

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

A LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: ESTUDO DE CASO DA JOHN DEERE

TIAGO RESENDE PACHECO

DOURADOS – MS
2020

TIAGO RESENDE PACHECO

A LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: ESTUDO DE CASO DA JOHN DEERE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, da Fundação Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis

**DOURADOS – MS
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P116l Pacheco, Tiago Resende

A LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: ESTUDO DE CASO DA JOHN DEERE [recurso eletrônico] / Tiago Resende Pacheco. -- 2020.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: João Gilberto Mendes dos Reis.

Dissertação (Mestrado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Agronegócios. 2. Internet das Coisas - IoT. 3. Logística 4.0. 4. Sistema Ciber-Físico - CPS. I. Reis, João Gilberto Mendes Dos. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

TIAGO RESENDE PACHECO

A LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: ESTUDO DE CASO DA JOHN DEERE

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis – UNIP/ UFGD

MEMBRO: Prof. Dr. Antônio Carlos Vaz Lopes – UFGD

MEMBRO: Prof^a. Dr^a. Márcia Terra da Silva – UNIP

MAIO 2020



UFGD

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONEGÓCIOS

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR **TIAGO RESENDE PACHECO**, ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "AGRONEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE".

Aos vinte e um dias do mês de maio de dois mil e vinte, às nove horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados a defesa de dissertação de Mestrado intitulada **"LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: ESTUDO DE CASO DA JOHN DEERE"** apresentada pelo aluno **Tiago Resende Pacheco**, do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis/UFGD (presidente/orientador); Prof. Dr. Antonio Carlos Vaz Lopes/UFGD; Prof.^a Dr.^a Márcia Terra da Silva/UNIP. Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da Banca as normas a serem observadas na apresentação da dissertação. Após o candidato ter apresentado a sua explanação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido o candidato considerado **APROVADO**, fazendo *jus* ao título de **MESTRE EM AGRONEGÓCIOS**. **O presidente da banca abaixo-assinado atesta que os professores Antonio Carlos Vaz Lopes e Márcia Terra da Silva participaram de forma remota desta defesa de dissertação, conforme o § 3º do Art. 1º da Portaria RTR/UFGD n. 200, de 16/03/2020 e a Instrução Normativa PROPP/UFGD Nº 1, de 17/03/2020, considerando o candidato APROVADO, conforme declaração anexa.** Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados, 21 de maio de 2020.

Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis/UFGD

Prof. Dr. Antonio Carlos Vaz Lopes/UFGD (participação remota)

Prof.^a Dr.^a Márcia Terra da Silva/UNIP (participação remota)

ATA HOMOLOGADA EM: __/__/__, PELA PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA / UFGD.

Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa
Assinatura e Carimbo



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM: AGRONEGÓCIOS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: AGRONEGÓCIOS E DESENVOLVIMENTO**

**DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO À DISTÂNCIA - SÍNCRONA - EM BANCA DE DEFESA DE
MESTRADO/ UFGD**

Às 09h do dia 21/05/2020, participei de forma síncrona com os demais membros que assinam a ata física deste ato público, da banca de Defesa de Dissertação do(a) candidato(a) **Tiago Resende Pacheco**, do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios.

Considerando o trabalho avaliado, as arguições de todos os membros da banca e as respostas dadas pelo(a) candidato(a), formalizo para fins de registro, por meio deste, minha decisão de que o(a) candidato(a) pode ser considerado(a): Aprovado.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Márcia Terra da Silva
Universidade Paulista/UNIP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia



DECLARAÇÃO Nº 588/2020 - FACE (11.01.03.27)

Nº do Protocolo: 23005.009083/2020-18

Dourados-MS, 25 de maio de 2020.

Programa de Pós-Graduação em: AGRONEGÓCIOS

Área de Concentração: agronegócios e desenvolvimento

**DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO À DISTÂNCIA - SÍNCRONA - EM BANCA DE DEFESA DE MESTRADO/
UFGD**

Às 09h do dia 21/05/2020, participei de forma síncrona com os demais membros que assinam a ata física deste ato público, da banca de Defesa de Dissertação do(a) candidato(a) **Tiago Resende Pacheco**, do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios.

Considerando o trabalho avaliado, as arguições de todos os membros da banca e as respostas dadas pelo(a) candidato(a), formalizo para fins de registro, por meio deste, minha decisão de que o(a) candidato(a) pode ser considerado(a): **Aprovado**.

Atenciosamente,

(Assinado digitalmente em 25/05/2020 17:45)
ANTONIO CARLOS VAZ LOPES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 1553770

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufgd.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **588**, ano: **2020**, tipo: **DECLARAÇÃO**, data de emissão: **25/05/2020** e o código de verificação: **f73a6d307e**

*À minha esposa Daiane,
E à minha filha Helena,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido essa jornada e esse momento, com saúde, força e persistência diante das dificuldades;

A minha família que esteve por toda a jornada contribuindo com essa etapa, em especial meu pai Minelvino, minha mãe Eronídia e meus irmãos;

A meus colegas de mestrado que hora em quando era o apoio que faltava para um passo seguinte ou o empurrão para vencer o desânimo e renovar as energias para continuar a batalha;

Ao meu orientador Prof. Dr. João, que aceitou a empreita sendo meu guia nessa jornada, em todas as situações com paciência e compreensão;

A toda a UFGD, mais especificamente aos professores e técnicos do PPG Agronegócios;

A empresa COMID de Dourados, que permitiu que fosse realizado o estudo de caso subsidiando este trabalho;

E a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para que eu chegasse a esse momento em minha carreira.

RESUMO

O agronegócio é uma atividade de grande importância para o Brasil e para o mundo, impactando positivamente o PIB brasileiro. A logística, é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento das cadeias de produção, inclusive as do agronegócio, sendo um dos principais gargalos para o escoamento da produção agrícola e nas operações produtivas. Como todos os setores, o agronegócio e a logística precisam de inovação, para acompanharem os avanços e as exigências da demanda para manter o agronegócio competitivo em um mercado globalizado. Para atender essa necessidade é apresentada a logística 4.0, como provável solução para as limitações da logística tradicional. Assim, este trabalho teve os objetivos de: analisar o desenvolvimento da logística 4.0 observando seu papel no agronegócio e sua aplicação em uma empresa, apontando seus principais benefícios; evidenciar as relações entre trabalhos publicados, apontando a lacuna teórica da pesquisa acerca da logística 4.0; levantar as principais tecnologias aplicadas na logística pela empresa John Deere e evidenciar as relações entre as aplicações levantadas e os conceitos apresentados nos trabalhos publicados. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, com o descritor “*Logistics 4.0*”, nas principais bases científicas relacionadas a tecnologias, agronegócios e temas interdisciplinares. Também foi realizado um levantamento bibliográfico complementar, com temas relacionados a tecnologias aplicadas a logística do agronegócio e, o estudo de caso da empresa John Deere, que é referência em inovação para o setor do agronegócio. A pesquisa resultou nas relações entre os trabalhos publicados em temas tecnológicos e em temas complementares e na vinculação das citações bibliográficas as respectivas tecnologias aplicadas pela John Deere apontando, seus benefícios práticos. Desta forma, conclui-se que os trabalhos publicados sobre logística 4.0 no agronegócio são ainda incipiente, os autores, além das questões tecnológicas, se preocupam também com questões sociais, como por exemplo, com mão de obra, que a logística 4.0 é algo inevitável, cabendo as empresas se adequarem e, a John Deere tem seu foco voltado para a logística interna.

Palavras-chave: Agronegócios, Internet das Coisas – IoT, Logística 4.0, Sistema Ciber-Físico – CPS.

ABSTRACT

The agribusiness is an activity of great importance for Brazil and the world, positively impacting the Brazilian GDP. Logistics is a fundamental tool for the development of production chains, including those in agribusiness, being one of the main bottlenecks for the delivery of agricultural production and in production operations. Like all sectors, agribusiness and logistics need innovation, to keep up with the advances and needs of demand in order to keep agribusiness competitive in a globalized market. In order to meet this need, logistics 4.0 is presented as a probable solution to the limitations of traditional logistics. Thus, this work had the objectives of: analyzing the development of logistics 4.0, observing its role in agribusiness and its application in a company, pointing out its main benefits; evidence the relationships between published works, pointing out the theoretical gap in research on logistics 4.0; to survey the main technologies applied in logistics by the John Deere company and to evidence the relationships between the principals applications raised and the concepts presented in the published works. For this, a systematic bibliographic review was carried out, with the descriptor “Logistics 4.0”, in the main scientific bases related to technologies, agribusiness and interdisciplinary themes. A complementary bibliographic survey was also carried out, with themes related to technologies applied to agribusiness logistics and, the case study of the company John Deere, which is a reference in innovation for the agribusiness sector. The research resulted in the relationships between the works published in technological and complementary themes and in the linking of bibliographic citations to the respective technologies applied by John Deere, pointing out their practical benefits. Thus, it is concluded that the works published on logistics 4.0 in agribusiness are still incipient, the authors, in addition to technological issues, are also concerned with social issues, such as with employability, that logistics 4.0 is something inevitable , it being up to the companies to adapt themselves, and John Deere focuses on internal logistics.

Keywords: Agribusiness, Cyber Physical Systems – CPS, Internet of Things – IoT, Logistics 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução das revoluções industriais.	26
Figura 2. Elementos da estrutura da indústria 4.0.	27
Figura 3. Exemplo de zona logística 4.0.	39
Figura 4. Roteiro da revisão bibliográfica sistemática.	41
Figura 5. Mapas temáticos.....	46
Figura 6. Ecossistema conectado pelo JDLink™ da John Deere.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de trabalhos publicados por base de pesquisa.	52
Tabela 2: Quantidade de trabalhos publicados por país.	52
Tabela 3: Qualidade dos trabalhos selecionados.	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Comparativo entre as características operacionais dos modais.....	21
Quadro 2. Características econômicas dos modais.	22
Quadro 3. Relação de autores por tema abordado - Tecnológicos.....	54
Quadro 4. Relação de autores por tema abordado - Complementares.	55
Quadro 5. Tecnologia aplicada a logística pela John Deere e do agronegócio.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network.
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
CAN	Controller Area Network.
COMID	Comércio de Máquinas e Implementos Dourados Ltda.
CPqD	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações.
CPS	Cyber-Physical System.
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professional.
EUA	Estados Unidos da América.
GDP	Gross Domestic Product.
GLONASS	Global Navigational Satellite System.
GPS	Global Positioning System.
GSMA	Global System for Mobile Communications Association.
I.A.	Inteligência Artificial.
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos.
IoS	Internet of Service.
IoT	Internet of Things.
IoT&S	Internet of Things and Services.
LAN	Local Area Networks.
M2M	Machine-to-Machine.
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts.
MS	Mato Grosso do Sul.
MTG	Gateway Telemático Modular.
ONU	Organização das Nações Unidas.
PAN	Personal Area Network.
PIB	Produto Interno Bruto.
PWM	Pulse Width Modulation.
QR Code	Quick Response Code.
RA	Realidade Aumentada.
RFID	Radio Frequency Identification.
RPM	Rotações por Minuto.
RV	Realidade Virtual.
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação.
TMS	Transport Management System.
WI-FI	Wireless Fidelity.
WMS	Warehouse Management System.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Objetivo Geral	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 Justificativa.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Logística no Agronegócio	20
2.2 Logística 4.0	25
2.2.1. Conectividade.....	32
2.2.2 Internet das Coisas.....	34
2.2.3 Computação em Nuvem.....	37
2.2.4. Sistema Ciber-Físico	38
3. METODOLOGIA.....	40
3.1. Revisão Bibliográfica Sistemática.....	40
3.2. Estudo de Caso	42
3.3. Revisão Bibliográfica Complementar	43
3.4. Composição dos Resultados da Pesquisa.....	44
4. ESTUDO DE CASO: JOHN DEERE	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICE I – Artigo publicado nos Anais do III ENGEDIN – 2019	70
APÊNDICE II – Artigo submetido no XL ENEGEP 2020	89

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro vem apresentando grande crescimento no mundo, impactando positivamente o PIB e, tem se posicionado como referência no mercado internacional de commodities, ocupando em 2017 o 3º lugar na exportação de alimentos e o 2º na produção (JACTO, 2019 e BAYER, 2019).

A logística tem grande importância para as cadeias produtivas, sendo responsável por planejar, implementar e controlar o fluxo e o armazenamento de bens, serviços e informações (CSCMP, 2019). Segundo Reis (2015) gerenciar a logística é crucial para que se reduza perdas e as organizações se mantenham competitivas no mercado globalizado.

Podemos dividir a logística de duas formas, a externa e a interna. Na logística externa (“da porteira para fora”) do agronegócio, a atenção está voltada, principalmente, nas estratégias para o escoamento da produção, tendo em vista que o transporte é realizado, predominantemente, pelo modal rodoviário, que representa alto custo e pouca eficiência, se tornando um dos principais gargalos da cadeia produtiva do agronegócio brasileiro (ALMEIDA; SELEME; CARDOSO NETO, 2013). Quanto ao armazenamento de grãos, o déficit da capacidade estática de armazenamento é o fator limitante dentro da logística (CRISTINA E FILIPPI, 2019).

Na logística interna do agronegócio (“da porteira para dentro”), para Magalhães et al (2009), o foco está na limitação do operador de máquina, que muitas vezes não recebe treinamento para a execução de operações mecanizadas básicas, como, preparo do solo, plantio, pulverização e colheita. Neste sentido, fatores como velocidade de operação ($m\ s^{-1}$), que depende do operador por exemplo, podem interferir na quantidade de sementes por metro linear (FEITOSA et al. 2015), prejudicando a emergência das plantas e refletindo na produção final. Além disso, a realização de manutenção em máquinas pode reduzir os custos e prolongar sua vida útil (CAMPOS et al. 2009). Assim, se a mão de obra fosse mais qualificada, provavelmente, teríamos melhores índices de produção.

Com o surgimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) nas últimas décadas e, sua implementação nos modelos de negócios de forma compulsória, sob ordens da demanda, foram surgindo novos conceitos de gerenciamento a serem considerados no setor logístico, com uma nova estrutura baseada em *Internet of Things and Services – IoT&S*. A “internet das coisas” trata, principalmente, da interação das coisas, por exemplo,

equipamentos, máquinas, produtos entre outros com outras coisas, por meio da conectividade da internet, podendo também se estender a interação das coisas com o homem. No agronegócio, essa interação poderia ser dada entre a máquina (trator, por exemplo) e o implemento (semeadora, por exemplo).

O grande problema da necessidade de produzir mais alimentos para uma população crescente, em um cenário que a disponibilidade de áreas agricultáveis vem diminuindo, aumenta a necessidade de melhorar os índices de produtividade. Isto requer, o desenvolvimento e a avaliação de tecnologias inovadoras para o agronegócio, como a logística 4.0, que já está sendo bastante usada na indústria da manufatura, por exemplo. Assim, a logística 4.0 surge como uma ferramenta de mudança e melhoria, para garantir a sobrevivência da cadeia de valor em ambientes cada vez mais competitivos e diante de uma demanda cada vez mais exigente em busca de um consumo mais sustentável (WANG, 2016).

Desta forma, o aprofundamento nos estudos sobre a interação homem-máquina e novas opções de modelos de negócios, impulsionado por uma mudança no comportamento do consumidor, que tem preferido alugar ao invés de comprar um produto ou serviço, com o apoio contundente da supervalorização das redes sociais digitais, geram um conglomerado de novos conceitos que compõem a revolução 4.0 (BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017).

1.1 Objetivo Geral

Analisar o desenvolvimento da Logística 4.0, observando seu papel no agronegócio, bem como a sua aplicação em uma empresa apontando seus principais benefícios.

1.2 Objetivos Específicos

- Evidenciar as relações entre trabalhos publicados, apontando a lacuna teórica da pesquisa acerca da logística 4.0;
- Levantar as principais tecnologias aplicadas na logística pela empresa John Deere;
- Evidenciar as relações entre as aplicações levantadas e os conceitos apresentados nos trabalhos publicados.

1.3 Justificativa

A realização desta pesquisa se justifica pela relevância do agronegócio para o mercado mundial e para a economia brasileira, que representa um em cada três empregos e

21,6% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017 (MAPA, 2019), influenciando fortemente a economia do país.

Além disso, o trabalho aborda um ponto de vista ainda não trabalhado no meio acadêmico até o momento desta pesquisa, o de observar o papel da logística 4.0 no agronegócio. Apesar de haver trabalhos relacionados à logística 4.0, na sua grande maioria eles estão direcionados a indústria de manufatura. Assim, há necessidade de pesquisa e inovação na logística do agronegócio brasileiro, buscando soluções que possam promover a competitividade em um mercado globalizado.

Com relação à logística externa, o agronegócio brasileiro apresenta grandes dificuldades para efetivar o escoamento da sua produção. Almeida, Seleme e Cardoso Neto (2013), consideram o desbalanceamento da matriz logística, onde temos o transporte de *commodities* sendo realizado predominantemente pelo modal rodoviário e, de acordo com Cristina e Filippi (2019), ao déficit de sua capacidade estática de armazenamento, ou seja, no Brasil se produz muito mais do que se pode armazenar.

E, na logística interna, as operações mecanizadas mal executadas (preparo de solo sobreposto devido a passagem do implemento mais de uma vez no mesmo lugar ou a variação na velocidade durante o plantio, por exemplo) tendem a boicotar a produtividade das propriedades rurais. Provavelmente, uma melhoria na infraestrutura de conectividade no Brasil, mais especificamente nas áreas rurais, aliado a uma mão de obra com treinamento constante e mecanismos mais eficientes de monitoramento de operações em tempo real, poderiam melhorar a produtividade nas propriedades. Assim, segundo Ten Hompel e Kerner (2015) a logística 4.0 se apresenta como uma solução provável para as limitações da logística tradicional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Logística no Agronegócio

Para o Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP (2019) a gestão logística é parte integrante da cadeia de suprimentos e responsável por planejar, implementar e controlar o fluxo e o armazenamento de bens, serviços e informações relacionadas a produção, desde a origem até a chegada ao consumidor final.

A logística apresenta subdivisões conhecidas como Logística de Abastecimento ou Logística Interna que compreende as atividades relacionada a aquisição de matéria prima até a manufatura do produto acabado e a Logística Externa, abrangendo a distribuição física dos produtos acabados até os consumidores finais (Reis, 2015).

As atividades da logística, ainda segundo Reis (2015), podem ser tratadas como atividades chaves: Transportes; Gestão de Estoques e Processamento de Pedidos ou, atividades de apoio: Armazenagem; Manuseio de Materiais; Compras; Embalagem e Gestão da Informação.

Abordando a logística externa, Almeida, Seleme e Cardoso Neto (2013) observam que o transporte exerce papel fundamental na cadeia de suprimentos e na logística, uma vez que, raramente, o produto, serviço ou informação é produzido e consumido no mesmo lugar.

Compreende o movimento do produto, serviço ou informação de um local para outro, desde o início da cadeia de suprimento até a chegada do produto ao cliente, é parte essencial para o sucesso da estratégia logística.

Os modais reconhecidos de transporte são cinco: rodoviário, ferroviário, aéreo, aquaviário ou hidroviário e, dutoviário. Estes, são divididos e mensurados em cinco dimensões de características operacionais, conforme apresentado no Quadro 1 (ranqueamento entre os modais, sendo os níveis determinados de 1 a 5, onde 1 é o melhor e 5 o pior).

Quadro 1. Comparativo entre as características operacionais dos modais.

Características Operacionais	Modal				
	Ferroviário	Rodoviário	Aquaviário	Dutoviário	Aéreo
Velocidade	3	2	4	5	1
Disponibilidade	2	1	4	5	3
Confiabilidade	3	2	4	1	5
Capacidade	2	3	1	5	4
Frequência	4	2	5	1	3
Total	14	10	18	17	16

Fonte: Bowersox, Closs e Cooper (2006) e Bowersox e Closs (2010).

De acordo com o quadro, podemos observar que o transporte rodoviário tem uma operacionalidade maior, já que a disponibilidade, confiabilidade, velocidade, frequência e capacidade acabam sendo maiores.

Nos últimos anos poucos países cresceram no comércio internacional do agronegócio. O Brasil, por exemplo, vem se posicionando na liderança da produção e da exportação agropecuária sendo o 3º maior exportador e o 2º maior produtor de alimentos mundial em 2017 (JACTO, 2019 e BAYER, 2019).

Moori e Riquetti (2014) apresentam em seu trabalho uma tendência dos produtores brasileiros de ampliar a produção e competitividade no mercado globalizado, estendendo as fronteiras agrícolas do país para regiões cada vez mais distantes e remotas em relação aos centros consumidores, o que impacta diretamente na necessidade de novas estratégias logísticas para viabilidade da produção.

No Brasil, os serviços logísticos historicamente não funcionam bem, o que acarreta perdas de competitividade, principalmente pela concentração do uso do modal rodoviário como mecanismo para o escoamento da produção, somado aos investimentos insuficientes em infraestrutura no sistema de transportes (MARTINS; CAIXETA FILHO, 1999). Enfim, para competir no mercado internacional, a logística brasileira tem de inovar a fim de resolver os gargalos e melhorar os níveis de qualidade dos serviços (MOORI; RIQUETTI, 2014).

Esse desbalanceamento da matriz logística reflete negativamente nos custos logísticos e na capacidade competitiva no mercado globalizado. Além de representar um maior custo, já que um caminhão carrega 150 vezes menos soja que uma composição ferroviária e cerca de 600 vezes menos que um comboio de barcas numa hidrovia que,

somada a poluição, ao elevado consumo de combustíveis fósseis e a um alto índice de acidentes, contribuem para precarizar a logística do agronegócio (ALMEIDA; SELEME; CARDOSO NETO, 2013).

Ainda, no estudo de Moori e Riquetti (2014), o custo logístico foi considerado pelos produtores a principal preocupação para estabelecer a estratégia logística, no caso para aquisição de insumos. E para Almeida, Seleme e Cardoso Neto (2013), os custos do transporte por modais podem ser classificados de acordo com o Quadro 2 a seguir.

Quadro 2. Características econômicas dos modais.

Modal	Características Econômicas		
	Custos Variáveis	Custos Fixos	Preço para Usuário
Aéreo	Alto	Alto	Maior
Rodoviário	Médio	Baixo	Médio
Ferrovário	Baixo	Alto	Menor
Aquaviário	Baixo	Médio	Menor
Dutoviário	Baixo	Alto	Menor

Fonte: Seleme (2011).

Martins e Caixeta Filho (1999) corroboram com a ideia de fomentar a intermodalidade para o desenvolvimento da agricultura com o aprimoramento das estratégias de escoamento, principalmente em relação ao modal ferroviário, sendo que na agropecuária os custos de transporte chegam a ser duas vezes maiores que o de produtos manufaturados.

A intermodalidade pode levar a uma solução para redução dos custos, por exemplo: Em um cenário ideal para a logística do complexo soja, o farelo e o grão deveriam ser transportados pelo modal rodoviário em curtas distâncias, depois pelo modal ferroviário em médias distâncias e por fim no aquaviário para as longas distâncias, enquanto o óleo de soja, deveria ser transportado pelo modal dutoviário (ALMEIDA; SELEME; CARDOSO NETO, 2013).

A logística também é responsável pelo armazenamento da produção agrícola, onde o uso de silos permite ao produtor concentrar a realização do transporte em períodos de menor custo logístico e maior preço do produto. A possibilidade de gestão de custos permite a aplicação de estratégias para criação de vantagens competitivas por meio do uso de novas tecnologia podendo maximizar os resultados com a utilização de informações precisas para apoiar a tomada de decisão (MARTINS et al., 2005).

Cristina e Filippi (2019) apontam como o principal gargalo logístico do Brasil referente ao armazenamento de grãos, o déficit de sua capacidade estática, pois se produz mais do que se pode armazenar. Os grandes produtores recorrem a crédito ou capital próprio para a construção do silo próprio, porém para os pequenos produtores a situação é diferente, além da pouca produção não justificar o investimento em um silo próprio, existe também maior dificuldade ao acessar o crédito, o que fomenta o surgimento de sistemas condominiais, onde os produtores circunvizinhos tendem a se juntarem para construir um silo coletivo onde cada produtor tem sua cota de armazenamento.

Martins et al. (2005) observa em seu trabalho, que nos EUA a lucratividade é maximizada pela instalação de armazéns na própria fazenda, além do transporte do produto ser realizado via linha férrea e hidrovía, enquanto no Brasil, evidenciado por Cristina e Filippi (2019), apenas os grandes produtores dispõem de sistemas de armazenagem própria nas fazendas, enquanto os pequenos e médios produtores, arcam com os altos custos, seja por armazenar em silos de terceiros, seja pela venda do produto a preços baixos de forma antecipada por não haver como armazenar.

Sobre a logística interna (da porteira para dentro), a atenção principal está voltada nas operações produtivas mecanizadas que abrange toda a atividade desde a aquisição dos insumos, preparo do solo, plantio, pulverizações, colheita entre outras que garantem a produção agropecuária.

Por se tratar de operações mecanizadas na sua maioria, se torna muito dependente de máquina e, segundo Campos et al (2009), a falta de manutenção das máquinas e o despreparo do operador são as principais causas de avarias nas máquinas agrícolas. Reis et al (2005) e Neto et al (2015) corroboram reafirmando que a manutenção ineficiente pode resultar na redução da vida útil enquanto a manutenção adequada, minimiza as perdas com pequenas paradas para correções eventuais durante a operação.

A mão de obra é um dos focos na logística interna da propriedade, sendo abordada, principalmente, na segurança do trabalho, onde observa-se que dentre as causas de acidente no trabalho se destacam a atitude insegura do operador e problemas de interação do operador com a máquina (VEIGA; GONTIJO; MASIERO, 2014). Ainda, como problemas da logística, Reis et al (2005) enfatizam em sua pesquisa, o baixo nível de instrução técnica acerca da manutenção do maquinário e a falta de treinamento por parte do operador, o que

também é complementado por Veiga, Gontijo e Masiero (2014) que mencionam a necessidade de treinar os operadores para mitigar os acidentes e otimizar as operações.

Durante as operações mecanizadas dentro da propriedade, as pequenas variáveis que muitas vezes podem ser subjugadas acarretam ineficiência da produção agropecuária. Segundo Corrêa Júnior et al (2014), a velocidade do trator (m s^{-1}), por exemplo, influencia no número de sementes por metro linear e no espaçamento de plantio de grãos. Mello et al (2007), comentam que, o aumento da velocidade de um conjunto de trator-semeadora-adubadora não influencia na produtividade de grãos quando se utilizou milho híbrido duplo, porém, utilizando-se milho híbrido simples ocorreu queda na produtividade em velocidades mais altas de operação.

Outro fator que causa danos de forma silenciosa, é o problema de compactação do solo. Para Feitosa et al (2015) o tráfego intenso do trator ocasiona alteração na qualidade física do solo, desencadeando processos de compactação e de erosão, além disso, a velocidade também foi um fator que afetou a densidade do solo, deixando-o mais compactado a velocidades de $1,51 \text{ m s}^{-1}$.

Já durante as operações de colheita mecanizada, para Magalhães et al (2009) em trabalho realizado com soja, a perda de grãos está entre os principais problemas na produção. Assim, regulagem, treinamento de operadores e o estado de conservação da máquina são fatores importantes para minimizar as perdas.

A fim de reduzir custos, tem se investido em tecnologias de informação e comunicação, o que pode ser exemplificado com o trabalho de Regattieri, Regattieri e Vidal (2018), que comentam que a utilização de sistemas de monitoramento com uso de sensores, geolocalização e computadores de bordo na aplicação de defensivos, por exemplo, reduziu os custos de pulverização em 6%. Ainda, Lopes et al (2003) observam em seu trabalho uma redução no consumo de combustível aumentando a velocidade de operação do trator, enquanto Campos et al (2009), concluem que a atenção deve estar em uma correta manutenção das máquinas, o que reduz custos, aumenta a vida útil do equipamento e garante a execução da operação sem interrupções.

Quando se buscam estratégias e ferramentas para melhoria da logística no agronegócio, deve-se atentar as especificidades do setor. Podemos citar como especificidades, a necessidade de gerenciar as incertezas e sazonalidades, pois os produtos

são voláteis, quanto a quantidade e qualidade produzidas, e tem curta validade (tempo de prateleira). Ainda, há volatilidade dos preços com relação às safras e entressafras, o que forma um *trade* bastante complexo, arraigado de vícios e atravessadores. Além disso, a produção é descompassada à distribuição para a indústria de processamento (MARTINS et al., 2005).

2.2 Logística 4.0

Citada formalmente pela primeira vez na Alemanha durante a Feira de Hannover em 2011, a Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, agora baseada em indústrias inteligentes (GLISTAU; MACHADO, 2018). Para Santos et al. (2018) a primeira revolução industrial se deu no final do século XVIII, e ficou marcada pela transição do modelo produtivo artesanal para o modelo produtivo mecanizado, o que é complementado por Sacomano e Sátyro (2018) quando afirmam que esta primeira revolução foi baseada em conceitos de mecânica, energia à vapor e na hidráulica.

Já a segunda revolução industrial, segundo Sacomano e Sátyro (2018), foi impulsionada pelo surgimento da eletricidade, além da produção em massa e a implementação de linhas de montagem. Isso ocorreu no início do século XX (SANTOS et al. 2018).

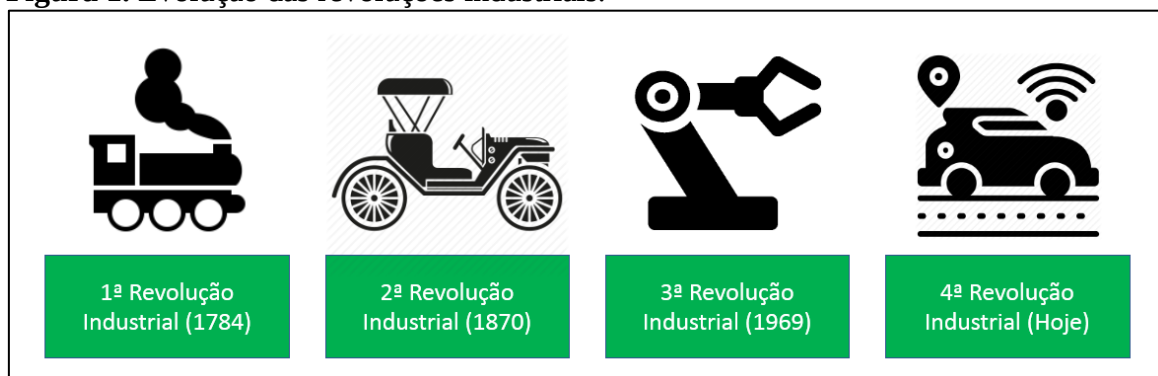
A terceira revolução industrial, compreende o período desde 1970 até os dias atuais e, foi marcada pela aplicação da tecnologia da informação e o aprimoramento da automação produtiva (SANTOS et al. 2018). Para Sacomano e Sátyro (2018), a terceira revolução industrial está baseada no uso de sistemas computacionais, no uso da robótica na manufatura, no avanço da eletrônica e no uso de controladores lógicos programáveis.

Atualmente, vivemos uma transição para a Indústria 4.0, também tratada por muitos autores como a quarta revolução industrial. Esta revolução está baseada em sistemas ciberfísicos – CPS, na Internet das Coisas – IoT, na Internet dos Serviços – IoS e na descentralização dos processos de manufatura (SACOMANO; SÁTYRO, 2018).

A Figura 1 ilustra toda a evolução pela qual a indústria passou até a atualidade, chegando à Indústria 4.0, que abrange um novo paradigma de produção, onde o ambiente industrial é virtualizado, a linha de produção sofre adaptações para atender robôs e dispositivos inteligentes, que se relacionam entre si em um ambiente virtual, para depois executar as tarefas no ambiente real, capazes de tomar decisões autônomas e deixar o sistema

mais flexível e personalizável ao mercado, dada também a instantaneidade da troca de informações no CPS (SANTOS et al., 2018).

Figura 1. Evolução das revoluções industriais.



Fonte: adaptado de Sacomano e Sátyro (2018) e Santos et al. (2018).

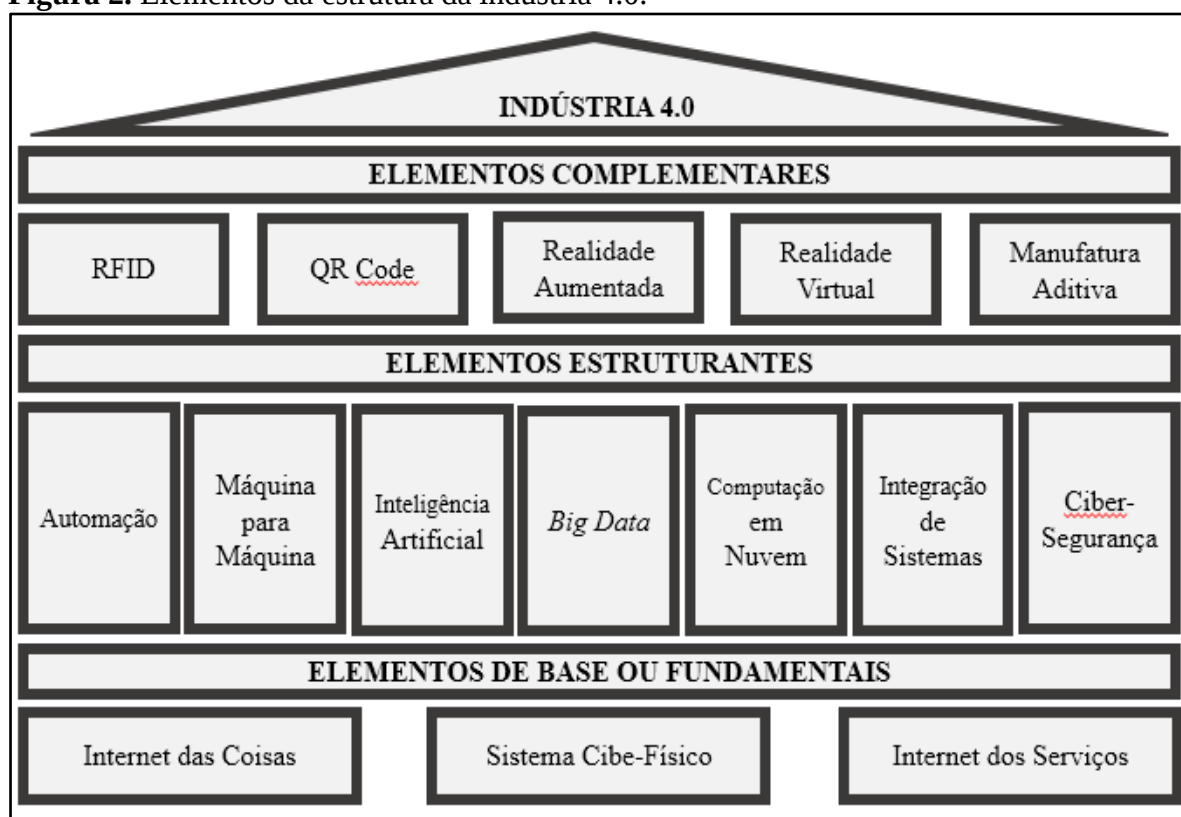
Sacomano e Sátyro (2018) descrevem em seu trabalho a indústria 4.0 na prática, que de forma resumida é iniciada a partir do pedido *on-line* feito pelo cliente, que após ter validado a autenticidade do pedido é verificada a disponibilidade de insumos no estoque ou com fornecedores, verificando os prazos necessários para a entrega do produto. Após essa etapa, são apresentadas as condições de entrega ao consumidor, a consulta ocorre de forma instantânea, o cliente não percebe demora pois todo o processo é realizado em milissegundos e se o cliente estiver de acordo com as condições, confirma o pedido quando, então, será iniciada a produção e entrega do produto de forma totalmente autônoma, sendo que na linha de produção tudo foi realizado sem a interferência humana, por meio de máquinas conectadas entre si e inteligência artificial (I.A.) inseridos em um sistema ciber-físico.

Ainda para os mesmos autores, a indústria 4.0 traz conceitos de autogerenciamento, ou seja, quando ocorre um problema na linha de produção, o próprio sistema se adequa buscando uma solução e contornando o problema, permitindo inclusive, que o próprio sistema solicite determinada manutenção direto para a empresa fornecedora do equipamento.

Conforme a figura 2, a Indústria 4.0 é estruturada por elementos de base ou fundamentais, que são aqueles sem os quais a indústria 4.0 não se caracteriza, como os sistemas ciber-físicos e a internet das coisas; elementos estruturantes, que irão ocorrer de forma gradativa conforme o amadurecimento da indústria, como a automação, a comunicação de máquina para máquina – M2M, a inteligência artificial – I.A., computação em nuvem, ciber-segurança entre outros, sendo que ao final do processo de amadurecimento, é provável, que a maioria desses estará implementada e, por último,

elementos complementares, que podem ou não ocorrer dependendo da configuração, uma vez que as opções são flexíveis, como o caso do Etiqueta de Identificação por Radiofrequência – RFID, Código de Resposta Rápida – QR Code, da Realidade Aumentada – RA, Realidade Virtual – RV entre outros, e que não param de surgir (SACOMANO E SÁTVRO, 2018).

Figura 2. Elementos da estrutura da indústria 4.0.



Fonte: Adaptação do trabalho de Sacomano e Sátyro (2018).

Para Santos et al. (2018), a Indústria 4.0 é uma promessa de maior eficácia operacional gerando ganhos de produtividade e maior competitividade, além de promover o desenvolvimento de novos modelos de negócios com uma nova dinâmica logística.

De acordo com Ten Hompel e Kerner (2015), o planejamento logístico está se tornando cada vez mais complexo e dependente de inúmeras variáveis, que em conjunto permitem calcular os prováveis cenários futuros em busca do melhor desempenho de toda a cadeia de valor, assim, quanto maior for a robustez do cálculo, maior será a probabilidade do cenário remeter a condição real, favorecendo o apoio à tomada de decisão.

Para enfrentar este momento de mudanças, nos é apresentada a logística 4.0, baseada em *IoT&S*¹ e em *CPS*², como solução provável para os gargalos existentes na logística tradicional. Essa mudança é movida pela força da demanda, promovendo a necessidade de reavaliação dos conceitos logísticos tradicionalmente aplicados bem como a sua desconstrução (TEN HOMPEL; KERNER, 2015).

Assim, a logística 4.0 é definida, de acordo com Glistau e Machado (2018), como a logística dentro da indústria 4.0. Então, podemos entender a logística 4.0 como uma logística inteligente baseada em sistemas ciber-físicos e *IoT*³. Segundo Wang (2016), a logística evoluiu atendendo a necessidade do mercado, de forma acoplada com o crescimento da indústria. A logística sofreu a primeira revolução no final do século XIX, com a mecanização do transporte e o motor a vapor, definimos assim essa primeira revolução como a logística 1.0.

Na sequência, por meio da automação dos sistemas de manuseio, graças à implementação da energia elétrica, aconteceu a segunda revolução, ou a logística 2.0. Na década de 1980, com o advento dos sistemas de informação, surge a terceira revolução, a logística 3.0, com a implementação de softwares de gestão, principalmente os de armazenamento (*WMS*⁴) e os de transporte (*TMS*⁵) (WANG, 2016).

Atualmente estamos vivenciando a migração da logística 3.0 para a logística 4.0, que será aparentemente calma para os consumidores, principalmente as gerações mais novas que já nasceram na era da informação, porém disruptiva para os modelos de negócios atuais, que apesar de já haver implementado algumas tecnologias, elas ainda não são totalmente integradas, autônomas e nem auto gerenciáveis (WANG, 2016).

Algumas das principais características da logística 4.0 são:

- Identificação Automática;
- Localização em Tempo Real;
- Detecção Inteligente (Exemplos: sensores de temperatura e umidade);
- Rede de Internet Sem Fio (A esperada 5G);

¹ Sigla em inglês para Internet das Coisas e dos Serviços.

² Sigla em inglês para Sistemas Ciber-Físicos.

³ Sigla em inglês para Internet das Coisas.

⁴ Sigla em inglês para Sistemas de Gestão de Armazéns.

⁵ Sigla em inglês para Sistemas de Gestão de Transportes.

- Análise de Grande Quantidade de Dados;
- Comércio Orientado a Serviços.

(WANG, 2016).

Para Timm e Loring (2016) no modelo logístico 4.0, o homem é o agente que insere a tarefa ou o objetivo no sistema e, são as máquinas que executarão a tarefa, sendo que para executar essa tarefa, as máquinas também irão gerar sub tarefas para outras máquinas executarem e assim por diante, até que o processo seja finalizado. Cada objeto inteligente interage com todos os integrantes do sistema em busca de atingir seu próprio objetivo, que consequentemente irá perpetuar em um fluxo na cadeia de forma autônoma até que o produto esteja finalizado.

O manuseio rígido de fluxo de materiais, característica dos modelos anteriores de gestão logística, é contrário a evolução da logística 4.0, que prega maior flexibilidade e maior personalização no atendimento ao cliente tornando-a mais complexa. Em nível de estratégia, o que deve ser executada é a ação de dividir os problemas maiores em tarefas menores e, indo mais além, dividir as tarefas em subtarefas, o que proporciona a redução da complexidade e uma otimização na realização da tarefa (TEN HOMPEL; KERNER, 2015).

Wang (2016) cita a necessidade de reconsiderar conceitos básicos de logística e, propõe uma mudança de paradigma para oferecer o que o mercado espera, dado o dinamismo que avança a demanda, em vezes até substituindo as características tradicionais, promovendo maior flexibilização, adaptabilidade, proatividade e auto-organização. A logística 4.0 apresenta percentuais de redução de custo de cerca de 20% na cadeia de suprimentos, nas questões relacionadas a qualidade e manutenção, e de cerca de 30% de redução nos custos com estoque.

A logística 4.0 está sempre em evolução, mas para sua concretização e validação, ainda precisamos avançar em infraestrutura digital, com uma internet mais rápida e de maior cobertura sem fio, sensores mais precisos e potentes, também quanto a capacidade de armazenar e transmitir dados e de emitir sinais (WANG, 2016). Ten Hompel e Kerner (2015), observaram em seu trabalho, que mesmo antes de haver tecnologia que suportasse a logística 4.0, já havia previsões referente a este fenômeno, hoje uma realidade palpável, porém seu alcance ainda não é mensurável.

Strandhagen et al. (2017), entende que através da logística 4.0 é possível melhorar os modelos de negócios atuais, os tornando mais flexíveis e também se apresenta viável para atender à crescente demanda por produtos de origem sustentável. Além disso, atende a dois objetivos da Agenda 2030 da ONU⁶ para o Desenvolvimento Sustentável, sendo eles os objetivos 9 (construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação) e 12 (assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis).

Rakita et al. (2016) corroboram com o entendimento de posicionar a logística 4.0 como promotora da sustentabilidade, principalmente por mitigar os custos com armazenamento e a redução do desperdício de tempo e de produto ou serviço. Trata-se da evolução da cadeia de suprimentos para uma cadeia de demanda, controlada pelo consumidor, baseada na possibilidade de produzir apenas o que será consumido, dada a eficiência da troca de informações, neste caso de pedidos.

Strandhagen et al. (2017) complementam o entendimento de integralidade dos impactos na sustentabilidade da cadeia de valor, com a possibilidade que a logística 4.0 tem de atender aos requisitos da Logística Verde e Sustentável ou a Logística Reversa, com base na rastreabilidade da origem do produto comprovada. Também é possível promover a individualização do produto e agilizar o fluxo de informações acerca da sua origem, além de disponibilizar métricas para otimizar a eficiência e promover a economia compartilhada, onde a compra é substituída por aluguel, assinatura ou taxa de uso.

Ainda Strandhagen et al. (2017), em complemento ao entendimento de Rakita et al. (2016), apresentam a troca de informações em tempo real, promovida por produtos inteligentes ou produtos embalados, por materiais inteligentes integrados a uma rede na nuvem, como ferramenta para otimização de toda a cadeia de valor, por combater o interstício onde há sobra ou falta de suprimentos e matéria prima, conhecido na logística como efeito chicote.

O modelo logístico 4.0 se propõe a converter os modelos de negócios, baseados no consumo de produtos, aquisição e compra de bens e serviços, em um modelo orientado aos serviços, onde o cliente assume o papel de projetista de seu produto ou serviço, de acordo com sua necessidade, para daí a indústria iniciar a produção (STRANDHAGEN et al., 2017).

⁶ Organização das Nações Unidas.

A pressão sobre o trade logístico para que se adeque aos critérios de uma nova demanda, tem sido o grande impulsionador de toda uma mudança de conceitos, onde a empresa, para se manter competitiva, deve se reinventar periodicamente na busca pela excelência no atendimento ao cliente, tudo somado ao advento do consumo sustentável, replicado pelas redes sociais e a internet (STRANDHAGEN et al., 2017).

Barreto, Amaral e Pereira (2017) explanam que apesar de existir a preocupação de que a tecnologia e a logística 4.0 tenham como objetivo simplesmente substituir o agente humano por máquinas dentro da cadeia de valor, não é este o seu objetivo, mas sim o de evitar a imprecisão e tornar os processos mais rápidos, baseado em uma logística integrada a produtos e serviços inteligentes, além de otimizar a troca de informações em tempo real.

Segundo Oleskow-Szlapka (2019) uma revolução tecnológica também traz necessidade de mudanças sociais que devem ser observadas cuidadosamente, pois seu impacto pode acarretar no caos social e perder seu sentido de desenvolvimento onde a questão social faz parte do tripé de sustentabilidade.

Quanto ao processo de implantação da logística 4.0, Oleskow-Szlapka (2019) apresenta o Nível de Maturidade como uma ferramenta ou mecanismo norteador para estabelecer etapas, metas e a direção para a melhor transição da logística tradicional para a logística 4.0 de forma gradual. Esta ferramenta está baseada em regras de evolução com foco na qualidade dos serviços entregues ao cliente, onde é possível avaliar o nível em que se encontra determinado sistema logístico e apontar o nível desejado, além de determinar também o período estimado para execução das melhorias necessárias para a evolução do sistema.

Strandhagen et al. (2017) observam que em um contexto de evolução, é importante citar mais alguns desafios e tendências da logística 4.0, como exemplo, a necessidade de ferramentas que permitam a prototipação de um sistema baseado na sustentabilidade, nos produtos bem-acabados e em um nível de serviço e qualidade adequados ao consumidor final. Tendências de uma maior individualização e flexibilização dos produtos, que poderão gerar uma maior demanda por transporte, onde a logística 4.0 se posiciona como a chave para otimizar de forma integrada a entrega, que será mais econômica e sustentável.

As principais tendências estão baseadas na individualização e personalização de produtos e serviços atendendo a conceitos como *One to One*⁷, entrega personalizada com drones e na servitização. A servitização é o comércio orientado a serviços, onde os fornecedores disponibilizam produtos condicionados a assinaturas ou taxas de uso, possibilitando ao usuário pagar pelo que usa, ao invés de despende de capital para aquisição do produto que provavelmente seria subutilizado (STRANDHAGEN et al., 2017). Tendo tecnologia disponível, será possível ter acesso a um produto ou serviço a qualquer hora e em qualquer lugar, realizar entregas com drones, produzir o próprio produto a distância em uma impressora 3D, utilizar máquinas autônomas que se comunicam entre si para resolução de problemas, além da automação da produção e automação do transporte. Para Strandhagen et al. (2017), essas tendências é que irão determinar os novos modelos de negócios futuros.

2.2.1. Conectividade

Em 1994, a internet se tornou acessível para os brasileiros, permitindo o acesso a recursos da rede mundial de computadores, antes exclusivos às universidades. No entanto, a internet no mundo surgiu bem antes, por volta dos anos 1960 nos EUA para atender a interesses militares de defesa, ARPANET foi o nome do projeto embrião do que mais tarde se chamaria internet (LINS, 2013).

A internet é uma das principais bases para a logística 4.0, sendo fundamental para garantir a comunicação entre os objetos inteligentes, porém os tipos de internet com maior utilização como a Banda Larga e a 4G não foram projetados para suportar a quantidade de dispositivos que tendem a ser inseridos no sistema sem perda de qualidade (FERRACIOLI; TANAKA, 2018).

Ainda, Ferracioli e Tanaka (2018) indicam como solução para esse problema de capacidade de comunicação, uma nova rede móvel denominada 5G, encabeçada pelo *Group Special Mobile Association – GSMA*⁸ com apoio de parceiros e expectativa de disponibilidade em alguns países a partir de 2020.

As principais características da rede 5G são: taxa de transferência de dados 10 vezes maior que a 4G, redução em 10 vezes menor da latência, comparada a 4G, alta largura de

⁷ De um para um.

⁸ A GSMA representa os interesses das operadoras móveis em todo o mundo, unindo mais de 750 operadoras com quase 400 empresas no ecossistema móvel mais amplo, incluindo fabricantes de aparelhos e dispositivos, empresas de software, fornecedores de equipamentos e empresas de Internet, além de organizações em setores industriais adjacentes (GSMA, 2019).

banda, alta capacidade de conexões de dispositivos, alta disponibilidade de rede, alta área de cobertura, baixo consumo de energia e aumento de vida útil da bateria (AGIWAL; ROY; SAXENA, 2016).

No advento das TIC's, a disseminação da internet foi o grande marco para a entrada de uma nova era, onde a internet é fundamental para o desenvolvimento do homem, porém no espaço rural é evidente a marca da exclusão digital, onde esses recursos são mais escassos e de difícil acesso (VIERO; SOUZA, 2008).

A adoção de internet banda larga no meio rural se apresenta como um paradoxo, pois mesmo aonde ela é implantada, fica muito aquém do serviço oferecido no meio urbano. Há evidências preliminares de que a internet promove interações sociais que aumentam a integração com as comunidades rurais e que reduzem o êxodo rural, além das redes poderem aumentar as possibilidades e oportunidades econômicas no meio rural, incluem também benefícios relacionados ao acesso a cuidados com a saúde e a educação (LAROSE et al., 2007).

Raman e Chebrolu (2007) apresentam a internet sem fio baseada em IEEE⁹ 802.11 como possibilidade para o meio rural, por atender a longas distâncias de banda larga, usando as antenas direcionais de alto ganho que podem ligar vários grupos de pequenas propriedades ou abranger toda a área de uma grande fazenda.

A falta de infraestrutura é um dos maiores entraves ao acesso da internet no meio rural, seguido da inclusão digital por haver pouca disponibilidade de conteúdo específico disponível na rede para a comunidade rural (VIERO; SOUZA, 2008). Larose et al. (2007) entendem que esses fatores reduzem o interesse de investidores do setor privado neste segmento.

Para a aplicação de investimentos de infraestrutura para conectividade rural tem-se levado em consideração o custo como fator principal para o cliente, assim é aguardada a evolução de novas tecnologias capazes de aumentar a potência dos sinais WI-FI tendendo a reduzir os custos em infraestrutura e reduzindo a necessidade de instalação de torres, por exemplo (RAMAN; CHEBROLU, 2007).

⁹ Sigla em inglês para Institute of Electrical and Electronic Engineers e 802.11 define um padrão internacional para dispositivos eletrônicos.

A internet presente no meio rural traz nova significação no contexto político, social e comercial. Mesmo as ações públicas referente a conexão estão mais focadas no meio urbano sendo que o meio rural continua em segundo plano (STROVER, 2001).

Como mecanismo para mitigar o déficit Strover (2001) cita que o governo brasileiro, através do Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES, em 2018, lançou o projeto intitulado “BNDES PILOTOS *IoT*” com o intuito de selecionar projetos-pilotos para testar soluções tecnológicas de *IoT* com recursos não reembolsáveis, abrangendo três áreas, dentre as quais está o setor rural (BNDES, 2019).

No processo, o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) foi uma das organizações selecionadas para atuar no segmento de conectividade rural, sendo que em 2017 iniciou, em parceria com a empresa Trópico, o desenvolvimento de um piloto de rede de banda larga na Usina São Martinho (BNDES, 2019; CPqD, 2019).

Segundo Strover (2001), propriedades deixam de melhorar sua produtividade devido a carência de conexão com a internet ou, se caso a conexão existe, costuma ser defasada, apresenta demora no atendimento e na manutenção e apresenta maior custo se comparado ao mesmo serviço fornecido em um grande centro urbano.

Ainda para Strover (2001), as comunidades rurais se encontram em um limbo sem acesso aos benefícios da internet, onde existe um grande vazio tecnológico e quando a tecnologia está presente, chega com limitações de velocidade, de atendimento e de custos junto à inexistência de concorrência pela oferta dos serviços o que acaba por impactar na qualidade do serviço oferecido.

2.2.2 Internet das Coisas

Para Galeale et al. (2016) a Internet da Coisas - *IoT* é uma inovação tecnológica baseada em artefatos inteligentes. Em 1999 a internet das coisas é citada pela primeira vez por Kevin Ashton do MIT em uma apresentação sobre RFID. A *IoT* abrange a comunicação de qualquer coisa na face da terra, com outra qualquer coisa a partir de dispositivos inteligentes, onde cada objeto se torna um nó de comunicação de determinada rede conectados à internet (QUICENO et al., 2016).

Rohokale, Prasad e Prasad (2011) complementam que a *IoT* é uma rede sem fio, autoconfigurável, entre objetos. A rede de área pessoal – PAN é uma rede local que conecta todos os objetos aos quais há interação com a pessoa e entre objetos (M2M) e cada nó da

PAN é referente a um hardware conectado e podem ser aplicados a sistemas de transportes inteligentes.

Para Sacomano, Gonçalves e Sátyro (2018) a *IoT* consiste na conexão de objetos à internet de forma que, possa executar sua função remotamente por meio de comandos recebidos de outro dispositivo conectado à internet. A possibilidade das coisas e objetos se comunicarem entre si, permitindo por exemplo que um sensor possa informar remotamente a um computador as condições de determinado produto em tempo real, abre precedentes para essa nova era da logística. Ao aplicar sensores a objetos, estes se tornam objetos inteligentes que podem capturar e fornecer informações em tempo real otimizando a tomada de decisão (GALEGALE et al., 2016).

Ainda Sacomano, Gonçalves e Sátyro (2018) apontam os principais fatores limitantes desta tecnologia como sendo:

- **Tecnologia:** Os preços dos hardwares devem continuar caindo para possibilitar a aplicação da *IoT* em massa;
- **Interoperabilidade:** Deve-se definir padrões que permitam que os equipamentos se comuniquem entre si sem problemas, por serem de fabricantes distintos;
- **Privacidade e Confidencialidade:** A proteção dos dados gerados é uma prioridade, que deve evoluir;
- **Segurança:** Os aparelhos conectados na rede se tornam brechas para possíveis acessos não autorizados;
- **Propriedade Intelectual:** Não se tem bem claro de quem serão os dados gerados pela rede;
- **Organização e Talento:** Será necessário um grande esforço para que as organizações se adequem ao novo modelos, bem como os seus colaboradores;
- **Políticas Públicas:** Quem será o responsável por prováveis danos, como por exemplo o causado por carros autônomos.

As possibilidades de aplicação desta tecnologia são inúmeras, como: ambientes inteligentes; computação ubíqua; web das coisas; internet do futuro ou cidades inteligentes, o que tende a variar a definição de internet das coisas pelos autores. Trata-se de uma tecnologia sem precedentes que está trazendo grandes mudanças para as cadeias de suprimentos globais (GALEGALE et al., 2016).

O setor agrícola tem sido agraciado com expressivos benefícios no uso da tecnologia da informação (TI), com a melhoria de sistemas de comunicação, sensores embarcados nos equipamentos agrícolas, sistemas de posicionamento global, gestão de dados entre outros (FERRASA; BIAGGIONI; DIAS, 2010). Quiceno (2016) corrobora, em seu entendimento de que as aplicações de *IoT* no agronegócio tem apresentado excelentes resultados potencializando a produção de mais alimentos com menos recursos.

Balsani, Cruvinel e Torre-Neto (1997) expõem diagnósticos que apresentam uma aplicação em massa de tecnologia no agronegócio em busca de redução de perdas, custos e impactos ambientais, maximizando os lucros e a competitividade em um mercado globalizado. Baseado em microcontroladores, o monitoramento dos parâmetros climáticos internos em silos e secadores tem se apresentado como uma solução viável para somar ao combate às perdas que podem chegar a 20% da produção no processo de transporte e armazenamento.

A secagem e o armazenamento de grãos são partes da logística do agronegócio, e a aplicação de tecnologia pode contribuir para a otimização do processo, principalmente quanto a conservação e a manutenção da qualidade dos grãos, por meio do monitoramento e controle em tempo real das condições ambientais no interior de silos graneleiros (FERRASA; BIAGGIONI; DIAS, 2010).

Com base em modelos matemáticos, é possível satisfazer as exigências de armazenamento dos grãos de forma adequada, quando aplicado o monitoramento em tempo real. Os dados oriundos do monitoramento, ao serem processados, geram uma ação em resposta, como ativar o sistema de aeração por exemplo, mitigando as perdas por armazenamento inadequado (BALSANI; CRUVINEL; TORRE-NETO, 1997).

Devido ao notável crescimento na aplicação de automação no setor agrícola, está em alta temas como a agricultura de precisão e agricultura 4.0, fomentando a forte tendência de utilização de veículos autônomos para execução de tarefas específicas, melhorando os resultados como a redução da compactação do solo e a redução do erro humano nas operações (GODOY et al., 2010).

Ainda para Godoy et al. (2010), veículos autônomos são capazes de trabalhar 24 horas por dia, durante o ano inteiro, além de ter a inteligência embarcada e se comportar de forma sensata sem a necessidade de supervisão. Este conceito ainda se trata de tecnologia

experimental, porém já são utilizadas no campo máquinas semiautônomas, sendo operadas remotamente. Dentre os principais desafios para a utilização de máquinas autônomas estão a necessidade de uma estrutura física adequada com uma arquitetura eletrônica robusta e confiável, baseada, por exemplo, em redes *CAN – Controller Area Network*, que apresentam baixo custo e vem sendo utilizadas com êxito na eletrônica embarcada na área automotiva., onde os dados são transmitidos e recebidos usando um protocolo próprio, confiável, baseado em quadros de mensagens para serem, processados em softwares de apoio a tomada de decisão na nuvem (GODOY et al., 2010).

2.2.3 Computação em Nuvem

Atualmente, a computação em nuvem é uma das tecnologias mais utilizadas, por ser flexível e altamente escalável. Definida como um ambiente de rede baseado em compartilhamento de recursos, uma das principais vantagens é o fato da informação e dos recursos estarem sempre disponíveis, a qualquer momento e em qualquer lugar onde se possa conectar à internet, além de apresentar um baixo custo se comparada ao de adquirir e manter a própria infraestrutura (QUICENO et al., 2016).

Os serviços da computação em nuvem são categorizados da seguinte forma:

- **Software as a Service – SaaS** – O software como serviço em nuvem, como exemplo do DROPBOX que é uma aplicação para armazenamento de dados pelos usuários na nuvem.
 - **Plataform as a Service – PaaS** – São ambientes de desenvolvimento e implantação de soluções que estão na nuvem, como o WordPress, que é uma plataforma para desenvolvimento de sites.
 - **Infrastructure as a Service – IaaS** – Neste caso é a infraestrutura que é oferecida como serviço em nuvem, com exemplo da AWS da Amazon que é responsável por *backup*, disponibilidade, armazenamento e tudo o que envolver a infraestrutura para aplicações web.
 - **Network as a Service – NaaS** – Trata-se de oferecer a rede como um serviço na nuvem, permitindo acesso a funcionalidades de alto impacto a um custo menor, como o serviço oferecido pela Oracle.
- (QUICENO et al., 2016).

Com a computação em nuvem, foram otimizadas e criadas ferramentas baseadas em novos conceitos de tratamento de dados como o *Data Mining*¹⁰ e *Machine Learning*¹¹ tornando possível fazer o levantamento dos dados específicos em uma rede robusta, traduzi-los em informação adequada e, com o aprendizado de máquina, construir um cenário que permita ao gestor melhores condições para a tomada de decisão, como por exemplo, apontar as melhores rotas, reduzindo tempo de espera de carga e descarga, e tempo de transporte do produto, o que, conseqüentemente, pode reduzir a pegada de carbono deixada pela logística (STRANDHAGEN et al., 2017).

Ainda para Strandhagen et al. (2017), ao se estabelecerem processos de coleta de dados e processá-los, fornecendo informação útil para uma rede integrada de uma cadeia de valor, descentralizada e orientada a serviços de forma autônoma, será possível escolher as melhores ações para otimização de toda a cadeia de valor de determinado produto.

2.2.4. Sistema Ciber-Físico

Este conceito representa a implementação de uma estrutura em dois níveis ou camadas, sendo a primeira a camada física onde as coisas operam no mundo real e a segunda é a camada virtual, onde as coisas são representadas e controladas. Trata-se então da representação do ambiente físico, como a planta de uma indústria por exemplo, em um ambiente virtual com o objetivo de controlar e monitorar as coisas em tempo real (PETRONI; GLÓRIA JÚNIOR; GONÇALVES, 2018).

Wang (2016) entende que a logística 4.0 depende de uma infraestrutura baseada em Sistema Ciber-Físico – CPS, ou seja, depende da virtualização do ambiente real, ou seja, levar o mundo físico para o mundo virtual. Para sua implementação no Brasil são necessárias algumas melhorias na infraestrutura existente, por depender de uma internet sem fio com velocidade e cobertura adequadas, que permita a equipamentos, máquinas e robôs se comunicarem sem restrição.

A disponibilidade de serviços como armazenamento em nuvem com acesso dinâmico e em tempo real para o processamento de dados baseados em conceitos de *Big Data*¹² and

¹⁰ Mineração de Dados ou procurar dados.

¹¹ Aprendizado de máquina.

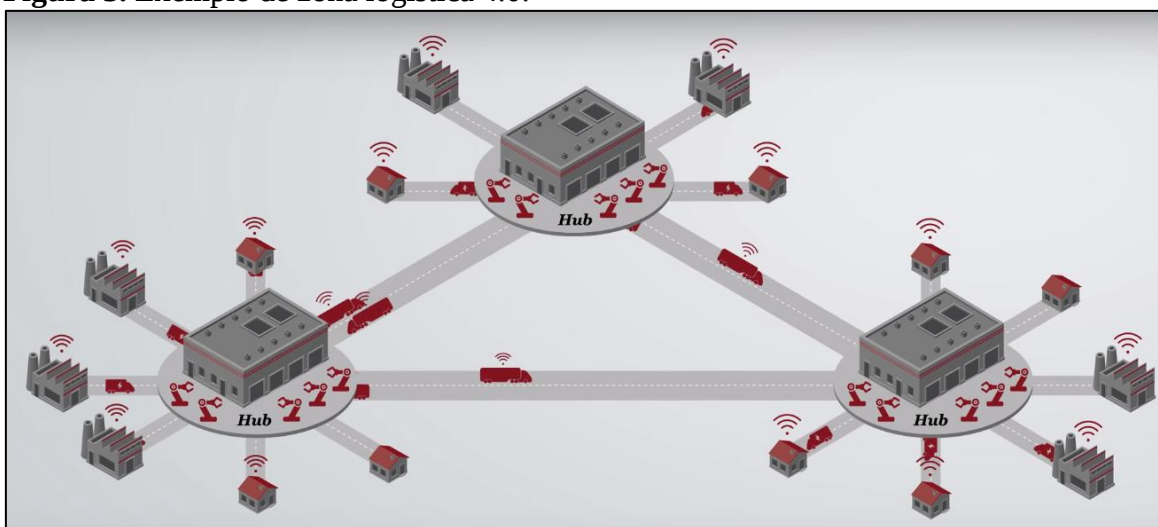
¹² Conceito que estuda o tratamento de grande quantidade de dados.

Data Mining são essenciais a fim de prover informação adequada ao apoio à tomada de decisão do gestor (WANG, 2016).

Para o futuro, espera-se o surgimento de redes globais de serviços, baseadas na incorporação das máquinas e dos sistemas em ambientes *CPS*, onde o mundo real é virtualizado, e as trocas de informações ocorrem em tempo real, permitindo otimizar a cadeia de valor, em conjunto à disponibilização de produtos inteligentes e manufatura em nuvem, em resumo, será a era dos negócios puramente digitais (STRANDHAGEN et al., 2017).

Para que esta transformação se efetive de forma genérica, existem pré-requisitos, a necessidade de uma infraestrutura inteligente é essencial para o estabelecimento de uma zona logística 4.0 como demonstrado na Figura 3. Assim, são necessários avanços nas principais tecnologias básicas para sua implementação, como uma rede sem fio de internet, RFID, materiais inteligentes, sensores e qualificação da mão de obra (SCHMIDTKE et al., 2018).

Figura 3. Exemplo de zona logística 4.0.



Fonte: Adaptação de Strategy& (2018).

Para Schmidtke et al. (2018), a redução de áreas onde não há conexão e a qualificação da mão de obra devem ser prioridades onde os sistemas serão integrados a um *CPS*, o que permitirá que o objeto seja capaz de executar suas tarefas, emitidas por um homem ou por outro objeto inteligente, de maneira pró ativa.

O conjunto de vários objetos inteligentes formam a zona logística 4.0, conectada, autônoma e flexível, orientada a serviços e baseada em uma cadeia de produção sob demanda. Atendendo a principal tendência para os novos modelos de negócios, a zona logística 4.0 é baseada em um Sistema Ciber-Físico (SCHMIDTKE et al., 2018).

3. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se por uma pesquisa exploratória e descritiva, viabilizando o entendimento e a descrição de forma contextualizada acerca do fenômeno da logística 4.0 e sua aplicação no agronegócio, observando a tecnologia aplicada à logística do agronegócio, descrita em trabalhos científicos e, pela empresa John Deere.

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática e depois, foram aplicadas técnicas de coleta de dados de primeiro grau, por meio de entrevistas durante o estudo de caso na empresa John Deere (SIENA, 2007 e PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993). Após, foi feito um levantamento bibliográfico complementar, baseado na lacuna teórica “Logística 4.0 no Agronegócio” onde buscou-se pelo tema “tecnologias aplicadas na logística do agronegócio”.

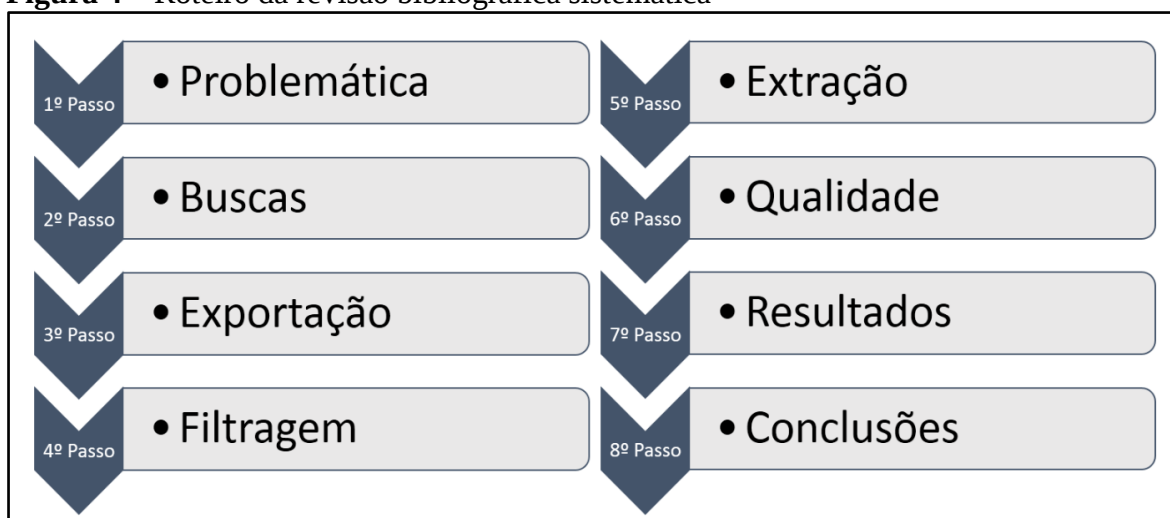
Por último, foram observadas as relações entre os resultados levantados na bibliografia e no estudo de caso, para atender aos objetivos do trabalho e responder à questão norteadora “Qual o papel da logística 4.0 no agronegócio, bem como seus benefícios?”.

3.1. Revisão Bibliográfica Sistemática

Para atender os objetivos de evidenciar as relações entre trabalhos publicados sobre a logística 4.0 e apontar a lacuna teórica da pesquisa acerca da logística 4.0, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, em bases de dados especializadas, conforme roteiro apresentado na Figura 4.

Com o foco na tecnologia da logística 4.0 no agronegócio, buscou-se validar sua relação e evidenciar lacunas teóricas na área. Na busca pela resposta foi necessário entender o que está sendo estudado no âmbito da logística 4.0 no mundo. Também nesse passo foi determinado como termo de busca o descritor fixo “*Logistics 4.0*”¹³ na tentativa de retornar o máximo de trabalhos diretamente relacionados ao tema.

¹³ Tradução para o inglês do termo “Logística 4.0”.

Figura 4 – Roteiro da revisão bibliográfica sistemática

Fonte: Próprio Autor

Na sequência foram definidas as bases de pesquisa de acordo com o perfil da pesquisa de tecnologia e cadeia produtiva, sendo selecionadas a *Emerald Insight*, *IEEE Xplore*, *Scielo*, *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science* e realizadas as buscas utilizando o descritor “*logistics 4.0*”¹⁴ para extrair os trabalhos publicados até o dia 21/02/2019, que foi a data da consulta, retornando 42 artigos. O fato de desconhecer outros termos para *logistics 4.0* foi um fator limitador para o levantamento das publicações. Após ter escrito a dissertação, tomou-se conhecimento do termo “*smart logistics*”¹⁵ que deve ser considerado em futuras pesquisas relacionadas ao tema.

O próximo passo foi o de exportar os trabalhos encontrados, sendo realizado o download dos 42 trabalhos, 31 baixados com sucesso e os outros 11 não foi possível acessar, por estarem indisponíveis ou exigirem assinatura.

No 4º passo, foi realizada a filtragem dos trabalhos, começando por eliminar as duplicidades. Assim, cinco trabalhos estavam duplicados, restando 26 que depois foram filtrados em duas etapas. A primeira etapa de filtragem baseou-se na inclusão, ou seja, a existência do termo “Logística 4.0” no decorrer do texto do trabalho. A segunda filtragem foi feita após a leitura, quando foi observado a relevância dos trabalhos para a pesquisa, ou seja, foram excluídos os trabalhos que apenas faziam menção a logística 4.0, finalizando assim, com 12 trabalhos selecionados.

¹⁴ *Logistics 4.0* – Termo em inglês para logística 4.0.

¹⁵ *Smart Logistics* – Termo em inglês para Logística Inteligente.

A extração dos dados dos trabalhos foi o 5º passo, sendo coletados de cada um dos trabalhos as seguintes variáveis: Título; Mídia; Ano; Quantidade de Citações; Autor; País; Objetivo; Método; Resultados e Conclusão e, incluídas em uma planilha para posterior análise. De posse dos dados extraídos, foi realizado o 6º passo, a análise da qualidade dos trabalhos utilizados, que foram ranqueados de acordo com a quantidade de vezes em que o trabalho foi citado por outros, baseado no **índice de Qualidade por Quantidade Média de Citações** que representa a razão entre a quantidade de citações apresentadas nas bases *Web of Science* e *Scopus* e a quantidade de anos desde a publicação até o momento dessa pesquisa, conforme equação:

$$iQQMC = \frac{(QC_W + QC_S)}{((a + 1) - A)}$$

Onde, nesse estudo:

- **iQQMC** – Representa o índice de qualidade por quantidade média de citações por ano, dos trabalhos revisados nesta etapa;
- **QC** – Representa a quantidade de citações;
- **W** – Faz referência à base de pesquisas *Web of Science*;
- **S** – Faz referência à base de pesquisas *Scopus*;
- **a** – Representa o ano da consulta realizada para verificar a quantidade de citações e
- **A** – Representa o ano de publicação do trabalho.

Então, foi realizado o 7º Passo, a observação dos temas abordados em cada trabalho, permitindo validar a lacuna teórica acerca do agronegócio no estudo da logística 4.0. No último passo da revisão bibliográfica sistemática foi realizada a análise integral dos trabalhos, apontando os autores que se relacionam de acordo com cada tema.

3.2. Estudo de Caso

Para atender ao objetivo de levantar as principais tecnologias aplicadas na logística pela empresa John Deere foi realizado o estudo de caso, baseado na realização de entrevistas em uma de suas representantes, a COMID, empresa de revenda de tratores e máquinas localizada na cidade de Dourados – MS.

A pesquisa foi baseada em uma entrevista (face a face) de corte-transversal, sendo o caso para o estudo escolhido de forma não probabilística de acordo com a conveniência¹⁶. Nessa entrevista, foram abordados alguns funcionários da empresa COMID para responderem de forma livre a questão: “O que a John Deere aplica de tecnologia no agronegócio”, para posterior análise e apresentação dos resultados, baseados na interpretação dos relatos dos entrevistados (PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993). Também foi realizado o levantamento das informações técnicas sobre a empresa John Deere encontradas no site da empresa e em mídias especializadas.

A entrevista foi realizada no dia 21/08/2019 às 9:00 (Horário MS), na sede da COMID em Dourados – MS. No primeiro instante, a recepção foi feita pelo responsável pelo setor de tratamento de dados - *Big Data* da COMID, que também havia providenciado e agendado a visita.

A entrevista iniciou com o responsável pelo setor de Agricultura de Precisão da COMID, que forneceu informações introdutórias quanto às tecnologias aplicadas pela John Deere, abrangendo as etapas de treinamento, plantio, manutenção da lavoura e colheita, sobre o perfil dos produtores e o papel do operador de máquinas neste novo cenário.

Depois foi iniciada a entrevista com o Gerente de Soluções Integradas da COMID, que explanou sobre a agricultura de precisão, manutenção preventiva e a conectividade rural além de outros aspectos. Logo após a entrevista, foi realizada a apresentação da colhedora da série 7 e explicado o seu funcionamento por um funcionário da COMID, esse é um lançamento da John Deere que está sendo comercializados pela COMID na região.

A visita durou cerca de 2 horas, das 9:00 as 11:00 horas do horário local (MS) e gerou cerca de 1h30min de entrevista gravada por aparelho smartphone (Android¹⁷) utilizando o aplicativo RecForge II (Gratuito na Play Store¹⁸).

3.3. Revisão Bibliográfica Complementar

Para complementar os estudos acerca da aplicação de tecnologia na logística do agronegócio, foi realizado o levantamento bibliográfico complementar nas bases do *Google Scholar* e da *Scielo*, com o tema “tecnologias aplicadas na logística do agronegócio”

¹⁶ A empresa é representante da John Deere que é referência nacional em inovação tecnológica (Prêmio Inovação Brasil 2019) e se encontra em uma região favorável ao agronegócio do MS.

¹⁷ Android é o sistema operacional do smartphone utilizado.

¹⁸ Play Store é a loja de aplicativos da Google.

buscando pelos termos “Silos Inteligentes” em 28/08/2019 e, em 19/09/2019 buscando os termos “conectividade”; “conectividade rural”; “indústria 4.0”; “internet 5G”; “internet das coisas”; “internet das coisas no agronegócio”; “logística”; “logística no agronegócio”; “sistema ciber-físico” e “veículos autônomos”, resultando em uma série de trabalhos que foram filtrados conforme a relevância para complementar o trabalho.

Estes termos, foram selecionados por serem os mais citados de forma direta, nos trabalhos apresentados na revisão bibliográfica sistemática relacionados a tecnologia e foram selecionados para o aprofundar o entendimento destes elementos na logística 4.0.

3.4. Composição dos Resultados da Pesquisa

Para realizar o fechamento dos resultados, observando as relações entre as aplicações levantadas no estudo de caso e os conceitos apresentados nos trabalhos publicados, e apontar os benefícios práticos da logística 4.0 para a cadeia do agronegócio apresentados pela John Deere, foi realizada a triangulação dos resultados, enfatizando as relações entre os resultados do levantamento bibliográfico complementar, da revisão bibliográfica sistemática e do estudo de caso, vinculando as citações bibliográficas às respectivas aplicações práticas.

4. ESTUDO DE CASO: JOHN DEERE

O estudo de caso foi realizado na COMID, uma empresa do setor agropecuário representante da John Deere, empresa multinacional fabricante de máquinas e implementos que é referência em inovação tecnológica na área do agronegócio mundial. A COMID - Comércio de Máquinas e Implementos Douradense - foi fundada em 1972 por Edmundo Miguel Simczak, Darci Simczak, Guinter Brum e Leodoni Richter na cidade de Dourados – MS. A John Deere é uma empresa com mais de 180 anos de atuação no mercado mundial de máquinas e implementos agrícolas.

Durante a entrevista o Gerente de Soluções Integradas da COMID, relatou que a John Deere se posiciona muito à frente dos demais concorrentes, narrando que na FENATRAN – 2017 (evento com cerca de quatro mil pessoas, em uma das palestras técnicas ministrada pelo idealizador da Farm Progress Show do EUA, evento similar ao AGRISHOW, uma das principais feiras agropecuárias do Brasil) o palestrante questionou as empresas presentes quanto a aplicação das seguintes tecnologias: central de operações; acompanhamento dos *KPI's*¹⁹ de mecanização e fornecimento do *Feed Back*²⁰ instantâneo para o campo e, apenas a John Deere atendia a todos esses requisitos, enquanto as outras empresas estavam em processo de implantação.

Durante a entrevista foram apresentadas as principais tecnologias aplicadas pela John Deere, destacando-se a conectividade no campo como desafiadora de acordo com o Gerente de Soluções Integradas. Como medida para minimizar o problema, a empresa aposta na instalação de torres de transmissão de rádio base nas fazendas, a fim de permitir a conexão à internet de qualquer lugar da propriedade.

O Gerente de Soluções Integradas da COMID relata também que a John Deere trabalha a conectividade rural em parceria com a empresa Trópico de telecomunicações, que executa a implantação de grandes redes *LAN*²¹ baseada em conexão de quarta geração – 4G, com projetos para áreas com até 50 mil hectares e investimento a partir de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais). Além disso, as operadoras de telefonia móvel já viram o potencial no mercado de conectividade rural e tem demonstrado interesse em investir no segmento que,

¹⁹ São indicadores, que no caso de veículos podem ser o consumo de combustível, tempo de espera com motor ligado entre outros (John Deere, 2019).

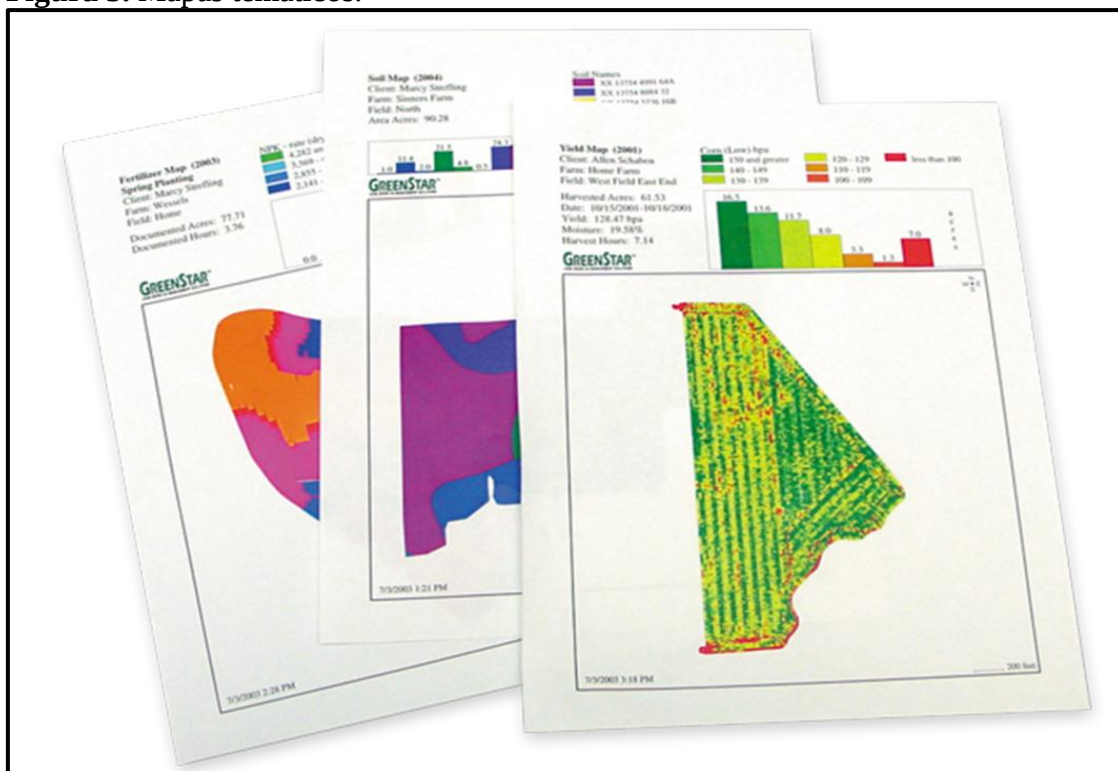
²⁰ Resposta aos dados do campo recebidos no centro de operações.

²¹ *LAN* – *Local Area Network*, traduzido Rede de Área Local.

somado a uma forte tendência do barateamento das conexões via satélite, podem representar um grande avanço contra a deficiência da área de cobertura de internet no meio rural.

Outra importante tecnologia aplicada pela John Deere é o gerenciamento de mapas temáticos, demonstrados na Figura 5, que permitem a identificação e representação visual de cada talhão²², que podem ser divididos em camadas como, solo, produtividade, índice de infestação de pragas, aplicação de insumos entre outras, que são importantes para a gestão da operação (GATEC, 2018).

Figura 5. Mapas temáticos.



Fonte: John Deere (2019).

Por meio do software ApexTM da empresa John Deere, é possível controlar vários aspectos das operações de uma propriedade, esta tecnologia é baseada em informações geográficas com diversas ferramentas para criação de mapas temáticos, com informações coletadas em campo (JOHN DEERE, 2019).

De acordo com o Gerente de Soluções Integradas, os mapas temáticos, que são representações amigáveis das condições das áreas analisadas e, a junção dos mapas de fertilidade, de classificação de solo, de regime hídrico, de disponibilidade de água, de

²² Se refere a uma unidade mínima de cultivo determinada de acordo com o relevo da propriedade e o planejamento de utilização de maquinário (INTELIAGRO, 2014).

compactação, de plantas daninhas, de pragas e de insetos, irão subsidiar a recomendação agronômica pormenorizada para cada talhão.

Com o intuito de tornar as frotas mais inteligentes a John Deere disponibiliza a solução denominada Guide FleetTM, que é uma plataforma baseada em telemetria, que atualiza o centro de operações com os *KPI*'s de mecanização estratégicos para otimizar a tomada de decisão. É possível também realizar o rastreamento dos veículos com a aplicação de sensores e inteligência logística, de forma embarcada nos veículos, além da geração de relatórios dinâmicos em tempo real (JOHN DEERE, 2019).

De acordo com o responsável pelo setor de Agricultura de Precisão, os *KPI*'s de Mecanização são levantados no campo, informando todo o comportamento da máquina, como velocidade de plantio, índice de produtividade entre outras, informadas em um monitor e, existe a Rede CAN da máquina, que é a rede que fornece todos os dados da máquina, como a temperatura de motor, rotação do motor, temperatura de óleo, horímetro, entre outras informações.

O Gerente de Soluções Integradas da COMID complementa relatando que as duas informações, os *KPI*'s de Mecanização e a Rede CAN, estão ligadas a um *Modular Telematic Gateway – MTG*²³ e são empacotadas em um sinal para ser transmitido por conexão *WI-FI* ou por internet 4G/3G e descarregadas no ambiente *MyOperations*²⁴ do produtor, subsidiando a elaboração das recomendações agronômicas para determinada operação.

Por meio do software JDLinkTM, é possível realizar o gerenciamento fino das operações de qualquer lugar por meio de uma conexão de internet e um equipamento, seja um laptop, tablet ou smartphone. Os dados de máquina, de operações e agronômico também são disponibilizados pelo software para o Centro de Operações, local onde se tem centralizado o gerenciamento das operações de forma automática e em tempo real, afim de serem convertidos em informação útil para apoio a tomada de decisão e retransmissão da decisão para as máquinas também de forma automática e em tempo real (JOHN DEERE, 2019).

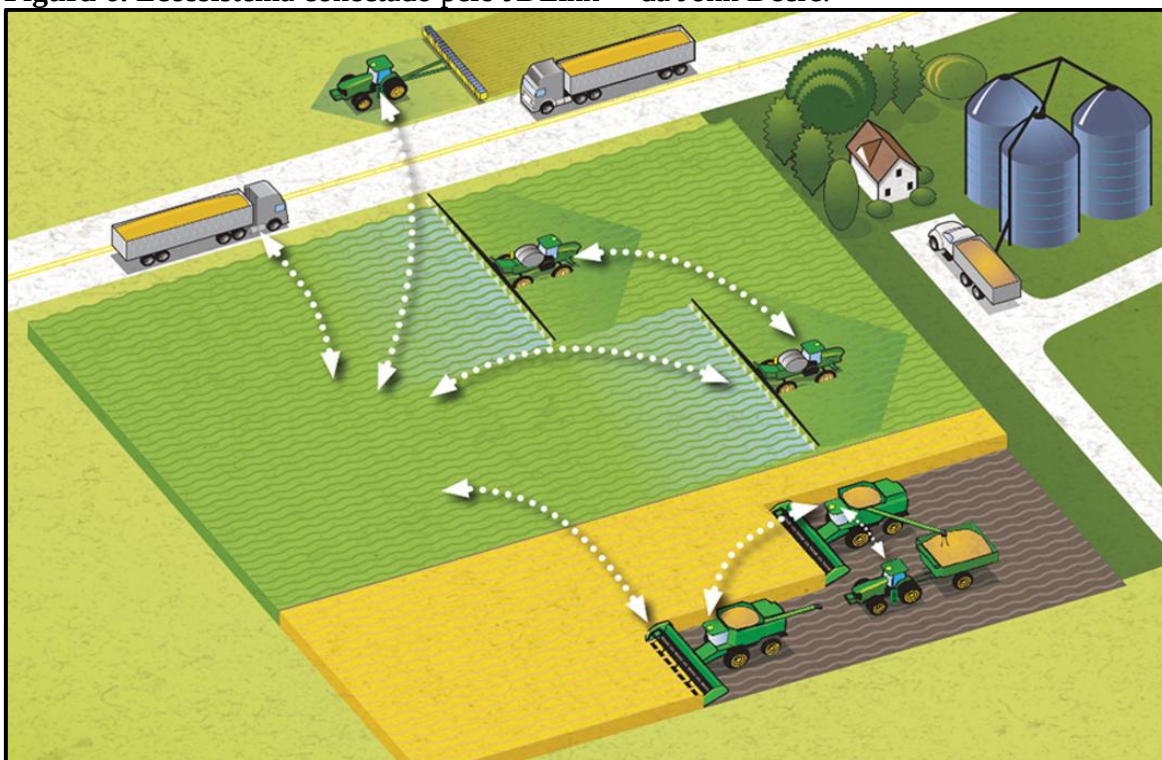
O sistema está baseado em um ecossistema conectado conforme visualizado na Figura 6, onde a cadeia se torna autônoma para algumas ações como manutenções de

²³ Tradução: Porta Modular de Telemetria.

²⁴ Plataforma virtual de gerenciamento das operações.

máquinas, avisos de quebra, o acompanhamento da produtividade em tempo real, inclusive algumas correções de rota e de operação realizadas de forma automatizada, baseada em sensores e algoritmos (JOHN DEERE, 2019)

Figura 6. Ecossistema conectado pelo JDLink™ da John Deere.



Fonte: John Deere (2019).

Trata-se de uma plataforma online que busca o gerenciamento das operações de modo integrado com as demais tecnologias para utilização de dados agrônômicos e dados de execução, baseado em um ecossistema que conecta várias tecnologias para agregar informações e inteligência, possibilitando maior consistência e confiabilidade na tomada de decisão em tempo real, enquanto se está executando as operações no campo (JOHN DEERE, 2019).

Pelo centro de operações é possível consultar dados da máquina, dados da operação e dados agrônômicos, sendo que após a tomada de decisão que ocorre em tempo real, pode ser feito o envio de arquivos e configurações para as máquinas em operação também em tempo real, estabelecendo uma conexão entre o escritório, em qualquer lugar do mundo, e as máquinas (JOHN DEERE, 2019).

Também possibilita fazer o planejamento da safra em um alto nível de detalhamento, podendo por exemplo informar quais os equipamentos, quais os talhões que serão

trabalhados, quais os insumos, taxas de população de plantas e de aplicação de insumos, gestão das linhas e dos talhões, planejamento de equipe, além oferecer as análises de resultados anteriores de cada talhão (JOHN DEERE, 2019).

Para o Gerente de Soluções Integradas, tem aumentado a busca por uma Agricultura de Decisão que se baseia na soma das informações obtidas no campo para julgar a próxima ação. Por exemplo: O produtor está em uma viagem com seu celular durante a execução de uma operação de pulverização, onde a recomendação agrônômica determina uma velocidade de aplicação de 25 km/h e o sistema aponta que o operador está a 15 km/h, a recomendação é de 2000 RPM²⁵ e o operador está em 2000 RPM. Ao atender a recomendação de velocidade e de RPM a carga do motor estaria a 80%, mas com a redução da velocidade e a manutenção da RPM a carga do motor está em 40% o que está acarretando um desperdício de combustível. Assim, o produtor possui subsídio para fazer uma ligação para o operador e questionar o que está ocorrendo, que poderia ser por uma limitação como o nível de ondulação do terreno ou algo parecido, avaliar as possíveis formas para mitigar o prejuízo e tomar a decisão repassando-a ao operador no mesmo instante.

O Gerente de Soluções Integradas da COMID conclui que a resolução de problemas enquanto ainda estão acontecendo é o grande benefício da tecnologia. Em um cenário similar onde a operação apresenta o mesmo problema e o produtor não possui a mesma tecnologia, as falhas só serão identificadas após a colheita, quando as perdas já não podem ser evitadas.

O Gerente de Soluções Integradas da COMID relata também que a empresa já distribuiu em sua região, que engloba as cidades de Caarapó, Dourados e Rio Brilhante, cerca de 130 máquinas em campo com o sistema JDLinkTM embarcado, sendo que destas, 92 já estão operando com a troca de informações em tempo real no Centro de Operações.

De acordo com o relato do funcionário responsável pela apresentação da colhedora série 7, ao configurar uma máquina agrícola, com as recomendações agrônômicas transmitidas pelo Centro de Operações, a operação será iniciada de forma autônoma sendo que a máquina irá se autorregular conforme a configuração do talhão em que estiver passando, sem a necessidade de interrupções. Trata-se da aplicação de um conjunto de tecnologias que contribuem para aumentar a precisão de determinada execução, que pode ser uma colheita, uma pulverização ou outra operação qualquer, onde o custo é reduzido por

²⁵ Abreviatura para Rotações por Minuto

não executar a atividade de forma sobreposta ou na mesma área com um nível de precisão de centímetros.

O responsável pelo setor de agricultura de precisão relata que antes, as estratégias eram baseadas em médias que subsidiavam a elaboração das recomendações agronômicas, sendo que, por exemplo, em uma região chove 3000 mm e em outra chove 200 mm, na média vou trabalhar com 1600 mm, porém o fato é que, uma região ficou subestimada e a outra superestimada e, por fim, não atende nem por aproximação, nenhuma das duas. Hoje é possível em uma fazenda fazer a divisão de toda sua extensão em pequenos talhões, com base na geolocalização e no GPS, trabalhando individualmente com áreas de 1, 2 ou até 3 hectares.

O responsável pelo setor de agricultura de precisão relata durante a entrevista que, além da direção automática e alguns sensores, os tratores e implementos são equipados com uma antena StarFire™ 6000, responsável por receber os sinais de correção que podem ser de diferentes faixas de precisão, de acordo com a necessidade do serviço.

Os sinais de correção da precisão são:

- **SF1** – Essa faixa apresenta uma precisão de 15 cm, recomendada para atividade de preparo de solo, distribuição de adubos a lanço entre outros, por apresentar menor custo.
- **SF3** – Neste caso a precisão passa a ser de 3 cm, sendo que os parâmetros podem ser respeitados ou repetidos durante 9 meses.
- **RTK** – Responsável por uma maior precisão, de 2,5 cm, repetibilidade a longo prazo, baseada na junção de informações do GPS e de uma estação terrestre via frequência de rádio, no caso de queda de sinal, ele automaticamente altera para o SF3.

Como exemplo, o funcionário da COMID apresentou o modelo S700 da colheitadeira John Deere altamente automatizada, com o uso de câmeras digitais que capturam imagens dos grãos que estão sendo colhidos em tempo real, realiza a análise da colheita por meio de algoritmos que retornam os resultados de impurezas e de grãos quebrados, informações que permitem o auto ajuste da máquina que ocorre a cada 50 metros, além da auto regulagem da plataforma, executada de acordo com o relevo do terreno, que somados resultam em alta performance na colheita.

Quanto a autonomia, o gerente de soluções integradas da COMID relatou que antes era necessário interromper a operação e parar a máquina para regular conforme a necessidade, atualmente, é aplicada a calibração autônoma, que consiste em um monitor que envia as informações das recomendação agrônômica previamente configurada para uma controladora, que recebe informações do *GPS*, transforma essas informações em pulsos elétricos, que são enviados para uma válvula *PWM*²⁶ que converte esses pulsos elétricos em movimento hidráulico. Quanto mais pulsos, mais óleo irá agir no motor hidráulico determinando por exemplo, a velocidade do ventilador ou a velocidade da esteira da plantadeira. Um operador considerado bom, regula uma máquina duas vezes por dia, o modelo S700 chega a fazer mais de 150 regulagens por dia.

²⁶ *PWM* – *Pulse Width Modulation* de forma traduzida Modulação por Largura de Pulso.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a construção dos resultados da revisão bibliográfica sistemática, algumas informações foram abstraídas dos dados extraídos dos trabalhos publicados, conforme apresentadas neste início de capítulo. Utilizando o descritor “*Logistics 4.0*” para pesquisa nas principais bases de artigos científicos, retornaram 42 trabalhos conforme Tabela 1:

Tabela 1: Quantidade de trabalhos publicados por base de pesquisa.

Bases Científicas	Quantidade de Trabalhos				
	Apresentados	Repetidos	Não Acessados	Não Referenciados	Citados
Emerald Insight	0	0	0	0	0
IEEE Xplore	3	0	0	1	2
Scielo	0	0	0	0	0
Science Direct	9	0	0	8	1
Scopus	21	2	7	5	7
Web of Science	9	3	4	0	2
Total	42	5	11	14	12

Fonte: Próprio Autor (2019).

Ao tentar a mesma busca com o descritor traduzido “Logística 4.0”, não houve retorno de trabalhos publicados em nenhuma das bases citadas. Na primeira coluna estão apresentadas as bases pesquisadas, que foram escolhidas por indexarem publicações nas áreas da tecnologia ou multidisciplinar.

Na segunda coluna temos a quantidade de trabalhos encontrados por base, na terceira coluna as redundâncias de trabalhos que aparecem em mais de uma base. Na quarta coluna, “Não Acessados”, foram os trabalhos que não foram encontrados, por indisponibilidade ou por serem restritos a assinantes. “Não Referenciados”, a quinta coluna, mostra a quantidade de trabalhos que apesar de citar o descritor no seu conteúdo, não o discute de forma relevante, enquanto a sexta e última coluna, compreende a quantidade de trabalhos que foram selecionados e utilizados nesta pesquisa.

Também foi possível observar os países que estão avançando na pesquisa referente à logística 4.0, conforme representado na Tabela 2.

Tabela 2: Quantidade de trabalhos publicados por país.

PAÍS	CUBA	GERMANY	NORWAY	POLAND	PORTUGAL	SERBIA	SLOVAKIA
QTDE	01	04	02	04	01	01	01

Fonte: Próprio Autor (2019).

Obs. Alguns artigos compreendem autores de mais de um país.

Na Tabela 2 pode-se observar a quantidade de publicação conforme o país de seus autores, com maior destaque para a Polônia e para a Alemanha com 4 trabalhos cada, seguido da Noruega com 2 e Cuba, Portugal, Sérvia e Eslováquia com 1 cada.

A análise da qualidade dos trabalhos publicados sobre logística 4.0, baseada na quantidade de vezes em que o trabalho foi citado por outros, publicados e indexados nas bases científicas *Web of Science* e *Scopus*, resultou na classificação dos trabalhos em ordem decrescente do índice conforme Tabela 3.

Tabela 3: Qualidade dos trabalhos selecionados.

Título	Ano	Citações	iQQMC
Industry 4.0 implications in logistics: an overview	2017	104	34,67
Logistics 4.0 and emerging sustainable business models	2017	32	10,67
The Framework of Logistics 4.0 Maturity Model	2019	7	7,00
Physical Work Intensity of In-Plant Milk Run Operator. Part I - Guidelines for Assessment	2019	4	4,00
Proactive Approach to Smart Maintenance and Logistics as a Auxiliary and Service Processes in a Company	2016	15	3,75
Technical Potentials and Challenges within Internal Logistics 4.0	2018	6	3,00
Industry 4.0, Logistics 4.0 and Materials - Chances and Solutions	2018	5	2,50
Logistics 4.0: The vision of the Internet of Autonomous Things	2015	11	2,20
Logistics 4.0 - A Challenge for Simulation	2015	10	2,00
ICT in Logistics as a Challenge for Mature Workers. Knowledge Management Role in Information Society	2017	2	0,67
Logistics 4.0 Solution New Challenges and Opportunities	2016	0	0,00
The Development of Telematics in the Context of the Concepts of “Industry 4.0” and “Logistics 4.0”	2018	0	0,00

Fonte: Próprio Autor (2019).

O levantamento bibliométrico, nos apresenta os principais temas abordados pelos pesquisadores enfatizando as relações entre os trabalhos publicados primeiramente, quanto as questões tecnológicas da logística 4.0 como pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3. Relação de autores por tema abordado - Tecnológicos.

Temas Tecnológicos	Autores
Internet das Coisas	Ten Hompel e Kerner (2015).
Computação em Nuvem	Ten Hompel e Kerner (2015); Moori e Riquetti (2014); Quiceno et al. (2016); Strandhagen et al. (2017).
Sistemas Ciber-Físicos	Wang (2016); Schmidtke et al. (2018); Strandhagen et al. (2017).
Automação	Timm e Loring (2016); Barreto, Amaral e Pereira (2017); Rakytá et al. (2016).

Fonte: Próprio Autor (2019).

Ten Hompel e Kerner (2015) apresentam algumas tecnologias aplicadas na internet das coisas. Trata-se de uma tecnologia baseada em objetos inteligentes conectados entre si pela internet com o conceito de comunicação de máquina para máquina – *M2M*.

Ten Hompel e Kerner (2015), Strandhagen et al. (2017), Quiceno et al. (2016), Wang (2016) e Moori e Riquetti (2014), discutem a necessidade de aprimoramento na aplicação de ferramentas de *Data Mining* e *Machine Learnig*, bem como tecnologias para rastreamento e monitoramento, que estão baseadas na computação em nuvem. A nuvem representa um conceito baseado em uma rede de compartilhamento de recursos o que vem tornando essa, uma das tecnologias mais utilizadas nos últimos tempos.

Wang (2016), Strandhagen et al. (2017) e Schmidtke et al. (2018) trataram em seus trabalhos do Sistema Ciber-Físico, enfatizando o seu papel estrutural para a logística 4.0, sendo responsável por representar um ecossistema conectado real em uma camada virtual, capaz de controlar de forma autônoma os objetos inteligentes nele conectados. A tendência é que futuramente venham a surgir redes globais baseadas em *CPS* representando as zonas logísticas 4.0.

Timm e Loring (2016) abordam a automação e o autogerenciamento em seu trabalho, que são complementados por Barreto, Amaral e Pereira (2017) e por Rakytá et al. (2016) que apresentam algumas tecnologias e aplicações que contribuem para este conceito na logística.

Os temas tecnológicos citados, são fortemente abordados pelos autores, demonstrando sua importância para o entendimento da logística 4.0, sendo bases fundamentais para a sua existência. A automação inteligente é o que torna o sistema

independente e otimizado contra falhas, é a razão para implementação da logística 4.0, potencializando a eficiência para a cadeia de valor do agronegócio.

Os trabalhos apontam a *IoT* e a computação em nuvem como estruturas fundamentais para a criação de sistemas ciber-físicos, ou seja, um conjunto de objetos inteligentes se relacionando na nuvem, disponível 24 horas para consulta e monitoramento, em busca de realizar um objetivo comum por meio da execução de tarefas caracterizando assim o conceito de tecnologia 4.0, compreendido como um ambiente conectado.

Agora no Quadro 4 são apresentadas as relações sobre os temas complementares.

Quadro 4. Relação de autores por tema abordado – Complementares.

Temas Complementares	Autores
Acesso à Tecnologia	Viero e Souza (2008); Martins et al. (2005).
Mão de Obra	Glistau e Machado (2018); Ten Hompel e Kerner (2015); Barreto, Amaral e Pereira (2017); Oleskow-Szlapka (2019); Wrobel-Lachowska et al. (2018); Strandhagen et al. (2017); Schmidtke et al. (2018); Wrobel-Lachowska, Polak-Sopinska e Wisniewski (2017).
Demanda	Glistau e Machado (2018); Bujak (2018).
Infraestrutura	Wang (2016); Ten Hompel e Kerner (2015).
Sustentabilidade	Strandhagen et al. (2017); Rakytá et al. (2016).
Nível de Maturidade	Oleskow-Szlapka (2019).
Servitização	Strandhagen et al. (2017).

Fonte: Próprio Autor (2019).

A observação das relações entre os trabalhos publicados, referente aos temas complementares, apresentados no Quadro 4, em que a logística 4.0 exerce impacto, resultou em um debate focado, principalmente, na mão de obra, como descrito a seguir.

A maior atenção dos pesquisadores está relacionada ao papel do homem diante da quarta revolução da logística, onde Glistau e Machado (2018) salientam a necessidade de mudanças das condições e formas de trabalho, o que complementa o entendimento de Ten Hompel e Kerner (2015), que afirmam que o papel das pessoas dentro da logística deve ser

repensado, deve-se capacitar as pessoas para as novas funcionalidades exercidas pelo homem na logística 4.0, onde seu papel será parte integrante de uma rede virtualizada e orientada a missões ou tarefas, a princípio, sendo a função humana a de emitir as tarefas e objetivos que alimentarão os Sistemas Ciber-Físicos – *CPS's*.

Strandhagen et al. (2017), Barreto, Amaral e Pereira (2017), Oleskow-Szlapka (2019), Schimidtke et al. (2018), Wrobel-Lachowska; Polak-Sopinska; Wisniewski (2017) e Wrobel-Lachowska et al. (2018) também apresentam preocupações acerca da substituição da mão de obra por operações automatizadas realizadas por robôs e inteligência artificial.

O entendimento geral é de que o foco deve estar na especialização da mão de obra, inclusive dentro das academias, o que poderia mitigar os impactos negativos na sociedade por pessoas ficarem sem seus empregos. Muitas vezes, isso acaba ocorrendo, principalmente, com trabalhadores em idade mais avançada, por apresentarem dificuldades em assimilar as inovações tecnológicas, porém, os trabalhos referenciados sempre estão reafirmando também, que a função e o interesse da logística 4.0 não é o de substituir o homem, mas sim o de otimizar os processos.

Viero e Souza (2008), discutem o acesso às tecnologias a um custo mais coerente a ser pago pelos produtores, o que é abordado por Martins et al. (2005) ao observarem que o produtor tende a não investir em tecnologia priorizando o custo e ignorando as possibilidades de maximização do lucro.

Glistau e Machado (2018) e Ten Hompel e Kerner (2015) apresentam a demanda como fator determinante para a implementação de tecnologias pelas organizações, que a cada dia se depara com uma logística mais complexa e competitiva e Bujak (2018) complementa ao afirmar que esta mudança ocorre muito rapidamente, às vezes imperceptível ao consumidor, porém desafiadora para as organizações.

Wang (2016) e Ten Hompel e Kerner (2015) observaram os gargalos referentes a necessidade de infraestrutura digital, como fator crucial para o desenvolvimento da logística 4.0, desde cobertura de conexão, velocidade de transferência de dados entre outras.

Strandhagen et al. (2017) e Rakyta et al. (2016) estão de acordo em enaltecer as possibilidade e os impactos positivos relacionados a sustentabilidade de uma provável implementação do sistema ciber-físico para a logística que estão em concordância também com o parâmetros de sustentabilidade da Agenda 2030 da ONU.

Oleskow-Szlapka (2019) trata em seu trabalho sobre o nível de maturidade como ferramenta para nortear a evolução da inovação tecnológica, neste caso a logística 4.0 poderia ser mensurada para avaliar qual o nível em que se encontra na atualidade, e em qual nível deseja chegar, baseado em uma série de etapas para uma evolução gradativa e gerenciada.

Strandhagen et al. (2017) apontam a servitização como forte tendência para impulsionar a logística 4.0. A servitização é a substituição da compra de um equipamento (maquinário, por exemplo) pela contratação de um serviço (colher “X” hectares, por exemplo), atendendo o perfil da nova demanda, onde é preferível pagar pelo que utiliza do que adquirir algo que irá gerar uma alta despesa e uma subutilização.

O estudo apontou as áreas que estão sendo estudadas conforme as relações apresentadas nos Quadros 3 e 4, o que nos permite apontar a “Logística 4.0 no Agronegócio” como uma lacuna teórica existente, tema que foi base para este trabalho e que ainda pode gerar estudos futuros.

Os temas complementares demonstram a preocupação dos autores quanto aos impactos da implementação da tecnologia também nos aspectos sociais e ambientais, enfatizando a dificuldade relacionada ao acesso a novas tecnologias no Brasil, devido a uma infraestrutura deficitária, situação que se agravada ainda mais no meio rural, e quando chega a mão de obra não está qualificada colocando a tecnologia como vilão para os trabalhadores do campo.

A demanda mundial, por mais alimentos, tem forçado o agronegócio a se adequar a novos modelos de mercado, baseados em tecnologias com foco na alta produtividade com qualidade, atento a um modelo servitizado, onde não se vende simplesmente *comodities*, mas sim o serviço de produção de alimentos, aliado a um maior nível de personalização como ocorre na questão das exportações de *comodities*, onde os países exigem diferentes padrões dos grãos, por exemplo.

Esta transformação ocorre de forma gradual, neste momento, as cadeias produtivas estão em migração da logística 3.0 para a 4.0, isso pode ser planejado e monitorado, observando os níveis de maturidade e otimizando as relações entre as cadeias, pois as cadeias mais maduras poderão identificar as demais com quem podem se relacionar ao mesmo nível,

ou que tenham que amadurecer, ou ainda que tenham de esperar de forma programada para efetivar as relações de negócios.

O estudo de caso resultou no que a John Deere tem aplicado de tecnologia na logística e o levantamento bibliográfico complementar retornou o que tem sido aplicado de tecnologia na logística do agronegócio como está representado no Quadro 5:

Quadro 5. Tecnologia aplicada a logística pela John Deere e do agronegócio.

Fonte	Tecnologia	
Estudo de Caso: Logística John Deere	Conectividade Rural	Em parceria com a empresa Trópico.
	Antena de Sinal	Recepção de sinal de correção geográfica com margem de erro de 2,5 cm.
	Telemetria	Gerenciamento Inteligente de Frota.
	Mapas Temático	Coleta de dados do campo, processamento e feedback instantâneo com as ações a serem executadas.
	Gerenciamento de Operações	Faz o papel do gerenciamento do sistema cibe-físico.
Levantamento Bibliográfico: Logística do Agronegócio	Conectividade Rural	Investimento público através do programa BNDES Pilotos IoT.
	Sensores embarcados	Sensores embarcados no transporte que permitem monitorar a carga em tempo real.
	Veículos Autônomos	Ainda em fase experimental, porém já está em atividades veículos para as atividades do campo controlados remotamente.
	Silos Inteligentes	Silos com sensores embarcados que monitoram o ambiente interno sendo gerenciado por algoritmos que determinam o controle da temperatura e da umidade interna.
	Telemetria	Aplicação da rede CAN em veículos de transporte de cargas.
	Computação em Nuvem	Compartilhamento de recursos e alta escalabilidade além de sempre estar disponível.

Fonte: Próprio Autor (2019).

Os resultados do levantamento bibliográfico sistemático, do estudo de caso e do levantamento bibliográfico complementar permitiram entender a relação entre os conceitos relatados nos trabalhos e as tecnologias aplicadas no agronegócio.

Sacomano, Gonçalves e Sátyro (2018) citam as principais limitações para que a internet das coisas seja implementada em larga escala, dentre as quais, abordam a necessidade de se ter uma atenção quanto a formação de um padrão universal para a implementação e desenvolvimento de toda a infraestrutura física e virtual da *IoT*, permitindo a interoperabilidade entre os objetos de forma independente de sua fabricante.

A necessidade de interoperabilidade é confirmada durante a entrevista com o Gerente de Soluções Integradas da COMID, quando explica que a John Deere teve que evoluir em uma estrutura baseada no conceito de que tratores John Deere devem utilizar implementos e sistemas John Deere para atingir a excelência, o “Verde no Verde”, e tudo pode ser gerenciado pelo mesmo computador de bordo e mesma plataforma de gerenciamento de dados. Em contraponto, as demais empresas, que não compartilham do mesmo conceito, podem precisar utilizar até 5 computadores de bordo para executar o mesmo gerenciamento, por não serem compatíveis uns com os outros.

A maioria dos trabalhos estudados para esta pesquisa aborda questões referentes a mão de obra, observando-se que a tecnologia não surge para extinguir as vagas de trabalho do homem. Porém, são necessários investimentos na capacitação desta mão de obra para as vagas que estão surgindo ou se adequando, que são cada vez mais tecnicizadas e especializadas. Os autores como Glistau e Machado (2018) e Ten Hompel e Kerner (2015) focam na necessidade de repensar o papel do homem neste cenário e prepará-lo com capacitação e educação seja a formal da academia ou, por meio de treinamentos específicos.

Durante a entrevista, o responsável pelo setor de agricultura de precisão relatou a preocupação que os operadores de máquinas da COMID têm de perder o espaço para a automação, desabafando muitas vezes que a tecnologia veio para tomar o seu lugar. Os funcionários, preparados para este cenário, reforçam o pensamento de que o que está ocorrendo é uma transformação, uma evolução do posto de trabalho e desde que o profissional não se acomode e se mantenha atualizado com as tecnologias, o mesmo não será substituído.

O responsável pelo setor de agricultura de precisão complementou explicando a existência da Universidade John Deere, que disponibiliza capacitação para todos os funcionários da COMID, mantendo-os sempre atualizados quanto as inovações promovidas pela empresa. Quanto aos clientes e seus operadores, a COMID repassa o conhecimento adquirido, o que é realizado com bastante frequência e atenção, fazendo parte de seu pacote de atendimento em pós-venda.

Viero e Souza (2008), observaram em seu estudo que o espaço rural sempre sofreu uma espécie de exclusão em diversos sentidos, não sendo diferente com a questão da conectividade e Larose et al. (2007) enfatizam que, ainda que os serviços de internet

cheguem ao campo, ainda terá sua qualidade muito inferior se comparado ao mesmo serviço encontrado nas áreas urbanas.

Na entrevista com o gerente de soluções integradas, ficou claro o objetivo em promover a conectividade rural, em complemento a situação exposta pelos autores no parágrafo anterior, um dos principais fatores limitantes para a evolução da tecnologia no campo é a falta de infraestrutura de conectividade.

Strover (2001) e Raman e Chibrolu (2007) salientam a dificuldade em se equacionar a demanda e promover o equilíbrio para justificar a oferta por parte das empresas do setor privado fornecedoras de internet. Cenário que vem se alterando de acordo com o que foi observado na entrevista com o gerente de soluções integradas da COMID, onde ele aponta perceber um avanço exponencial na cobertura de internet no campo. Mesmo que ainda seja um entrave a ser superado, muitos esforços estão sendo realizados pelas empresas privadas em nome da evolução do setor do agronegócio. A própria Trópico, em parceria com a John Deere tem realizado investimentos para ampliar a área de cobertura de internet no campo, além de haver a percepção de um forte interesse por parte das empresas privadas de telefonia móvel em investir no segmento de conectividade rural, junto com uma forte tendência do barateamento da internet fornecida via satélite.

Schmidtke et al. (2018) entendem que um conjunto de objetos inteligentes interconectados formam uma zona logística 4.0 e Wang (2016) complementa afirmando que a logística 4.0 tem sua estrutura baseada em um sistema ciber-físico, por depender da virtualização de todo o seu ambiente real de atuação. Sacomano, Gonçalves e Sátyro (2018) explicam que o sistema ciber-físico é a integração de duas camadas existenciais, sendo a primeira a camada física percebida no mundo real, o que é palpável, e, a segunda camada, também tratada como gêmeo virtual, é a camada virtual que é responsável por representar todos os objetos inteligentes do mundo real em um ambiente virtual onde serão gerenciados remotamente e de forma autônoma.

Durante a entrevista com o gerente de soluções integradas da COMID, foi possível determinar algumas relações, tais como, as máquinas e implementos da John Deere são os objetos inteligentes, que estão no mundo real e são representados dentro da plataforma JDLink™, onde são gerenciados por meio do software *MyOperations* remotamente no ambiente virtual e retornam as recomendações agronômicas para execução das operações no mundo real. Ainda, o conjunto dos tratores, que são objetos inteligentes de acordo com o

entendimento dos autores, formam uma zona logística 4.0 que é baseada em um sistema ciber-físico rural que compreende a conectividade rural, a plataforma de gerenciamento e os objetos inteligentes interconectados, caracterizando as duas camadas, a física e a virtual.

Com base nos resultados do trabalho é possível apontar alguns benefícios práticos da logística 4.0 no agronegócio apresentados pela John Deere. Alguns resultados referentes a sustentabilidade são esperados, quanto a capacidade que a logística 4.0 tem de impactar o desenvolvimento, abrangendo seus três prismas, o social, o econômico e o ambiental, acontecendo de forma integrada, segundo Strandhagen et al. (2017).

Uma produção sob demanda reduz o custo de armazenamento, o transporte inteligente reduz custos de tempo de espera do transportador, logo reduz a pegada de carbono e amplia o acesso à pessoas com renda menor além de prestar um serviço com maior transparência e qualidade, sempre focado no cliente, proporcionando o aumento do valor percebido para o produto ou serviço. O resultado, é a redução dos custos no âmbito econômico, redução da emissão de poluentes no âmbito ambiental e otimização da distribuição e acesso aos produtos e serviços por pessoas de menor renda, no âmbito social.

O gerente de soluções integradas da John Deere explicou sobre os benefícios da Manutenção Preditiva. Toda vez que a máquina apresenta qualquer problema, ela emite um alerta no seu monitor e, gera um código de erro, que fica armazenado em seu sistema. Como por exemplo, em um smartphone você recebe o seguinte alerta “Baixa capacidade de armazenamento”, está sendo apresentada uma situação que, se não resolvida, poderá futuramente te trazer algum problema.

Na máquina, a situação é similar, por obter a ligação com a rede CAN, o alerta é enviado direto para o celular do produtor, para seu computador e para a sua central de operações. Uma situação que costuma acontecer de alerta por exemplo, é “o nível de óleo hidráulico está baixo”, além da função de erguer e baixar implementos o óleo hidráulico também é responsável pela lubrificação do sistema de transmissão da máquina.

Com esse alerta podemos avaliar o que este problema pode acarretar com o tempo e, o óleo permanecendo baixo, além dos problemas com a função de erguer e baixar implementos, chegará o momento em que a máquina perderá também a transmissão, peça de custo extremamente elevado, cerca de R\$ 70.000,00 (setenta mil reais). Também é possível realizar de forma planejada uma intervenção na máquina para sua manutenção, para que sua

parada gere nenhum ou o menor prejuízo possível para as operações em execução. Também são recebidos alertas relacionados ao comportamento do operador, como o caso de operadores que descansam o pé na embreagem da máquina e vem o alerta “Embreagem Deslizante”, onde o produtor pode telefonar para o operador e o advertir evitando o desgaste desnecessário do equipamento.

Quanto às tecnologias disponibilizadas pela John Deere, relacionadas a logística de plantio, o responsável pelo setor de agricultura de precisão reforça a busca pelo plantio perfeito, pensando na otimização da colheita, a fim de extrair o máximo possível da área com o menor custo possível. Assim, podemos citar como benefícios a redução do consumo de sementes por exemplo, que gera um custo alto, além da economia de fertilizantes por serem aplicados com conceitos de taxa variável e agricultura de precisão, onde a quantidade de semente se altera de acordo com as condições para maior produtividade, sendo essas variáveis determinadas e acompanhadas pelo centro de operações, remotamente.

Essas condições são determinadas por meio de mapas temáticos que apresentam de forma amigável, dados referentes a fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, índices de produtividade anterior, entre outros, que são somados e subsidiam as recomendações agronômicas que são inseridas em um sistema para que a semeadora conectada na rede, receba esses indicadores e realize de forma precisa e autônoma a distribuição de semente e adubo..

As aplicações pós plantio costumam gerar bastante impacto nos custos de produção, podendo chegar a sete a quantidade de aplicações durante uma safra, além do impacto à sustentabilidade da atividade, pelo fato de serem muitas as vezes em que os pneus das máquinas terão de passar por uma plantação, o que pode iniciar um processo de compactação do solo e perdas na lavoura por pisoteio e amassamento das plantas.

Para mitigar essas perdas, as máquinas da John Deere utilizam sistemas de navegação global por satélite GPS e GLONASS conectados ao satélite da INMARSAT. A partir desta tecnologia são capturados os sinais pelos receptores da John Deere que processam essas informações e retornam a precisão dos movimentos, sendo possível a máquina executar a operação seguindo o mesmo traçado da aplicação anterior, o que é chamado repetibilidade, obtendo como benefício a redução da perda de plantas por pisoteio, a redução da compactação do solo e a redução dos custos por uma aplicação otimizada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível observar o desenvolvimento da logística 4.0. Na Alemanha e na Polônia, o tema da indústria 4.0 se formalizou primeiro e é onde está a maior concentração dos trabalhos publicados, o que sugere que estes países estão à frente na pesquisa mundial sobre o tema específico logística 4.0. Porém, deve ser observado que ainda são poucas as publicações, o que deixa essa informação sujeita a uma mudança repentina nos próximos anos.

A logística 4.0 é algo inevitável, cabe aos modelos de negócios se adequarem para sobreviverem. Cada vez mais o foco será no cliente, sendo a demanda quem determina o que será produzido, de acordo com as características de interesse do consumo, como por exemplo, produtos sustentáveis, com procedência rastreada e que se identifica com o consumidor.

A previsão é de que toda a cadeia de valor receba uma versão sua em uma camada virtual, baseada nas novas tecnologia e, os sistemas ciber-físicos irão fazer parte de redes globais que terão o foco de atender as necessidades da demanda com extrema exatidão, baseadas em modelos de servitização. Na John Deere, o centro de operações, onde são gerenciadas as máquinas em um ambiente virtual, compreende o sistema ciber-físico rural da fazenda.

Para que isso se realize, é preciso observar o principal fator limitante desta tecnologia no Brasil, a infraestrutura de conectividade. Mesmo onde existe cobertura de internet ela é muito precária, limitando a evolução tecnológica neste sentido. Havendo a possibilidade de uma rede em operação totalmente conectada, é crucial que não haja problemas como quedas e oscilações, que podem comprometer a operação e a segurança dos indivíduos.

Foram observados os potenciais benefícios que a logística 4.0 pode oferecer para o agronegócio brasileiro apresentado pela John Deere, mais especificamente, com a criação de sistemas ciber-físico, conectando propriedades à centrais de operação. Como visto no trabalho, fica evidente também, que o foco da empresa estudada está na aplicação de tecnologias voltadas para as operações de produção na logística interna (da porteira para dentro).

Também existe a tendência de se conectar as propriedades e seus sistemas ciber-físicos rurais à transportadores, aos portos, aos navios, aos silos e aos consumidores de *commodities*, abrangendo a logística externa (da porteira para fora), o que poderia otimizar o escoamento da produção agropecuária cumprindo o papel da logística 4.0 de otimizar as operações da cadeia completa do agronegócio brasileiro.

Os autores referenciados demonstraram uma preocupação em entender os fenômenos sociais e ambientais, além das questões tecnológicas, com maior ênfase na questão da mão de obra, sendo unânime o entendimento de que a qualificação de operadores é uma questão prioritária.

O objetivo da pesquisa foi atendido, embora houveram limitações, principalmente, a pouca disponibilidade de publicações que tratam especificamente de logística 4.0, sendo que não foram encontradas publicações referentes a logística 4.0 no meio rural ou no agronegócio até o momento da pesquisa, havendo a necessidade de fazer relações entre o que acontece no agronegócio e se assemelha com a indústria e com o meio urbano.

Foi observado o vazio da ciência no que se refere à logística 4.0 no agronegócio. Isto permite sugerir trabalhos futuros, para resolver questões como: Quais os reais impactos da logística 4.0 para a mão de obra do campo? Quais as vulnerabilidades na ciber segurança dos sistemas ciber-físicos rurais? Quais os impactos econômicos da implantação da logística 4.0 na cadeia da soja? E, a logística 4.0 é uma estratégia de mitigação do déficit de capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGIWAL, M; ROY, A; SAXENA, N. Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 18, n. 3, p.1617-1655, 2016.

ALMEIDA, C. A. DE; SELEME, R.; CARDOSO NETO, J. Rodovia Transoceânica: uma alternativa logística para o escoamento das exportações da soja brasileira com destino à China. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 351–368, 2013.

BALSANI, W. R.; CRUVINEL, P. E.; TORRE-NETO, A. Monitoramento de Parâmetros Climáticos em Silos Agrícolas com Arquitetura Inteligente. **SIMPOSIO BRASILEIRO DE AUTOMACAO INTELIGENTE**, p. 202–206, 1997.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO – BNDES. **BNDES Pilotos IoT – Internet das Coisas**, 2019. Disponível em <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/inovacao/internet-das-coisas/bndes-projetos-piloto-internet-das-coisas/>> Acesso em: 23 de Out. de 2019.

BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1245–1252, 2017.

BAYER. **Brasil que Produz: Como o País se Tornou uma Potência Agrícola?** 2019. Disponível em <<https://www.bayerjovens.com.br/pt/materia/?materia=brasil-que-produz-como-o-pais-se-tornou-uma-potencia-agricola>> Acesso em: 19 de Out. de 2019.

BOWERSOX, D. D., CLOSS, D. J. e COOPER, M. B. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Tradução de Camila Teixeira Nakagawa. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOWERSOX, D. J. e CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2010.

BUJAK, A. The Development of Telematics in the Context of the Concepts of “Industry 4.0” and “Logistics 4.0”. [s.l.] **Springer International Publishing**, v. 897, 2018.

CAMPOS, D. S. et al. Levantamento qualitativo de tratores e suas principais manutenções na região do município de Bambuí - MG. **II Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG campus Bambuí e II Jornada Científica**, 2009.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM TELECOMUNICAÇÕES – CPQD. **CPQD Participa de Workshop sobre Conectividade no Campo**, 2017. Disponível em <<https://www.cpqd.com.br/noticias/cpqd-participa-de-workshop-sobre-conectividade-no-campo/>> Acesso em: 23 de Out. de 2019.

CORRÊA JUNIOR, D. et al. Influência da velocidade de trator e semeadora de precisão na implantação e produtividade da cultura do milho verde. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 1, p. 25–32, 2014.

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). **ACADEMIA: CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary**. Disponível em <https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921> Acesso em: 19 de Out. de 2019.

CRISTINA, A.; FILIPPI, G. Novas formas de organização rural : os Condomínios de Armazéns Rurais New forms of rural organization : the Rural Warehouse Condominiuns. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 270–287, 2019.

FEITOSA, J. R. et al. Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo. **Eng. Agríc.**, v. 35, n. 1, p. 117–127, 2015.

FERRACIOLI, G. L.; TANAKA, S. A. USO DA ARQUITETURA 5G VISANDO CIDADES INTELIGENTES. **Rev. Terra & Cult.**, v. 34, n. especial, julho, 2018.

FERRASA, M.; BIAGGIONI, M. A. M.; DIAS, A. H. Sistema De Monitoramento Da Temperatura E Umidade Em Silos Grane-Leiros Via Radiofrequência (Rf). **Energia Na Agricultura**, v. 25, n. 2, p. 139, 2010.

GALEGALE, G. P. et al. Internet das Coisas aplicada a negócios: Um estudo bibliométrico. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 13, n. 3, p. 423–438, 2016.

GATEC. **5 Vantagens de Utilizar Mapas na Gestão do Agronegócio**, 2018. Disponível em <<http://www.gatec.com.br/index.php/midia-gatec/blog-gatec/29-5-vantagens-de-utilizar-mapas-no-agronegocio.html>> Acesso em: 24 de Out. de 2019.

GLISTAU, E.; COELLO MACHADO, N. I. Industry 4.0, Logistics 4.0 and Materials - Chances and Solutions. **Materials Science Forum**, v. 919, p. 307–314, 2018.

GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE ASSOCIATION – GSMA. **About Us**, 2019. Disponível em <<https://www.gsma.com/aboutus>> Acesso em: 22 de Out. de 2019.

GODOY, E. P. et al. Design and implementation of an electronic architecture for an agricultural mobile robot | Projeto e implementação de uma arquitetura eletrônica para um robô agrícola móvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1240–1247, 2010.

INTELIAGRO. **O Que é Talhão?** 2014. Disponível em <<http://www.inteliagro.com.br/o-que-e-talhao/>> Acesso em: 24 de Out. de 2019.

JACTO. **Conheça os Principais Países Líderes em Produção Agrícola**, 2019. Disponível em <<https://blog.jacto.com.br/agricultura-mundial>> Acesso em: 19 de Out. de 2019.

JOHN DEERE. **Agricultura de Precisão**, 2019. Disponível em <<https://www.deere.com.br/pt/tecnologia-de-produtos/agricultura-de-precis%C3%A3o/>> Acesso em: 24 de Out. de 2019.

LAROSE, R. et al. Closing the rural broadband gap: Promoting adoption of the Internet in rural America. **Telecommunications Policy**, v. 31, n. 6–7, p. 359–373, 2007.

LINS, BERNARDO F. E. A EVOLUÇÃO DA INTERNET: Uma Perspectiva Histórica. **Cadernos ASLEGIS**, v. 48, janeiro/abril, 2013.

LOPES, A. et al. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 382–386, 2003.

MAGALHÃES, S. C. et al. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em diferentes condições operacionais de duas colhedoras. **Biosci. J.**, v. 25, n. 5, p. 43–48, 2009.

MARTINS, R. S. et al. Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, n. 1, p. 53–78, 2005.

MARTINS, R. S.; CAIXETA FILHO, J. V. Subsídios à tomada de decisão da escolha da modalidade para o planejamento dos transportes no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 3, n. 2, p. 75–96, 1999.

MELLO, A. J. R. et al. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Eng. Agríc.**, v. 27, n. 2, p. 479–486, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Agropecuária Brasileira em Números**. 2019. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>> Acesso em: 17 de Out. de 2019.

MOORI, R. G.; RIQUETTI, A. Estação de Transbordo de Cargas como Mediador da Logística de Fertilizantes. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 18, n. 6, p. 748–771, 2014.

NETO, A. M. et al. O impacto da manutenção no custo-benefício em máquinas agrícolas após o término da garantia. **IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar**, n. 9, p. 4–8, 2015.

OLESKOW-SZLAPKA, J. The Framework of Logistics 4.0 Maturity Model. **Spring Nature Switzerland**, n. 835, p. 771–781, 2019.

PETRONI, B. C.; GLÓRIA JÚNIOR, I.; GONÇALVES, R. F. **Sistemas Ciber Físicos**. In: SACOMANO, J. B. et al. Org(s). **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. L. Survey Research Methodology in Management Information Systems: An Assessment. **Journal of Management Information Systems**, v.10, n.2, Autumn, p 75–105, 1993.

- QUICENO, D. E. G. et al. Environmental impact of cloud computing and the internet of things. **Producción + Limpa**, v. 11, p. 1–7, 2016.
- RAKYTA, M. et al. Proactive approach to smart maintenance and logistics as a auxiliary and service processes in a company. **Journal of Applied Engineering Science**, v. 14, n. 4, p. 433–442, 2016.
- RAMAN, B.; CHEBROLU, K. Experiences in Using WiFi for Rural Internet in India. **IEEE Communications Magazine**, n. January, p. 104–110, 2007.
- REGATTIERI, A. L.; REGATTIERI, C. R.; VIDAL, D. O. Monitoramento de frotas no setor citrícola: Viabilidade, impacto e gestão de custos. **Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 349–359, 2018.
- REIS, G. N. et al. Manutenção de tratores agrícolas e condição técnica dos operadores. **Eng. Agric.**, v. 25, n. 1, p. 282–290, 2005.
- REIS, J. G. M. et al. **Qualidade em Redes de Suprimentos: A Qualidade Aplicada ao Supply Chain Management**. São Paulo: Atlas, 2015.
- ROHOKALE, V. M.; PRASAD, N. R.; PRASAD, R. A cooperative Internet of Things (IoT) for rural healthcare monitoring and control. **2011 2nd International Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace and Electronic Systems Technology, Wireless VITAE 2011**, 2011.
- SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; SÁTYRO, W. C. **Internet das Coisas (IoT)**. In: SACOMANO, J. B. et al. Org(s). **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.
- SACOMANO, J. B.; SÁTYRO, W. C. **INDÚSTRIA 4.0: Conceitos e Elementos Formadores**. In: SACOMANO, J. B. et al. Org(s). **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.
- SANTOS B. P. et al. INDÚSTRIA 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v.4, n.1, p.111-124, 2018.
- SCHMIDTKE, N. et al. Technical potentials and challenges within internal logistics 4.0. Proceedings - GOL 2018: **4th IEEE International Conference on Logistics Operations Management**, p. 1–10, 2018.
- SELEME, R. **Curso de análise e operações logísticas**. Curitiba: UFPR-Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. 2011, p. 64 slides.
- SIENA, O. **Metodologia da Pesquisa Científica: Elementos para Elaboração e Apresentação de trabalhos acadêmicos**. Porto Velho. 2007.
- STRANDHAGEN, J. O. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances in Manufacturing**, v. 5, n. 4, p. 359–369, 2017.

STRATEGY&. **Trucking 4.0: An autonomous vehicle ecosystem**, 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=94cvD_rnQts> Acesso em: 19 de Out. de 2019.

STROVER, S. Rural internet connectivity. **Telecommunications Policy**, v. 25, n. 5, p. 331–347, 2001.

TEN HOMPEL, M.; KERNER, S. Logistik 4.0: Die Vision vom Internet der autonomen Dinge. **Informatik-Spektrum**, v. 38, n. 3, p. 176–182, 2015.

TIMM, I. J.; LORIG, F. Logistics 4.0-A challenge for simulation. **Proceedings - Winter Simulation Conference**, v. 2016–Febru, p. 3118–3119, 2016.

VEIGA, R. K.; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C. Análise ergonômica cognitiva: Influência dos estereótipos na interação com os comandos de tratores. **Ação Ergonômica**, v. 9, n. 2, p. 107–118, 2014.

VIERO, V. C.; SOUZA, R. S. Comunicação rural on line : promessa de um mundo sem fronteiras. **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia rural**, 2008.

WANG, K. Logistics 4.0 Solution. **International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation**, v. 13, n. 2, p. 7, 2016.

WROBEL-LACHOWSKA, M. et al. ICT in Logistics as a Challenge for Mature Workers. Knowledge Management Role in Information Society. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 605, p. VII–VIII, 2018.

WROBEL-LACHOWSKA, M.; POLAK-SOPINSKA, A.; WISNIEWSKI, Z. Challenges for Logistics Education in Industry 4.0. [s.l.] **Springer International Publishing**, v. 596, 2017.

APÊNDICE I – Artigo publicado nos Anais do III ENGEDIN – 2019

LOGÍSTICA 4.0: Uma Breve Revisão Bibliográfica

Tiago Resende Pacheco,
UFMS - Universidade Federal de MS
tiago-pacheco@hotmail.com

João Gilberto Mendes dos Reis,
Universidade Paulista – UNIP
betomendesreis@mns.com

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo observar o que se tem publicado acerca do tema Logística 4.0, bem como a análise dos caminhos em que a pesquisa tem tomado. Para atender este objetivo, foi realizada a pesquisa bibliográfica nas principais bases de pesquisas e depois feita uma filtragem dos artigos por relevância, foram analisados e extraídos os principais insights dos textos para a discussão. A necessidade de estudos relacionados à Logística se apresenta bastante relevante, por ser um pilar importante e indispensável para o setor produtivo. A sua inovação, acompanhando conceitos da Indústria 4.0, surge como uma provável solução para os gargalos do setor, justificando a necessidade da construção de uma definição na busca da compreensão da Logística 4.0. Foram extraídos poucos artigos, na busca se apresentaram 42 artigos com o descritor “*Logistics 4.0*” dos quais apenas 12 se qualificaram para a construção deste texto, o que acarretou certa dificuldade diante da baixa quantidade de trabalhos, se comparado por exemplo, ao tema: Logística Reversa. Em conclusão, trata-se de algo inevitável que vem abrangendo e transformando o mercado, sob pressão da demanda consumidora, impactando em todas as áreas do desenvolvimento sustentável, seja o setor econômico, ambiental ou social de forma integrada.

Palavras-chave: Logística 4.0; *Cyber Physical Systems - CPS*; *Internet of Things - IoT*.

1 INTRODUÇÃO

A Logística tem grande importância para as cadeias produtivas sendo responsável pela movimentação e armazenagem de produtos entre os diversos agentes de uma cadeia. Segundo Reis (2015) gerenciar a Logística é crucial para as organizações, fator que fora negligenciado por décadas.

Com o surgimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) nas últimas décadas e sua implementação nos modelos de negócios de forma compulsória, sob ordens da demanda, foram surgindo novos conceitos de gerenciamento a serem considerados no setor logístico, com uma nova estrutura baseada em Internet of Things and Services – IoT&S que trata da interação das coisas (equipamentos, máquinas, produtos etc..) com o homem e principalmente com outras coisas, por meio da conectividade da internet.

A Logística pode ser considerada um dos pilares da cadeia de valor, sendo que a falha em sua condução, compromete todo o resultado. Assim a Logística 4.0 surge como uma ferramenta de mudança e melhoria baseada na implementação de tecnologia inovadora, para garantir a sobrevivência da cadeia de valor em ambientes cada vez mais competitivos e diante de uma demanda cada vez mais exigente em busca de um consumo mais sustentável (Wang, 2016).

O aprofundamento nos estudos sobre a interação homem-máquina e novas opções de modelos de negócio, impulsionado por uma drástica mudança no comportamento do consumidor, onde tem se preferido alugar ao invés de comprar um produto ou serviço com o apoio contundente da supervalorização das redes sociais digitais, geram um conglomerado de novos conceitos que compõem o 4.0 (Barreto; Amaral; Pereira, 2017).

A finalidade deste trabalho foi investigar o que existe de tecnologia para a Logística 4.0, fazendo um levantamento teórico acerca do que se tem publicado e discutido sobre o tema, por meio das bases de pesquisa e da mídia especializada.

Existe a necessidade de levantar quais são as ações aplicadas às operações logísticas para atender a um novo modelo de negócio com foco na sustentabilidade e na necessidade da demanda e na conectividade, cada vez mais complexa e com expectativas cada vez mais altas.

Com base na quantidade de trabalhos de pesquisas encontrados até o momento abordando a Logística 4.0, pode-se observar a existente carência sobre o assunto. Foram poucos

os trabalhos, se comparados com a linha de estudo da logística reversa por exemplo. Neste contexto, os estudos em Logística 4.0 e seus impactos relacionados ao agronegócio são fundamentais para compreensão do atual estágio do desenvolvimento da logística brasileira para o seguimento.

2 LOGÍSTICA

Para o Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP (2011) a Logística é parte integrante da cadeia de suprimentos, responsável por planejar, implementar e controlar o fluxo e o armazenamento de bens, serviços e informações relacionadas a produção, desde sua origem até chegar ao consumidor final complementada pela Logística Reversa, responsável pela destinação dos resíduos do consumo com o foco no interesse do cliente.

A Logística apresenta subdivisões, conhecidas como Logística de Abastecimento ou Logística Interna que compreende as atividades relacionada a aquisição de matéria prima até a manufatura do produto acabado e a Logística Externa abrangendo a distribuição física dos produtos acabados até os consumidores finais (Reis, 2015).

As atividades da Logística, ainda segundo Reis (2015), podem ser divididas em Atividades Chaves: Transportes; Gestão de Estoques; Processamento de Pedidos e Atividades de Apoio: Armazenagem; Manuseio de Materiais; Compras; Embalagem; Gestão da Informação.

3 LOGÍSTICA 4.0

Citada formalmente pela primeira vez na Alemanha durante a Feira de Hannover em 2011, a Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, agora baseada nas indústrias inteligentes, enquanto a Logística 4.0, é a logística dentro da indústria 4.0. A Logística em seu conceito tradicional, compreende ao gerenciamento do fluxo do produto desde sua origem até o consumidor final, com o foco no interesse do consumidor. Também são divididas em logística de entrada, de saída, de fabricação, de descarte e de informações que veremos mais adiante diferir da definição em construção da Logística 4.0 (Glistau; Coelho Machado, 2018).

Segundo Wang (2016), a logística evoluiu atendendo a necessidade do mercado de forma acoplada com o crescimento da indústria. A logística sofreu a primeira revolução no final

do século XIX, com a mecanização do transporte e o motor a vapor, definimos assim a primeira revolução como a Logística 1.0.

Na sequência, em 1960, por meio da automação dos sistemas de manuseio, graças à implementação da energia elétrica foi então que acontece a segunda revolução, a Logística 2.0. Na década de 1980, com o advento dos sistemas de informação, surge a terceira revolução, a Logística 3.0 com a implementação de softwares de gestão, principalmente os de armazenamento (WMS) e os de transporte (TMS) (Wang, 2016).

Atualmente estamos vivenciando a migração da Logística 3.0 para a Logística 4.0, que provavelmente será aparentemente calma para os consumidores, principalmente as gerações mais novas que já nasceram na era da informação, porém disruptiva para os modelos de negócios atuais, que apesar de já haver implementado muitas tecnologias, elas ainda não são totalmente integradas, autônomas e nem autogerenciáveis (Wang, 2016).

De acordo com Ten Hompel e Kerner (2015), o planejamento logístico está se tornando cada vez mais complexo e dependente de inúmeras variáveis, que em conjunto permitem calcular os prováveis cenários futuros em busca do melhor desempenho de toda a cadeia de valor, sendo que quanto maior a robustez do cálculo, maior a probabilidade do cenário remeter a condição real, favorecendo o apoio a tomada de decisão.

Para enfrentar este momento de mudanças, nos é apresentada a Logística 4.0 baseada em IoT&S como solução provável para os gargalos existentes na Logística Tradicional, movida pela força da demanda, promovendo a necessidade de reavaliação dos conceitos logísticos tradicionalmente aplicados bem como a desconstrução destes (Ten Hompel; Kerner, 2015).

A Logística 4.0, diferente da logística tradicional que é focada em processos rígidos, faz uso de conceitos e ferramentas de serviços que são baseados em *Big Data*, responsável pelo armazenamento e disponibilização de grande quantidade de dados, que tem sido cada vez mais adotados por fornecer insumos para o cálculo de cenários futuros e apoiar a tomada de decisão, observada a necessidade de aprimorar a qualidade na sua utilização, quanto capacidade de aplicação de *Data Mining and Machine Learnig* para traduzir os dados em informação útil e funcional (Ten Hompel; Kerner, 2015).

Existem concentrações de dados armazenados e inertes por falta de capacidade de manipulação, atrasando o desenvolvimento e a melhoria da cadeia de valor, por falta de eficiência ao acessar informações capazes de apoiar a tomada de decisão dos executivos (Ten Hompel; Kerner, 2015).

Distanciando ainda mais do modelo tradicional de logística, Ten Hompel e Kerner (2015) aborda a autonomia e o autocontrole do fluxo da cadeia de valor. Estamos entrando no conceito *M2M*, onde temos como base o alinhamento de dois conceitos, a robótica e as tarefas.

Cita-se algumas das principais características da Logística 4.0 :

- Identificação Automática;
- Localização em Tempo Real;
- Detecção Inteligente (Exemplos: sensores de temperatura e umidade);
- Rede de Internet Sem Fio (A esperada 5G);
- Análise de Grande Quantidade de Dados;
- Comércio Orientado a Serviços (Wang, 2016).

Neste novo modelo logístico, tem-se o homem como o agente que insere a tarefa ou objetivo no sistema e o robô que irá executar a tarefa, sendo que para executar essa tarefa, será necessário gerar uma outra atividade para outro robô e assim por diante até que o processo finalize. Cada robô interage entre sistemas completos na busca por atingir seu próprio objetivo, que consequentemente irá perpetuar o fluxo da cadeia de valor de forma autônoma. O autocontrole, responsável por monitorar o andamento dos processos, sendo que, havendo uma inconformidade, o próprio sistema, de forma dinâmica e instantânea, deve ser capaz de resolver o problema buscando outro caminho ou forma de execução a fim de atingir seu objetivo (Timm; Lorig, 2016).

Ten Hompel e Kernel (2015), apontam em seu trabalho, uma fragilidade distinta ao modelo de logística tradicional, trata-se da vulnerabilidade da Logística 4.0 no quesito segurança da informação, fator que deve ser extremamente combatido e que muitas vezes é negligenciado enquanto as formas e métodos de ataques de *crackers*, que são criminosos cibernéticos, vem se aprimorando a cada evolução tecnológica. Assim cabe também a linha de defesa se aprimorar e aplicar técnicas e ferramentas ao nível em que a execução do crime se torne mais cara do que o benefício almejado.

Para Barreto, Amaral e Pereira (2017), algumas aplicações tecnológicas vão tornando o sistema logístico mais flexível e eficiente, facilitando a tomada de decisão e construindo uma cadeia de valor orientada a demanda. Algumas aplicações que são utilizadas são:

- *Enterprise Resource Planning – ERP* que são *softwares* responsáveis por integrar vários sistemas numa mesma plataforma;
- *Warehouse Management System – WMS* que são *softwares* responsáveis por gerenciar o armazenamento;

- *Transportation Management System – TMS* que são softwares para gerenciamento de transportes;
- *Intelligent Transportation System – ITS* que são sistemas, principalmente integrados a veículos que são capazes de otimizar a condução de forma autônoma.
- *Vehicular Ad-Hoc Networks – VANETs* que são redes de veículos inteligentes, abrangendo toda uma infraestrutura capaz de proporcionar a melhor performance na condução de determinado veículo.

Tem Hompel e Kerner (2015) salienta o surgimento de novas tecnologia trazem maior precisão, dada a possibilidade de especificidade na cadeia de valor, com o apoio a tomada de decisão, com informações úteis é possível saber exatamente o produto ou serviço que gera maior retorno com o menor esforço, e permitir estratégias para maior concentração desse esforço no que realmente promove o desenvolvimento da cadeia. O manuseio rígido de fluxo de materiais é contrário a evolução da Logística 4.0, que prega maior flexibilidade e maior personalização no atendimento ao cliente.

Em nível de estratégia, o que deve ser executada é a ação de dividir os problemas em tarefas e, indo mais além, dividir as tarefas em subtarefas, o que proporciona uma minimização da complexidade e uma otimização na resolução dos problemas independentemente da sua complexidade promovendo maior flexibilidade de como lidar com os desafios da inovação (Tem Hompel; Kerner, 2015).

Strandhagen et al. (2017) apresenta as principais tendências, baseadas na individualização e personalização de produtos e serviços, que são conceitos como *One to One*, entrega personalizada com drones e a servitização, que é o comércio orientado a serviços onde os fornecedores disponibilizam produto condicionados a assinaturas ou taxas de uso, simplificando o usuário paga pelo que usa, ao invés de despende de maior capital para aquisição do produto que provavelmente seria subutilizado, hoje com o apoio de algumas ferramentas tecnológicas como:

- IaaS = Servidores de hospedagem como serviço (infraestrutura);
- PaaS = Plataformas como serviços;
- SaaS = Softwares como serviço;
- Acessibilidade: acesso ao produto qualquer horas e qualquer lugar;
- Drones: entrega de produtos;
- Impressão 3D: o cliente produz o próprio produto;

- Previsibilidade: clientes conectados aos fabricantes por meio de sensores;
- Autonomia: M2M, máquina se comunicando com máquina em busca de seus objetivos, automação da produção e automação do transporte.

Quando trata-se de mudança, neste caso profunda, se refere a necessidade de reconsiderar conceitos básicos de logística e mudança de paradigma, que é a resposta que o mercado espera, dado o dinamismo ao qual avança, onde a cadeia de suprimentos exige cada vez mais, novos requisitos, alterando e em vezes substituindo os tradicionais, como mais flexibilização, adaptabilidade, proatividade e auto-organização. O que se observa, é que o foco na resolução de problemas trazem mudanças, porém tímidas e lentas, enquanto a implementação de tecnologia de inovação por muitas vezes ocasionam as grandes mudanças, que trazem grandes impactos, e surgem de repente (Wang, 2016).

Ainda segundo o trabalho de Wang (2016), a Logística 4.0 apresenta percentuais de redução de custo de cerca de 20% na cadeia de suprimentos, qualidade, manutenção e de cerca de 30% de redução nos custos com estoque. Totalmente disruptiva, estamos vivenciando a 4ª revolução que vem trazendo novos conceitos e quebrando paradigmas da logística tradicional e está baseada principalmente em conectividade e IoT&S acessível a todos e a qualquer momento e lugar.

A Logística 4.0 em um contexto de cadeia de valor, podem ocasionar grandes mudanças como:

- Alteração drástica do perfil de colaboradores;
- Mudança na dinâmica de armazenamento de todo o legado da cadeia de suprimentos, agora baseadas no *just-in-time and just-in-sequence* com o *Radio Frequency Identification – RFID* possibilitando o rastreamento de cada etapa do processo e a localidade de cada item e se já foi entregue, possíveis atrasos entre outras variadas funcionalidades, o que proporciona maior transparência do processo para o cliente o que contribui e retorna como valor percebido;
- Pagamento automático de pedágios;
- Coleta de dados rodoviários em tempo real;

- Conceito *Machine for Machine* – M2M, quando a comunicação ocorre entre máquinas e sistemas sem a interferência direta do homem (Barreto; Amaral; Pereira, 2017).

Bujak (2018) entende que estamos vivendo transformações rápidas, cujo a sua principal força motriz é a implementação dessa inovação tecnológica sob força da demanda. O uso da telemática, que se refere a comunicação à distância de dois ou mais equipamentos ou conjuntos de sistemas fornecido por uma rede de telecomunicação, somada a evolução da cadeia de materiais, com materiais inteligentes compostos por funcionalidades como a atuação térmica e hidrofóbica citada no trabalho de Glistau e Coello Machado (2018), proporciona as mudanças de paradigmas eminentes que estão ocorrendo na atualidade inclusive a necessidade de melhor observar seus impactos.

Em um contexto de evolução, é importante abordar mais alguns desafios e tendências da Logística 4.0, como a necessidade de ferramentas que permitam a prototipação de um sistema baseado na sustentabilidade, nos produtos bem-acabados e em um nível de serviço e qualidade adequados ao consumidor final. Tendências de uma maior individualização e flexibilização dos produtos, que poderão gerar uma maior demanda por transporte, onde a Logística 4.0 se posiciona como a chave para otimizar de forma integrada esse transporte a cadeia de valor, que será mais econômico e sustentável (Strandhagen et al., 2017).

A Logística 4.0 é sedenta por evolução, na verdade se trata do futuro ocorrendo agora e que logo será passado dada sua rapidez. Para sua concretização e validação, ainda precisamos evoluir muito em infraestrutura digital, precisamos de uma internet mais rápida, de maior cobertura sem fio, sensores mais precisos e potentes quanto a capacidade de armazenar dados e emitir sinais (Wang, 2016). Ten Hompel e Kerner (2015), observaram que mesmo antes de haver tecnologia que suportasse a Logística 4.0, já haviam previsões referente a este fenômeno, hoje uma realidade palpável, porém seu alcance ainda não é mensurável.

3.1 SOLUÇÕES

Data Mining e Machine Learning

Com base em novos conceitos de aplicação de *Data Mining* e *Machine Learning* é possível fazer o levantamento dos dados específicos em uma rede robusta de dados, traduzi-los

em informação adequada e, por último com o aprendizado de máquina, construir um cenário que permita ao gestor otimizar a tomada de decisão, como por exemplo, apontar as melhores rotas reduzindo tempo de espera de carga e descarga e tempo de transporte do produto, o que, consequentemente, pode reduzir a pegada de carbono deixada pela logística (Strandhagen et al., 2017).

Ainda para Strandhagen et al. (2017), ao se estabelecerem processos de coleta de dados e processá-los fornecendo informação útil para uma rede integrada de uma cadeia de valor, descentralizada e orientada a serviços de forma autônoma, será possível escolher as melhores ação para otimização da cadeia de valor de determinado produto.

Sustentabilidade

Em resposta à crescente demanda por produtos de origem sustentável, a Logística 4.0 se apresenta como provável solução para este gargalo, em sintonia com a Agenda 2030 da ONU para o Desenvolvimento Sustentável. Através da Logística 4.0 é possível melhorar os modelos de negócios atuais, os tornando mais flexíveis (Strandhagen et al., 2017).

Rakita et al. (2016) entende a dinâmica da Logística 4.0 como promotora da sustentabilidade, principalmente por mitigar os custos com armazenamento e a redução do desperdício de tempo e de produto ou serviço. Trata-se da evolução da cadeia de suprimentos para uma cadeia de demanda controlada pelo consumidor, baseada na possibilidade, dada a eficiência da troca de informação, de produzir apenas o que será consumido.

Strandhagen et al. (2017), em complemento ao entendimento de Rakita et al. (2016), apresenta a troca de informações adequadas em tempo real, promovida por produtos inteligentes, embalados por materiais inteligentes integrada a uma rede sendo os dados hospedados e acessados em servidores na nuvem, otimiza toda a cadeia de valor, por combater principalmente o efeito chicote, conhecido na logística como o interstício onde há sobra ou falta de suprimentos e matéria prima.

E como ferramenta de sustentabilidade, podemos observar que a Logística 4.0 traz consigo conceitos que atendem mais especificamente os Objetivos 09 – **Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar**

a inovação e 12 – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas - ONU.

Alguns resultados referentes a sustentabilidade também são percebidos quanto a capacidade que a Logística 4.0 tem de impactar o desenvolvimento, abrangendo seus três prismas, o social, o econômico e o ambiental, e que, segundo Strandhagen et al. (2017) explana em seu trabalho, isso ocorre de forma integrada.

Exemplo: Ao mesmo tempo em que um pedido de medicamentos é feito em uma rede baseada em Logística 4.0, esse pedido é imediatamente transmitido às unidades produtivas envolvidas, que remeterão suas demandas simultaneamente aos fornecedores de insumos para então iniciar a produção. Todo o processo é executado independente da hora e dos locais de pedido e produção, pois toda a cadeia é autônoma e trabalha enquanto as pessoas descansam e esperam pela entrega do produto.

Uma produção sob demanda reduz o custo de armazenamento, o transporte inteligente reduz custos de tempo de espera do transportador, logo reduz a pegada de carbono além de prestar um serviço com maior transparência e qualidade com o foco no cliente proporcionando o aumento do valor percebido para o produto ou serviço. O resultado é a redução dos custos no âmbito econômico, redução da emissão de poluentes no âmbito ambiental e otimização da distribuição e acesso aos medicamentos no âmbito social.

Wrobel-Lachowska et al. (2018) vem corroborar com o tema trazendo o entendimento de que a entrada das TICs nos negócios, tem rompido barreiras em serviços antes exclusivos a pessoas de classe econômica média alta, que com a quebra de paradigma trouxe mais liberdade para as pessoas das classes médias e média baixas terem acesso a produtos e serviços diversos, relacionados a saúde, a lazer entre outros, promovendo impacto social positivo.

Strandhagen et al. (2017) complementa o entendimento de integralidade dos impactos na sustentabilidade da cadeia de valor, com a possibilidade de atender aos requisitos da Logística Verde e Sustentável com base na rastreabilidade da origem do produto comprovada. Por meio da digitalização é possível promover a individualização do produto e agilizar o fluxo de informações acerca da origem do produto, métricas para aumento da eficiência e a economia compartilhada onde a compra é substituída por algo como um aluguel, assinatura ou taxa de uso.

O modelo logístico 4.0 se propõe a converter os modelos de negócios, baseados no consumo de produtos, aquisição e compra de bens e serviços, em um modelo orientado aos serviços, onde o cliente assume o papel de projetista de seu produto ou serviço, de acordo com sua necessidade (Strandhagen et al., 2017).

A pressão sobre o trade logístico para que se adeque aos critérios dessa nova demanda, tem sido o grande impulsionador de toda uma mudança que em ambientes competitivos, as organizações se reinventam periodicamente na busca pela excelência, para sua sobrevivência, principalmente neste momento em que vivenciamos no mundo o advento do consumo sustentável, replicado pelas redes sociais e a internet (Strandhagen et al., 2017).

O papel do homem na Logística 4.0

A pesquisa apontou a atenção dos pesquisadores quanto ao papel do homem meio a este processo, onde Glistau e Coello Machado (2018) salienta a mudança necessárias das condições de trabalho, que complementa o entendimento de Ten Hompel e Kerner (2015), que afirma que o papel das pessoas dentro da logística deve ser repensada, a fim de capacitar as pessoas para as novas funcionalidade exercidas pelo homem na Logística 4.0, onde seu papel será parte integrante da rede virtualizada e orientada a missões ou tarefas, a princípio, tendo como principal função emitir as tarefas e objetivos que alimentaram os *Cybe Physical Sytems* - CPSs.

Barreto, Amaral e Pereira (2017) entendem que existe a preocupação, de que a tecnologia e a Logística 4.0 tenham como objetivo simplesmente substituir o agente humano por robôs e máquinas dentro da cadeia de valor, porém o objetivo não é este, mas sim o de evitar a imprecisão e tornar os processos mais rápidos baseado em uma logística integrada a produtos inteligentes e serviços inteligentes além de, segundo Oleskow-Szlapka (2018), otimizar a troca de informações em tempo real.

Uma revolução tecnológica, também traz necessidade de mudanças sociais que devem ser observadas cuidadosamente, pois seu impacto pode acarretar caos sociais e perder seu sentido de desenvolvimento onde o social faz parte do tripé de sustentabilidade. Observe que a maior parte dos trabalhos executivos serão delegados a softwares, enquanto parte dos trabalhos operários serão designados aos robôs e máquinas, normalmente impactando mais os trabalhadores mais maduros e idosos que possuem maior dificuldade de se adequarem diante

de inovações tecnológicas (Wrobel-Lachowska et al., 2018). Nos galpões de armazenamento já existem robôs fazendo o gerenciamento e o carregamento dos produtos mantendo todo o serviço e apresentando excelentes resultados, ou seja, uma tendência já validada (Strandhagen et al., 2017).

Com o consenso de que nunca o homem será substituído na sua totalidade por máquinas na indústria, é evidente a necessidade de capacitar o trabalhador para atuar em uma nova realidade de modelo de negócio que está em evolução (Schmidtke et al., 2018). O foco nos profissionais da logística será primordial para o bom desenvolvimento e amadurecimento da cadeia de valor na implementação da Logística 4.0, que exigirá alta qualificação e requisitos específicos da área de negócio na educação escolar (Wrobel-Lachowska; Polak-Sopinska; Wisniewski, 2017).

Quanto ao processo de implantação da Logística 4.0, Oleskow-Szlapka (2018), apresenta o Nível de Maturidade como uma ferramenta ou mecanismo norteador para estabelecer etapas, metas e a direção para a melhor transição da Logística Tradicional para a Logística 4.0. Essa ferramenta está baseada em regras de evolução com foco na qualidade dos serviços entregues ao cliente, onde é possível avaliar o nível em que se encontra determinado sistema logístico e determinar o nível ao qual deseja ser alcançado, além de determinar também o período estimado para execução das melhorias necessárias para a evolução do sistema.

Em uma realidade onde é cada vez mais difícil atender a expectativa da demanda, que busca cada vez mais por produtos individualizados e baseados em sustentabilidade e consumo consciente, processos de melhorias na qualidade dos serviços são necessários e o nível de maturidade foca e combate essa deficiência (Oleskow-Szlapka, 2018).

Internet of Things - IoT

Para Sacomano et al. (2018) a *IoT* consiste na conexão de objetos à internet de forma que possa executar sua função por meio de comandos remotamente através de outro dispositivo conectado a internet. A possibilidade das coisas e objetos se comunicarem entre si, permitindo por exemplo que um sensor possa informar remotamente a um computador as condições de determinado produto em tempo real, abre precedentes para essa nova era da logística.

Ainda Sacomano et al. (2018) aponta os principais fatores limitantes desta tecnologia:

- **Tecnologia:** O preços dos hardwares devem continuar caindo para possibilitar a aplicação da *IoT* em massa;

- **Interoperabilidade:** Deve-se definir padrões que permitam que os equipamentos se comuniquem entre si sem problemas por serem de fabricantes distintos;
- **Privacidade e Confidencialidade:** A proteção dos dados gerados é uma prioridade, que deve evoluir;
- **Segurança:** Os aparelhos conectados a rede se tornam brechas para possíveis acessos não autorizados;
- **Propriedade Intelectual:** Não se tem bem claro de quem serão os dados gerados pela rede;
- **Organização e Talento:** Será necessário um grande esforço para que as organizações se adequem ao novo modelos, bem como os seus colaboradores;
- **Políticas Públicas:** Quem será o responsável por prováveis danos, como por exemplo o causado por carros autônomos.

3.2 CYBER PHYSICAL SYSTEM - CPS

Este conceito representa a implementação da estrutura em dois níveis ou camadas, sendo a primeira, a camada física onde as coisas operam no mundo real e a segunda é a camada virtual, onde as coisas são representadas e controladas. Trata-se então da representação do ambiente físico como a planta de uma agroindústria, em um ambiente virtual com o objetivo de controlar e monitorar as coisas em tempo real (Sacomano et al., 2018).

A Logística 4.0 depende de infraestrutura por estar baseada em *Cyber Physical Systems* – CPS, ou seja, depende da virtualização do ambiente real, levar o mundo físico para o mundo virtual. Para sua implementação são necessárias algumas melhorias na infraestrutura existente, para que seja possível atingir a sua melhor performance por ser dependente de uma internet sem fio com velocidade e cobertura adequadas, que permita equipamentos, máquinas e robôs se comunicarem sem restrição. A disponibilidade de serviços como armazenamento em nuvem com acesso dinâmico e em tempo real para o processamento de dados baseados em conceitos de *Big Data and Data Mining* a fim de prover informação adequada ao apoio a tomada de decisão do gestor (Wang, 2016).

Segundo Rakyta et al. (2016) algumas tecnologias aplicadas atualmente na Logística 4.0 tem demonstrado maior eficiência, sendo elas:

- *Laser Guide Vehicles – LGV* que são veículos como empilhadeiras, por exemplo, com sistemas de laser para navegação, eliminando a necessidade de condutor;
- *Automation Guide Vehicles – AGV* que são veículos como carrinhos de transporte de cargas, com função automática de levar e trazer coisas, porém diferente do *LGV* apesar de não precisar de condutor, este necessita de ajuda como trilhos para guiar sua locomoção;
- Sistemas de Esteiras de Classificação Inteligentes que conduzem as mercadorias, as classificam e as embalam automaticamente;
- *Automated Storage and Retrieval Systems – AS/RS* quando toda a infraestrutura de armazenamento é automatizada, por robôs, *LGVs*, *AGVs* e esteiras inteligentes;
- *Voice-Directed Warehouse – VDW* é um sistemas integrados aos armazéns que atendem a comandos de voz para executar suas tarefas.

Wrobel-Lachowska et al. (2018) complementa lembrando que também são partes desta história de inovação a Nanotecnologia, o RFID, as Redes Cibernéticas, Dispositivos, Produtos e Embalagens e Materiais Inteligentes.

Para o futuro, espera-se o surgimento de redes globais de serviços, baseada na incorporação das máquinas e dos sistemas em ambientes CPS, onde o mundo real é virtualizado, e as trocas de informações ocorrem em tempo real, permitindo otimizar a cadeia de valor, em conjunto a disponibilização de produtos inteligentes e manufatura em nuvem, em resumo, será a era dos negócios puramente digitais (Strandhagen et al., 2017).

Para que esta transformação se efetive de forma genérica existem pré-requisitos, a necessidade de uma infraestrutura inteligente é essencial para o estabelecimento de uma zona logística 4.0. Para tanto são necessários avanços nas principais tecnologias básicas para sua implementação como uma rede sem fio de internet, RFID, materiais inteligentes, sensores e qualificação da mão de obra. Após esta estruturação, a redução das áreas de sombra de internet onde não há conexão, e a qualificação da mão de obra, os sistemas devem ser integrados a um CPS, onde permitirá ao objeto, seja produto ou serviço, se tornar o sujeito da cadeia de valor, capaz de executar de maneira pró ativa as ações autônomas que permitam o alcance de seu objetivo, que foi baseado em uma tarefa recebida por um agente seja humano ou outra máquina ou sistema. O conjunto de vários objetos forma a zona logística 4.0, conectada, autônoma e

flexível, orientada a serviço, baseada em uma cadeia de produção sob demanda, atendendo a principal tendência para os novos modelos de negócios (Schmidtke et al., 2018).

4 METODOLOGIA

A metodologia neste trabalho consiste de uma pesquisa bibliográfica em bases de dados e mídia especializadas. As principais bases utilizadas foram a Emerald Insight, IEEE Xplore, Scielo, Science Direct, Scopus e Web of Science, além de buscas no Google Scholar.

Após a leitura do material, foram divididos e filtrado de acordo com sua relevância sendo utilizados apenas os artigos que tratam diretamente do tema, para a construção deste texto, sendo exposto os principais insights de seus autores.

5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Dada a quantidade de trabalhos publicados sobre o tema, fica evidente a necessidade de fomentar a pesquisa, grande dificuldade para realizar este trabalho, se dá por ainda estarmos iniciando os trabalhos acerca deste novo modelo de Logística. Utilizando o descritor “*Logistics 4.0*” para pesquisa nas principais bases de artigos científicos os resultados foram:

Tabela 1: Quantidade de Artigos Publicados por Base de Pesquisa.

Bases de Artigos	Quantidade de Artigos				
	Apresentados	Repetidos	Não Acessados	Não Citados	Citados
Emerald Insight	0	0	0	0	0
IEEE Xplore	3	0	0	1	2
Scielo	0	0	0	0	0
Science Direct	9	0	0	8	1
Scopus	21	2	7	5	7
Web of Science	9	3	4	0	2
Total	42	5	11	14	12

Fonte: Próprio Autor (2019).

Na Tabela 1, pode-se observar a quantidade de artigos publicados em cada base de dados, com a pesquisa pelo descritor “*Logistics 4.0*”. Ao tentar a mesma busca com o descritor traduzido “Logística 4.0”, não houve retorno de artigos. Na primeira coluna estão apresentadas

as bases pesquisadas, que foram escolhidas por atenderem e publicarem sobre o escopo da tecnologia ou da multidisciplinariedade. Na segunda coluna temos a quantidade de artigos encontrados por base, na terceira coluna as redundâncias de artigos que apareceram em uma ou mais Bases. Na quarta coluna, “NÃO ACESSADOS”, foram os artigos que não foram encontrados, por indisponibilidade ou por serem restritos a assinantes. “NÃO CITADOS”, a quinta coluna, nos mostra a quantidade de artigos que apesar de citarem a Logística 4.0 não a discutem de forma principal, enquanto a sexta e última coluna, compreende a quantidade de artigos, sobre o descritor, que foram utilizados para produção deste trabalho.

A tabela 2 apresenta a quantidade de artigos publicados por País.

Tabela 2: Quantidade de Artigos Publicados por País

País	Quantidade de Artigos
Cuba	1
Germany	4
Normay	2
Poland	4
Portugal	1
Serbia	1
Slovakia	1

Fonte: Próprio Autor (2019).

Obs: Alguns artigos compreendem autores de mais de um país.

Na Tabela 2 pode-se observar a publicação conforme o país de seus autores, com maior destaque para a Polônia e para a Alemanha com 4 artigos cada, seguido da Noruega com 2 e Cuba, Portugal, Sérvia e Eslováquia com 1 cada. Pelo fato de uma das primeiras vezes que foi citada a Indústria 4.0 ter sido na Alemanha e o seu destaque na publicação deste novo tema, pode-se entender que a Alemanha juntamente com a Polônia estão à frente das pesquisas na área, porém sem grandes distâncias aos demais, afinal todos estão iniciando quanto ao tema em formação ainda da sua real definição.

5 CONCLUSÕES

Como qualquer seguimento, a necessidade de evoluir também está presente na Logística, principalmente no que se refere a pesquisa e inovação. No Brasil ainda estão no começo as pesquisas relacionadas à inovação na logística, havendo a necessidade de uma provocação ou um ponta pé inicial, para que se vislumbre a criação de grupos de trabalho e

pesquisa para se discutir a Logística 4.0.

Este trabalho traz algumas indagações e os direcionamentos em que tem tomado as pesquisas relacionadas acerca do tema Logística 4.0. As tentativas de definição ainda um pouco dispersas entre os autores e as preocupações quanto a velocidade em que a demanda espera por uma resposta da cadeia de valor bem à frente da capacidade viabilizada pela infraestrutura disponível para que esse novo modelo de negócio ganhe o mercado. Além do estudo direcionado às tecnologias aplicadas, principalmente relacionadas ao conceito de *IoT&S* e o novo perfil de profissional necessário ao atendimento deste mercado, representam o começo de uma jornada.

Pode-se definir portanto, a princípio, a Logística 4.0 como todo o relacionamento autônomo necessário para o consumo e o adequado descarte de um produto ou serviço com o foco na sustentabilidade. Com as mudanças previstas e algumas imensuráveis ainda, a Logística está se tornando mais abrangente e profunda, sendo responsável pela gestão e melhoria da eficiência de micro processos dentro da cadeia de valor. Os relacionamentos da qual essa cadeia depende, seja um pedido de um minério, ou a próprio extração deste minério, ou ainda mais profunda se depender da separação ou manipulação de partículas, ali está a Logística que sendo autônoma e conectada, há então a presença da Logística 4.0.

A Logística 4.0 é algo inevitável, cabem aos modelos de negócios se adequarem para sobreviverem, com o seu foco no cliente, porém de forma mais abrangente também, onde o cliente está inserido em uma dinâmica, em se valoriza a sustentabilidade que prevê a ações de evolução positivas em três grandes áreas, a Econômica, a Social e a Ambiental.

REFERÊNCIAS

BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1245–1252, 2017.

BUJAK, A. The Development of Telematics in the Context of the Concepts of “Industry 4.0” and “Logistics 4.0”. [s.l.] **Springer International Publishing**, v. 897, 2018.

FREITAS, H. et al. O Método de Pesquisa Survey. **Revista de Administração**, São Paulo v.35, n.3, p.105-112, julho/setembro 2000.

GLISTAU, E.; COELLO MACHADO, N. I. Industry 4.0, Logistics 4.0 and Materials - Chances and Solutions. **Materials Science Forum**, v. 919, p. 307–314, 2018.

OLESKOW-SZLAPKA, J. The Framework of Logistics 4.0 Maturity Model. **Spring Nature Switzerland**, n. 835, p. 771-781, 2019.

RAKYTA, M. et al. Proactive approach to smart maintenance and logistics as a auxiliary and service processes in a company. **Journal of Applied Engineering Science**, v. 14, n. 4, p. 433–442, 2016.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências Sociais. In: BEUREN, I. M. (Org.). **Como elaborar trabalhos monográficos em...** São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2009.

REIS, J. G. M. et al. **Qualidade em Redes de Suprimentos: A Qualidade Aplicada ao Supply Chain Management**. São Paulo: Atlas, 2015.

SACOMANO, J. B. et al. **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SCHMIDTKE, N. et al. Technical potentials and challenges within internal logistics 4.0. Proceedings - GOL 2018: **4th IEEE International Conference on Logistics Operations Management**, p. 1–10, 2018.

STRANDHAGEN, J. O. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances in Manufacturing**, v. 5, n. 4, p. 359–369, 2017.

TEN HOMPEL, M.; KERNER, S. Logistik 4.0: Die Vision vom Internet der autonomen Dinge. **Informatik-Spektrum**, v. 38, n. 3, p. 176–182, 2015.

TIMM, I. J.; LORIG, F. Logistics 4.0-A challenge for simulation. **Proceedings - Winter Simulation Conference**, v. 2016–Febru, p. 3118–3119, 2016.

WANG, K. Logistics 4.0 Solution. **International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation**, v. 13, n. 2, p. 7, 2016.

WROBEL-LACHOWSKA, M. et al. ICT in Logistics as a Challenge for Mature Workers. Knowledge Management Role in Information Society. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 605, p. VII–VIII, 2018.

WROBEL-LACHOWSKA, M.; POLAK-SOPINSKA, A.; WISNIEWSKI, Z. Challenges for Logistics Education in Industry 4.0. [s.l.] **Springer International Publishing**, v. 596, 2017.

APÊNDICE II – Artigo submetido no XL ENEGEP 2020



LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: Aplicação de Sistema Ciber-Físico no Campo

Tiago Resende Pacheco (UFGD)
tiago-pacheco@hotmail.com

João Gilberto Mendes Reis (UNIP/UFGD)
betomendesreis@msn.com

Alexandre Formigoni (Centro Paula Souza/FATEC GRU)
a_formigoni@yahoo.com.br

O agronegócio representa uma importante atividade econômica para o mundo, assim como a indústria também sofre com as evoluções tecnológicas, e no Brasil o agronegócio tem como principal dificuldade a logística principalmente de escoamento da produção, que justifica a necessidade de mais estudos na busca de mitigar essa deficiência, onde surge a Logística 4.0 seguindo os conceitos da indústria 4.0 e se apresentando como provável solução para o gargalos da logística brasileira, resultando na seguinte questão de pesquisa: O que está sendo aplicado da Logística 4.0 no agronegócio brasileiro? Assim, este artigo, teve por objetivo compreender a aplicação do conceito de sistemas ciber-físicos no agronegócio pela empresa multinacional de máquinas e implementos agrícola, por meio de estudo de caso através de entrevistas em uma de suas empresas representantes, localizada em Dourados-MS. O estudo apresenta a aplicação de uma estrutura pela empresa reconhecida como Centro de Operações, que atende aos conceitos dos sistemas ciber-físicos, onde temos máquinas e implementos, conectados no campo fornecendo indicadores e executando suas tarefas de forma autônoma em áreas antes e durante mapeadas por drones fornecendo mapas temáticos referente as necessidades de cada subárea, concentrando os dados no centro de operações onde são processados gerando determinantes agrônômicos que retornam para as máquinas no campo para a execução correta de cada tarefa com as margens de erros dirimidas.

Palavras-chave: Logística 4.0; Agronegócio; Sistemas Ciber-Físicos; Internet das Coisas; Conectividade Rural.

1. Introdução

O agronegócio é uma importante atividade econômica a nível mundial, responsável principalmente pela cadeia de fornecimento de alimentos. No caso brasileiro, vem apresentando grande crescimento realçando sua importância diante do PIB nacional. O agronegócio brasileiro se posicionado como referência no mercado internacional de commodities, ocupando em 2017 o 3º lugar na exportação de alimentos e o 2º na produção de alimentos (JACTO, 2019 e BAYER, 2019).

Para o agronegócio o principal gargalo ainda é a sua logística de escoamento da produção, tendo em vista que o transporte é realizado predominantemente pelo modal rodoviário, que representa o maior custo e menor eficiência, se comparado ao aquaviário e o ferroviário (ALMEIDA; SELEME; CARDOSO NETO, 2013). Quanto ao armazenamento de grãos, a principal barreira é o déficit da capacidade estática, ou seja, se falta silos no Brasil (CRISTINA; FILIPPI, 2019). A logística tem grande importância para as cadeias produtivas sendo responsável pela movimentação e armazenagem de produtos entre os diversos agentes de uma cadeia. Segundo Reis (2015) gerenciar a logística é crucial para as organizações, fator que fora negligenciado por décadas.

A logística pode ser considerada um dos pilares da cadeia de valor, sendo que a falha em sua condução, compromete todo o resultado. Assim a logística 4.0 surge como uma ferramenta de mudança e melhoria baseada na implementação de tecnologia inovadora, para garantir a sobrevivência da cadeia de valor em ambientes cada vez mais competitivos e diante de uma demanda cada vez mais exigente em busca de um consumo mais sustentável (WANG, 2016).

Com o surgimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) nas últimas décadas e sua implementação nos modelos de negócios de forma compulsória, sob ordens da demanda, foram surgindo novos conceitos de gerenciamento a serem considerados no setor logístico, com uma nova estrutura baseada em Internet of Things and Services – IoT&S que trata da troca de informações e interação entre coisas, equipamentos, máquinas, produtos, serviços e o homem por meio da conectividade da internet que irão compor um Sistema Ciber-Físico, que representa o ambiente real em uma plataforma virtual sendo a base da infraestrutura da logística 4.0.

A logística 4.0 está baseada em Sistemas Ciber-Físicos que compreende a um ambiente baseado em duas camadas, sendo a primeira física real e a segunda a camada virtual. Na primeira camada se encontram os objetos inteligentes conectados entre si, na segunda camada se encontra a nuvem, onde persiste uma representação do ambiente real no meio virtual, sendo os objetos

inteligentes representados e gerenciados no meio virtual para que execute processos no meio físico (WANG, 2016).

A empresa utilizada no estudo de caso de artigo trabalha com o que chamam de Centro de Operações que atende aos conceitos de Sistema Ciber-Físicos, com uma limitação, a de não ser 100% autônoma, ao menos por enquanto. O centro de operações compreende a conectividade rural na propriedade produtora, os tratores, máquinas e implementos conectados, além de sensores no campo e em drones para coleta de dados climáticos e agrônômicos todos enviando dados para o centro de operações onde são tratados e retornam para o campo em forma de instruções para toda a rede executar suas tarefas específicas com a mínima margem de erro.

Assim este trabalho objetivou apresentar a tecnologia, que abrange o conceito de sistemas ciber-físicos, que está sendo aplicada no meio rural, para favorecer o avanço da logística 4.0 no agronegócio brasileiro.

2. Métodos

Para atender o objetivo de compreender o que a pesquisa apresenta sobre logística 4.0 e Sistemas Ciber-Físicos e as principais tecnologias aplicadas na logística do agronegócio que estão sendo aplicadas foi realizado o levantamento bibliográfico nas bases *Emerald Insight*, *IEEE Xplore*, *Scielo*, *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science* utilizando o descritor “logistics 4.0” para extrair os trabalhos publicados até o dia 21/02/2019 e nas bases do *Google Scholar* e da *Scielo* em 28/08/2019 e em 19/09/2019 foram realizadas buscas aos termos “conectividade rural”; “indústria 4.0”; “internet das coisas”; “internet das coisas no agronegócio”; “logística”; “logística no agronegócio” e “sistema ciber-físico”, resultando em uma série de trabalhos que foram filtrados conforme a relevância para complementação do entendimento do trabalho.

Para conhecer as principais tecnologias referentes a logística 4.0 na agropecuária e sistemas ciber-físicos aplicadas pela empresa fabricante de máquinas e equipamentos agrícolas foi realizado o estudo de caso baseado em *survey* em uma de suas representantes, uma empresa de revenda de tratores e máquinas na região de Dourados – MS.

A pesquisa foi baseada em uma entrevista estruturada (face a face) de corte-transversal, sendo o caso para o estudo escolhido de forma não probabilística de acordo com a conveniência¹, onde foram abordados alguns funcionários da empresa subsidiária para responder a entrevista e

¹ A empresa é representante da John Deere que é referência nacional em inovação tecnológica (Prêmio Inovação Brasil 2019) e se encontra em uma região favorável ao agronegócio do MS.

posteriormente apresentado os resultados divididos por temas (PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993). Também foi realizado o levantamento das informações técnicas acerca da empresa organização encontradas nos próprios sites da empresa e em mídias especializadas.

A entrevista foi realizada no dia 21/08/2019 às 9:00 (Horário MS), na sede da representante em Dourados – MS. No primeiro instante o responsável pelo tratamento de dados Big Data da COMID foi quem realizou a recepção, além de ter providenciado e agendado a visita.

Depois a entrevista foi iniciada com o responsável pelo setor de Agricultura de Precisão, quem ofereceu informações introdutórias quanto as tecnologias aplicadas pela fabricante de máquinas e equipamentos abrangendo as etapas de treinamento, plantio, manutenção da lavoura e colheita, sobre o perfil dos produtores e o papel do operador de máquinas neste novo cenário.

Após, foi iniciada a conversa com o Gerente de Soluções Integradas da subsidiária, que explanou sobre a agricultura de precisão a manutenção preventiva e a conectividade rural além de outros aspectos gerais. Logo após a entrevista, foi realizada a apresentação da colhedeira da série 7 e explicado o seu funcionamento pelo responsável por soluções de pulverização (na falta do responsável por soluções de colheita), esse é um equipamento de ponta que está sendo comercializados na região.

A visita durou cerca de 2 horas, das 9:00 as 11:00 horas do horário local (MS), que gerou cerca de 1:30 minutos de entrevista gravada por aparelho smartphone (Android) utilizando o aplicativo RecForge II (Gratuito na Play Store).

Para atender aos objetivos de evidenciar as relações entre as aplicações levantadas no estudo de caso e os conceitos apresentados nos trabalhos publicados foram observadas as relações entre os resultados parciais do levantamento bibliográfico e do estudo de caso fazendo comparações entre si e apresentando as concordâncias e discordâncias acerca da logística 4.0 e dos sistemas ciber-físicos no agronegócio.

3. Levantamento Bibliográfico

Moori e Riquetti (2014) apresentam em seu trabalho a tendência dos produtores brasileiros, com o objetivo de ampliar a produção e competitividade de um mercado globalizado do agronegócio, em estender as fronteiras agrícolas do país para regiões cada vez mais distantes e remotas em relação aos centros consumidores, o que impacta diretamente na necessidade da aplicação de estratégias logísticas para viabilidade da produção.

Estratégias de escoamento dos produtos continua sendo tema de debate em busca de soluções e Almeida, Seleme e Cardoso Neto (2013) em seu trabalho, focaram olhares para o Oceano

Pacífico, na solução baseada na união de dois países Peru e Brasil, que, para atender as suas necessidades por rodovias otimizando o escoamento de suas produções, realizaram uma parceria para criar a rodovia batizada por Rota Transoceânica que liga as regiões produtoras ao Oceano Pacífico, potencializando principalmente as vendas para china (ALMEIDA; SELEME; CARDOSO NETO, 2013).

Existe a aplicação de estratégias e de ferramentas para melhoria da logística na indústria em geral, porém no agronegócio existem especificidades, como a necessidade de gerenciar as incertezas e sazonalidades por se tratar de produtos voláteis quanto a quantidade e qualidade produzidas, e da curta validade (pouco tempo de prateleira), além da volatilidade dos preços com relação safra e entressafra, o que formatou com o tempo um trade bastante complexo arraigado de vícios e atravessadores, com a produção descompassada a distribuição e aos interesses da indústria de processamento (MARTINS et al., 2005).

No Brasil, o desbalanceamento da matriz logística reflete negativamente nos custos logísticos e na capacidade competitiva no mercado globalizado, onde temos um caminhão que carrega 150 vezes menos soja que uma composição ferroviária e cerca de 600 vezes menos que um comboio de barcas numa hidrovia, a principal forma escolhida para o escoamento da produção tem sido o modal rodoviário, que se agrava devido os elevados índices de poluição, consumo de combustíveis e de acidentes pertinente a este modal (ALMEIDA; SELEME; CARDOSO NETO, 2013).

Para o Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP (2011) a logística é parte integrante da cadeia de suprimentos, responsável por planejar, implementar e controlar o fluxo e o armazenamento de bens, serviços e informações relacionadas a produção, desde sua origem até chegar ao consumidor final complementada pela logística Reversa, responsável pela destinação dos resíduos do consumo, com o foco no interesse do cliente.

Os clientes cada vez mais exigem um nível de serviço de maior qualidade, o que exige investimentos por parte do produtor e que costuma não acontecer na prática, assim a logística assume um papel estratégico de melhoria do nível de qualidade do serviço quando foca em redução do prazo de entrega, maior disponibilidade de produtos, entrega com hora determinada, maior cumprimento de prazos de entrega, maior facilidade de alocação do pedido, além das decisões como localização, número de armazéns, centros de distribuição, fontes de insumos e decisões sobre o transporte como o modal por exemplo (MARTINS et al., 2005).

No Brasil, os serviços logísticos, historicamente não funcionam bem, o que acarreta perdas de

competitividade, consequência essa, principalmente da concentração do uso do modal rodoviário como mecanismo para o escoamento da produção somado aos investimentos insuficientes em infraestrutura no sistema de transportes (MARTINS; CAIXETA FILHO, 1999). Enfim, para competir no mercado internacional, a logística brasileira tem de inovar a fim de resolver os gargalos e melhorar os níveis de qualidade dos serviços (MOORI; RIQUETTI, 2014).

Citada formalmente pela primeira vez na Alemanha durante a Feira de Hannover em 2011, a Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, agora baseada em indústrias inteligentes (GLISTAU; MACHADO, 2018). Sacomano e Sátyro (2018) descrevem em seu trabalho a indústria 4.0 na prática, que de forma resumida é iniciada a partir do pedido *on-line* feito pelo cliente, que após ter validado a autenticidade do pedido, é verificada a disponibilidade de insumos no estoque ou com fornecedores, verificando os prazos necessários para a entrega do produto. Após essa etapa, são apresentadas as condições de entrega ao consumidor, observando que todo esse processo ocorre de forma instantânea, sendo que o cliente não percebe demora por ser realizado em milissegundos e se o cliente estiver de acordo com as condições, confirma o pedido quando então será iniciada a produção autônoma e entrega do produto, sendo que na linha de produção tudo foi realizado sem a interferência humana, por meio de máquinas conectadas entre si e inteligência artificial inseridos em um sistema ciber-físico.

A logística 4.0, é a logística dentro do conceito de indústria 4.0, a logística em seu conceito tradicional, compreende ao gerenciamento do fluxo do produto desde sua origem até o consumidor final, com o foco no interesse do consumidor. Também são divididas em logística de entrada, de saída, de fabricação, de descarte e de informações (GLISTAU; MACHADO, 2018).

Para enfrentar este momento de mudanças, nos é apresentada a logística 4.0 como solução provável para os gargalos existentes na logística Tradicional, movida pela força da demanda, promovendo a necessidade de reavaliação dos conceitos logísticos tradicionalmente aplicados bem como a desconstrução destes (TEN HOMPEL; KERNER, 2015).

A logística 4.0, diferente da logística tradicional que é focada em processos rígidos, faz uso de conceitos e ferramentas de serviços que são baseados em *Big Data*, responsável pelo armazenamento e disponibilização de grande quantidade de dados, que tem sido cada vez mais adotados por fornecer insumos para o cálculo de cenários futuros e apoiar a tomada de decisão. Como complemento a esta tecnologia existe a necessidade de aprimorar a utilização e aplicação

de *Data Mining*² e *Machine Learning*³ para traduzir os dados em informação útil e funcional (TEN HOMPEL; KERNER, 2015).

Segundo o trabalho de Wang (2016), a logística 4.0 apresenta percentuais de redução de custo de cerca de 20% na cadeia de suprimentos, quanto a qualidade e a manutenção e de cerca de 30% de redução nos custos com estoque. Totalmente disruptiva, a 4ª revolução da logística está trazendo novos conceitos e quebrando paradigmas da logística tradicional e está baseada principalmente em conectividade e dados acessível a todos e a qualquer momento e lugar.

Wang (2016) entende que a logística 4.0 depende de uma infraestrutura básica por estar baseada em *Cyber Physical Systems – CPS*, traduzido: Sistema Ciber-Físico, ou seja, depende da virtualização do ambiente real, que nada mais é do que levar o mundo físico para o mundo virtual. Este conceito representa a implementação de uma estrutura em dois níveis ou camadas, sendo a primeira, a camada física onde as coisas operam no mundo real e a segunda é a camada virtual, onde as coisas são representadas e controladas. Trata-se então da representação do ambiente físico como a planta de uma indústria, em um ambiente virtual com o objetivo de controlar e monitorar as coisas em tempo real (PETRONI; GLÓRIA JÚNIOR; GONÇALVES, 2018).

Para a implementação de sistemas ciber-físicos no Brasil são necessárias algumas melhorias na infraestrutura existente, para que seja possível atingir a sua viabilidade são necessários investimentos em uma internet sem fio com velocidade e cobertura adequadas, que permita equipamentos, máquinas e robôs se comunicarem sem restrição (WANG, 2016). Assim esta transformação será efetiva de forma genérica atendendo aos pré-requisitos de uma infraestrutura inteligente que é essencial para o estabelecimento de uma zona logística 4.0, observada a necessidade de evolução também quanto aos materiais inteligentes, sensores e qualificação da mão de obra (SCHMIDTKE et al., 2018).

O conjunto de vários objetos inteligentes forma a zona logística 4.0, conectada, autônoma e flexível, orientada a serviço, baseada em uma cadeia de produção sob demanda, atendendo a principal tendência para os novos modelos de negócios, o que forma um Sistema Ciber-Físico (SCHMIDTKE et al., 2018). Em 1994, a internet se tornou acessível para os brasileiros, permitindo o acesso a recursos da rede mundial de computadores, antes exclusivos as universidades. No entanto a internet no mundo surgiu bem antes, por volta dos anos 1960, nos

² Mineração de Dados ou procurar dados.

³ Aprendizado de máquina.

EUA para atender a interesses militares de defesa, ARPANET foi o nome do projeto embrião do que mais tarde se chamaria internet (LINS, 2013).

A disseminação da internet foi o grande marco para a entrada de uma nova era, onde o espaço rural é marcado por sofrer exclusão nesses avanços, sendo mais lento o seu processo de evolução, fator quem vem sendo combatido. Com o avanço da informática surgem novas possibilidades de reestruturação melhorando o acesso ao homem do campo, sempre com a atenção quanto a qualidade de seu uso, por ser apenas a ferramenta, o homem do campo deve ser preparado para extrair os benefícios (VIERO; SOUZA, 2008).

A adoção de internet banda larga no meio rural se apresenta como um paradoxo, pois mesmo aonde ela acontece, fica muito aquém do serviço oferecido no meio urbano. Há evidências preliminares de que a internet promove interações sociais que aumentam a integração com as comunidades rurais e que reduzem o êxodo rural, além das redes poderem aumentar as possibilidades e oportunidades econômicas no meio rural. Incluem também benefícios relacionados ao acesso a cuidados com a saúde e a educação (LAROSE et al., 2007). Para Viero e Souza (2008), a internet no meio rural tende a compreender a dois componentes fundamentais, o primeiro é a conexão com a rede mundial e o segundo é o manejo técnico dos pacotes tecnológicos ao setor disponibilizados. Não adianta se ter acesso a rede, se não saber como utilizar.

A infraestrutura é um dos maiores entraves ao acesso da internet no meio rural, seguido da inclusão digital, baseada na pouca disponibilidade de conteúdo específico para a comunidade rural (VIERO; SOUZA, 2008). O que leva a não haver muitos investidores do setor privado neste seguimento, pois os trades envolvidos tendem a concentrar os seus investimentos nos grandes centros com maior densidade habitacional e maior chance do retorno do investimento (LAROSE et al., 2007).

O setor do agronegócio tem sido agraciado com expressivos benefícios no uso da tecnologia da informação (TI), com a melhoria de sistemas de comunicação, sensores embarcados nos equipamentos agrícolas, sistemas de posicionamento global, gestão de dados entre outros (FERRASA; BIAGGIONI; DIAS, 2010). Quiceno (2016) corrobora, em seu entendimento de que as aplicações de *Internet of Things & Services - IoT&S*⁴ no agronegócio tem apresentado excelentes resultados, com grande potencial, através de sensores potencializando a produção de mais alimentos com menos recursos.

⁴ *Internet of Things & Services – IoT&S* – Tradução: Internet das Coisas e Serviços.

Para Galegale et al. (2016) a *IoT&S* é uma inovação tecnológica baseada em artefatos já consolidados como a internet e os objetos inteligentes. Em 1999 a *IoT&S* é citada pela primeira vez por Kevin Ashton do MIT em uma apresentação sobre RFID. A *IoT&S* abrange a comunicação de qualquer coisa na face da terra, com outra qualquer coisa a partir de dispositivos inteligentes, onde cada objeto se torna um nó de comunicação de determinada rede conectados à internet (QUICENO et al., 2016). E para Sacomano, Gonçalves e Sátyro (2018) a *IoT&S* consiste na conexão de objetos à internet de forma que possa executar sua função por meio de comandos remotamente através de outro dispositivo conectado à internet.

Atualmente, para o tratamento de grande quantidade de dados que pode ser fornecido pelo sistema ciber-físico, a computação em nuvem tem se apresentado com uma das tecnologias mais utilizadas, por se apresentar flexível e altamente escalável. Definida como um ambiente de rede baseado em compartilhamento de recursos, uma das principais vantagens é o fato da informação e dos recursos estarem sempre disponíveis, a qualquer momento e em qualquer lugar aonde se possa conectar à internet, complementada pelo seu baixo custo comparada aos custos de se possuir um servidor próprio e arcar com sua manutenção (QUICENO et al., 2016). Com a computação em nuvem, foram otimizadas e criadas ferramentas baseadas em novos conceitos de tratamento de dados como o *Data Mining* e *Machine Learning* tornando possível fazer o levantamento dos dados específicos em uma rede robusta de dados, traduzi-los em informação adequada e, por último com o aprendizado de máquina, construir um cenário que permita ao gestor otimizar a tomada de decisão, como por exemplo, apontar as melhores rotas reduzindo tempo de espera de carga e descarga e tempo de transporte do produto, o que, consequentemente, pode reduzir a pegada de carbono deixada pela logística (STRANDHAGEN et al., 2017).

Ainda para Strandhagen et al. (2017), ao se estabelecerem processos de coleta de dados e processá-los fornecendo informação útil para uma rede integrada de uma cadeia de valor, descentralizada e orientada a serviços de forma autônoma, será possível escolher as melhores ações para otimização de toda a cadeia de valor de determinado produto.

Para o futuro, espera-se o surgimento de redes globais de serviços, baseada na incorporação das máquinas e dos sistemas ciber-físicos, onde o mundo real é virtualizado, e as trocas de informações ocorrem em tempo real, permitindo otimizar a cadeia de valor, em conjunto a disponibilização de produtos inteligentes e manufatura em nuvem, em resumo, será a era dos negócios puramente digitais (STRANDHAGEN et al., 2017).

4. Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor agropecuário de revenda de máquinas e implementos representante de uma empresa multinacional fabricante de máquinas e implementos entre outros seguimentos de atuação, que é referência em inovação tecnológica na área do agronegócio, a empresa do estudo de caso é localizada na cidade de Dourados no estado do Mato Grosso do Sul.

A fabricante de máquinas e equipamentos agrícolas é uma empresa de mais de 180 anos que atua no mercado de máquinas e implementos agrícolas, entre outros, sendo referência mundial em inovação tecnológica para o setor do agronegócio. Em busca de conectividade no campo, a organização aposta na instalação de torres de transmissão de rádio base nas fazendas a fim de permitir a conexão à internet de qualquer lugar da propriedade.

Para atender a essa necessidade de conectividade rural, a fabricante tem como parceira a empresa Trópico de telecomunicações, responsável pela implantação de grandes redes LAN⁵ com projetos para áreas com até 50 mil hectares e investimento a partir de um milhão de reais. Além disso, as operadoras de telefonia móvel já viram o potencial no mercado de conectividade rural e tem demonstrado interesse em investir no seguimento que somado a uma forte tendência do barateamento das conexões via satélite podem representar um grande avanço contra a deficiência da área de cobertura de internet no meio rural.

Os tratores e implementos são compostos por uma antena a StarFireTM 6000, responsável por receber os sinais de correção de rota que podem ser de diferentes faixas de precisão, de acordo com a necessidade do serviço, as principais faixas são:

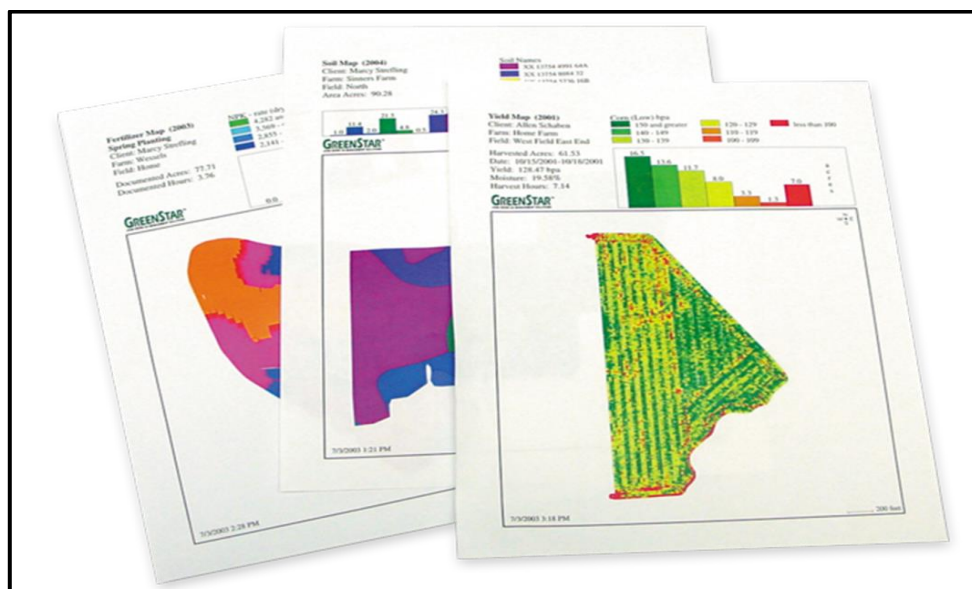
- **SF1** – Essa faixa apresenta uma precisão de 15 cm, recomendada para atividade de preparo de solo, distribuição de adubos a lanço entre outros, além de apresentar menor custo.
- **SF3** – Neste caso a precisão passa a ser de 3 cm, sendo que os parâmetros podem ser respeitados ou repetidos durante 9 meses.
- **RTK** – Responsável por uma maior precisão, de 2,5 cm, repetibilidade a longo prazo, por esta baseada na junção de informações do GPS e de uma estação terrestre via frequência de rádio, no caso de queda de sinal, ele automaticamente altera para o SF3.

Os mapas temáticos, como na Figura – 1, permitem a identificação e representação visual de

⁵ LAN – Local Area Network, traduzido Rede de Área Local.

cada talhão, que podem ser divididos em camadas como, solo, produtividade, índice de infestação, aplicação de insumos entre outras, importantes para a gestão da operação (GATEC, 2018).

Figura – 1. Mapas Temáticos.



Fonte: John Deere (2019).

Com o intuito de tornar as frotas mais inteligentes a fabricante disponibiliza a solução denominada Guide FleetTM, que é uma plataforma baseada em telemetria, que atualiza o centro de operações com os KPI's⁶ estratégicos para otimizar a tomada de decisão. É possível também realizar o rastreamento dos veículos, a aplicação de inteligência logística que já vem embarcada com a tecnologia além da geração de relatórios dinâmicos (JOHN DEERE, 2019).

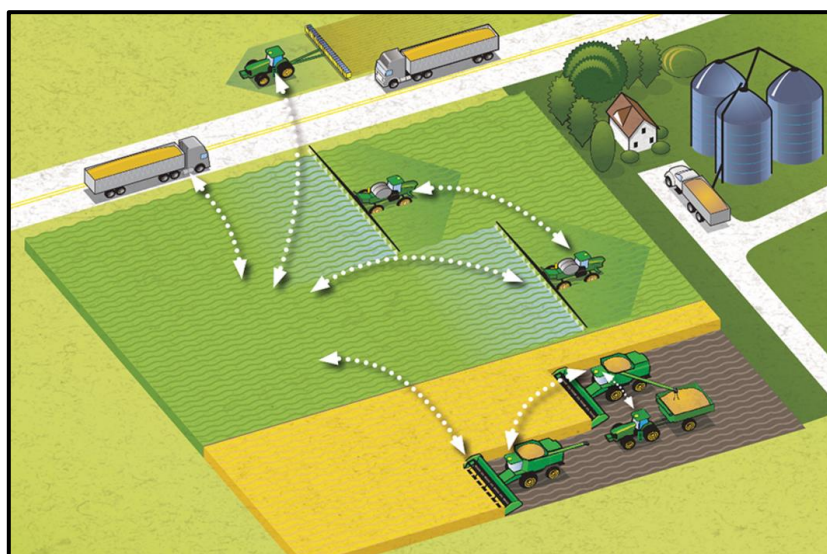
Por meio do software JDLinkTM, é possível realizar o gerenciamento fino das operações de qualquer lugar por meio de uma conexão de internet e um equipamento, seja um laptop, tablet ou smartphone. Os dados de máquina, de operações e agrônomo também são disponibilizados pelo software para o Centro de Operações de forma automática e em tempo real, bem como os dados coletados podem ser convertidos em informação útil que otimize a tomada de decisão esta que será retornada para as máquinas também de forma automática e em tempo real (JOHN DEERE, 2019).

O sistema está baseado em um ecossistema conectado conforme visualizado na Figura – 2, onde se torna autônoma algumas ações como manutenções de máquinas, avisos de quebra, o acompanhamento da produtividade em tempo real, sendo possível também aplicar correções de

⁶ São indicadores, que no caso de veículos podem ser, consumo de combustível, tempo de espera com motor ligado entre outros (John Deere, 2019).

forma automatizada, baseada em sensores e algoritmos (JOHN DEERE, 2019)

Figura – 2. Ecossistema Conectado pelo JDLink™ da John Deere.



Fonte: John Deere (2019).

Pelo centro de operações é possível consultar dados da máquina, dados da operação e dados agrônômicos, sendo que após a tomada de decisão que ocorre em tempo real, pode ser feito o envio de arquivos e configurações para as máquinas em operação também em tempo real, estabelecendo uma conexão entre o escritório em qualquer lugar do mundo e as máquinas e vice-versa (JOHN DEERE, 2019). A representante já distribuiu em sua região, que engloba as cidades de Caarapó, Dourados e Rio Brilhante, cerca de 130 máquinas aptas a conectividade, das quais 92 estão operando com a troca de informações em tempo real com o centro de operações e as demais em processo de implantação da infraestrutura.

Por ele é possível fazer o planejamento da safra em um alto nível de detalhamento, podendo por exemplo informar quais os equipamentos, quais os talhões⁷ que serão trabalhados, quais os insumos, taxas de população de semeadura e de aplicação de insumos, gestão das linhas e dos talhões, além do planejamento de equipe. Também oferece as análises de resultados por talhão, comparando resultados entre safras e apresentando dados agrônômicos detalhados por área específica do talhão (JOHN DEERE, 2019).

5. Considerações Finais

Como qualquer seguimento, a necessidade de evoluir também está presente na logística, principalmente no que se refere a pesquisa e inovação. No Brasil ainda estão no começo as

⁷ Se refere a uma unidade mínima de cultivo determinada de acordo com o relevo da propriedade e o planejamento de utilização de maquinário (INTELIAGRO, 2014).

pesquisas relacionadas à inovação na logística, havendo a necessidade de uma provocação ou um pontapé inicial, para que se vislumbre a criação de grupos de trabalho e pesquisa para se discutir a logística 4.0 e suas estruturas.

A logística aplicada ao agronegócio continua focada em estratégias para o escoamento da produção, e no caso do Brasil, o desbalanceamento da matriz logística impacta de forma negativa toda a cadeia produtiva, por aumentar os custos e as perdas. Em um país onde a logística é realizada predominantemente pelo modal rodoviário, o desenvolvimento fica engessado devido ser o modal de maior custo e o que se percebe é que nos últimos anos, o pouco investimento direcionado à logística, seja público ou privado, foi para modal rodoviário. A previsão é de que toda a cadeia de valor receba uma versão sua em uma camada virtual, baseada nas novas tecnologias e os sistemas ciber-físicos irão fazer parte de redes globais que terão o foco de atender as necessidades da demanda com extrema exatidão baseadas em modelos de servitização, que ocorre quando a oferta de produtos se dá como serviço. Um conjunto de objetos inteligentes formam uma zona logística 4.0 e a logística 4.0 é baseada em um sistema ciber-físico.

Em contato com a empresa distribuidora de Dourados – MS, representante da fabricante, foi possível observar na prática o que está sendo aplicado de tecnologia no agronegócio, onde foram algumas frentes estão diretamente relacionadas a logística 4.0 e o sistema ciber-físico no meio rural. Ela tem concentrado suas energias para vencer as barreiras de chegada da tecnologia no agronegócio, dentre as quais se destacam a questão da baixa cobertura de internet no meio rural que, em parceria com a empresa Tropicó de telecomunicações, está mitigando essa deficiência implantando grandes redes LAN nas propriedades.

Em geral fica evidente os potenciais benefícios que a tecnologia pode trazer para o agronegócio brasileiro, mais especificamente com a criação de sistemas ciber-físicos conectando além da propriedade a centros de operações como visto no trabalho, mas também à transportadores, aos armazéns, aos portos, aos navios e aos consumidores de commodities, o que poderia otimizar todo o escoamento da produção aplicando os conceitos da logística 4.0.

O objetivo geral da pesquisa foi atendido por meio do levantamento bibliográfico e do estudo de caso, onde foi possível observar o que as pesquisas têm estudado e o que a John Deere tem aplicado acerca da logística 4.0 no agronegócio, mais especificamente o seu sistema ciber-físico apesar de não aplicarem este termo, bem como compreender melhor os conceitos de Logística 4.0 e de Sistemas Ciber-Físicos.

Dentre as principais limitações da pesquisa podemos citar a pouca disponibilidade de publicações que tratam especificamente da Logística 4.0, e não foram encontradas publicações referentes a logística 4.0 no meio rural ou no agronegócio havendo aí um vazio teórico, apesar de haver a prática no meio rural.

Como sugestão de trabalhos futuros, sugiro a pesquisa direcionada principalmente as questões de mão de obra, que é um tema bastante discutido pelos autores pesquisados, porém sempre como complemento e não foi encontrado nenhum trabalho que obtivesse o foco no homem do campo, então seria interessante fazer uma pesquisa buscando entender quais os reais impactos da logística 4.0 para a mão de obra do agronegócio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. DE; SELEME, R.; CARDOSO NETO, J. Rodovia Transoceânica: uma alternativa logística para o escoamento das exportações da soja brasileira com destino à China. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 351–368, 2013.

BAYER. **Brasil que Produz**: Como o País se Tornou uma Potência Agrícola? 2019. Disponível em <<https://www.bayerjovens.com.br/pt/materia/?materia=brasil-que-produz-como-o-pais-se-tornou-uma-potencia-agricola>> Acesso em: 19 de Out. de 2019.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (CSCMP). **ACADEMIA: CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary**. Disponível em <https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921> Acesso em: 19 de Out. de 2019.

CRISTINA, A.; FILIPPI, G. Novas formas de organização rural : os Condomínios de Armazéns Rurais New forms of rural organization : the Rural Warehouse Condominiuns. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 270–287, 2019.

FERRASA, M.; BIAGGIONI, M. A. M.; DIAS, A. H. Sistema De Monitoramento Da Temperatura E Umidade Em Silos Grane-Leiros Via Radiofrequência (Rf). **Energia Na Agricultura**, v. 25, n. 2, p. 139, 2010.

GALEALE, G. P. et al. Internet das Coisas aplicada a negócios: Um estudo bibliométrico. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 13, n. 3, p. 423–438, 2016.

GATEC. **5 Vantagens de Utilizar Mapas na Gestão do Agronegócio**, 2018. Disponível em <<http://www.gatec.com.br/index.php/midia-gatec/blog-gatec/29-5-vantagens-de-utilizar-mapas-no-agronegocio.html>> Acesso em: 24 de Out. de 2019.

GLISTAU, E.; COELLO MACHADO, N. I. Industry 4.0, Logistics 4.0 and Materials - Chances and Solutions. **Materials Science Forum**, v. 919, p. 307–314, 2018.

JACTO. **Conheça os Principais Países Líderes em Produção Agrícola**, 2019. Disponível em < <https://blog.jacto.com.br/agricultura-mundial>> Acesso em: 19 de Out. de 2019.

JOHN DEERE. **Agricultura de Precisão**, 2019. Disponível em <<https://www.deere.com.br/pt/tecnologia-de-produtos/agricultura-de-precis%C3%A3o/>> Acesso em: 24 de Out. de 2019.

LAROSE, R. et al. Closing the rural broadband gap: Promoting adoption of the Internet in rural America. **Telecommunications Policy**, v. 31, n. 6–7, p. 359–373, 2007.

LINS, BERNARDO F. E. A EVOLUÇÃO DA INTERNET: Uma Perspectiva Histórica. **Cadernos ASLEGIS**, v. 48, janeiro/abril, 2013.

MARTINS, R. S. et al. Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, n. 1, p. 53–78, 2005.

MARTINS, R. S.; CAIXETA FILHO, J. V. Subsídios à tomada de decisão da escolha da modalidade para o planejamento dos transportes no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 3, n. 2, p. 75–96, 1999.

MOORI, R. G.; RIQUETTI, A. Estação de Transbordo de Cargas como Mediador da Logística de Fertilizantes. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 18, n. 6, p. 748–771, 2014.

PETRONI, B. C.; GLÓRIA JÚNIOR, I.; GONÇALVES, R. F. **Sistemas Ciber Físicos**. In: SACOMANO, J. B. et al. Org(s). **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. L. Survey Research Methodology in Management Information Systems: An Assessment. **Journal of Management Information Systems**, v.10, n.2, Autumn, p 75-105, 1993.

QUICENO, D. E. G. et al. Environmental impact of cloud computing and the internet of things. **Producción + Limpa**, v. 11, p. 1–7, 2016.

REIS, J. G. M. et al. **Qualidade em Redes de Suprimentos: A Qualidade Aplicada ao Supply Chain Management**. São Paulo: Atlas, 2015.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; SÁTYRO, W. C. **Internet das Coisas (IoT)**. In: SACOMANO, J. B.

et al. Org(s). **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SACOMANO, J. B.; SÁTYRO, W. C. **INDÚSTRIA 4.0: Conceitos e Elementos Formadores**. In:
SACOMANO, J. B. et al. Org(s). **Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SCHMIDTKE, N. et al. Technical potentials and challenges within internal logistics 4.0. Proceedings - GOL
2018: **4th IEEE International Conference on Logistics Operations Management**, p. 1–10, 2018.

SELEME, R. **Curso de análise e operações logísticas**. Curitiba: UFPR-Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção. 2011, p. 64 slides.

STRANDHAGEN, J. O. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances in
Manufacturing**, v. 5, n. 4, p. 359–369, 2017.

TEN HOMPEL, M.; KERNER, S. Logistik 4.0: Die Vision vom Internet der autonomen Dinge. **Informatik-
Spektrum**, v. 38, n. 3, p. 176–182, 2015.

VIERO, V. C.; SOUZA, R. S. Comunicação rural on line : promessa de um mundo sem fronteiras. **XLVI
Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia rural**, 2008.

WANG, K. Logistics 4.0 Solution. **International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation**,
v. 13, n. 2, p. 7, 2016.