenvolvimento e implementação de novos sistemas e ferramentas para o setor de compras de MRO foram centralizados no pilar de inteligência, também permitindo que haja alinhamento estratégico e otimização de recursos entre os projetos direcionados à transformação digital do setor.

4.2 Oportunidades e Vantagens Competitivas das Tecnologias de Procurement 4.0

De acordo com Murthy, Ghosh e Swafford (2008), mais agilidade e flexibilidade na cadeia de suprimentos de uma empresa geram mais performance e vantagem competitiva, pois essas duas características permitem à companhia em questão e sua cadeia de fornecimento reagirem e se adaptarem rapidamente às novas necessidades e exigências de seus clientes e negócios. Ademais, a implementação de Tecnologias da Informação é enunciada como a principal alavanca para garantir agilidade e flexibilidade, consequentemente, a principal alavanca para garantir vantagem competitiva frente concorrentes no mercado.

Logo, nessa seção será estudado como a implementação do *Procurement* 4.0 está se convertendo em vantagem competitiva com o intuito de avaliar se há uma relação direta entre o processo de transformação digital no setor de compras com maior vantagem competitiva para a companhia.

4.2.1. Eficiência Operacional

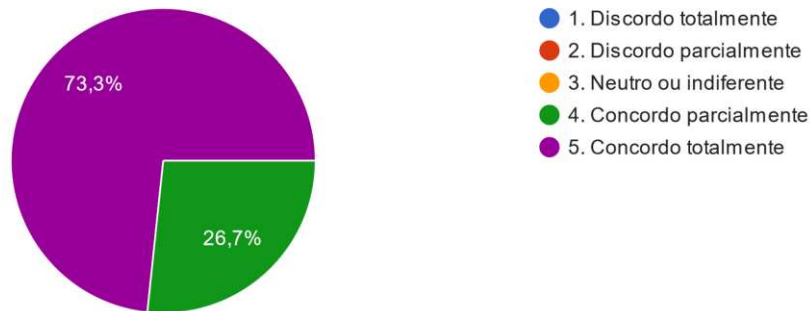
A eficiência operacional no setor de compras reflete diretamente na capacidade da companhia de se manter abastecida para realizar suas atividades de rotina (produção, manutenções corretivas e preventivas, entre outros) e em lidar com situações emergenciais ou que envolvem a possibilidade de ruptura no processo produtivo, dessa maneira, um setor de compras operacionalmente eficiente garante a manutenção da produção e o atendimento dos clientes da companhia em tempo e qualidade aceitáveis.

Primeiramente, é possível constatar um aumento de eficiência operacional de forma qualitativa, uma vez que os colaboradores do setor constatarem que se sentem mais produtivos e beneficiados pelas mudanças promovidas pela transformação digital:

Gráfico 7 - Formulário - Ganho percebido em produtividade

Você se sente beneficiado e mais produtivo com as mudanças promovidas pela transformação digital?

15 respostas



Fonte: Do Autor.

Além disso, é possível constatar uma melhora na eficiência operacional por meio de indicadores de performance e em ganhos de projetos, tais como:

- Automação de Compras:

O índice de automação de compras mede qual a porcentagem de compras realizadas de forma automática sem engajamento reativo em solicitações de compra e sim com engajamento proativo prevendo o consumo por meio de dados em histórico de compras ou por meio de projetos de clientes internos (setores solicitantes), esse índice demonstra um crescimento de 0% para a faixa de 45% a 50%, evidente no gráfico 6.

- Ganhos em projetos:

Por meio da implementação das ferramentas de *Business Intelligence* no setor, que tiveram como primeira missão acelerar e simplificar o processo de automação de compras foram poupados, aproximadamente, 1600 horas em tempo de análise, extração e formatação de dados e com a automação extra capturada pela aceleração do aumento do KPI de automação de compras.

E como citado anteriormente, por meio de tecnologias de RPA são poupadas mensalmente 100 horas de trabalho que seriam destinadas para atividades operacionais de solicitação de cotações com fornecedores com a perspectiva desse número aumentar para 300 horas de trabalho poupadas mensalmente com as novas fases de implementação do robô comprador.

Todos esses dados indicam de fato um aumento na eficiência operacional do setor, uma vez que, todas as horas de trabalho poupadas são retroalimentadas de forma estratégica na rotina do setor com um aumento no investimento de recurso em grandes negociações de contratos, estudo do mercado e na aproximação com clientes estratégicos. Essa atuação mais estratégica por sua vez permite que a empresa tenha mais flexibilidade e integração ao lidar com sua cadeia de fornecimento, assim se adaptando mais rapidamente às necessidades do mercado.

Porém, de forma quantitativa o nível de atendimento para manter os estoques abastecidos e o acompanhamento de paradas ou rupturas de produção causadas por ineficiência do setor de compras não são medidos, bem como a percepção qualitativa da qualidade do serviço prestado pelo setor de compras aos seus clientes também não é medida.

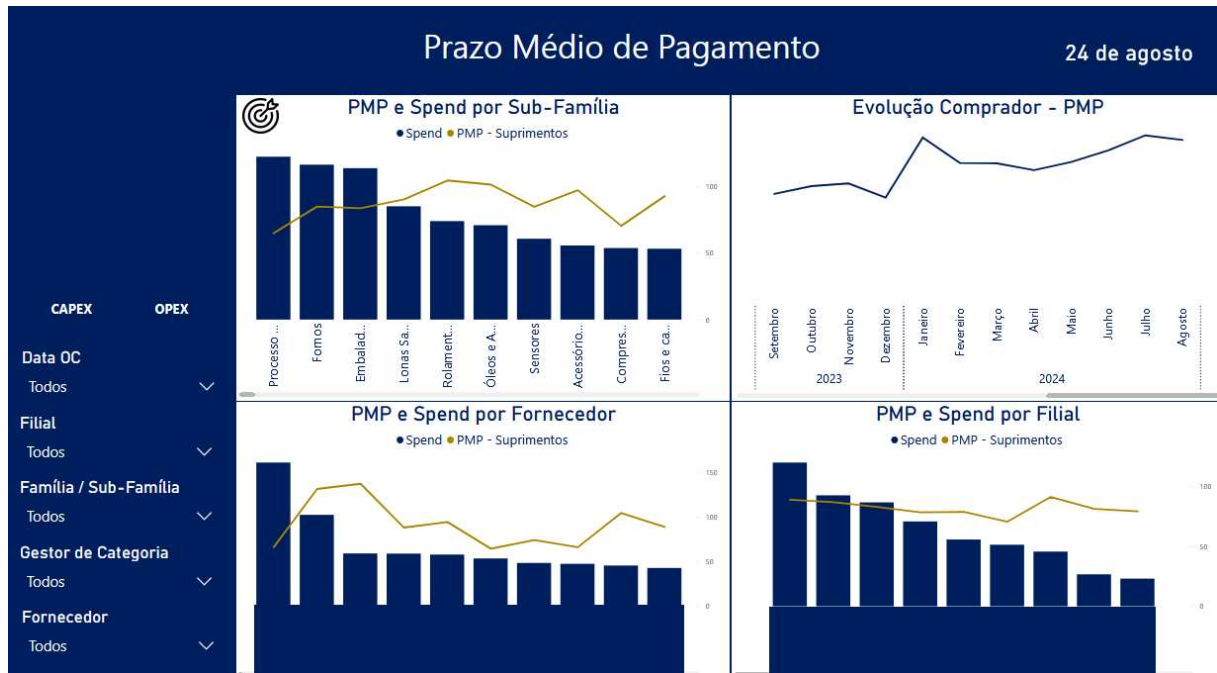
Isso indica um possível desalinhamento entre o objetivo final das melhorias operacionais e as ações e projetos tocados em direção a esse objetivo, uma vez que a principal missão de um setor de compras de MRO é manter a produção abastecida e rodando sem rupturas e riscos de parada, dessa forma, essa seria uma das sugestões de melhoria em relação a transformação digital do setor, acompanhar indicadores que meçam de forma mais direta o impacto na produção e a percepção dos clientes do setor de compras (Manutenção, Qualidade, Utilidades Industriais, entre outros).

4.2.2. Redução de custos e despesas e melhor saúde financeira

Por meio de tecnologias de *Analytics* e *Business Intelligence*, se tornou possível disponibilizar análises mais assertivas, rápidas e customizadas às necessidades dos compradores, permitindo que eles façam diagnósticos sobre os custos dos materiais que compram, encontrem anomalias e oportunidades de redução de custo com maior facilidade, o que leva a iniciativas e projetos que focam de maneira mais precisa no que vai gerar mais retorno financeiro para a companhia.

Análises possibilitadas principalmente por painéis de *Power BI* como o exemplo abaixo (nomes de empresas e dados financeiros omitidos):

Figura 15 - Painel de acompanhamento do indicador de Prazo Médio de Pagamento



Fonte: Do Autor.

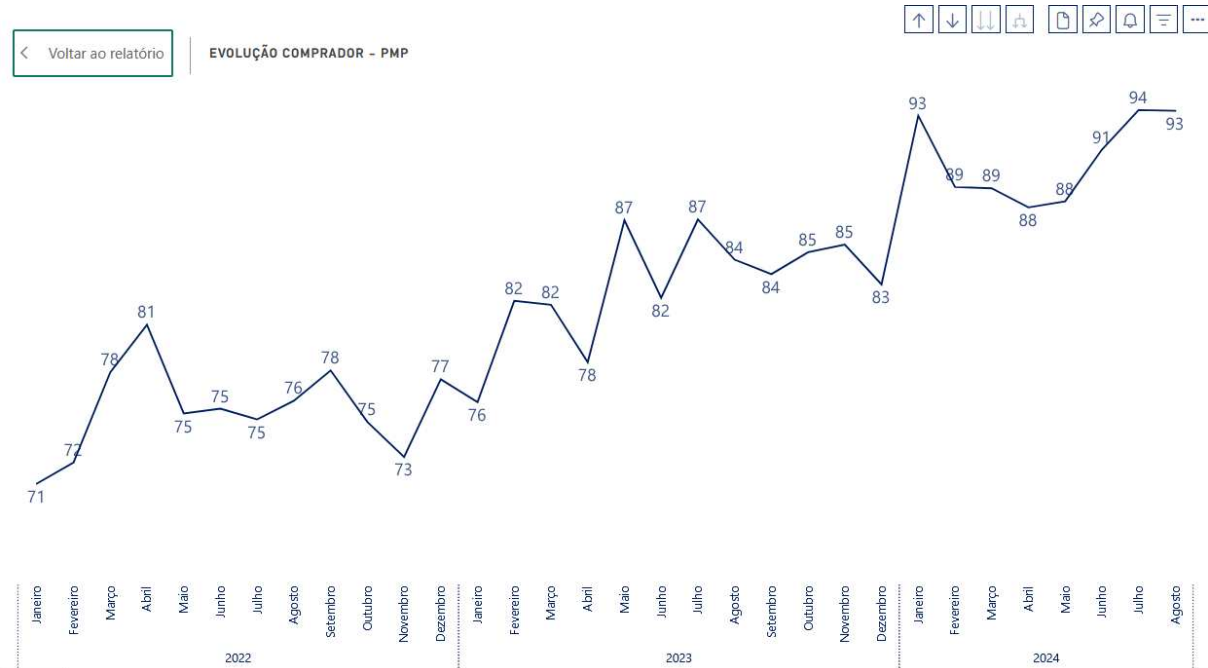
Nesse tipo de aplicação os compradores conseguem fazer *Drill-Down* nos gráficos, tabelas e indicadores, aprofundando ou abstraindo os detalhes de acordo com a análise desejada, do nível mais gerencial para gestores até o nível transacional para os compradores.

A facilidade proporcionada para esses tipos de análises juntamente com a otimização operacional do tópico anterior permite que projetos de redução de custo e de otimização de fluxo de caixa (seja por meio do aumento do prazo de pagamento com fornecedores ou pela redução do prazo de estoque atingidas por meio do alinhamento logístico com os fornecedores) sejam realizados de forma mais planejada e estruturada.

Vê-se um aumento direto na redução de custo (também chamado de *saving*) capturada entre projetos comparando o ano de 2023 com o ano corrente de 2024, proporcionalizando a redução de custo ao número de meses decorridos do ano em 2024 (com dados até o mês de julho), foram capturados em média 45% a mais de *saving* no ano de 2024 por mês.

Da mesma forma, ao analisar o Prazo Médio de Pagamento (PMP) do setor, desde o início da implementação e aceleração da transformação digital em outubro de 2022 houve um aumento de 30% no prazo de pagamento até o mês de agosto de 2024 (de 71 dias para 93), conforme demonstrado no gráfico abaixo que plota os resultados de PMP do setor mês a mês (dados em dias para pagamento):

Gráfico 8 - Evolução proporcional do PMP com base em Outubro de 2022



Fonte: Do Autor.

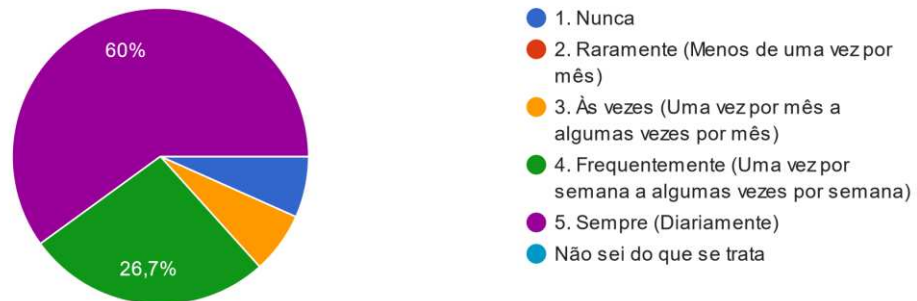
Esses dois resultados em conjunto estão correlacionados com os projetos de transformação digital com essa tendência mais fortemente vista no gráfico de PMP, em que o marco inicial (outubro de 2022) foi um ponto de virada para a evolução dele, antes disso tinha-se uma flutuação estagnada ao redor de uma média e após esse marco iniciou-se uma tendência de alta que se mantém até o momento da publicação deste trabalho.

Por meio do formulário, é possível corroborar esse ganho de prazo de pagamento, uma vez que os colaboradores relatam, em maior parte, uso diário ou frequente das ferramentas de *analytics* e visualização de dados, conforme o gráfico abaixo:

Gráfico 9 - Formulário - Frequência de uso de ferramentas de análise e visualização de dados

Ferramentas de análise e visualização de dados para tomada de decisão.

15 respostas



Fonte: Do Autor.

Esses resultados corroboram diretamente com uma maior vantagem competitiva para a companhia, uma vez que redução de custos e aumento de prazo de pagamento para fornecedores significam mais capital disponível em caixa por mais tempo, afetando de forma positiva indicadores de eficiência, como o EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*, ou em português, Lucro Antes dos Juros, Impostos, Depreciação e Amortização) que é um indicador de performance financeira que mede o quão eficiente e sustentável o modelo operacional da empresa é, sendo uma das principais vitrines de uma empresa para o mercado financeiro/investidor, consequentemente acelerando o montante de investimento externo que a empresa recebe.

Além disso, de forma mais direta e explícita, redução de custo e aumento de PMP implica em mais dinheiro em caixa que pode ser reinvestido tanto em montantes maiores quanto com mais agilidade em projetos de melhoria operacional, Pesquisa e Desenvolvimento, entre outras atividades. Consequentemente, a empresa ganha tempo e agilidade para reagir e se adaptar as mudanças no mercado e nas necessidades de seus clientes.

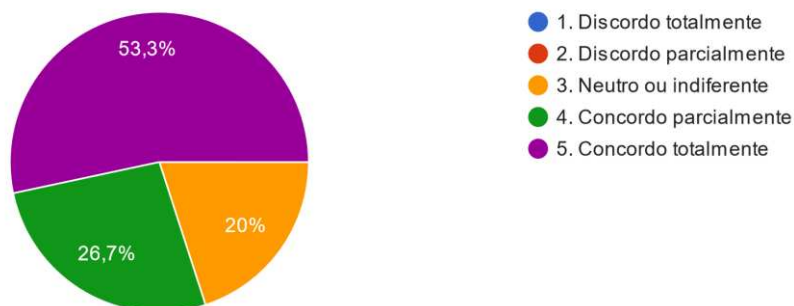
4.3 Resultados do formulário

Outros resultados relevantes podem ser observados por meio da pesquisa com os colaboradores do setor, na qual além dos questionamentos já mostrados anteriormente, também abordou uma dimensão mais cultural e pessoal da transformação digital, evidenciadas nos resultados abaixo:

Gráfico 10 - Formulário - Facilidade percebida no uso das novas tecnologias e ferramentas

Você acredita que as tecnologias adotadas e em adoção são de fácil uso e entendimento?

15 respostas

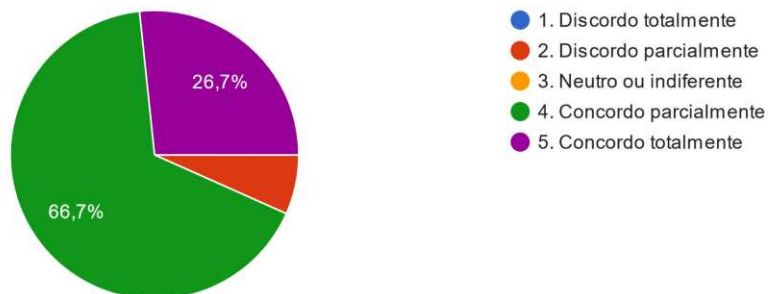


Fonte: Do Autor.

Gráfico 11 - Formulário - Autoavaliação sobre competências ferramentais para a transformação digital

Você se sente treinado ou capacitado em relação as tecnologias adotadas e em adoção no processo de Transformação Digital?

15 respostas

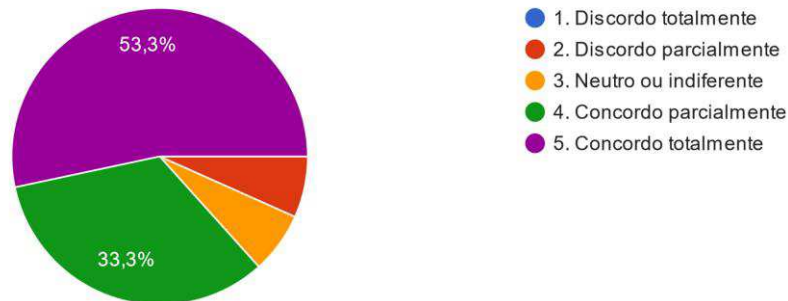


Fonte: Do Autor.

Gráfico 12 - Formulário - Sentimento de pertencimento ao processo de transformação digital

Você se sente parte da Transformação Digital?

15 respostas

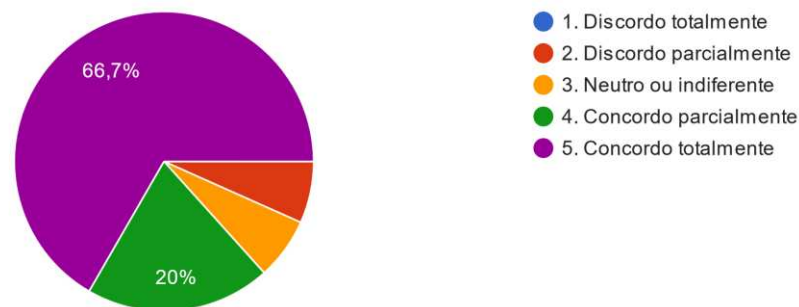


Fonte: Do Autor.

Gráfico 13 - Formulário - Crença na cultura local para o processo de transformação digital

Você acredita que a cultura do setor e da companhia promovem e contribuem com a Transformação Digital?

15 respostas



Fonte: Do Autor.

Aqui fica evidente como a maior parte dos colaboradores do setor concordam totalmente ou parcialmente no quesito de sentirem treinados, terem facilidade com as ferramentas e se sentirem parte da cultura de transformação digital, porém existem *outliers* nessa tendência, demonstrando que essa não é uma percepção unânime.

Dessa forma, esse resultado indica que precisa ser dada uma importância maior para a democratização do uso das tecnologias, treinamentos e inclusão de todos nesse processo, pra que além da percepção de que as novas tecnologias são sim propulsoras de resultados também se tenha o engajamento e o uso efetivo das mesmas pra que sejam realmente utilizadas,

acelerem os resultados do setor e conseqüentemente tragam mais vantagem competitiva para a companhia.

5 CONCLUSÃO

Por meio da revisão literária percebeu-se que, as principais tecnologias do *Procurement 4.0* giram em torno das tecnologias em uso também na Indústria 4.0, tais como: robôs autônomos, simulação, integração de sistemas, *IoT*, Segurança Cibernética, Nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e *Big Data & Analytics*.

Ademais, além de promoverem uma maior integração e agilidade nos processos industriais também promovem mais integração e agilidade nas áreas de compra e *supply chain*, prometendo entregar mais valor aos clientes de forma mais rápida por meio de uma maior flexibilidade e agilidade na rede de fornecimento.

A análise realizada ao longo deste estudo indica que o desenvolvimento do *Procurement 4.0* na área de Suprimentos de MRO da indústria alimentícia em estudo está alinhada com as tendências e práticas reportadas na literatura especializada. As tecnologias emergentes, como *analytics*, *e-procurement* e automação robotizada de processos, foram identificadas como as três principais tecnologias em uso na transformação digital do setor de MRO.

Além disso, o investimento em treinamentos de metodologias de compras estratégicas como o livro *Xadrez da Compra*, por exemplo, está em alinhamento também com a mudança no papel do comprador de ser um agente mais estratégico para a competitividade de uma empresa, como visto pelo ilustrado por Porter (1980) na Figura 9.

A integração das tecnologias citadas, o investimento na formação dos compradores como agentes estratégicos no mercado e os dados dos formulários que, de forma consolidada, indicam uma média de 94,1% de pontuação para concordar totalmente ou parcialmente com as dimensões propostas por Nicoletti (2020) e resumidos na Figura 10.

Os benefícios e vantagens competitivas observados na aplicação dessas tecnologias são claros. A eficiência operacional foi notavelmente aprimorada, com impactos diretos na agilidade e previsibilidade dos processos de aquisição, facilitando a gestão de estoque e as programações de entrada de material.

Foi observado um crescimento na automação de compras de praticamente 0% a 45% comparando o começo do ano de 2022 com o ano de 2024, além de economias calculadas de 1600 horas de trabalho ao todo por meio das tecnologias de *Analytics* e mais 100 horas mensais de trabalho automatizadas por meio de tecnologias de robotização de processos.

Além disso, foram observadas melhorias financeiras substanciais, refletidas na redução de custos operacionais e na otimização do tempo para pagamento aos fornecedores,

ambos disponibilizando mais capital para investimento, demonstrando que a transformação digital pode trazer retornos significativos quando bem implementada, garantindo mais flexibilidade e poder ao lidar com a cadeia de fornecimento bem como um melhor tempo de reação às novas necessidades do mercado.

Isso pode ser visto em resultados como o aumento do prazo de pagamento para fornecedores, que saiu de 71 para 93 dias de janeiro de 2022 a agosto de 2024, indicador financeiro importante para a saúde financeira da companhia. Além dos avanços em projetos de redução de custo que tiveram um aumento de 45% de redução de custo ano a ano comparando 2023 com 2024 anualizado.

Entretanto, o estudo também identificou desafios que ainda precisam ser superados para que a transformação digital atinja seu pleno potencial. Um dos principais pontos de melhoria é o gap cultural e de capacitação entre os profissionais de Suprimentos, que muitas vezes não estão plenamente preparados para explorar as novas tecnologias. No setor de MRO 73,3% dos colaboradores relatam não se sentirem totalmente capacitados em relação às tecnologias da transformação digital e 46,7% não se sentem totalmente parte do processo de transformação digital.

Para mitigar esse desafio, é essencial que as empresas invistam não apenas em tecnologia, mas também em programas de treinamento e desenvolvimento contínuo de competências digitais, como oportunidade de acelerar a transformação digital e consequentemente o atingimento de resultados como os expostos acima.

Sugestões para pesquisas futuras incluem o aprofundamento no estudo dos impactos da transformação digital no comportamento organizacional e na cultura corporativa, estudos sobre o perfil do profissional de compras uma vez que essa é uma área recente e com pouca literatura no Brasil, bem como a exploração de estratégias para acelerar a adoção de tecnologias emergentes em áreas tradicionalmente menos tecnológicas. No próprio processo de transformação digital, recomenda-se a implementação de abordagens mais participativas e colaborativas, onde o envolvimento dos profissionais desde o início possa facilitar a transição e maximizar os resultados.

REFERÊNCIAS

- ABUJAMRA, Tereza; TEXEIRA, Amanda. **Indústria Alimentícia: Crescimento e Impacto na Economia**. 2020. Disponível em: <https://blog.ifope.com.br/crescimento-da-industria-de-alimentos/>. Acesso em: 07 set. 2024.
- ALHALALMEH, Mohammad Izzat. The impact of supply chain 4.0 technologies on its strategic outcomes. **Uncertain Supply Chain Management**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 1203-1210, 2022. Growing Science. <http://dx.doi.org/10.5267/j.uscm.2022.8.008>.
- AL-MUDIMIGH, Abdullah S.; ZAIRI, Mohamed; AHMED, Abdel Moneim M.. Extending the concept of supply chain. **International Journal Of Production Economics**, [S.L.], v. 87, n. 3, p. 309-320, fev. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.004>.
- ASHTON, T s. **The Industrial Revolution 1760-1830**. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- AURO, Andrea de; GRECO, Marco; GRIMALDI, Michele. What is big data? A consensual definition and a review of key research topics. **Aip Conference Proceedings**, [S.L.], p. 97-104, 2015. AIP Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.1063/1.4907823>.
- BECK, Kent. **Manifesto para Desenvolvimento Ágil de Software**. 2001. Disponível em: <https://agilemanifesto.org/iso/ptbr/manifesto.html>. Acesso em: 29 jul. 2024.
- BIGLIARDI, Barbara; FILIPPELLI, Serena; PETRONI, Alberto; TAGLIENTE, Leonardo. The digitalization of supply chain: a review. **Procedia Computer Science**, [S.L.], v. 200, p. 1806-1815, 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.381>.
- BORGATTI, Stephen P.; LI, Xun. ON SOCIAL NETWORK ANALYSIS IN A SUPPLY CHAIN CONTEXT*. **Journal Of Supply Chain Management**, [S.L.], v. 45, n. 2, p. 5-22, 25 mar. 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-493x.2009.03166.x>.
- BOURELL, David L.. Perspectives on Additive Manufacturing. **Annual Review Of Materials Research**, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 1-18, 1 jul. 2016. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-matsci-070115-031606>.

BOYES, Hugh; HALLAQ, Bil; CUNNINGHAM, Joe; WATSON, Tim. The industrial internet of things (IIoT): an analysis framework. **Computers In Industry**, [S.L.], v. 101, p. 1-12, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>.

CARVALHO, Núbia Gabriela Pereira; CAZARINI, Edson Walmir. Industry 4.0 - What Is It? In: JESÖS HAMILTON ORTIZ (comp.). **Industry 4.0 Current Status and Future Trends**. Londres: Intech Open, 2020. p. 3-12.

CHARTERED INSTITUTE OF PROCUREMENT & SUPPLY. **What is procurement?:** explore what procurement is, the role it plays and how a career in procurement can benefit you. Explore what procurement is, the role it plays and how a career in procurement can benefit you. Disponível em: <https://www.cips.org/intelligence-hub/procurement/what-is-procurement>. Acesso em: 21 abr. 2024.

CHIEN, Chen-Fu; HONG, Tzu-Yen; GUO, Hong-Zhi. A Conceptual Framework for “Industry 3.5” to Empower Intelligent Manufacturing and Case Studies. **Procedia Manufacturing**, [S.L.], v. 11, p. 2009-2017, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.352>.

CONSULTORIA, Mais Gemba. **O que é indústria 4.0?** Disponível em: <https://www.maisgemba.com.br/2017/01/01/industria-4-0/>. Acesso em: 15 set. 2024.

CORALLO, Angelo; LAZOI, Mariangela; LEZZI, Marianna. Cybersecurity in the context of industry 4.0: a structured classification of critical assets and business impacts. **Computers In Industry**, [S.L.], v. 114, p. 1-15, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2019.103165>.

DAEMMRICH, Arthur. Invention, Innovation Systems, and the Fourth Industrial Revolution. **Technology & Innovation**, [S.L.], v. 18, n. 4, p. 257-265, 3 mar. 2017. Academy of Inventors. <http://dx.doi.org/10.21300/18.4.2017.257>.

COM FATURAMENTO DE R\$ 17 BI, INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E BEBIDAS GEROU 47 MIL EMPREGOS NO CEARÁ: Dados foram divulgados pela Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (Abia). Fortaleza, 21 maio 2024. Disponível em:

<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/com-faturamento-de-r-17-bi-industria-de-alimentos-e-bebidas-gerou-47-mil-empregos-no-ceara-1.3481530>. Acesso em: 31 ago. 2024.

DAVIS, Fred D.. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. **Mis Quarterly**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 319, set. 1989. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/249008>.

ERBOZ, Gizem. How to Define Industry 4.0: The Main Pillars Of Industry 4.0. **Managerial Trends In The Development Of Enterprises In Globalization Era**, Gödöllő, p. 761-767, nov. 2017.

FARMER, David. Developing Purchasing Strategies. **International Journal Of Physical Distribution & Materials Management**, [S.L.], v. 11, n. 2/3, p. 114-121, 1 fev. 1981. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/eb014498>.

FITZSIMMONS, Joe. Information technology and the third industrial revolution. **The Electronic Library**, Ann Arbor, v. 12, n. 5, p. 295-297, out. 1994.

FLOYER, David. **Defining and Sizing the Industrial Internet**. 2013. Disponível em: http://wikibon.org/wiki/v/Defining_and_Sizing_the_Industrial_Internet. Acesso em: 02 mar. 2024.

FORD NEWSROOM. **Celebrating the Moving Assembly Line in Pictures**. 2013. Disponível em: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/features/celebrating-the-moving-assembly-line-in-pictures.html>. Acesso em: 8 out. 2023.

FREDERICO, Guilherme F.; GARZA-REYES, Jose Arturo; ANOSIKE, Anthony; KUMAR, Vikas. Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. **Supply Chain Management: An International Journal**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 262-282, 14 set. 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/scm-09-2018-0339>.

GEORGE, Dr. A.Shaji; GEORGE, A.s.Hovan. INDUSTRIAL REVOLUTION 5.0: the transformation of the modern manufacturing process to enable man and machine to work hand in hand. **Zenodo**, [S.L.], v. 15, n. 9, p. 214-234, 14 set. 2020. Zenodo. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.6548092>.

GROUMPOS, Peter P. A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions. **Ifac-Papersonline**, [S.L.], v. 54, n. 13, p. 464-471, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>.

IFKIN, Jeremy. **THE THIRD INDUSTRIAL REVOLUTION**: how lateral power is transforming energy, the economy, and the world. Nova York: Palgrave Macmillan, 2011.

JOYCE, William B.. Accounting, purchasing and supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 202-207, 1 maio 2006. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/13598540610662095>.

KAGERMANN, Henning. Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. **Management Of Permanent Change**, [S.L.], p. 23-45, 10 dez. 2014. Springer Fachmedien Wiesbaden. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-05014-6_2.

MACCARTHY, Bart L.; BLOME, Constantin; OLHAGER, Jan; SRAI, Jagjit Singh; ZHAO, Xiande. Supply chain evolution – theory, concepts and science. **International Journal Of Operations & Production Management**, [S.L.], v. 36, n. 12, p. 1696-1718, 5 dez. 2016. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijopm-02-2016-0080>.

MAYER-SCHÖNBERGER, Viktor; CUKIER, Kenneth. **Big Data**: a revolution that will transform how we live, work and think. Nova York: Houghton Mifflin Harcourt, 2013. 205 p. ISBN 978-0-544-00269-2.

MCIVOR, R.; HUMPHREYS, P.; MCALEER, E.. The evolution of the purchasing function. **Strategic Change**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 165-179, maio 1997. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1697\(199705\)6:33.0.co;2-6](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1099-1697(199705)6:33.0.co;2-6).

MOKYR, Joel; STROTZ, Robert H.. **The Second Industrial Revolution, 1870-1914**. Illinois: Northwestern University, 1998.

NB PRESS. **A importância de a indústria de alimentação cuidar da saúde do consumidor e do meio ambiente**. 2022. Disponível em: <https://nbpress.com.br/a-importancia-de-a-industria-de-alimentacao-cuidar>. Acesso em: 07 set. 2024.

NICOLETTI, Bernardo. **Procurement 4.0 and the Fourth Industrial Revolution**: the opportunities and challenges of a digital world. Cham: Palgrave Macmillan, 2020.

NIVEN, Paul R.; LAMORTE, Ben. **Objectives and Key Results**: driving focus, alignment, and engagement with okrs. Nova Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2016. 227 p.

NONATO, Livia. **Indústria de alimentos: qual o objetivo e a importância**. 2024. Disponível em: <https://blog.aevo.com.br/industria-de-alimentos/>. Acesso em: 07 set. 2024.

POPOOLA, Oladapo Adeboye; ADAMA, Henry Ejiga; OKEKE, Chukwuekem David; AKINOSO, Abiodun Emmanuel. CONCEPTUALIZING AGILE DEVELOPMENT IN DIGITAL TRANSFORMATIONS: THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICAL APPLICATIONS. **Engineering Science & Technology Journal**, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 1524-1541, abr. 2014.

PORTER, Michael E.. **COMPETITIVE STRATEGY**: techniques for analyzing industries and competitors. Nova York: The Free Press, 1980.

RODIČ, Blaž. Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm. **Organizacija**, [S.L.], v. 50, n. 3, p. 193-207, 1 ago. 2017. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/orga-2017-0017>.

RUAN, Victoria. **'Made in China': the smart revolution blueprint set to bring Beijing into the digital age**: beijing's plan to fully bring manufacturing into the digital era is ambitious but success requires careful coordination with wider reforms, experts say. Beijing's plan to fully bring manufacturing into the digital era is ambitious but success requires careful coordination with wider reforms, experts say. 2015. Disponível em: <https://www.scmp.com/news/china/economy/article/1814281/made-china-smart-revolution-blueprint>. Acesso em: 08 out. 2023.

RÜßMANN, Michael; LORENZ, Markus; GERBERT, Philipp; WALDNER, Manuela; JUSTUS, Jan; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael. **Industry 4.0**: the future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston: Boston Consulting Group, 2015. 20 p.

SANTOS, Carlos Henrique dos; QUEIROZ, José Antônio de; LEAL, Fabiano; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Use of simulation in the industry 4.0 context: creation of a digital twin to optimise decision making on non-automated process. **Journal Of**

Simulation, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 284-297, 6 set. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17477778.2020.1811172>.

SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. **Cadeia de Suprimentos Projeto e Gestão: Conceitos, Estratégias e Estudos de Caso**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2009. 584 p.

STEVENS, Graham C.. Integrating the Supply Chain: the role of the manufacturing industry is to create wealth by adding value and selling products.. **International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management**, Bradford, v. 8, n. 19, p. 3-8, 1989.

SUTHERLAND, Jeff; GERHARDT, Natalie. **Scrum.**: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo. 2. ed. Lisboa: Leya, 2016.

SWAFFORD, Patricia M.; GHOSH, Soumen; MURTHY, Nagesh. Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility. **International Journal Of Production Economics**, [S.L.], v. 116, n. 2, p. 288-297, dez. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.09.002>.

TUPTUK, Nilufer; HAILES, Stephen. Security of smart manufacturing systems. **Journal Of Manufacturing Systems**, [S.L.], v. 47, p. 93-106, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.04.007>.

United States Patent and Trademark Office (org.). **Enjoy the last Inventors Eye; see you in Inventors Digest**. Disponível em: <https://www.uspto.gov/subscription-center/2021/enjoy-last-inventors-eye-see-you-inventors-digest>. Acesso em: 5 out. 2023.

VAN HOEK, Remko. Research opportunities for a more resilient post-COVID-19 supply chain – closing the gap between research findings and industry practice. **International Journal Of Operations & Production Management**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 341-355, 3 jun. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijopm-03-2020-0165>.

VELÁSQUEZ, Nancy; ESTEVEZ, Elsa; PESADO, Patricia. Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures. **Journal Of Computer Science And Technology**,

[S.L.], v. 18, n. 03, p. 258-266, 12 dez. 2018. Universidad Nacional de La Plata.
<http://dx.doi.org/10.24215/16666038.18.e29>.

WEIGHTMAN, Gavin. **The Industrial Revolutionaries: The Making of the Modern World 1776-1914**. Nova York: Grove Press, 2010.

YIN, Robert K.. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001. 105 p.