



08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

A UTILIZAÇÃO DE BIG DATA NA MITIGAÇÃO DO DESPERDÍCIO EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS AGROALIMENTARES

OMAR OURO-SALIM

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)

JORGE ALFREDO CERQUEIRA STREIT

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)

Agradecimento à órgão de fomento:

Agradecimento à órgão de fomento: Agradecemos à CAPES e o CNPQ.

A UTILIZAÇÃO DE BIG DATA NA MITIGAÇÃO DO DESPERDÍCIO EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS AGROALIMENTARES

1 INTRODUÇÃO

A importância das tecnologias digitais emergentes, quando aplicadas, na melhoria do desempenho das empresas já é fato constatado por pesquisadores (Dubey et al., 2019), bem como para o desempenho das cadeias de suprimentos (Rai et al., 2006). Embora os benefícios potenciais da integração de tecnologias digitais e gerenciamento da cadeia de suprimentos (CS) tenham sido relatados por acadêmicos e profissionais (Wang et al., 2016; Kamble et al., 2020), pouco ainda se sabe sobre o potencial da análise de Big Data em cadeias de suprimentos.

As tecnologias ou dispositivos inteligentes abrangem diversos termos representativos para descrever um conjunto de palavras-chave como 'impressão 3D', 'fabricação aditiva', 'soluções avançadas de fabricação', 'inteligência artificial', 'robôs autônomos', '*Big Data*', '*analytics*', 'nuvem', 'cibersegurança', 'integração horizontal e vertical'. Adicionalmente, cita-se a 'Internet das Coisas (IoT)', 'simulação de máquinas conectadas', 'realidade virtual', 'realidade aumentada', 'realidade mista' e termos gerais, tais como 'tecnologias digitais', 'transformação digital', 'digitalização', 'tecnologias da informação e comunicação (TIC)'. Indo além, outros termos-chave são importantes para a área, como 'Indústria 4.0', 'sistemas embarcados', 'aprendizado de máquina', 'computação móvel', 'rede', 'plataforma', 'preditivo', 'otimização em tempo real', 'remoto', 'sensores', 'fabricação inteligente', 'tecnologia', 'realidade virtual' e 'dispositivos vestíveis' (Paschou et al., 2020).

O surgimento de tecnologias digitais representa um fator importante para melhorar as Cadeias de Suprimentos Agroalimentares (CSAs) e agregar valor aos produtos. Essas tecnologias facilitam as operações de rastreabilidade, monitoramento e recuperação de resíduos, além de permitir negociações em tempo real do acesso a produtos e materiais valiosos (Lacy & Rutqvist, 2016).

O reaproveitamento e valorização dos resíduos agroalimentares requer soluções inovadoras baseadas em novas maneiras de pensar, refletindo cadeias de valor e buscando a otimização de toda a cadeia de suprimentos, e que exige novos *insights* e colaboração entre *designers*, produtores, recicladores e inovadores (Kraaijenhagen et al., 2016).

Chauhan, Dhir e Akram (2021) analisaram o estado da arte sobre desperdício e perdas de alimentos em cadeias de suprimentos agroalimentares, considerando as bases *Scopus* e *Web of Science*, sem determinação da data de início e constataram que de 2001 a 2009 apenas 4 artigos foram publicados sobre o tema, comprovando a recenticidade do interesse de pesquisa sobre o tema. Os autores também afirmaram que o aumento das publicações iniciou-se em 2013, atingindo seu ápice em 2019. Um dos achados dessa revisão foi justamente as tecnologias e ativos inteligentes como possível solução para a mitigação do desperdício e perdas de alimentos. Sendo assim, neste trabalho optou-se por considerar os últimos 10 anos de publicação e focar na tecnologia Big Data, a fim de aprofundar a análise.

De acordo com Song et al. (2017), o Big Data é um meio de uso de dados nos processos de tomada de decisão em relação ao desempenho das CSAs, socialmente responsáveis, ambientalmente saudáveis e economicamente bem-sucedidas. Para Corbett (2018), o Big Data cria novas possibilidades revolucionárias no gerenciamento sustentável das cadeias de suprimentos. No entanto, Kamble et al. (2020) destacam que é necessário entender melhor como o desempenho sustentável em cadeia de suprimentos pode ser alcançado em um ambiente orientado por dados.

O crescimento mundial das perdas e desperdício de alimentos está relacionado a diversas variáveis, desde fatores ligados às perdas na produção, manuseio incorreto, embalagens que contribuem para a avaria dos alimentos, a infraestrutura deficiente e gargalos na distribuição dos alimentos até fatores relacionados a comportamentos dos consumidores nos canais de venda e em suas residências. Sabe-se também que, principalmente em países em desenvolvimento, grande parte da população se encontra em situação de insegurança alimentar, fato este que foi agravado pela pandemia do Covid-19, conforme afirmam Vieira et al. (2021). Portanto, em relação aos diversos problemas causados pelo desperdício de alimentos, o tratamento dos resíduos alimentares merece atenção particular, devido ao seu potencial de contaminação e degradação do meio ambiente, quando não recebe gerenciamento adequado e consequente contribuição à emissão de gases estufa (Silva et al., 2015).

Destarte, o objetivo deste estudo foi analisar o estado da arte da tecnologia Big Data na prevenção e redução de desperdício de alimentos. Para atingir esse objetivo realizou-se uma pesquisa descritiva, qualitativa, por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), seguindo-se o protocolo de Cronin, Ryan e Coughlan (2008), a fim de propiciar maior robustez nos resultados encontrados, visto que utiliza um procedimento sistemático e replicável para a busca, seleção e filtragem de artigos.

Verificou-se que, com base nos artigos analisados que se limitam pelos critérios do protocolo da RSL, há ainda uma baixa utilização da tecnologia Big Data nas CSAs. Esta pesquisa contribui ao sintetizar as principais publicações acerca do tema, aprofundando a análise no uso da tecnologia Big Data, o que pode ser útil para gestores e acadêmicos interessados no tema. Além desta introdução, este artigo está dividido em mais de quatro seções: referencial teórico, material e métodos, análise dos resultados, e considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Desperdício de alimentos

Segundo os dados da FAO (2017), 1,3 bilhão de toneladas de alimentos produzidos para o consumo humano são perdidos anualmente particularmente nas CSAs. O que leva ao gasto de recursos econômicos, ambientais e acarreta em impactos negativos à sociedade também (European Commission, 2015).

De acordo com os relatórios da FAO (2013), nos países em desenvolvimento, o maior problema de desperdícios alimentares é a ineficiência e a falta de infraestrutura de produção e distribuição. Nos países desenvolvidos, por sua vez, o desperdício de alimentos é ocasionado pela falta de interação ou colaboração entre varejistas e consumidores (Parfitt, Barthel & Macnaughton, 2010). Estima-se ainda que aproximadamente 40% do desperdício de alimentos é gerado pelos consumidores (European Commission, 2010).

Reduzir o desperdício de alimentos é de grande importância nos esforços para combater a fome, aumentar a renda e melhorar a segurança alimentar nos países mais pobres do mundo. Por isso, o assunto deve ser uma prioridade e estar presente em agendas governamentais e do terceiro setor. O combate ao desperdício alimentar tem impacto na segurança alimentar das pessoas pobres, na qualidade, no desenvolvimento econômico, social e ambiental. O desperdício de alimentos é um dos principais sintomas de uma cultura de consumismo e produção linear focado no crescimento desordenado (Aschemann-Witzel; Hooge & Normann, 2016).

Nesse contexto, é indispensável a realização de estudos e pesquisas relacionados à mitigação do desperdício de alimentos, que empreguem soluções, como é o caso do uso de tecnologias e ativos inteligentes, dentre eles o Big Data.

2.2 Tecnologia Big Data

O advento de Big Data está abalando várias teorias econômicas e tendências de gerenciamento. A revolução dos dados na era digital está levando os tomadores de decisão e pesquisadores a novas questões e problemas, ligados à exploração das grandes massas de dados e informações produzidas pelo mercado global, por atores econômicos e organizações (Benkaraache & Salam, 2016).

O Big Data é definido como um conjunto de grandes/complexos bancos de dados, com intervalo de informações numéricas. Ele refere-se a recursos de informação cujas características em termos de volume, velocidade e variedade requerem o uso de tecnologias e métodos analíticos específicos. Excede o espaço de capacidade técnica do sistema de armazenamento, processamento, gerenciamento, interpretação e visualização de um sistema tradicional (Kaisler et al., 2013). Sendo assim, os principais atributos do Big Data são expandidos aos conceitos “5V” que são volume, velocidade, variedade, verificação/veracidade e valor (White, 2012; Addo-Tenkorang & Helo, 2016). Além disso, o Big Data adota técnicas analíticas avançadas, incluindo mineração de dados, análise estatística, análise preditiva etc. em grandes conjuntos de dados como a nova prática de inteligência de negócios (Russom, 2011).

O Big Data examina e analisa grandes quantidades de dados com tipos diversos de variáveis procurando identificar padrões e correlações ocultas, tendências e outras informações e conhecimentos valiosos aos negócios. Desta forma, espera-se aumentar os lucros, aumentar a eficiência operacional e explorar novos mercados e oportunidades (Rouse, 2012; LaValle et al., 2013; Loshin, 2013).

Rossi, Bianchini e Guarnieri (2020) analisaram o uso de ativos inteligentes, provenientes da Indústria 4.0, que contribuem para a adoção de práticas de economia circular em organizações. Os autores ressaltam que a falta de informação e de indicadores de desempenho, nas dimensões social, econômica e ambiental não permite a avaliação da circularidade de produtos nas cadeias de suprimentos. Ressalta-se que uma das métricas da circularidade é a capacidade da redução de resíduos ao final do processo e quando este é gerado, a garantia de que será reaproveitado no mesmo ou outro processo produtivo.

A revolução do Big Data abriu novos canais e fontes de informação para os atores da CS. Essas informações são cada vez mais produzidas pelos *stakeholders* como: clientes, fornecedores, consumidores, concorrentes, governos, entre outros; em relatórios e sites, de forma direta ou indireta por meio de informações privadas, publicações ou apoios eletrônicos e comerciais (blogs sociais, redes, mídias, fóruns, etc.). Esses dados podem se transformar em diferentes formas (vídeo, texto, imagem, som, etc.), e são geralmente semiestruturados, não-estruturados, questões de fontes internas e externas de bases de dados, de informações de fluxo de empresas, históricos de navegação e pesquisa, dados transmitidos pelos terminais conectados (computadores, telefones, smartphones, sistemas GPS (*Global Positioning System*), etc.). O Big Data envolve uma complexidade de dados em sua análise e em sua exploração (Benkaraache & Salam, 2016).

A extensão de dados acelerados pela revolução digital (Mayer-Schönberger, 2014) chama os tomadores de decisão a revisar e melhorar seus sistemas de informação nas cadeias de suprimentos, integrando grandes quantidades de fluxos de informações qualificadas como as provenientes do Big Data em suas políticas e estratégias de decisão. Sendo assim, novos problemas e desafios são colocados para as organizações. O domínio e a integração dessas grandes massas de dados permitem que os atores extraíam decisões e obtenham vantagens competitivas, levando em consideração questões de segurança e confidencialidade dos dados (Assar, 2013).

Portanto, o Big Data é uma ferramenta que ajuda na melhoria dos processos e na tomada de decisão das organizações, podendo ser utilizado para a geração de informações e indicadores

a fim de analisar o desperdício e perdas na cadeia de suprimentos. Ademais, pode ser utilizada para a implementação de estratégias de mitigação do desperdício em cadeias de suprimentos agroalimentares.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Quanto aos objetivos trata-se de uma pesquisa descritiva, quanto à abordagem, a pesquisa se classifica como qualitativa. O procedimento técnico utilizado foi a Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Uma RSL bem conduzida é capaz de fornecer a análise crítica de artigos da área de estudo em questão. Ademais é replicável pois todos os passos do protocolo são detalhadamente descritos (Cronin; Ryan, Coughlan, 2008).

O protocolo de seleção de artigos é indispensável para demonstrar o *gap* existente no escopo das pesquisas, além de auxiliar a produção deste trabalho. Nesse contexto, foi utilizado o protocolo de Cronin, Ryan & Coughlan, (2008), procedimento metodológico composto por cinco etapas, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Etapas do Protocolo de Cronin, Ryan e Coughlan (2008)

Etapas	Caraterísticas
Definição da questão de pesquisa	Como o Big Data e demais tecnologias digitais emergentes podem auxiliar na redução de desperdício de alimentos nas CSAs?
Definição do conjunto de critérios de inclusão e exclusão	Os critérios abrangem a base científica selecionada, período de publicação, tipos de artigos, palavras-chave e operadores <i>booleanos</i> . Devido a multidisciplinaridade do tema, definiu-se que a pesquisa ocorreria nas bases científicas Scopus, Taylor & Francis e Sage. Afinal, estas bases são multidisciplinares e abrangem artigos de periódicos com alto fator de impacto e de todas as áreas. Em seguida estabeleceu-se o período de publicação, o qual abrange artigos publicados de 2010 até 31 de junho de 2020. Quanto às palavras-chave, foram definidas as palavras em inglês: <i>Big Data AND Food Waste</i> .
Seleção e acesso da literatura	No tocante aos tipos de artigos, definiu-se que seriam abrangidos somente artigos completos publicados em periódicos, na língua inglesa, o que excluiu artigos publicados em anais de eventos, dissertações, teses, patentes e capítulos de livros. No que se refere aos operadores <i>booleanos</i> utilizados, optou-se somente AND, excluindo-se os operadores <i>NOT</i> e <i>OR</i> . Foram identificados no total 63 artigos no período de 2010 até 31 de junho de 2020, dos quais, após a leitura dos resumos (<i>abstract</i>), foram excluídos 55 artigos por não abordarem propriamente o tema <i>Food Waste</i> no contexto de Big Data.
Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão	Dos 63 artigos, constatou-se que apenas 8 se encaixavam no tema da pesquisa, ocorreu uma repetição de 2 artigos nas duas das bases escolhidas e os outros 53 foram eliminados por se distanciarem do tema relacionado ao desperdício alimentar no contexto de Big Data. Foram realizados o fichamento e compilação dos 8 artigos restantes, destacando-se os aspectos relacionados à questão da pesquisa previamente definida na etapa 1, envolvendo: autores; período de publicação; subproblema relativo ao desperdício alimentar envolvendo o contexto de Big Data.
Análise, síntese e disseminação dos resultados	Esta fase abrangeu a leitura completa e análise de cada artigo, necessária para a análise e interpretação dos trabalhos publicados. Dessa forma, foram elaborados tabelas, quadros e figuras com os principais critérios utilizados e respectivos autores. Os oito (8) artigos foram analisados rigorosamente e suas principais características foram apresentadas.

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando-se que trata-se de uma pesquisa qualitativa, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo de Bardin (2011) para avaliar e interpretar os artigos encontrados. A análise de conteúdo é um método empírico, dependente do tipo de comunicação que se dedica e do tipo de interpretação que se pretende como objetivo, destinada a encontrar núcleos de sentido e estabelecer categorias de análise em dados em forma de texto. Ela é um conjunto de técnicas

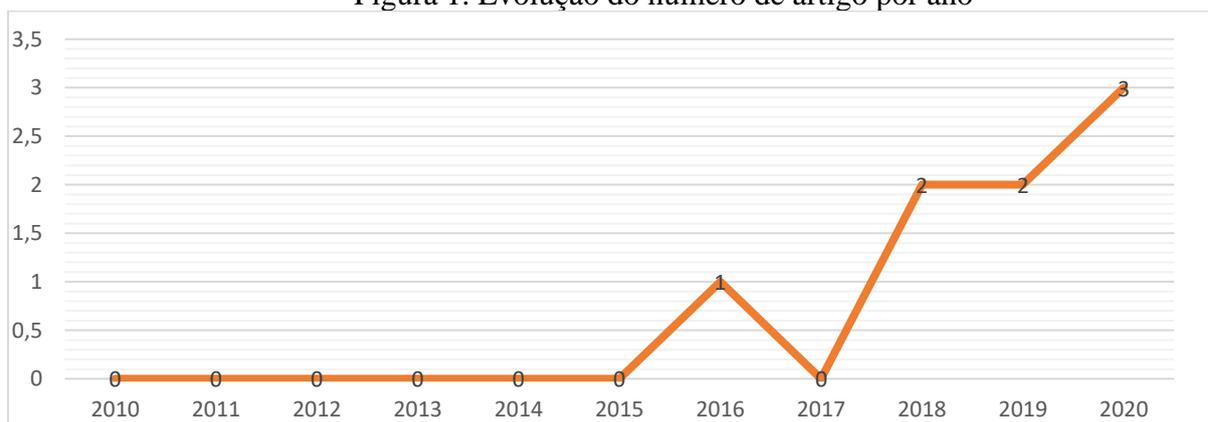
de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos de categorização dos resultados (Bardin, 2011). Para fins desse artigo, as categorias foram definidas *a priori*, a fim de demonstrar as principais características dos estudos sobre a tecnologia Big Data em cadeias de suprimentos agroalimentares, iniciando pela análise da distribuição das publicações ao longo dos anos, principais periódicos, *design* metodológico, políticas de implementação do Big Data e, colaboração entre atores da cadeia de suprimentos por meio da tecnologia Big Data.

De toda busca feita na literatura internacional, considerando as bases e critérios apresentados, apenas 8 artigos tinham aderência ao tema em questão e à intenção de pesquisa, os demais artigos foram eliminados no processo de filtragem por não atenderem o escopo da pesquisa. Sendo assim, estes documentos foram lidos na íntegra para a extração do maior número de informações possível e seus resultados foram apresentados na próxima seção, utilizando o suporte da análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (2011).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Figura 1 ilustra o primeiro resultado desta pesquisa apontando interesse recente e crescente de pesquisadores na condução de Big Data nas cadeias de suprimentos.

Figura 1. Evolução do número de artigo por ano



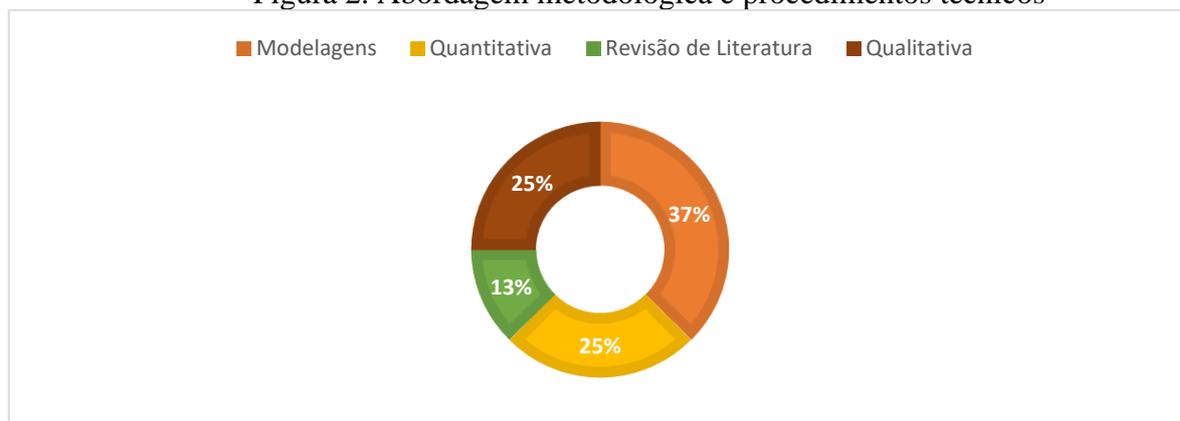
Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 1 mostra tendência crescente da temática nos últimos anos. O pico foi em 2020, com 3 publicações, enquanto o primeiro artigo foi de 2016. Esse resultado está alinhado com Zhao et al. (2017), que argumentam que há longo caminho a percorrer no que diz respeito à integração da ciência de Big Data e ao gerenciamento sustentável das cadeias de suprimentos. Além disso, a análise de Big Data e de desperdícios alimentares são conceitos cada vez mais predominantes na literatura, o que revela o crescente interesse pelo tema. Apesar do interesse dos pesquisadores sobre o assunto, ainda falta estudos em relação a implementação de Big Data nas cadeias de suprimentos agroalimentares.

Os artigos encontrados foram publicados em diferentes periódicos. Os principais *journals* foram o *Journal of Institute of Electrical and Electronics Engineers Xplore* (3), seguido por *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (2), *Computers and Operations Research* (1), *IOPScience* (1) e *International Journal of Sustainable Engineering* (1). O *Cite Score*, a métrica desenvolvida pela *Scopus* para medir o impacto das revistas científicas em 2018, foram encontrados no site *LetPub*, principal marca de edição profissional de *Accdon LLC*.

A Figura 2, por sua vez, apresenta as classificações metodológicas utilizadas pelos autores e os tipos de coleta de dados utilizados.

Figura 2. Abordagem metodológica e procedimentos técnicos



Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com o exposto pela Figura 2, o procedimento técnico mais utilizado nos artigos foi a modelagem (37%). Em relação a abordagem, 50% dos artigos são mistos. Especificamente, poucos desses estudos aplicaram o Big Data para modelar as cadeias de suprimentos agroalimentares. No entanto, o Big Data foi utilizado principalmente como instrumento de análise de dados volumosos para desenvolver simulação de processos de produção e distribuição de alimentos, otimização da entrega de alimentos, gerenciamento de estoque e processos de controle de alimentos nas lojas e cadeias de abastecimento.

4.1 Resultados da Revisão Sistemática de Literatura

4.1.1 Políticas de implementação de Big Data na redução de desperdício de alimentos

O trabalho de Irani et al. (2018), realizado no Catar utilizou o cenário de simulação que explora a redução do resíduo de alimentos. Neste estudo, os pesquisadores desenvolveram o projeto de pesquisa para capturar aspectos da distribuição e consumo de alimentos que podem impactar a geração de resíduos de alimentos. Sendo assim, modelos de causa e efeito foram construídos e simulados. Para iniciar o estudo, foi usado a técnica de Mapa Cognitivo Difuso (MCD) combinado com estrutura de Big Data para identificar quais e como os elementos da segurança alimentar podem ser enquadrados nas tomadas de decisão.

Os autores apontam que o Big Data é essencial na CSA para melhor segurança alimentar, pois segundo eles existem grande quantidade de perdas de alimentos ao longo das CSAs. Com a implementação de Big Data, os dados podem ser capturados em termos de sensor de campo. Neste estudo, foi constatado que, o Big Data e o MCD, fornecem uma visão prática dos cenários de perda de alimentos existentes e emergentes nas CSAs (Irani et al., 2018).

Existe um potencial de impacto para redução do desperdício de alimentos pelo setor de serviços de alimentação e consumidores. Propagandas massivas de conscientização e apoio do governo em políticas robustas podem contribuir sobremaneira para redução do desperdício de alimentos (Quested et al., 2013). Os autores acreditam também que a educação e o treinamento dos *stakeholders* na CSA em relação a tecnologias emergentes, contribuirão na redução do desperdício de alimentos, promovendo aumento na valorização de resíduos de alimentos e, portanto, melhor gerenciamento da qualidade dos alimentos.

Por sua vez, Burlakovs et al. (2020) propõem que a responsabilidade social seja combinada com a digitalização dos fluxos de resíduos e com uso de Big Data para melhor gerenciamento de resíduos alimentares nas cadeias produtivas. Sendo assim, é importante fazer

a prevenção do desperdício de alimentos para evitar o aumento de resíduos ou a geração de resíduos urbanos.

Movilla-Pateiro et al. (2020), apresentam o estado da arte em sustentabilidade agrícola e alimentar com ênfase auxiliar *stakeholders* em enfrentar desafios envolvidos nas cadeias de suprimentos. O estudo almejou encontrar soluções para pequenos agricultores e a realização de mudanças estruturais em benefício dos mais pobres. Para os autores, melhores sistemas agrícolas, novas tecnologias, educação de qualidade e modelos de negócios eficazes podem ser úteis para criar empregos decentes, expandir a participação no mercado, reduzir os desperdícios alimentares, além de aliviar as dificuldades de infraestrutura no setor agrícola.

Ainda segundo Movilla-Pateiro et al. (2020), limitar a perda e desperdício de alimentos, é crucial para alcançar os objetivos da Agenda 2030 das Nações Unidas, inclusive objetivos ligados ao consumo consciente e produção responsáveis. Para solucionar os problemas de desperdício de alimentos nos países, os autores sugeriram o sensoriamento remoto e outras abordagens baseadas em Big Data.

4.1.2 Colaboração entre atores da cadeia de suprimentos por meio de plataformas digitais integrando tecnologias digitais emergentes

Scazzoli et al. (2019) demonstram que as perdas e desperdício de alimentos são um dos principais desafios do setor agroalimentar, pois um terço da produção global de alimentos é desperdiçado anualmente. Na Itália, os varejistas contribuem com 14% do desperdício total de alimentos produzidos e a principal causa é por conta dos produtos que atingem a data de vencimento. Os autores apresentam uma plataforma de Sistema Integrado para a Valorização de Alimentos Excedentes (SIVEQ). Esta plataforma é integrada às tecnologias digitais, como IoT e análise de Big Data.

O sistema representa valor agregado para todos os atores envolvidos, sem fins lucrativos que coletam e redistribuem alimentos excedentes a fim de minimizar o desperdício de alimentos. A plataforma funciona à base de um procedimento de aquisição de dados centralizados em um dispositivo portátil. Ela fornece informações sobre quantidade, status e prazo de validade através do uso de dispositivos semelhantes aos scanners de código de barras usados atualmente nas lojas (Scazzoli et al., 2019).

Destarte, quando os excedentes de alimentos são removidos do comércio, sua disponibilidade é imediatamente notificada às organizações sem fins lucrativos e aos atores envolvidos. O sistema apresenta benefícios para todos os atores e permite a criação de novas oportunidades no mercado e na redução de excedentes de alimentos nos setores de varejos e restaurações.

No caso do Brasil, seria interessante a utilização do SIVEQ já que existe um número importante de ONGs que arrecadam os alimentos desperdiçados e distribuem para populações carentes e em estado de insegurança alimentar. Nesse contexto, os supermercados podem utilizar este sistema, uma vez que estes possuem automação suficiente para coleta de dados de prazo de validade de quase todos os alimentos que comercializam.

Para Liegeard & Manning (2020), o desperdício de alimentos domésticos está ganhando ênfase crescente no mundo. Este estudo almejou revisar a evolução da rotulagem de datas e informações associadas na embalagem, sua inter-relação com o desperdício de alimentos domésticos e possíveis desenvolvimentos futuros de aplicações inteligentes para lidar com o desperdício de alimentos.

Apesar de existir vários estudos de rotulagem, particularmente neste trabalho testou-se a utilização de embalagens inteligentes ligadas a sensores utilizando a tecnologia IoT na redução de desperdício de alimentos. Segundo os autores, as tecnologias de embalagem inteligente podem indicar sinais de vazamento ou a presença de glicose, etanol, gases voláteis,

aminas em peixes, conteúdo bacteriano, degradação da cor etc. Para eles, houve vários indicadores de temperatura e de tempo que foram desenvolvidos em rótulos para ser usados em embalagem inteligente (Liegeard & Manning, 2020).

As famílias podem utilizar embalagens inteligentes como ferramentas na conservação dos alimentos frescos como frutas e vegetais uma vez que estes não possuem prazo de validade e são altamente perecíveis. Além disto, os autores sugeriram o uso da geladeira inteligente. Porém, segundo o estudo, os recursos da geladeira inteligente que os usuários desejam são estética visual, tamanho, cor, praticidade e utilidade, confiabilidade e eficiência e facilidade de limpeza (Liegeard & Manning, 2020).

Embora os aplicativos inteligentes tenham a fórmula de redução do desperdício de alimentos, existem alguns impactos negativos que também precisam ser considerados, como a privacidade dos dados, o risco de invasão dos dados dos consumidores (Liegeard & Manning, 2020). Para estes autores, mais pesquisas precisam ser realizadas para explorar as questões sociotécnicas que surgem e como elas podem ser resolvidas para assegurar os dados dos clientes na utilização desses equipamentos digitais a fim de minimizar o desperdício de alimentos das famílias.

Stojanov et al. (2019), desenvolveram projeto financiado pela União Europeia chamado REFRESH, baseado na plataforma *FoodWasteEXplorer*. Segundo os autores, a plataforma fornece acesso fácil a dados valiosos sobre desperdício de alimentos que podem ser explorados por pesquisadores, indústria, agências governamentais e público em geral para encontrar maneiras de sua valorização. A base de dados criada fornece descrição formal de conhecimentos do domínio de resíduos alimentares como: (i) consulta de banco de dados com base em questões de linguagem natural e (ii) localização de dados novos ou ausentes de outros conjuntos de dados.

A plataforma é uma ferramenta para aqueles que exploram como o desperdício de alimentos pode ser utilizado de forma sustentável. Ela contém 27.069 pontos de dados, representando 587 nutrientes, 698 bioativos e 49 tóxicos, coletados de uma variedade de fontes de dados, incluindo documentos científicos (revisados por pares), dados de fabricantes (literatura não científica) e outras fontes de dados. Os autores ressaltam que o projeto está em andamento, pois mais dados serão adicionados com o tempo. Além disso, a linguagem de consulta da plataforma é flexível para atender às questões de linguagem natural e permitir a consulta ao banco de dados.

Para Schutz et al. (2016), os tomadores de decisão geralmente precisam combinar, interpolar e transformar os dados brutos que não são informativos para trazer contexto e significado a eles. Para esse fim, este artigo apresenta a *design* e a integração de mecanismo de cálculo de dados automatizados com um sistema existente de aquisição e visualização de dados baseado na Web, chamado CLICS.

Segundo os autores, as práticas agrícolas atuais se tornarão inadequadas para alimentar a crescente população mundial de maneira sustentável. A agricultura mecanizada esgota o solo e registra-se a produção de alimentos em apenas algumas áreas geográficas que requerem transporte de longa distância até os consumidores. O sistema integrado desenvolvido neste trabalho, almeja preencher essas lacunas. O sistema integrado inclui três subsistemas principais, que integram componentes de alta tecnologia para melhorar a sustentabilidade do sistema agrícola: estufa, digestor anaeróbico e cabine de energia. Além disso, a natureza interdisciplinar do projeto fornece um espaço onde estudantes de engenharia civil, ambiental, elétrica e mecânica podem trabalhar juntos para resolver problemas comuns, como a plantação em fazendas urbanas ou locais fechados e com controle de umidade, temperatura e uso sustentável da água e insumos (Schutz et al., 2016).

O CLICS é um poderoso sistema construído em sistema de código aberto chamado Mango, fornecendo uma gama de funcionalidades, desde aquisição de dados até visualização.

O sistema permite que os usuários criem um ponto de dados para representar cada sensor e colete valores do sensor em intervalo de tempo especificado. Além de recursos comuns, como pedidos de pontos, hierarquia de ativos, agendamento de eventos e alarmes. O Mango oferece várias maneiras para os usuários visualizarem os dados coletados, incluindo: detalhes de pontos, listas de observação e relatórios (Schutz et al., 2016).

De acordo com Jellil et al. (2018), os motivos do desperdício de alimentos pelos consumidores revelaram que não podem ser reduzidos apenas mudando seu comportamento. Deste modo, o desperdício de alimentos não deve ser conceituado como um problema, mas como um sintoma do sistema alimentar que excede e incentiva o consumismo.

Os autores se concentram na prevenção do desperdício de alimentos no Reino Unido, como representante de país desenvolvido, melhorando o sistema tradicional de fornecimento de alimentos para integrar a produção e o consumo. Para isso, cinco etapas foram identificadas para projetar o sistema de Serviço de Produto Sustentável (SPS) capaz de apoiar os consumidores a gerenciar melhor suas operações de compras de alimentos, sendo elas: (1) análise estratégica do atual sistema de fornecimento de alimentos, (2) exploração de inovações em nível de sistema que levam à minimização de desperdício de alimentos pelo consumidor, (3) refinamento e seleção de SPS, (4) projeção de SPS mais promissores sob a perspectiva ambiental, econômica e social e (5) avaliação de SPS projetados.

O SPS é usado para facilitar a geração de opiniões inovadoras sustentáveis e, portanto, é considerado elo entre o estágio atual de análise do sistema e o estágio geral de identificação de conceitos de SPS. Este estudo fornece uma visão geral das soluções presentes na literatura que buscam apoiar as empresas a reduzir o desperdício de alimentos, examina os atributos do atual sistema de suprimentos de alimentos que poderia suportar o novo sistema de SPS na redução substancial do desperdício de alimentos (Jellil et al., 2018).

O potencial positivo do SPS é que, ele pode ser combinado com as tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) por meio de uma plataforma digital. Como agenda de pesquisa, os autores recomendaram a combinação do SPS com a TIC e Big Data para alcançar os pontos fortes como: capacidade de produção flexível e entregas eficientes de mercadorias, facilitando o compartilhamento de informações em tempo real entre todos os atores da cadeia de suprimentos (Jellil et al., 2018).

Em resumo, o quadro 2 apresenta sistemas de obtenção de dados apresentados de forma agrupada conforme seus objetivos específicos (rotulagem/data de vencimento; coleta e redistribuição de alimentos excedentes; reaproveitamento e valorização dos resíduos de alimentos; processamento; monitoramento e rastreabilidade).

Quadro 2. Exemplos de sistemas de gestão de informação

Aplicativos	Características
SIVEQ	-Coleta e redistribuição de alimentos excedentes.
EMBALAGENS INTELIGENTES	-Rotulagem/data de vencimento de alimentos; Reaproveitamento; Valorização.
SISTEMA REFRESH	-Consulta de banco de alimentos e sua localização.
CLICS	-Monitoramento de produtos alimentícios.
SPS	-Instrumento de gerenciamento de compras de alimentos.
IOT	-Monitoramento; Processamento; Rastreamento.
COMBINAÇÃO BIG DATA & MCD	- Rotulagem; Tomada de decisões.

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2. Lacunas e Agenda de Pesquisas

No decorrer desta revisão sistemática de literatura, foi constatado que existem poucos artigos que exploraram o Big Data nas cadeias de suprimentos agroalimentares, particularmente

no reaproveitamento e valorização dos resíduos de alimentos, com vistas à minimização do desperdício. O que está alinhado com Kaur & Singh (2018), que afirmam que, apesar de enorme potencial no uso de Big Data para otimização e modelagem, poucas tentativas foram feitas até o momento para desenvolver modelos de cadeia de suprimentos sustentáveis usando esta tecnologia (Xu et al., 2019; Jiao et al., 2018; Zhao et al., 2017). O que leva à primeira lacuna de pesquisa constatada nessa pesquisa:

Gap 1: Promover esforços no uso de Big Data nas cadeias de suprimentos alimentares.

Embora existam tecnologias que são frequentemente combinadas para criar cadeia de suprimentos digitalmente habilitada, 6 dos 8 artigos analisados abordam apenas a aplicação de outras formas de inovação tecnológica como: CLICS, SPS, SIVEQ, MCD, *Foodwasteexplorer*, embalagem e geladeiras inteligentes. Com relação a erradicação do desperdício de alimentos, os pesquisadores sugerem a expansão dos modelos de simulação de Big Data para segurança alimentar.

Nesse sentido, é primordial que pesquisas futuras projetem e construam modelos de Big Data em cadeias de abastecimento de alimentos. Além disso, o Big Data permite avaliar políticas novas e existentes, ao mesmo tempo que fornece base prática por meio da qual as cadeias agroalimentares podem se tornar mais resilientes, levando em consideração práticas de gestão e decisões políticas (Irani et al., 2018). Em 3 artigos, foi sugerido pelos autores a integração da Internet das Coisas (IoT) com análise de Big Data (Irani et al., 2018; Roy & Roy, 2019; Zhang et al. 2020). Afinal, a implementação dessas duas tecnologias permite o monitoramento e a manutenção preventiva de máquinas e robôs, bem como a comunicação contínua em toda a cadeia de suprimentos.

Gap 2: Explorar tecnologias emergentes para promover o gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos.

Pesquisas futuras podem explorar, primeiramente, a extensão de modelos de simulação de Big Data em cenário de segurança alimentar adequada às CSAs. Em seguida, cabe ressaltar que existe número limitado de estudos que se concentram no uso de Big Data para a tomada de decisão qualitativa nas CSAs (Irani et al., 2018). Em terceiro lugar, perspectivas futuras podem se concentrar na digitalização dos fluxos de resíduos e no uso do conceito de Big Data para aperfeiçoar a gestão de resíduos de alimentos nas CSs (Burlakovs et al., 2020). Em quarto lugar, Thornton et al. (2018), propõem alguma recomendação com relação à tecnologia digital na prevenção e redução do desperdício de alimentos tanto setorial quanto geograficamente, e repensar a relação com os sistemas alimentares.

Em quinto lugar, pode-se perceber que não há ainda estudos que envolvem tecnologias digitais com outras inovações nas cadeias agroalimentares como digestão anaeróbica, compostagem, pirólise, incineração, entre outros. No entanto, para promover iniciativas bem-sucedidas de Big Data entre atores da CS e alcançar resultados eficientes, faz-se necessário construir uma cultura orientada a dados e investir no gerenciamento de relacionamentos (Dubey et al., 2018).

Gap 3: Investigar o papel de diferentes organizações para promover a tecnologia de Big Data nas cadeias de suprimentos.

Mais pesquisas sobre alimentos e resíduos de alimentos nas CSAs podem ser realizadas no nível das organizações, pois com a escassez de alimentos, consequências para a continuidade da humanidade poderiam ocorrer. Destarte, estudos organizacionais devem levar em conta o

processo básico de produção social, econômica e ambiental. Por meio das tecnologias como o Big Data, os setores de alimentos podem usar plataformas de simbiose industrial para recolher os excedentes e resíduos de alimentos nos lares, varejos, empresas e indústrias.

Encontrar soluções duradouras nas CSAs, exigirá inevitavelmente, a formação dos atores para lidar com as novas tecnologias digitais emergentes. Melhores sistemas agrícolas, novas tecnologias, educação de qualidade e modelos de negócios circulares eficazes podem ser úteis na criação de empregos decentes, na resolução de restrições de recursos, na expansão de novos mercados e na promoção da segurança alimentar no setor agroalimentar. O sensoriamento remoto e outras abordagens baseadas em Big Data têm grande potencial para avaliar o progresso no desenvolvimento sustentável a longo prazo nas organizações, bem como para auxiliar os tomadores de decisão. Isso conduz à quarta lacuna de pesquisa que é o incentivo dos atores das cadeias.

Gap 4: Encorajar os atores na implementação de Big Data e outras tecnologias digitais.

Nobre & Tavares (2017) por meio de um estudo bibliométrico sobre o Big Data e a IoT no *Supply Chain Management* (SCM), identificaram que a China e os EUA são os países mais avançados nesta área integrada, enquanto nos países como o Brasil e a Rússia, faltam ainda pesquisas neste domínio.

As plataformas de serviço de entrega de comida podem fazer investigação completa de todas suas plataformas com auxílio do Big Data para levantar informações sobre o desperdício de alimentos a fim de implementar medidas adequadas de prevenção, redução e valorização desses últimos (Liu et al., 2020).

Os potenciais de Big Data para a sustentabilidade das cadeias de suprimentos de alimentos incluem o aprimoramento de solo, água, manejo de plantações e plantas, manejo de animais, manejo de resíduos e manejo de rastreabilidade (Rejeb et al., 2021).

A confiabilidade e o melhor desempenho das cadeias digitalmente produtivas requerem envolvimento dos atores por meio de sistema de projeção de novos modelos de negócios. O que leva para a quinta lacuna de pesquisa:

Gap 5: Agrupar por meio da economia circular as tecnologias digitais incluídas na Indústria 4.0 nas cadeias produtivas.

Os principais componentes que formam o conceito da Indústria 4.0 são Sistema Físico Cibernético (CPS), Internet das Coisas (IoT), Internet dos Serviços (IoS), Big Data, Robótica, Computação em nuvem (CC), realidade aumentada (AR), *Blockchain* e integração horizontal e vertical do sistema (Santos et al., 2017; Vaidya et al., 2018). A Indústria 4.0 foi vista como meio que levará ao desenvolvimento de novos produtos e serviços, pesquisa e inovação, validação e produção, com menor denominador comum sendo de alto grau de automação e interconexão (Zimmermann, 2018).

Para Garcia-Muiña et al. (2019), a Indústria 4.0 e a economia circular são candidatas a serem as duas faces da mesma moeda. O debate sobre a Indústria 4.0, tanto nas esferas acadêmica quanto gerencial, costuma centrar-se na influência que a tecnologia digital exerce sobre os modelos organizacionais e, de maneira mais geral, sobre o mercado de trabalho. Certamente possui impacto significativo que obriga a mudar a abordagem dos problemas e experimentar novas soluções. Além disso, a Indústria 4.0 é a geração de inovação no sistema industrial. Nesse contexto, produtos, bens e serviços devem ser projetados para reagir de forma responsável em relação ao meio ambiente e sociedade (Altmann et al., 2017).

Existe um elo entre o modelo de economia circular e paradigma da Indústria 4.0 (De Sousa Jabbour et al., 2018). O paradigma da Indústria 4.0 flui para o conceito da economia

circular, ou seja, o modelo de economia que, diferentemente do linear, reduz e elimina os desperdícios, diferencia as fontes de suprimentos de materiais e prolonga a vida útil dos produtos, maximizando seu valor em uso (Murray et al., 2017).

Portanto, a transformação dos negócios introduzida pela Indústria 4.0 favorece a convergência entre negócios e tecnologia em novos modelos de produção, promovendo a evolução sustentável da existência humana em suas dimensões social, ambiental e econômica (Garcia-Muiña et al., 2019).

Embora várias tecnologias emergentes tenham sido mencionadas por Paschou et al. (2020), esse artigo não se relacionou diretamente aos impactos ou desafios de qualquer uma dessas tecnologias no desempenho das CSAs. Sendo assim, outros estudos poderão explorar em pesquisas futuras outras tecnologias que atuem na redução de desperdício de alimentos nas cadeias de suprimentos agroalimentares.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo traz três apontamentos significativos. Primeiro, fornece visão geral da literatura existente sobre esse tópico nos últimos dez anos. A segunda contribuição é a proposição de cinco (5) lacunas na literatura para promover mais pesquisas futuras sobre cadeias de suprimentos agroalimentares orientadas por Big Data. Terceiro, este estudo oferece exemplos práticos para atores das CSAs, com intuito de utilizar o Big Data para práticas sustentáveis nas cadeias de suprimentos.

A luz dos documentos analisados, a implementação de Big Data é fundamental para melhor controle e desempenhos econômico, social e ambiental. Torná-las viáveis nas cadeias de suprimentos tende a criar cadeias competitivas e sustentáveis. Por meio deste estudo, observa-se que, é possível alcançar de forma eficaz e eficiente a segurança alimentar e mitigar os problemas de desperdício de alimentos combinando o Big Data com outras tecnologias digitais.

As limitações deste estudo referem-se principalmente às escolhas feitas, no que diz respeito ao protocolo de pesquisa escolhido, aos filtros aplicados e às bases científicas selecionadas. Diferentes critérios de inclusão e exclusão de artigos também podem gerar resultados diversos. Adicionalmente, destaca-se que o presente trabalho se limitou a analisar uma das tecnologias possíveis para a prevenção e redução das perdas e desperdício de alimentos nas CSAs, assim pesquisas futuras podem ampliar o escopo de análise, tanto para abranger novas tecnologias, como ampliando as bases científicas para busca e seleção de artigos.

Para além da agenda de pesquisa já levantada, sugere-se que outros métodos de revisão da literatura, como a integrativa, possam ser usados a fim de ampliar o escopo dos artigos, visto que a revisão sistemática só analisa artigos empíricos e como o tema é recente, talvez não existam ainda muitas publicações com dados primários. Ademais, o trabalho não esgotou literaturas nacionais e internacionais (periódicos, bases, anais de eventos, teses, dissertações, livros).

Recomenda-se que pesquisas empíricas qualitativas e quantitativas sejam realizadas a fim de analisar a adoção e implementação do Big Data em CSAs. Quanto às recomendações de pesquisas futuras, sugere-se que as 5 (cinco) lacunas de pesquisas destacadas neste estudo sejam abordadas em estudos específicos, a fim de aprofundar perspectivas e constatações sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- Aschemann-Witzel, J., de Hooge, I., & Normann, A. (2016). Consumer-related food waste: Role of food marketing and retailers and potential for action. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 28(3), 271-285.
- Addo-Tenkorang, R., Helo, P.T. (2016). Big Data applications in operations/supply-chain management: A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 528-543.
- Assar, S. (2013). Christophe BRASSEUR, Enjeux et usages du Big Data: Technologies, méthodes et mise en œuvre. *Systemes d'information management*, 18(3), 138-139.
- Astill, J., Dara, R.A., Campbell, M., Farber, J. M., Fraser, E.D., Sharif, S., Yada, R.Y. (2019). Transparency in food supply chains: a review of enabling technology solutions. *Trends Food Sci. Technol.* 91, 240–247.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Edição Revista e Ampliada Almedina. São Paulo. Brasil.
- Beltran, F. B. P. (2020). Earth stewardship, economic justice, and world mission: The teachings of Laudato Si'. *Missiology*, 48(1), 39-56.
- Benkaraache, T., & Salam, G. (2016). Réflexion sur les enjeux du Big-Data pour le SCM: Cas de la grande distribution alimentaire au Maroc. *Conference: Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique RIRL*. Lausanne – Suisse.
- Bocken, N., Miller, K., & Evans, S. (2016). Assessing the environmental impact of new Circular business models. *Proceedings of the “New Business Models”—Exploring a Changing View on Organizing Value Creation*, Toulouse, France, 16-17.
- Burlakovs, J., Jani, Y., Kriipsalu, M., Grinfelde, I., Pilecka, J., & Hogland, W. (2020). Implementation of new concepts in waste management in tourist metropolitan areas. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 471 012017.
- Chauhan, C., Dhir, A., Akram, M. U., & Salo, J. (2021). Food loss and waste in food supply chains. A systematic literature review and framework development approach. *Journal of Cleaner Production*, 126438.
- Corbett, C.J. (2018). How sustainable is Big Data? *Prod. Oper. Manag.* 27 (9), 1685–1695.
- Cronin, P., Ryan, F., & Coughlan, M. (2008). Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British journal of nursing*, 17(1), 38-43.
- De Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Godinho Filho, M., & Roubaud, D. (2018). Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Annals of Operations Research*, 270(1-2), 273-286.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S.J., Luo, Z., Wamba, S.F., Roubaud, D., Foropon, C. (2018). Examining the role of Big Data and predictive analytics on collaborative performance in context to sustainable consumption and production behaviour. *J. Clean. Prod.* 196, 1508–1521.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S.J., Blome, C., Papadopoulos, T. (2019). Big Data and predictive analytics and manufacturing performance: integrating institutional theory, resource-based view and Big Data culture. *Br. J. Manag.* 30 (2), 341–361.
- European, Comission. (2010). Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões—Uma Agenda Digital para a Europa. *Bruxelas. Documento de Trabalho*. [em linha]: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do>. (Accessed on 12 march 2019).
- European, Comission. (2015). Fechar o ciclo—plano de ação da UE para a economia circular. *Official Journal of the European Union, COM (2015), 24*. (Accessed on 13 march 2019).

- Fast Company. *Why we need better, bigger data to help combat food waste*. (2019). <https://www.fastcompany.com/90391231/why-we-need-better-bigger-data-to-help-combat-food-waste>. (Accessed on 20 february 2021).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2013). *La Situation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture*. <http://www.fao.org/3/i3301f/i3301f.pdf>. (Accessed on 24 february 2020).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. (Accessed on 30 october 2019).
- Fosso-Wamba, S., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G., Gnanzou, D. (2015). How 'Big Data' can make big impact: findings from a systematic review and a longitudinal case study. *Int. J. Prod. Econ.* 165, 234–246.
- Garcia-Muiña, F. E., González-Sánchez, R., Ferrari, A. M., Volpi, L., Pini, M., Siligardi, C., & Settembre-Blundo, D. (2019). Identifying the equilibrium point between sustainability goals and circular economy practices in an Industry 4.0 manufacturing context using eco-design. *Social Sciences*, 8(8), 241.
- Gregson, N., Crang, M., Fuller, S., & Holmes, H. (2015). Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and society*, 44(2), 218-243.
- Gupta, S., Chen, H., Hazen, B.T., Kaur, S., Gonzalez, E.D.S. (2019). Circular economy and Big Data analytics: a stakeholder perspective. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 144, 466–474.
- Irani, Z., Sharif, A. M., Lee, H., Aktas, E., Topaloğlu, Z., van't Wout, T., & Huda, S. (2018). Managing food security through food waste and loss: Small data to Big Data. *Computers & Operations Research*, 98, 367-383.
- Jagtap, S., Duong, L.N.K. (2019). Improving the new product development using Big Data: a case study of a food company. *Br. Food J.* 121 (11), 2835–2848.
- Jellil, A., Woolley, E., & Rahimifard, S. (2018). Towards integrating production and consumption to reduce consumer food waste in developed countries. *International Journal of Sustainable Engineering*, 11(5), 294-306.
- Jiao, Z., Ran, L., Zhang, Y., Li, Z., Zhang, W. (2018). Data-driven approaches to integrated closed-loop sustainable supply chain design under multi-uncertainties. *J. Clean. Prod.* 185, 105–127.
- Kaisler, S., Armour, F., Espinosa, J. A., Money, W. (2013). Big Data: Issues and challenges moving forward. In *46th Hawaii International Conference on System Sciences*. Wailea, Maui, HI. *IEEE*. 995–1004.
- Kamble, S.S., Gunasekaran, A., Gawankar, S.A. (2020). Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: a review for research and applications. *Int. J. Prod. Econ.* 219, 179–194.
- Kaur, H., Singh, S.P. (2018). Heuristic modeling for sustainable procurement and logistics in a supply chain using Big Data. *Comput. Oper. Res.* 98, 301–321.
- Kraaijenhagen, C., Van Oppen, C., & Bocken, N. (2016). *Circular business: collaborate and circulate*. Edited by Chris Bernasco en Lucy Goodchild-van Hilten. Manchester, M13 9PP United Kingdom.
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2016). *Waste to wealth: The circular economy advantage*. Springer. Berlin, Germany.
- LaValle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M. S., Kruschwitz, N. (2013). Big Data, analytics and the path from insights to value. *MIT Sloan Management Review*, 52(2), 21–31.
- Liegeard, J., & Manning, L. (2020). Use of intelligent applications to reduce household food waste. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(6), 1048-1061.
- Liu, G., Agostinho, F., Duan, H., Song, G., Wang, X., Giannetti, B. F., ... & Lega, M. (2020). Environmental impacts characterization of packaging waste generated by urban food

- delivery services. A big-data analysis in Jing-Jin-Ji region (China). *Waste Management*, 117, 157-169.
- Loshin, D. (2013). *Big data analytics: from strategic planning to enterprise integration with tools, techniques, NoSQL, and graph*. Elsevier.
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2014). *Lernen mit Big Data: Die Zukunft der Bildung*. Redline Wirtschaft.
- Movilla-Pateiro, L., Mahou-Lago, X. M., Doval, M. I., & Simal-Gandara, J. (2020). Toward a sustainable metric and indicators for the goal of sustainability in agricultural and food production. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-22.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, 140(3), 369-380.
- Navickas, V., & Gruzauskas, V. (2016). Big data concept in the food supply chain: Small markets case. *Analele stiintifice ale Universitatii "Al. I. Cuza" din Iasi. Stiinte economice/Scientific Annals of the "Al. I. Cuza"*.
- Nobre, G. C., & Tavares, E. (2017). Scientific literature analysis on Big Data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study. *Scientometrics*, 111(1), 463-492.
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 3065-3081.
- Paschou, T., Rapaccini, M., Adrodegari, F., & Saccani, N. (2020). Digital servitization in manufacturing: A systematic literature review and research agenda. *Industrial Marketing Management*.
- Quested, T. E., Marsh, E., Stunell, D., & Parry, A. D. (2013). Spaghetti soup: The complex world of food waste behaviours. *Resources, Conservation and Recycling*, 79, 43-51.
- Rai, A., Patnayakuni, R., Seth, N. (2006). Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities. *MIS Q.* 225–246.
- Rejeb, A., Rejeb, K., & Zailani, S. (2021). Big data for sustainable agri-food supply chains: a review and future research perspectives. *Journal of Data, Information and Management*, 1-16.
- Rossi, J., Bianchini, A., & Guarnieri, P. (2020). Circular Economy model enhanced by intelligent assets from Industry 4.0: The proposition of an innovative tool to analyze case studies. *Sustainability*, 12(17), 7147.
- Rouse, M., (2012). *Big Data analytics*. <http://searchbusinessanalytics.techtarget.com/definition/big-data-analytics>. (Accessed on 20 January 2019).
- Roy, M., Roy, A. (2019). Nexus of Internet of Things (IoT) and Big Data: roadmap for smart management systems (SMgS). *IEEE Eng. Manag. Rev.* 47 (2), 53–65.
- Russom, P. (2011). Big Data analytics. *TDWI best practices report, fourth quarter*, 19(4), 1-34.
- Santos, C., Mehra, A., Barros, A.C., Araujo, M., Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: An Overview of European Strategic Roadmaps, *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 972- 979.
- Scazzoli, D., Bartezzaghi, G., Silvestro, A., Magarini, M., Melacini, M., & Verticale, G. (2019). SIVEQ: an Integrated System for the Valorization of Surplus Food. In *2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI)*. IEEE. 1901-1907.

- Schutz, C., Gao, Y., Hou, D., Powers, S., Grimberg, S., & DeWaters, J. (2016). A time series data transformation engine for non-programmer end users. In *2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC)*. IEEE. 1-7.
- Silva, F. D. M., De Souza, I. V., Zanon, J. A., Nunes, G. M., Da Silva, R. B., & Ferrari, S. (2015). Seedling Production With Agroindustry Wastes And Composted Sewage Sludge. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 9(2), 109-121.
- Song, M., Cen, L., Zheng, Z., Fisher, R., Liang, X., Wang, Y., Huisingh, D. (2017). How would Big Data support societal development and environmental sustainability? Insights and practices. *J. Clean. Prod.* 142, 489–500.
- Song, M., Zhu, S., Wang, J., Zhao, J. (2020). Share green growth: regional evaluation of green output performance in China. *Int. J. Prod. Econ.* 2020 (219), 152–163.
- Stojanov, R., Eftimov, T., Pinchen, H., Traka, M., Finglas, P., Torkar, D., & Seljak, B. K. (2019). Food Waste Ontology: A Formal Description of Knowledge from the Domain of Food Waste. In *2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. IEEE. 5190-5194.
- Thornton, P., Dinesh, D., Cramer, L., Loboguerrero, A. M., & Campbell, B. (2018). Agriculture in a changing climate: Keeping our cool in the face of the hothouse. *Outlook on Agriculture*, 47(4), 283-290.
- Tseng, M.L., Wu, K.J., Lim, M.K., Wong, W.P. (2019). Data-driven sustainable supply chain management performance: a hierarchical structure assessment under uncertainties. *J. Clean. Prod.* 227, 760–771.
- Vaidya, S., Ambad, P., Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse, *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.
- Vieira, L. M., Barcellos, M. D. D., Araujo, G. P. D., Eriksson, M., Dora, M., & Matzembacher, D. E. (2021). Food waste: challenges and opportunities in sustainable operations. *Revista de Administração de Empresas*, 61.
- Visconti, R.M., Morea, D. (2019). Big Data for the sustainability of healthcare project financing. *Sustainability*. 11 (13), 3748.
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E.W., Papadopoulos, T. (2016). Big Data analytics in logistics and supply chain management: certain investigations for research and applications. *Int. J. Prod. Econ.* 176, 98–110.
- Xu, L., Gao, R., Xie, Y., Du, P. (2019). To be or not to be? Big Data business investment decision-making in the supply chain. *Sustainability*. 11 (8), 2298.
- Zhang, A., Zhong, R.Y., Farooque, M., Kang, K., Venkatesh, V.G. (2020). Blockchain-based life cycle assessment: an implementation framework and system architecture. *Resour. Conserv. Recycl.* 152, 104512.
- Zhao, R., Liu, Y., Zhang, N., Huang, T. (2017). An optimization model for green supply chain management by using a Big Data analytic approach. *J. Clean. Prod.* 142, 1085–1097.
- Zimmermann, T. (2018). Industry 4.0: Nothing Is More Steady Than Change. In *Smart grid analytics for sustainability and urbanization* IGI Global. 1-26.