



## Tecnologias habilitadoras para a agricultura 4.0 na cadeia de suprimentos visando a redução de desperdícios

*Enabling technologies for agriculture 4.0 in the supply chain aiming to reduce waste*

**Recebido:** 10 jan. 2022

**Aprovado:** 15 ago. 2022


**Versão do autor aceita publicada online:** 15 ago. 2022

**Publicado online:** 13 out. 2022


### Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA)

Kellermann, A. C. H., Kipper, L. M., Moraes, E. B., & Leivas, P. (jul./set. 2024). Tecnologias habilitadoras para a agricultura 4.0 na cadeia de suprimentos visando a redução de desperdícios. *Exacta*, 22(3), p. 668-696. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.21415>

---

Submeta seu artigo para este periódico 

**Processo de Avaliação:** *Double Blind Review*

**Editor:**  Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto




Dados Crossmark





## Tecnologias habilitadoras para a agricultura 4.0 na cadeia de suprimentos visando a redução de desperdícios


*Enabling technologies for agriculture 4.0 in the supply chain aiming to reduce waste*

 Ana Clara Hackenhaar Kellermann<sup>1</sup>  Liane Mählmann Kipper<sup>2</sup>  Eduardo Baldo Moraes<sup>3</sup>  
e  Pedro Leivas<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenharia de Controle e Automação na Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. Participa do Grupo de pesquisa de Sistemas e Processos Industriais. Santa Cruz do Sul, RS - Brasil 

<sup>2</sup> Profa. Liane Mählmann Kipper, Dra. Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – PPGSPI Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – PPGTA. Programa de Pós-Graduação em Psicologia – PPGPSI. Departamento de Ciências, Humanidades e Educação. Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC - Santa Cruz do Sul, RS – Brasil  [liane@unisc.br](mailto:liane@unisc.br)

<sup>3</sup> Cursando Engenharia de Produção na Universidade de Santa Cruz do Sul. Participa do Grupo de pesquisa de Sistemas e Processos Industriais. Santa Cruz do Sul, RS – Brasil 

<sup>4</sup> Cursando Engenharia de Produção na Universidade de Santa Cruz do Sul. Participa do Grupo de pesquisa de Sistemas e Processos Industriais. Santa Cruz do Sul, RS – Brasil 

### Nota dos Autores

Autores declaram que não há conflitos de interesses.

**Agradecimento:** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - processo 303934 / 2019



**Resumo:** O objetivo deste estudo foi identificar os desperdícios *Lean*, as tecnologias da Indústria 4.0 e em que áreas da cadeia de suprimentos agrícola estas tecnologias podem ser utilizadas para minimização dos desperdícios. Uma Revisão Sistemática da Literatura foi realizada utilizando a base de dados Scopus (Elsevier) e o protocolo PRISMA na triagem dos trabalhos. Ainda, os softwares Mendeley e SciMAT auxiliaram na análise dos documentos selecionados. A análise de 12 estudos indica que os desperdícios *Lean* mais citados, entre os anos de 2011 e 2021, foram perdas de processamento, mau gerenciamento de recursos e energia, produtos defeituosos, transporte, estoque, desinformação dos *stakeholders* e falta de transparência e rastreabilidade dos produtos nas cadeias de abastecimento. Ainda, as tecnologias apontadas para a mitigação desses contratemplos foram simulação, sensores, ferramentas de auxílio à tomada de decisão e análise de risco e *blockchain*.

**Palavras-chave:** agricultura 4.0, gerenciamento enxuto, desperdícios, cadeia de suprimentos, indústria 4.0

#### Enabling technologies for agriculture 4.0 in the supply chain aiming to reduce waste

**Abstract:** The aim of this study was to identify Industry 4.0 technologies that are being used in the agricultural supply chain to reduce losses. A Systematic Literature Review was carried out and, in its methodology, the authors, inspired by the 7 Lean wastes, raised the wastes found in the literature as well as the Industry 4.0 technologies, using the Scopus (Elsevier) database. The PRISMA protocol was used to screen the papers, and the Mendeley and SciMAT software assisted in the analysis of the selected documents. The analysis of 12 studies indicates that the most cited Lean wastes, between the years of 2011 and 2021, were processing losses, poor management of resources and energy, defective products, transportation, inventory, misinformation of stakeholders and lack of transparency and traceability of products in the supply chain. Still, the technologies pointed out for the mitigation of these setbacks were simulation, sensors, decision support tools and risk analysis and blockchain.

**Keywords:** agriculture 4.0, lean management, waste, supply chain, industry 4.0

## Introdução

A pesquisa sobre a união das técnicas da Indústria 4.0 (I4.0) com os conhecimentos agrícolas e a busca por respostas acerca das perdas nas cadeias de suprimentos neste âmbito são de grande relevância para o gênero humano, que vive em um planeta com uma finitude de meios de sobrevivência e o crescimento gradual de seus habitantes. A Agricultura 4.0 (A4.0) é um termo relacionado ao da Indústria 4.0, criado na Alemanha em 2011 (Ikeziri, Melo, Campos, Okimura, & Junior, 2020). Sott *et al.*, (2020) explicam que “as tecnologias habilitadoras da I4.0 auxiliam os fazendeiros no uso eficiente de recursos econômicos, humanos e tecnológicos, criando uma agricultura rastreável para fazer decisões baseadas em dados reais e com o mínimo efeito nocivo sobre o ambiente”. Isto se deve à utilização das tecnologias da I4.0, como a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial, a Manufatura Aditiva e outras empregadas com a finalidade de auxiliar nos processos das fazendas. Embora o conceito de Agricultura 4.0 seja diferente das concepções de Agricultura de Precisão, é indicado pelos autores que os métodos e tecnologias utilizados são parecidos e se adaptam às características do cultivo e do ambiente (Sott *et al.*, 2020). Dessa forma, neste trabalho os dois termos são considerados como sinônimos, junto com *Smart Agriculture*, assim como propõem Bolfe *et al.*, (2020), Albiero, Paulo, Junior, Santos & Melo(2020) e dos Reis *et al.*, (2020).

Neste artigo, a lacuna discutida foi a integração da Agricultura 4.0 com a cadeia de suprimento agrícola e o sistema de produção *Lean*, com a finalidade de estudar modos de diminuir os desperdícios nestas cadeias de suprimentos. Este é um problema que não foi discutido com profundidade, conforme sugerido por Sott *et al.*,(2020). É afirmado por estes autores em seu artigo “*Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends*” que não existe uma integração tecnológica estabelecida na cadeia de suprimentos agrícola para aperfeiçoar, entre outras características, a administração de perdas. Também, Vågsholm *et al.*, (2020) afirmam que a redução de desperdícios é uma abordagem viável para alcançar a sustentabilidade e a segurança alimentar. Assim, a questão de



pesquisa foi: como podemos verificar a produção científica referente ao uso das tecnologias da Indústria 4.0, para a minimização de desperdícios nos sistemas enxutos de produção, das cadeias de suprimento agrícola? Para responder esta questão, o objetivo deste estudo foi identificar os desperdícios *Lean*, as tecnologias da Indústria 4.0 e em que áreas da cadeia de suprimentos agrícola estas tecnologias podem ser utilizadas para minimização dos desperdícios. As respostas obtidas com esta pesquisa estão ordenadas de maneira que pesquisadores e indústria possam beneficiar-se delas para avançar suas ações de forma sustentável.

Assim, a harmonia entre as tecnologias da I4.0 e o modelo de produção *Lean* na cadeia de suprimentos agrícola pode ser um marco para a diminuição de perdas na agricultura e para o atenuamento de alguns desafios da humanidade, como as mudanças climáticas e o aquecimento global. Como fundamentado por Chapman *et al.*, (2020), a indústria está atualmente sendo desafiada, de modo que a complexidade da cadeia de suprimentos alimentar está sendo afetada pelos efeitos diretos e indiretos das mudanças climáticas na produção de ingredientes alimentares.

### Referencial Teórico

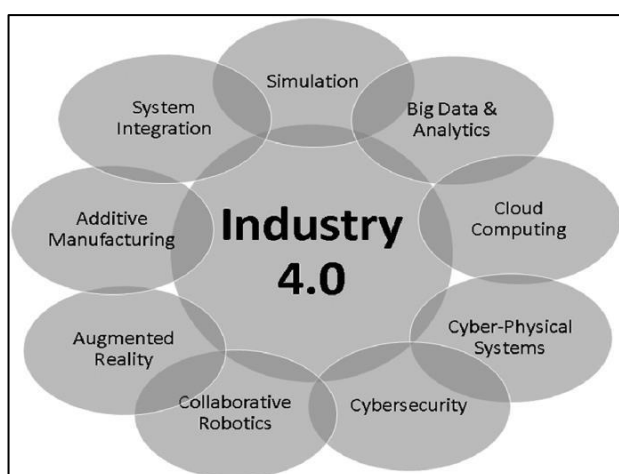
A idealização da Indústria 4.0 como o futuro da produção fabril iniciou em 2011 na Alemanha (Ikeziri *et al.*, 2020) e por se tratar da continuação da Terceira Revolução Industrial, também é conhecida por ser a Quarta Revolução Industrial. Assim como as outras revoluções foram marcadas por características específicas que aumentaram o nível de desenvolvimento dos processos industriais (mecanização, na Primeira Revolução Industrial, eletrização, na Segunda e automação na Terceira) a Quarta Revolução Industrial é marcada pela digitalização dos processos produtivos, por meio de tecnologias avançadas. ((Dalmarco, Ramalho, Barros, & Soares, 2019); (Albiero *et al.*, 2020)). Khan & Turouwski (2016) reconhecem que há várias definições para este conceito, e a definem como uma revolução possibilitada pela aplicação de tecnologias avançadas em nível de produção para trazer novos valores e serviços para os clientes e às próprias organizações. Dalmarco *et al.* (2019) define a I4.0 como um sistema produtivo autônomo, autorregulado, baseado em conhecimento e sensores, e

Albiero et al. (2020) como uma fusão do mundo físico, biológico e digital a partir de um conjunto de tecnologias avançadas.

É possível perceber ao analisar estas definições que, embora tenham suas diferenças, elas compartilham um ponto em comum: as tecnologias avançadas que possibilitam a consolidação da Indústria 4.0. Neste trabalho, estudaremos a união destas tecnologias com os conceitos Lean para a diminuição dos desperdícios na cadeia de suprimentos agrícola, portanto, se faz necessário apresentá-las aos leitores. Assim como existem muitas definições diferentes para o conceito de I4.0, há também muitas tecnologias que são citadas como tecnologias habilitadoras desta revolução. Os autores guiaram-se pelo estudo de Dalmarco, Ramalho, Barros & Soares (2019), que explicam que “o aumento da eficiência, a adição de valor aos produtos e serviços, a flexibilidade, a customização de serviços e o envolvimento e a lealdade dos clientes são as principais melhorias esperadas” com o arranjo das cadeias de suprimento em novos modelos de negócio com o uso conjunto das tecnologias da Indústria 4.0 (Dalmarco et al., 2019). A Figura 2 a seguir apresenta as tecnologias da Indústria 4.0 citadas por Dalmarco et al., (2019). Embora existam outras, como a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA), somente as citadas pelos autores serão utilizadas, para tornar o artigo mais conciso.

### Figura 2

*Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0.*



Fonte: Dalmarco et al. (2019).



A seguir, as tecnologias apresentadas na Figura 2 serão conceituadas:

- **Simulação:** Possibilita a virtualização do mundo real, podendo ser utilizada para a simulação de produtos, materiais e processos, facilitando o desenvolvimento de novas tecnologias e melhorias nos sistemas produtivos e a tomada de decisão ((*Dalmarco et al.*, 2019); (*Ikeziri et al.*, 2020))
- **Big Data:** Grupo de tecnologias capaz de interpretar, processar e analisar grandes quantidades de dados complexos, oriundos de diversos departamentos, de forma a criar informação de alta valia. Seu uso está relacionado ao auxílio à tomada de decisões com base em dados e otimização de operações ((*Serazetdinova et al.*, 2019); (*Dalmarco et al.*, 2019); (*Ikeziri et al.*, 2020)).
- **Computação em Nuvem:** Rede de sistemas hospedados em servidores presentes na internet, de forma que o acesso aos dados de uma empresa neste servidor pode ser feito em qualquer aparelho conectado a ele. Ou seja, permite o armazenamento e compartilhamento de dados de forma rápida e segura ((*Serazetdinova et al.*, 2019); (*Dalmarco et al.*, 2019); (*Ikeziri et al.*, 2020)).
- **Sistemas Cyber Físicos:** Componentes “inteligentes” da produção (máquinas, robôs, sensores) que trocam informações de forma autônoma e, dessa forma, possibilitam a integração dos processos e rastreamento das mercadorias. Podem ser utilizados na etapa da fabricação, estoque e até transporte dos produtos ((*Ikeziri et al.*, 2020); (*Dalmarco et al.*, 2019)).
- **Cyber segurança:** Serviços e tecnologias com o objetivo de proteger os sistemas industriais e as linhas de produção de possíveis ameaças cibernéticas. Por conta da crescente integração entre setores e processos, a falha em uma etapa da produção pode afetar a fábrica inteira e, por conta disso, esta característica é tão importante para a Indústria 4.0 ((*Ikeziri et al.*, 2020); (*Dalmarco et al.*, 2019)).

- Robótica Colaborativa: Robôs que operam em conjunto com seres humanos ou outros robôs em tarefas complexas e de maneira intuitiva, podendo aprender por meio de *Machine Learning* ((Dalmarco et al., 2019); (Ikeziri et al., 2020)).
- Realidade Aumentada: Dalmarco et al. (2019) indica em seu artigo que a realidade aumentada consiste na “interação entre o mundo real e informações virtuais a partir da combinação de elementos 3D com o ambiente da fábrica”. Ikeziri et al.(2020), por sua vez, sugere que esta tecnologia pode ser utilizada para auxiliar nos serviços de manutenção de máquinas e desenvolvimento de novos produtos e, ainda, Santos et al. (2018) afirmam que outra utilidade para a realidade aumentada é o treinamento de funcionários.
- Manufatura Aditiva: Mais conhecida como impressão 3D, a manufatura aditiva consiste em uma tecnologia que permite que objetos sejam impressos, a partir de camadas de diferentes materiais, evitando o desperdício de material e possibilitando a individualização dos produtos ((Ikeziri et al., 2020);(Dalmarco et al., 2019)).
- Integração de sistemas: De acordo com Dalmarco et al. (2019), a integração de sistemas consiste na integração de dados em todos os níveis de uma empresa e entre seus colaboradores da cadeia de suprimentos do produto.

A Agricultura 4.0, por sua vez, é entendida como um fenômeno em expansão que, de acordo com Albiero et al. (2020) “é uma tendência inevitável da qual não há retorno”. Caracterizada pelo uso das tecnologias da Indústria 4.0 para fins rurais, é entendida como uma adoção tecnológica com o objetivo de integrar os componentes da cadeia de valor agrícola (Sott et al., 2020). Albiero et al. (2020) também qualifica a A4.0 como a “digitalização dos fenômenos sociotécnicos associados aos agroecossistemas, análoga à que aconteceu nos sistemas urbanos e industriais”.

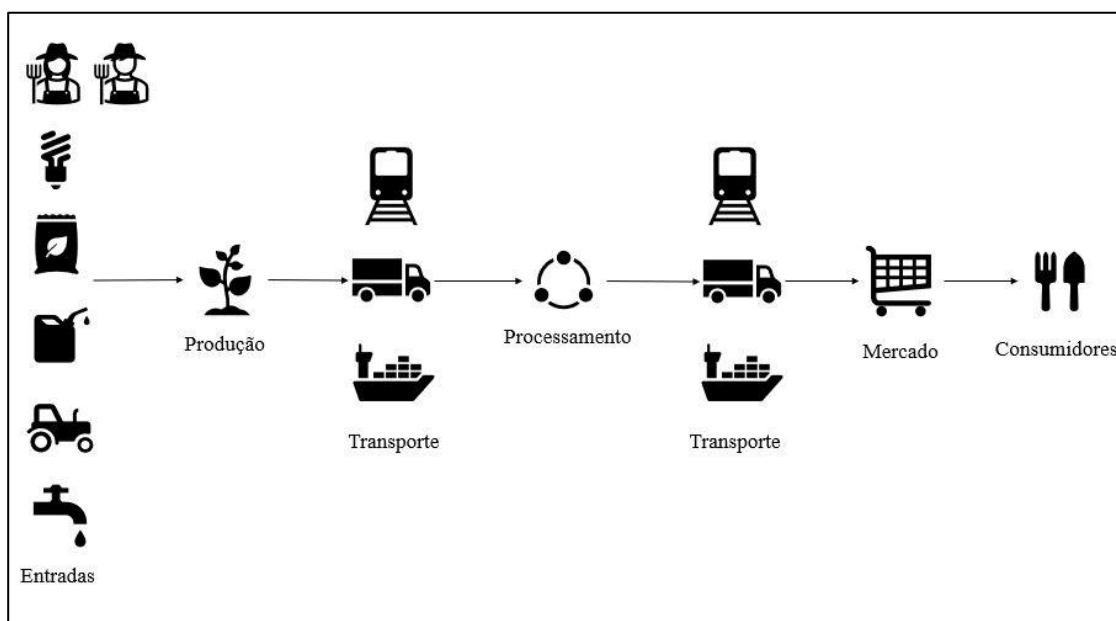
Ainda, outras duas concepções que necessitam ser esclarecidas para a melhor compreensão deste artigo, são as de cadeia de suprimentos e cadeia de valor. Segundo Ronaghi (2020), cadeias de suprimentos referem-se aos processos de design, engenharia, produção e distribuição de bens e serviços de provedores a consumidores. Do mesmo modo, Muflikh, Smith & Aziz (2021) declaram



que as cadeias de valor são modelos operacionais que compreendem um conjunto de atividades, instituições e entidades envolvidas na transformação, processamento e transporte, agregando valor ao produto ou ao serviço, entregando-o aos usuários finais e ao descarte após o uso. Estas cadeias unem seus integrantes dentro de suas esferas de atuação como, por exemplo: energia, trabalhadores, fornecedores, transportadores, vendedores, etc. ((Barbosa, 2021); (Leng, Bi, Jing, Fu, & Van Nieuwenhuysse, 2018);(Serazetdinova *et al.*, 2019)) como pode ser analisado na Figura 1. Essas ideias são interessantes para a análise da produção agrícola, pois auxiliam no entendimento da produção, distribuição e marketing das atividades agrônômicas, ajudando os pequenos agricultores na obtenção de um preço justo por seus produtos (Muflikh *et al.*, 2021)

**Figura 2**

*Estrutura genérica de uma cadeia de suprimentos agrícola*



Fonte: Adaptado de Muflikh *et al.* (2021).

A compreensão sobre o modelo de produção *Lean* nas cadeias de suprimentos agrícolas também é importante. Segundo Amjad, Rafique & Khan (2021), esta perspectiva sempre ajudou a melhorar a performance da produção com a eliminação de desperdícios dos processos. Os desperdícios aqui discutidos são: defeitos, superprodução, tempo de espera, mão de obra pouco

utilizada, transporte, inventário, deslocamento e extra processamento, ou seja, interferem diretamente nas cadeias de suprimentos e de valor de um empreendimento, seja ele agrícola ou de outra ordem (Caicedo Solano, García Llinás, Montoya-Torres, & Ramirez Polo, 2020). Ainda, destaca-se que o modelo de produção *Lean* consiste na implementação de padrões baseados na eliminação de gargalos e processos sem margem de lucro e a minimização de processos e custos excessivos (Carrera *et al.*, 2012).

A seguir, os desperdícios *Lean* apresentados serão conceituados, de acordo com Vaz *et al.* (2011), citando Womack & Jones (1992) e sendo corroborados por Gupta & Jain (2013) e Leksic, Stefanic & Veza (2020):

- Sobreprodução – Produção desmedida, ou seja, quando se produz mais do que o necessário, gerando estoques.
- Espera - Tempo em que a matéria-prima, equipamento ou funcionário está esperando para entrar em produção.
- Transporte - Movimentações desnecessárias de insumos entre operações desde o fornecedor até o cliente final.
- Sobreprocessamento – Etapas da fabricação ou esforços dos funcionários que não agregam qualquer valor ao produto.
- Inventário ou Estoque – Pode representar uma grande quantidade de diferentes problemas na produção, envolvendo paradas não planejadas nos processos.
- Movimentação – Relacionado com as movimentações dispensáveis dos operadores, que não agregam valor ao produto e desperdiçam tempo de trabalho.
- Produtos defeituosos – Geram custos de averiguação e reparo e podem causar perdas por descarte de material. Ainda, originam o risco de perda de fidelidade de clientes, visto que demonstram a baixa qualidade do processo.

Após alguns anos de análise e estudo sobre os desperdícios *Lean*, foi estabelecida uma nova categoria de perda: a força de trabalho subutilizada ((Locher, 2008); (Amjad *et al.*, 2021); (Khan &



Turowski, 2016); (Caicedo Solano *et al.*, 2020)). Esta perda se caracteriza pela exclusão do capital intelectual das pessoas que trabalham no chão de fábrica, que não são incluídas no planejamento de melhorias para os processos em que atuam diariamente.

### Metodologia

A metodologia utilizada na elaboração deste estudo foi a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que, de acordo com Biolchini, Mian, Natali & Travassos (2005), “segue uma sequência estrita e bem definida de etapas metodológicas, de acordo com um protocolo desenvolvido a priori”. A Revisão Sistemática da Literatura deste artigo está organizada de acordo com o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Prisma, 2009), que também foi utilizado nos estudos de Moher *et al.*, (2015), Stewart *et al.*, (2015) e McInnes *et al.*, (2018). O protocolo PRISMA propõe, além de um *checklist* de 27 itens, um fluxograma de quatro etapas: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. (Moher *et al.*, 2009). Para este estudo o PRISMA foi adaptado de acordo com a necessidade metodológica que era a escolha de documentos para análise qualitativa dando resposta às questões descritas a seguir.

As seguintes perguntas de pesquisa foram elaboradas, a fim de orientar os autores em sua busca por respostas:

*Q1: Quais são os desperdícios Lean na cadeia de suprimentos agrícola?*

*Q2: Quais são as tecnologias habilitadoras para a Agricultura 4.0 que estão sendo utilizadas para reduzir estes desperdícios?*

*Q3: Em que áreas da cadeia de suprimentos agrícola estas tecnologias podem ser utilizadas?*

A base de dados Scopus (Elsevier) foi selecionada para a realização da pesquisa apresentada neste artigo, pois ela é a base de dados que supre melhor as necessidades dos autores nesta pesquisa. Em relação ao período que iria englobar as publicações pesquisadas, foi optado pelo período de 2011 a 2021, porque 2011 foi o ano em que a ideia de Indústria 4.0 foi concebida, e 2021 ser o ano atual que, apesar de estar no início no momento da pesquisa, já pode apresentar alguns

resultados relevantes à busca. A área escolhida para a busca foi somente a da agricultura, a fim de evitar que vários trabalhos não relacionados ao assunto deste estudo sejam incluídos nos resultados da pesquisa.

A seguir, as palavras-chave que seriam utilizadas nas buscas foram selecionadas. Em primeiro lugar, foram escolhidos os termos relativos às tecnologias da Indústria 4.0 que poderiam ser empregadas na Agricultura 4.0.

A Tabela 1 apresenta os sinônimos escolhidos para as palavras-chave referentes às técnicas da I4.0.

**Tabela 1**

*Sinônimos*

Palavra-Chave	Sinônimos	Referências
Simulation	“Virtual environment”	(Persson, 2017)
Big Data & Analytics	Sem sinônimos	
Cloud Computing	Sem sinônimos	
Cyber-Physical Systems	“Cyber-physical system”; “embedded system”	(Plaza, Díaz, & Pérez, 2018)
Cybersecurity	“Cyber security”; “blockchain”; “block chain”	(Jalali, Razak, Gordon, Perakslis, & Madnick, 2019)
Collaborative Robotics	“Robots”	
Augmented Reality	“Virtual reality”; “VR”	(Brum & Rieder, 2015)
Additive Manufacturing	“3D printing”	(Ramola, Yadav, & Jain, 2019)
System Integration	Sem sinônimos	

Fonte: Autores (2021).

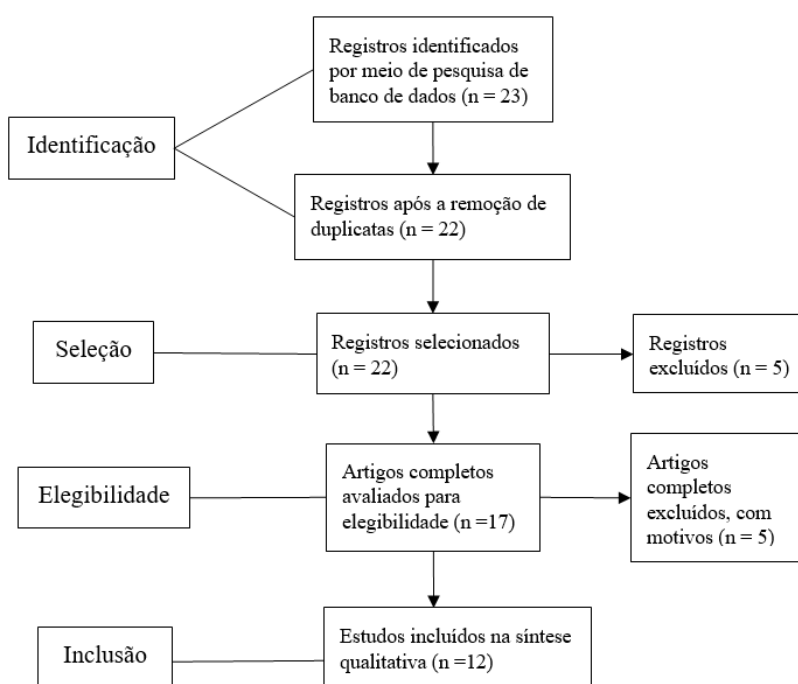
Em seguida, as palavras-chave alusivas à área da agricultura foram escolhidas. Os autores ponderaram juntos e reuniram as palavras “agricultur\*”, “agricultur\* 4.0” e “farm\*”. A partir disso, buscaram em artigos da área outros termos que pudessem atuar como sinônimos destas palavras, e por fim encontraram os termos “agri-tech” (Rose, Wheeler, Winter, Lobley, & Chivers, 2021), “agri-food” (Almadani & Mostafa, 2021), “smart agriculture” (Filev Maia, Ballester Lurbe, Agrahari Baniya, & Hornbuckle, 2020) e “precision agriculture” (Monteleone *et al.*, 2020). Ainda, unindo as palavras da área da agricultura com algumas tecnologias da I4.0, chegou-se aos termos “simulated farms” e

“virtual farms”. A seguir, foram reunidos os termos relacionados com as cadeias de abastecimento e o modelo de produção *Lean*. Nesta etapa, chegou-se às palavras-chave “lean”, “lean management”, “lean production”, “supply chain” e “value chain”. Este conjunto de palavras, reunidas pelos autores, tem uma importância especial para a pesquisa, de forma que as cadeias de abastecimento são as áreas de ocorrência das perdas na produção, enquanto o modelo de produção *Lean* visa diminuir estes desperdícios.

Finalmente, as palavras-chave relacionadas às perdas da cadeia de suprimento foram reunidas. Após uma reflexão sobre o tema, os autores do artigo escolheram os termos “wast\*”, “loss” e “residue”. A junção de todos os termos reunidos das áreas mencionadas formou um conjunto de 9 strings de pesquisa, cada uma relacionada a uma tecnologia da I4.0. Depois das buscas, foi utilizado o protocolo PRISMA adaptado para as triagens qualitativa e quantitativa dos artigos obtidos. A Figura 3 apresenta o resultado da triagem dos documentos a serem analisados de forma qualitativa, a partir do uso do protocolo PRISMA adaptado

**Figura 3**

*Triagem dos documentos para análise qualitativa.*



Fonte: Adaptado de Galvão, Pansani, Harrad (2015).

Foram encontrados 22 artigos que abordam o tema tecnologias habilitadoras para a agricultura 4.0, sendo dentre esses 11 relacionados à Simulação, 1 ao *Big Data*, 7 à Robótica Colaborativa, 2 à Cyber segurança e 1 artigo relacionado à Simulação e Robótica Colaborativa. Estes artigos foram submetidos a uma triagem no software Mendeley para a busca de duplicatas. Este software foi escolhido por conta de sua interface intuitiva e consequente facilidade ofertada ao usuário para a organização de referências. Com isso, foi encontrado 1 artigo duplicado, que estava presente nos resultados relacionados à Simulação e Robótica Colaborativa.

Após a triagem na busca de duplicatas, os artigos foram analisados em seus resumos e palavras-chave, de modo que as palavras presentes nas strings de pesquisa fossem encontradas nesses locais. Nesta etapa, 5 artigos foram excluídos, pela ausência das palavras das strings no resumo e palavras-chave. Com isso, 17 artigos restaram para a análise do texto completo.

No próximo passo, foi investigado se o conteúdo apresentado nos artigos combinava com o objetivo da nossa pesquisa. Nela, 5 artigos foram descartados, por citarem o assunto da cadeia de abastecimento agrícola, mas não os desperdícios e as tecnologias da Indústria 4.0. Por fim, o número de artigos para as análises quantitativa e qualitativa foi de 12 unidades.

Na próxima seção, serão apresentados e discutidos resultados das análises quantitativa e qualitativa.

### Análise dos Resultados

Examinando o conteúdo obtido na pesquisa, percebe-se que 10 dos 12 trabalhos selecionados na etapa de Inclusão são trabalhos teóricos e 2 são estudos práticos. Além disso, em 7 artigos os autores elaboraram uma sessão de sugestões para trabalhos futuros, e em relação aos anos de lançamento, em 2017 e 2020 ocorreram mais publicações (3) do que nos outros anos, que tiveram uma ou duas publicações.

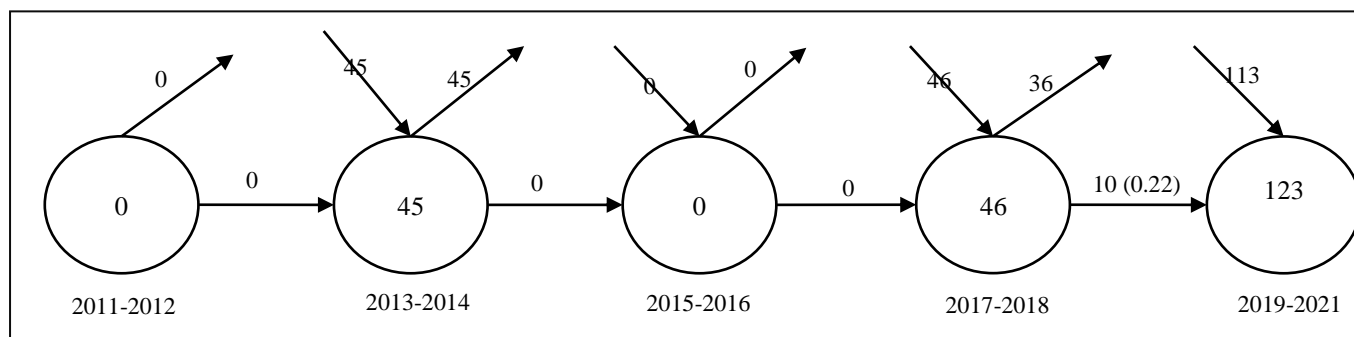
O próximo passo a ser seguido na análise foi o uso da ferramenta cientométrica denominada SciMAT (Cobo, López-Herrera, Herrera-Viedma, & Herrera, 2012). Este software foi selecionado por

ser muito conveniente para a análise bibliométrica de artigos, unindo-os, examinando as palavras-chave por período e criando gráficos de fácil interpretação para a análise dos resultados.

A utilização do SciMAT na análise dos artigos ocorreu da seguinte forma: inicialmente, os estudos foram adicionados no software e processados, agrupando as palavras-chave e garantindo que estas não estivessem duplicadas. Em seguida, estes conjuntos foram novamente analisados, de forma que não existissem grupos iguais. A seguir, foram elaborados os períodos que compreenderiam os trabalhos. Foram criados cinco períodos: 2011-2012, 2013-2014, 2015-2016, 2017-2018 e 2019-2021. A utilização de períodos auxilia os pesquisadores na análise da evolução dos temas de acordo com as palavras-chave utilizadas em cada intervalo estabelecido. Assim, os dados inseridos no software foram analisados, e os resultados são apresentados nas imagens a seguir. A Figura 4 apresenta o esquema da evolução no tempo das palavras-chave.

#### Figura 4

*Evolução do número de palavras-chave*



Fonte: Adaptado da análise no SciMAT (Cobo *et al.*, 2012).

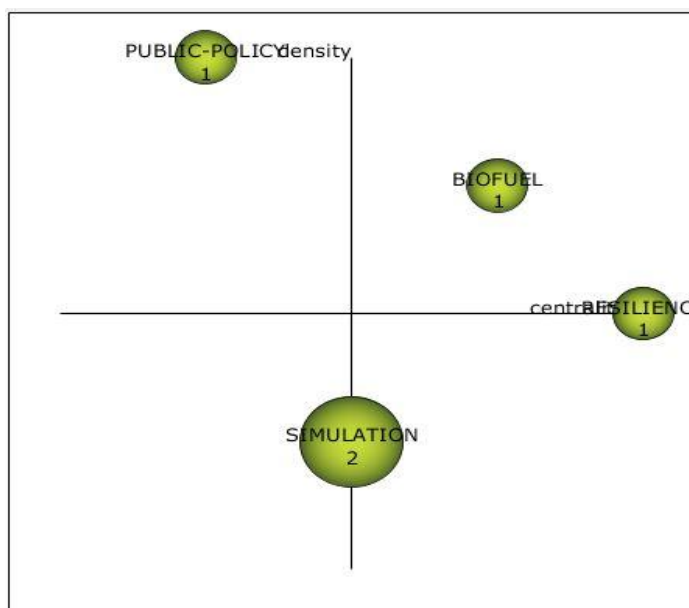
Examinando a Figura 4, é perceptível a movimentação das palavras-chave ao longo dos dez anos do período das buscas. O período de 2011-2012, por ser o marco inicial da discussão sobre a Indústria 4.0, mas observa-se que não existem artigos publicados sobre o tema na área da agricultura. Já no intervalo de 2013-2014, que possuía dois trabalhos, ocorreu a adição de 45 termos, que posteriormente foram removidos das pesquisas e não prosseguiram para o período posterior (2015-2016), que iniciou com nenhuma palavra-chave e assim terminou, por não conter nenhum artigo sobre o tema pesquisado. No período subsequente, de 2017-2018, 46 termos começaram a ser

utilizados e 36 foram excluídos, fazendo com que o momento de 2019 até 2021 iniciasse com 10 palavras-chave. A estes termos iniciais, foram adicionadas mais 113 palavras, de forma que no momento presente existem 123 palavras-chave sendo utilizadas nas pesquisas sobre o tema desta RSL. Estes resultados revelam que publicações nesta área e com o enfoque deste artigo são recentes.

Continuando a análise dos resultados obtidos no SciMAT, chega-se ao momento de examinar os gráficos obtidos sobre características como centralidade e densidade das palavras-chave dos grupos inseridos na plataforma. Os períodos que geraram resultados mais relevantes a serem mostrados neste artigo foram os de 2017-2017 e 2019-2021, por conta da continuidade do uso de palavras-chave existente nestas etapas. A Figura 5 a seguir mostra o gráfico do período de 2017-2018, onde são visíveis detalhes interessantes para a análise.

**Figura 5**

*Centralidade e Densidade de temas no período de 2017-2018*



Fonte: Gerado a partir da análise do SciMAT (Cobo *et al.*, 2012).

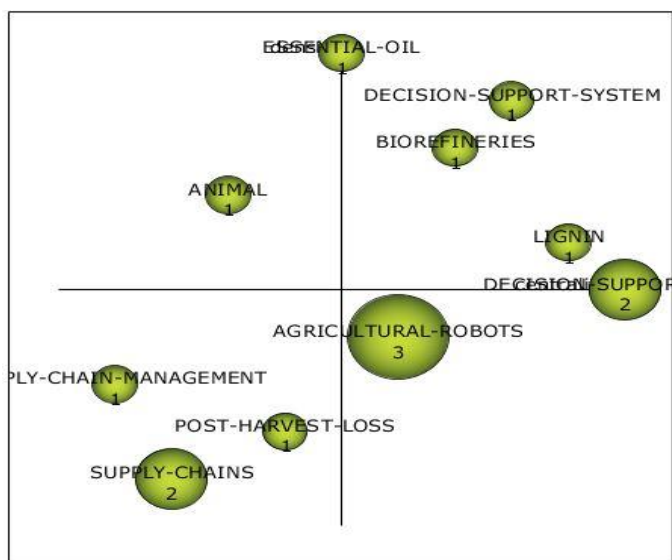
Observando a figura 5, percebe-se que neste intervalo a discussão sobre a tecnologia de Simulação estava iniciando, uma vez que a palavra “SIMULATION” se encontra na seção inferior do gráfico. Ainda, discussões sobre resiliência das lavouras (“RESILIENCY”), políticas públicas (“PUBLIC



POLICY”) e biocombustíveis (“BIOFUEL”) também ocorreram nos artigos sobre o tema publicados neste período. A Figura 6 a seguir apresenta o gráfico alusivo ao período de 2019-2021.

**Figura 6**

*Centralidade e Densidade de temas no período de 2019-2021*



Fonte: Gerado a partir da análise do SciMAT (Cobo *et al.*, 2012)

Neste período, a quantidade de palavras-chave é maior, como visto anteriormente. Primeiramente, pode-se reconhecer a presença dos termos referentes às cadeias de suprimento e valor “SUPPLY-CHAINS” e “SUPPLY CHAIN MANAGEMENT” no terceiro quadrante do gráfico. As palavras como “DECISION-SUPPORT-SYSTEM”, “DECISION-SUPPORT-TOOLS” e “AGRICULTURAL ROBOTS”, que se referem às tecnologias utilizadas para a redução de desperdícios nas cadeias de suprimento agrícolas, também são visíveis no gráfico, posicionadas no primeiro e quarto quadrantes. Examinando estas palavras-chave e suas respectivas localizações, interpreta-se que os termos alusivos às cadeias de suprimento se encontram em ascensão nas pesquisas sobre o tema, enquanto as palavras relacionadas às tecnologias citadas que estão na parte superior do gráfico já foram mais desenvolvidas, com exceção de “AGRICULTURAL-ROBOTS” que, embora se encontre na parte inferior do gráfico, possui alta densidade. Além disso, a palavra “BIREFINERIES” também merece atenção, visto que ela representa a continuidade da discussão sobre biocombustíveis vista no gráfico anterior,

assim como o termo “POST-HARVEST-LOSS”, o qual a aparição no quarto quadrante representa que a discussão sobre perdas nas cadeias de suprimento agrícola iniciou no período de 2019-2021.

Tendo os resultados das análises quantitativas apresentados, chega-se o momento de mostrar os resultados da análise qualitativa, ou seja, que foram obtidos com a leitura e interpretação dos artigos obtidos na pesquisa, e a posterior discussão e síntese dos resultados.

A fim de responder as duas primeiras perguntas de pesquisa (Q1 e Q2), a Tabela 2 a seguir resume os resultados obtidos na análise qualitativa dos artigos.

### Tabela 2

*Desperdícios e tecnologias da Indústria 4.0 mais apontados pelos autores*

<b>Autores</b>	<b>Desperdícios</b>	<b>Tecnologias</b>
(Berruto, Busato, Bochtis, & Sørensen, 2013)	Transporte/logística; Mão de obra.	Simulação
(Welfle, Gilbert, & Thornley, 2014)	Estoque e Produtos defeituosos	Simulação
(Dizyee, Baker, & Rich, 2017)	Processo e produtos defeituosos	Simulação
(Manikas, Sundarakani, & John, 2017)	Processo e Má utilização do capital humano	Simulação
(Maheshwari, Singla, & Shastri, 2017)	Estoque de biomassa; Transporte de insumos de biomassa para a produção de biogás; Equipamento subutilizado; Manutenção do sistema durante a estação de não uso	Simulação
(Petig, Rudi, Angenendt, Schultmann, & Bahrs, 2019)	Transporte, movimentação	Simulação
(Serazetdinova <i>et al.</i> , 2019)	Cadeia de Abastecimento/Valor fragmentada - menor eficiência (gado de corte); Lavouras não ou parcialmente automatizadas geram menor produtividade; Falta de transparência e rastreabilidade sobre a proveniência da comida; Falta de entendimento sobre as necessidades dos consumidores; Especialização em uma só cultura; Insegurança dos fazendeiros para adotar as tecnologias; Falta de instrutores para ensinar os <i>stakeholders</i> a usar as tecnologias.	Sensores; <i>Big Data</i> ; Plataformas digitais; Robôs; Simulação; <i>Machine Learning</i> ; Ferramentas de Gerenciamento de Risco.
(Makkar & Costa, 2020)	Desperdício de alimentos; Desinformação dos <i>stakeholders</i> sobre o status total das transações das cadeias de abastecimento/valor; Atraso de entregas nas cadeias de suprimentos de laticínios; Contaminação de alimentos; Falta de transparência e rastreabilidade na	<i>Blockchain</i> , Internet das Coisas (IoT); Sensores e Câmeras;



Autores	Desperdícios	Tecnologias
	cadeia de valor/abastecimento de alimentos/rações; mau uso de recursos naturais; má prevenção contra impactos climáticos;	
(Caicedo Solano <i>et al.</i> , 2020)	Mau gerenciamento de custos em relação a trabalhadores, uso de água e maquinários; Falhas no plantio e manutenção das lavouras; Erros de planejamento no cuidado das lavouras;	Simulação; Ferramentas de auxílio à tomada de decisão;
(Stathers <i>et al.</i> , 2020)	Desperdícios de pós-colheita; Ataques de pestes; Aumento de danos; Decomposição; Quebra; Contaminação por toxinas; Redução da viabilidade das sementes; Deterioração do teor de nutrientes ou valor econômico	Intervenções tecnológicas nos estoques.
(Barbosa, 2021)	Volatilidade dos preços dos alimentos; Variabilidade controlada pelo clima; Perecibilidade dos alimentos; má gestão da energia; Desperdícios de recursos (água e fertilizantes); Desperdícios devido à incompleta conversão ou processamento de materiais na cadeia de abastecimento, da produção nas lavouras até o consumo dos alimentos;	Técnicas de avaliação de risco; <i>Blockchain</i> ; Logística Reversa;
(Zaccardelli <i>et al.</i> , 2021)	Estoque	Sem proposição de uso de tecnologia da Indústria 4.0

A seguir, a Tabela 3 sintetiza os desperdícios mais citados pelos autores na tabela anterior, e a Tabela 4 faz o mesmo com as tecnologias da Indústria 4.0. É necessário destacar que há autores que relatam mais de uma perda e mais de uma técnica para minimizá-la. Assim, os dados serão organizados pela quantidade de vezes em que estes são citados, de forma que a posterior discussão sobre eles seja mais fluida.

Tabela 3

Quantidade de vezes que as perdas são citadas pelos autores nos documentos analisados.

Desperdício	Quantidade de citações
Espera	1
Transporte	3
Processamento	15
Estoque	3
Movimentação	1
Produtos defeituosos	6
Manutenção	1
Volatilidade de preços dos alimentos	1
Variabilidade de resultados de acordo com o clima	1
Mau gerenciamento de recursos (humanos, naturais, monetários, equipamentos) e energia	8
Automação nula ou parcial	1
Desinformação dos stakeholders	2
Especialização em uma só cultura	1
Erros no planejamento/gerenciamento do plantio e manutenção das lavouras	1

Fonte: Autores (2021).

Neste acervo de perdas existentes em cadeias de suprimentos citadas pelos autores, o desperdício de processo foi citado quinze vezes, o de mau gerenciamento de recursos e energia recebeu oito citações, o de produtos defeituosos foi citado seis vezes, os de transporte e estoque foram citados três vezes e os relativos à desinformação dos stakeholders e à falta de transparência e rastreabilidade dos produtos nas cadeias de suprimento foram citados duas vezes. Dessa forma, são sete os principais desperdícios das cadeias de suprimento agrícola indicados pelos autores dos artigos do período especificado. A seguir, serão mostradas as tecnologias da Indústria 4.0 citadas pelos autores como as melhores para atuar na minimização destas perdas.



Tabela 4

Quantidade de vezes que as tecnologias da Indústria 4.0 são citadas pelos autores

Tecnologias	Número de artigos
Simulação	8
Robótica Colaborativa	1
Big Data	1
Sensores (incluindo câmeras)	4
Ferramentas de auxílio à tomada de decisões e análise de risco	3
Blockchain	2
Internet das Coisas (IoT)	1
Plataformas digitais (aplicativos)	1
Digitalização (intervenção tecnológica)	1
Machine Learning	1

Fonte: Autores (2021).

Examinando a Tabela 4, identifica-se que a Simulação foi a técnica da I4.0 mais citada pelos autores, com oito citações. Em seguida, estão os sensores (incluindo câmeras), com quatro citações e, após, as ferramentas de auxílio à tomada de decisões e análise de risco, com três citações. Por fim, a última tecnologia da Indústria 4.0 que foi mais citada pelos autores foi a tecnologia de *Blockchain*, com duas citações. As demais receberam uma citação cada. Agora, os dados apresentados serão organizados e discutidos.

Em resposta à primeira pergunta de pesquisa (Q 1 - *Quais são os desperdícios Lean na cadeia de suprimentos agrícola?*), tem-se que as perdas correspondentes aos desperdícios do modelo de produção *Lean* mais abordadas pelos autores no período pesquisado são:

- Processamento;
- Mau gerenciamento de recursos e energia;
- Produtos defeituosos;
- Transporte;
- Estoque;
- Desinformação dos *Stakeholders*;
- Falta de transparência e rastreabilidade sobre a origem dos produtos nas cadeias de suprimento agrícolas.

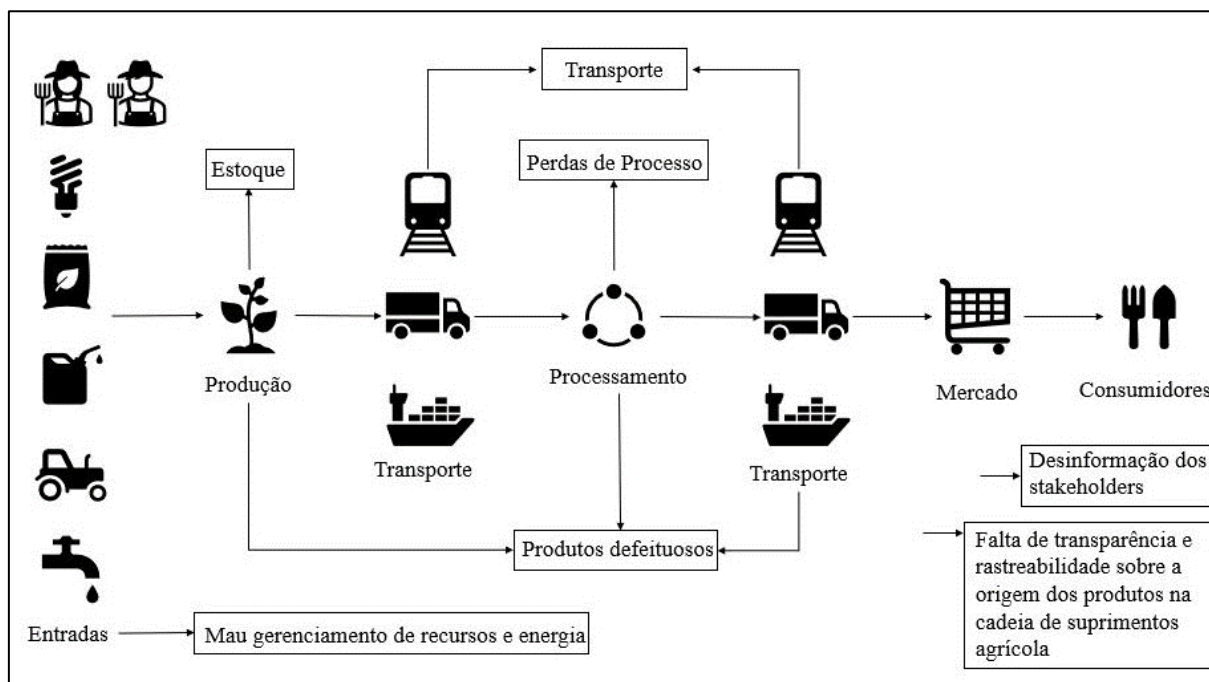
Partindo para a resposta da segunda pergunta de pesquisa (Q2 - *Quais são as tecnologias habilitadoras para a Agricultura 4.0 que estão sendo utilizadas para reduzir estes desperdícios?*), as tecnologias mais citadas e utilizadas pelos autores na minimização das perdas nas cadeias de suprimento agrícolas foram:

- Simulação;
- Sensores;
- Ferramentas de apoio à tomada de decisões e análise de risco;
- *Blockchain*.

A seguir, a fim de responder a terceira pergunta de pesquisa (Q3 - *Em que áreas da cadeia de suprimentos agrícola estas tecnologias podem ser utilizadas?*) a figura 7 apresentará os locais mais recorrentes das perdas citadas nas cadeias de suprimento agrícolas. Com isso, será possível tratar destas contrariedades com maior entendimento.

### Figura 7

*Locais dos desperdícios na cadeia de suprimentos agrícola*



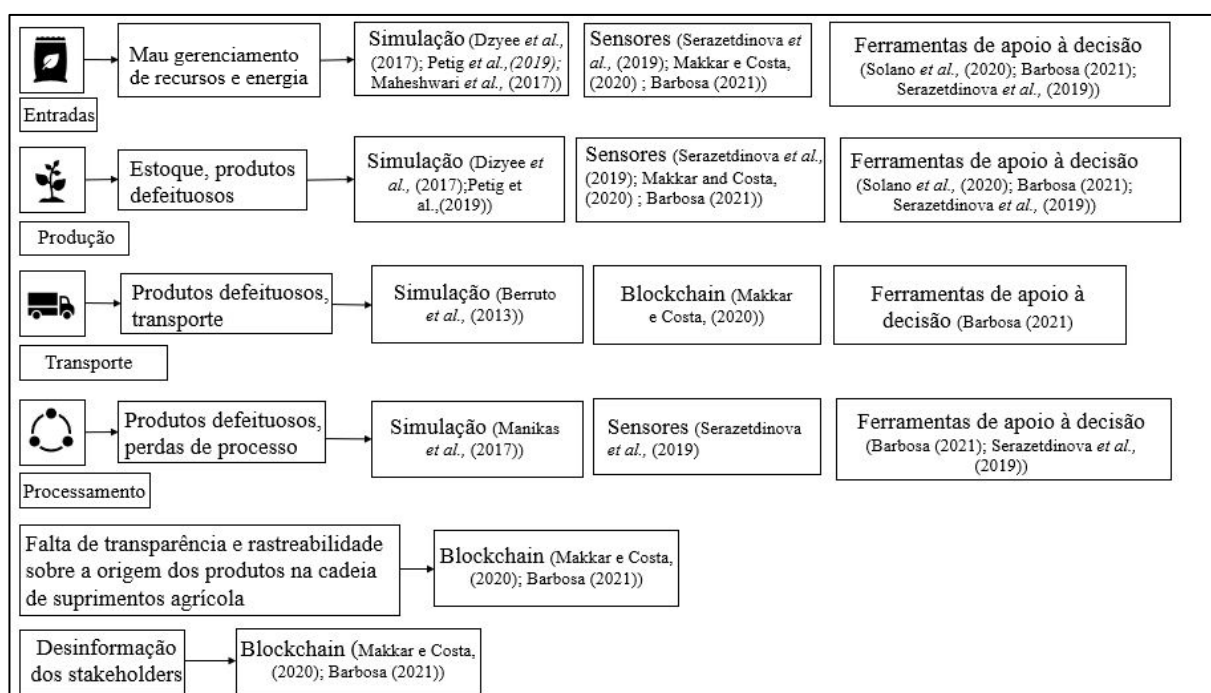
Fonte: Autores (2021).



Analisando a figura 7, percebe-se que no setor inicial da cadeia de suprimentos agrícola, correspondente aos insumos, pode ocorrer o mau gerenciamento de recursos e energia, enquanto na etapa da produção, do transporte e do processamento há o risco da ocorrência de desperdícios por conta de produtos defeituosos. Ainda na produção, existe também a chance de perdas correspondentes à estocagem de produtos. No transporte, perdas relacionadas ao transporte (atrasos, manutenção dos veículos, combustíveis, etc.) e na indústria (processamento), perdas relacionadas aos processos. Ainda, existem perdas que podem ocorrer ao mesmo tempo em toda a cadeia de suprimentos, e isso faz com que suas minimizações sejam essenciais para o funcionamento mais perfeito possível do processo. Estas perdas são a falta de transparência e rastreabilidade sobre a origem dos produtos na cadeia de suprimentos agrícola e a desinformação dos *stakeholders* e, por conta da sua abrangência, estão posicionadas no canto inferior da imagem. A seguir, a figura 8 apresentará os principais desperdícios e seus locais de ocorrência, assim como as tecnologias mais relevantes na diminuição destas perdas.

**Figura 8**

*Desperdícios agrícolas, seus locais de ocorrência e tecnologias para a resolução*



Fonte: Autores (2021)

A figura 8 mostra uma visão geral dos problemas e soluções que podem existir em uma cadeia de suprimentos agrícola. Ela facilita o entendimento sobre a utilização das tecnologias em cada área da cadeia, e conseqüentemente a aplicação delas na resolução dos desperdícios encontrados. Nota-se que nos setores das entradas, da produção e do processamento as tecnologias da Indústria 4.0 utilizadas na minimização das perdas são as mesmas (Simulação, Sensores, Ferramentas de apoio à decisão). No setor de transporte, a tecnologia de *blockchain* substitui os sensores, tornando o rastreamento dos produtos mais sofisticado. Esta técnica também é utilizada para resolver a falta de transparência e rastreabilidade dos produtos na cadeia de suprimentos e a desinformação dos *stakeholders*.

Perante os resultados encontrados, pode-se entender que a lacuna de pesquisa foi preenchida. Considerando o trabalho de Sott *et al.* (2020), que sugeriu uma pesquisa sobre a adoção de mudanças nos processos e nas tecnologias utilizadas no setor agrícola, a fim de modernizar este ramo e diminuir custos e perdas, pode-se concluir que os resultados deste trabalho representam um início ao processo de implementação das *smart farms*, de forma que estes sintetizam os problemas e soluções a serem estudados e implementados na agricultura. Em relação à lacuna de Vågsholm *et al.*, (2020), a união das tecnologias da I4.0 citadas com o conhecimento *Lean* sobre desperdícios irá aumentar a sustentabilidade dos processos agrícolas, e conseqüentemente a segurança alimentar dos territórios onde forem aplicados.

### Considerações Finais

Nesta Revisão Sistemática da Literatura, objetivou-se identificar os desperdícios *Lean*, as tecnologias da Indústria 4.0 e em que áreas da cadeia de suprimentos agrícola estas tecnologias podem ser utilizadas para minimização dos desperdícios. Guiados por três perguntas de pesquisa (Q1: *Quais são os desperdícios Lean na cadeia de suprimentos agrícola?*; Q2: *Quais são as tecnologias habilitadoras para a Agricultura 4.0 que estão sendo utilizadas para reduzir estes desperdícios?*; Q3: *Em que áreas da cadeia de suprimentos agrícola estas tecnologias podem ser utilizadas?*), os autores utilizaram da base de dados Scopus (Elsevier), do protocolo PRISMA e do software cientométrico SciMAT para a obtenção dos melhores resultados possíveis.





Ao fim das buscas, os autores chegaram à conclusão de que os principais desperdícios das cadeias de suprimentos agrícola são perdas de processamento, mau gerenciamento de recursos e energia, estoque, transporte, produtos defeituosos, falta de transparência e rastreabilidade sobre a origem dos produtos na cadeia de suprimentos agrícola e desinformação dos *stakeholders*. Ainda, os locais destas perdas foram identificados, assim como as principais tecnologias para minimizá-los: simulação, sensores e câmeras, ferramentas de auxílio à tomada de decisão e análise de risco e *blockchain*. Estes resultados podem se caracterizar tanto como contribuições teóricas, auxiliando outros pesquisadores em futuras Revisões Sistemáticas da Literatura sobre o assunto, visto que encontram-se reunidos neste artigo, apresentando o problema do desperdício e apontando possíveis soluções, tanto como contribuições práticas, atuando como um ponto de início à estudos de caso sobre diminuições de desperdícios na cadeia de suprimento agrícola, e auxiliando os desenvolvedores destas tecnologias a refinar ainda mais seus produtos para a finalidade da redução de desperdícios.

Os autores sugerem que este trabalho possa auxiliar na diminuição dos desperdícios das cadeias de suprimentos agrícolas e mostre a utilidade das tecnologias da Indústria 4.0 em uma área não industrial. Como sugestão para trabalhos futuros, é indicada a continuação deste trabalho em um estudo de caso, a fim de confirmar a efetividade dos resultados obtidos, assim como uma nova RSL sobre o tema, dando continuidade a esta pesquisa.

### Referências

- Albiero, D., Paulo, R. L. D., Junior, J. C. F., Santos, J. D. S. G., & Melo, R. P. (2020). Agriculture 4.0: a terminological introduction. [Article]. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(5), 1-8.
- Almadani, B., & Mostafa, S. M. (2021). IIoT based multimodal communication model for Agriculture and Agro-Industries. [Article]. *IEEE Access*.
- Amjad, M. S., Rafique, M. Z., & Khan, M. A. (2021). Leveraging Optimized and Cleaner Production through Industry 4.0. [Article]. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 859-871.
- Barbosa, M. W. (2021). Uncovering research streams on agri-food supply chain management: A

- bibliometric study. [Article]. *Global Food Security*, 28.
- Berruto, R., Busato, P., Bochtis, D. D., & Sørensen, C. G. (2013). Comparison of distribution systems for biogas plant residual. [Article]. *Biomass and Bioenergy*, 52, 139-150.
- Biolchini, J., Mian, P. G., Natali, A. C. C., & Travassos, G. H. (2005). Systematic review in software engineering. *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES, 679(05)*, 45.
- Bolfe, É. L., Jorge, L. A. C., Sanches, I. D., Júnior, A. L., Costa, C. C. D., Victoria, D. C., et al. (2020). Precision and digital agriculture: Adoption of technologies and perception of Brazilian farmers. [Article]. *Agriculture (Switzerland)*, 10(12), 1-16.
- Boobalan, P., Ramu, S. P., Pham, Q.-V., Dev, K., Pandya, S., Maddikunta, P. K. R., et al. (2022). Fusion of Federated Learning and Industrial Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 212, 109048.
- Brum, M. R., & Rieder, R. (2015). *Virtual Reality Applications for Smart Cities in Health: A Systematic Review*. Paper presented at the 17th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2015.
- Caicedo Solano, N. E., García Llinás, G. A., Montoya-Torres, J. R., & Ramirez Polo, L. E. (2020). A planning model of crop maintenance operations inspired in lean manufacturing. [Article]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179.
- Carrera, J., Fernández del Carmen, A., Fernández-Muñoz, R., Rambla, J. L., Pons, C., Jaramillo, A., et al. (2012). Fine-tuning tomato agronomic properties by computational genome redesign. [Article]. *PLoS Computational Biology*, 8(6).
- Chapman, J., Power, A., Netzels, M. E., Sultanbawa, Y., Smyth, H. E., Truong, V. K., et al. (2020). Challenges and opportunities of the fourth revolution: a brief insight into the future of food. [Review]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. [Article]. *Journal of the American Society for Information*



*Science and Technology*, 63(8), 1609-1630.

da Silveira, F., Lermen, F. H., & Amaral, F. G. (2021). An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. [Review]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 189.

Dalmarco, G., Ramalho, F. R., Barros, A. C., & Soares, A. L. (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. [Article]. *Journal of High Technology Management Research*, 30(2).

Dizyee, K., Baker, D., & Rich, K. M. (2017). A quantitative value chain analysis of policy options for the beef sector in Botswana. [Article]. *Agricultural Systems*, 156, 13-24.

dos Reis, Â. V., Medeiros, F. A., Ferreira, M. F., Machado, R. L. T., Romano, L. N., Marini, V. K., et al. (2020). Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices. [Article]. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(5), 2-12.

Filev Maia, R., Ballester Lurbe, C., Agrahari Baniya, A., & Hornbuckle, J. (2020). IRRISENS: An IoT Platform Based on Microservices Applied in Commercial-Scale Crops Working in a Multi-Cloud Environment. [Article]. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(24).

Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241-249.

Ikeziri, L. M., Melo, J. C., Campos, R. T., Okimura, L. I., & Junior, J. A. G. (2020). A perspectiva da indústria 4.0 sobre a filosofia de gestão Lean Manufacturing. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 1274-1289.

Jalali, M. S., Razak, S., Gordon, W., Perakslis, E., & Madnick, S. (2019). Health care and cybersecurity: Bibliometric analysis of the literature. [Review]. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2).

Khan, A., & Turowski, K. (2016). *A perspective on industry 4.0: From challenges to opportunities in production systems*. Paper presented at the International Conference on Internet of Things and Big Data, IoTBD 2016.

Kör, B., Krawczyk, A., & Wakkee, I. (2021). Addressing food loss and waste prevention. [Article].

*British Food Journal.*

Leng, K., Bi, Y., Jing, L., Fu, H. C., & Van Nieuwenhuysse, I. (2018). Research on agricultural supply chain system with double chain architecture based on blockchain technology. [Article].

*Future Generation Computer Systems, 86*, 641-649.

Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I. (2020). The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management, 15*(1).

Locher, D. A. (2008). *Value stream mapping for lean development: a how-to guide for streamlining time to market*: CRC Press.

Maheshwari, P., Singla, S., & Shastri, Y. (2017). Resiliency optimization of biomass to biofuel supply chain incorporating regional biomass pre-processing depots. [Article]. *Biomass and Bioenergy, 97*, 116-131.

Makkar, H. P. S., & Costa, C. (2020). Potential blockchain applications in animal production and health sector. [Article]. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 15*(35).

Manikas, I., Sundarakani, B., & John, J. V. (2017). Analysis of operational efficiency of a meat processing supply chain: A case study from the UAE. [Article]. *Agricultural Economics Review, 18*(2), 60-76.

McInnes, M. D. F., Moher, D., Thombs, B. D., McGrath, T. A., Bossuyt, P. M., Clifford, T., et al. (2018). Preferred reporting items for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies: the PRISMA-DTA statement. *Jama, 319*(4), 388-396.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma, G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine, 6*(7), e1000097.

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., et al. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews, 4*(1), 1-9.



- Monteleone, S., de Moraes, E. A., de Faria, B. T., Aquino Junior, P. T., Maia, R. F., Neto, A. T., et al. (2020). Exploring the adoption of precision agriculture for irrigation in the context of agriculture 4.0: The key role of internet of things. [Article]. *Sensors (Switzerland)*, 20(24), 1-32.
- Muflikh, Y. N., Smith, C., & Aziz, A. A. (2021). A systematic review of the contribution of system dynamics to value chain analysis in agricultural development. [Review]. *Agricultural Systems*, 189.
- Persson, J. (2017). A review of the design and development processes of simulation for training in healthcare – A technology-centered versus a human-centered perspective. [Review]. *Applied Ergonomics*, 58, 314-326.
- Petig, E., Rudi, A., Angenendt, E., Schultmann, F., & Bahrs, E. (2019). Linking a farm model and a location optimization model for evaluating energetic and material straw valorization pathways—A case study in Baden-Wuerttemberg. [Article]. *GCB Bioenergy*, 11(1), 304-325.
- Plaza, A. M., Díaz, J., & Pérez, J. (2018). Software architectures for health care cyber-physical systems: A systematic literature review. [Conference Paper]. *Journal of Software: Evolution and Process*, 30(7).
- Ramola, M., Yadav, V., & Jain, R. (2019). On the adoption of additive manufacturing in healthcare: a literature review. [Review]. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 48-69.
- Ronaghi, M. H. (2020). A blockchain maturity model in agricultural supply chain. [Review]. *Information Processing in Agriculture*.
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. [Article]. *Land Use Policy*, 100.
- Santos, B. P., Alberto, A., Lima, T. D. F. M., & Charrua-Santos, F. M. B. (2018). Indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4(1), 111-124.
- Serazetdinova, L., Garratt, J., Baylis, A., Stergiadis, S., Collison, M., & Davis, S. (2019). How should we turn data into decisions in AgriFood? [Article]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,

99(7), 3213-3219.

Sott, M. K., Furstenau, L. B., Kipper, L. M., Giraldo, F. D., Lopez-Robles, J. R., Cobo, M. J., et al. (2020).

Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends. [Article]. *IEEE Access*, 8, 149854-149867.

Stathers, T., Holcroft, D., Kitinoja, L., Mvumi, B. M., English, A., Omotilewa, O., et al. (2020). A scoping review of interventions for crop postharvest loss reduction in sub-Saharan Africa and South Asia. [Article]. *Nature Sustainability*, 3(10), 821-835.

Stewart, L. A., Clarke, M., Rovers, M., Riley, R. D., Simmonds, M., Stewart, G., et al. (2015). Preferred reporting items for a systematic review and meta-analysis of individual participant data: the PRISMA-IPD statement. *Jama*, 313(16), 1657-1665.

Vaz, C. R., Fagundes, A. B., Olivera, I. L., & Selig, P. M. (2011). Conceitos e metodologias para um mundo sustentável: uma reflexão da PL, P+ L e produção enxuta. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*(1), 83.

Vågsholm, I., Arzoomand, N. S., & Boqvist, S. (2020). Food Security, Safety, and Sustainability—Getting the Trade-Offs Right. [Review]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(16).

Welfle, A., Gilbert, P., & Thornley, P. (2014). Increasing biomass resource availability through supply chain analysis. [Article]. *Biomass and Bioenergy*, 70, 249-266.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). A máquina que mudou o mundo, 14. Ed. Rio de Janeiro: Campus.

Zaccardelli, M., Roscigno, G., Pane, C., Celano, G., Di Matteo, M., Mainente, M., et al. (2021). Essential oils and quality composts sourced by recycling vegetable residues from the aromatic plant supply chain. [Article]. *Industrial Crops and Products*, 162.