

## **A estrutura da cadeia de suprimento para a produção de Bioenergia baseada nos princípios da Economia Circular**

### ***The supply chain structure for Bioenergy production based on the principles of Circular Economy***

**Luis Alberto Bertolucci Paes, Mestrando em Engenharia de produção, UNESP**  
luis.paes@unesp.br

**Barbara Stolte Bezerra, Doutora em Engenharia de Transportes, UNESP**  
barbara.bezerra@unesp.br

**Daniel Jugend, Doutor em engenharia de produção, UNESP**  
daniel.jugend@unesp.br

#### **Resumo**

O presente estudo tem como objetivo identificar e sistematizar artigos acadêmicos relacionados ao gerenciamento da cadeia de suprimentos para a produção de bioenergia, alinhando-os aos conceitos da economia circular. Os estudos mais relevantes identificados foram classificados e categorizados em cinco dimensões. Pode-se concluir que as estratégias de circularidade trazem benefícios para a organização, fornecedores e clientes. Como resultado, foi possível identificar três gaps principais. O primeiro, concentra-se nas interrupções no fluxo de biomassa em função da sazonalidade das culturas agrícolas. O segundo no custo logístico do transporte principalmente dos resíduos urbanos e o terceiro, na complexidade no dimensionamento e na utilização da biomassa em grande escala e por consequência, na falta de capacidade de resposta externa às demandas dos clientes. A principal contribuição desta pesquisa está relacionada às recomendações que fornecem oportunidades para futuras pesquisas.

**Palavras-chave:** Gestão da cadeia de suprimentos; Energia renovável; Desenvolvimento sustentável

#### ***Abstract***

*The present study has the purpose of identify and systematize academic papers related to the management of the supply chain for the production of bioenergy, aligning them with the circular economy concepts. The most relevant papers identified were classified and categorized into five dimensions. It can be concluded that the circularity strategies bring benefits to the organization, suppliers and customers. As result, it was possible to identify three main gaps. First, focuses on biomass interruption of flow for each season of agricultural crops. The second in logistic costs of transportation mainly of urban waste and the third, complexity in the dimensioning and use of biomass on large scale and therefore, in lack of external response capacity to clients 'demands. The main contribution of this research is related to recommendations that provide opportunities for future research.*

**Keywords:** supply chain management; renewable energy; sustainable development

## 1. Introdução

As fontes renováveis de energia desempenham um papel fundamental nas atuais estratégias globais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e substituir parcialmente os combustíveis fósseis (IAKOVOU et al., 2010). Nesse processo, a biomassa se torna uma alternativa viável, sendo uma fonte de energia versátil, pois pode ser convertida em energia, calor e biocombustíveis, além de ser uma das poucas fontes de energia renováveis que podem ser armazenadas e podem gerar energia sob demanda (RENTIZELAS; TOLIS; TATSIPOULOS, 2009). Ao avaliar a produção de bioenergia, uma perspectiva de sistema deve ser tomada, abrangendo os componentes recursos de biomassa, sistemas de fornecimento, tecnologias de conversão e serviços de energia (GOLD; SEURING, 2011).

Uma das barreiras para a produção de bioenergia é o custo de suas operações logísticas (RENTIZELAS; TOLIS; TATSIPOULOS, 2009). A complexidade dos sistemas de suprimento muitas vezes envolvendo vários níveis descrevem a necessidade de abordagens abrangentes de gerenciamento da cadeia de fornecimento. O manuseio e o transporte da biomassa do local de origem para a instalação de conversão induzem uma variedade de implicações econômicas, energéticas e ambientais. Para este fim, a gestão da cadeia de suprimentos tem o desafio de desenvolver políticas eficientes adaptadas a um ambiente incerto e sujeitas a condições e restrições locais e inter-regionais adicionais, como a infraestrutura existente (IAKOVOU et al., 2010). As abordagens da Economia Circular, criaram e capturaram novos valores para as empresas e adicionaram dimensões extras às cadeias de suprimentos. Quando as cadeias de suprimentos se tornam multidimensionais, com novos fluxos e formatos, redes de serviços, mais “pontos de contato”, loops de recuperação de produtos e materiais focado em proteger seu valor, isso significa repensar toda a cadeia de suprimento e não apenas aplicar uma logística reversa 2.0 (WEETMAN, 2016).

## 2. Economia Circular, Gestão da cadeia de suprimentos, cadeias de suprimento circulares, Bioenergia - Termos e Definições

De acordo com Wei et al. (2014), a Economia Circular é um modelo de desenvolvimento econômico para maximizar o uso de recursos e proteger o meio ambiente. Guiado pela teoria da economia reciclada, a gestão da cadeia de suprimentos verde, como uma nova noção de gestão, desempenha um papel cada vez mais importante no desenvolvimento da indústria. A EC, se baseia em uma estratégia de desenvolvimento sustentável que visa melhorar a eficiência dos materiais e o uso de energia (SU et al., 2013). O gerenciamento da cadeia de suprimentos é definido como “o planejamento e o gerenciamento de todas as atividades envolvidas na terceirização e aquisição, conversão e todas as atividades de gerenciamento de logística” (CSCMP, 2012). Neste contexto, a logística é “aquela parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente, efetivo, direto e reverso de bens, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, a fim de atender às exigências dos clientes” (CSCMP, 2012).

Wells e Seitz (2005), propuseram Cadeias de fornecimento de ciclo fechado incorporando assim a remanufatura e logística reversa, sendo um meio importante para permitir que as

empresas atendam às crescentes demandas de responsabilidade social corporativa e para atingir metas sociais mais amplas. De acordo com De Angelis, Howard e Miemczyk (2018), cadeias de suprimento circulares, são aquelas que incorporam os princípios da economia circular na gestão da cadeia de suprimentos. Sua estratégia é baseada nos serviços de leasing e em resultados; sua estrutura é baseada em loops fechados, curtos e em cascata; seu foco é baseado na captura de valor colaborativo e sua escala é local e regional.

A bioenergia, segundo Gold e Seuring (2011), é definida como o “*fornecimento de energia em termos de eletricidade, calor e mobilidade a partir de materiais de fontes biológicas referidas como biomassa*”. A biomassa para bioenergia pode ser qualquer material orgânico que tenha armazenado energia da luz solar em forma de energia química e compreende madeira, resíduos agrícolas e florestais, cultivos energéticos, excrementos humanos e animais, bem como resíduos industriais e municipais biodegradáveis. Yazan et al. (2011) afirma que a bioenergia se não for adequadamente projetada e avaliada, pode levar a uma maior degradação da terra e dos ecossistemas. Portanto, para que a produção de bioenergia se torne sustentável, é necessário otimizar a estrutura e o funcionamento da cadeia de suprimentos e adaptar a implementação da bioenergia às condições específicas do respectivo sistema de produção (GOLD; SEURING, 2011).

### 3. Metodologia de Pesquisa

Uma revisão de literatura de pesquisa é um projeto sistemático, explícito e reproduzível para identificar, avaliar e sintetizar o corpo existente de trabalhos completos e registrados produzidos por pesquisadores, acadêmicos e profissionais (FINK, 2013). A revisão de literatura ajuda os pesquisadores a justificar e apoiar seus argumentos ao fornecer uma contribuição original (POZZEBON et al., 2011).

Para analisar os artigos através da análise de conteúdo, os dados foram gerados a partir do da plataforma Scopus devido ao fato de ser o maior banco de dados da literatura revisada por pares (BALLEW, 2009; CHADEGANI et al., 2013) usando as palavras-chave “*bioenergia*” OU “*bioeconomia*” E “*economia circular*” (todos os termos utilizados foram na língua inglesa). Para identificar os artigos, foi usado os filtros “*articles*”, “*reviews*” e “*articles in press*” A amostra inicial foi composta por 70 artigos. Após a extração das amostras, analisou-se os títulos e resumos dos artigos. Após essa triagem, foram selecionados 22 artigos relacionados ao tema “*bioenergia*” e “*economia circular*”.

A revisão estruturada da literatura foi conduzida de acordo com o método proposto por Lage Junior e Godinho Filho (2010) e aprimorada por De Camargo Fiorini e Jabbour (2017), onde um sistema de classificação foi utilizado para categorizar os artigos selecionados. Este sistema foi baseado em cinco dimensões, de acordo com a literatura analisada, as quais foram categorizadas usando uma combinação de números e letras (Tabela 1).

**Tabela 1. Framework para classificar e codificar os artigos analisados.**

Classificação	Significado	Categorias para codificação
1	Região abordada	A - Global B - Europa C - América do Norte D - Ásia E - América Latina
2	Interface da cadeia de suprimento e bioenergia	A - Recolha B - Colheita C - Armazenamento D - Transporte E - Técnicas de pré-tratamento F - Conversão em energia G - Projeto de sistema
3	Método de pesquisa	A - Quantitativo B - Qualitativo C - Conceitual D - Revisão E - Pesquisa F - Estudos de caso
4	Matéria-prima de usinas de conversão de bioenergia	A - Resíduos orgânicos domésticos B - Resíduos Industriais C - Resíduos animais D - Resíduos da Agricultura E - Biomassa de florestas e madeira F - Não Aplicável
5	Benefícios de desempenho	A - Operacional B - Econômico C - Ambiental D - Social

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4. Resultados

A Tabela 2, mostra a classificação dos 22 artigos selecionados considerando as dimensões propostas na tabela 1.

**Tabela 2. Classificação dos 22 artigos selecionados considerando as dimensões.**

Estudo	Região	Interface da cadeia de suprimento	Método da pesquisa	Matéria-prima de usinas de conversão em bioenergia	Benefícios de desempenho
De Meyer et al. (2014)	1A	2G	3D	4F	5A
Genovese et al. (2017)	1B	2E; 2F	3C; 3F	4A;4B	5A;5C
Ghaderi, Pishvae e Moini (2016)	1A	2G	3D;3F	4F	5A;5C;5D

Ghosh (2016)	1D	2E; 2F	3D	4A;4D	5B;5C;5D
Gold e Seuring (2011)	1A	2A;2B;2C;2D; ;2E;2F;2G	3D	4A;4B;4C;4D;4E	5A;5B;5C; 5D
Hong, How e Lam (2016)	1A	2A;2B;2C;2D; ;2E;2F;2G	3D	4A;4B;4C;4D;4E	5A;5B;5C; 5D
Iakovou et al. (2010)	1A	2B;2C; 2D; 2E; 2F	3D	4A;4B;4C;4D;4E	5A;5B;5C; 5D
Jensen e Govindan (2014)	1B	2F	3A;3E	4B	5B
Kumar e Singh (2017)	1A	2E; 2F	3D	4D	5A
Kwaśny e Balcerzak (2017)	1B	2E; 2F	3A;3E	4B	5A, 5C
Maina, Kachrimanidou e Koutinas (2017)	1B	2E; 2F	3D	4D	5A
Mayerle e Neiva de Figueiredo (2016)	1E	2F;2G	3C	4C	5A
Mohamed Abdul ghani, Vogiatzis e Szmerekovsky (2018)	1C	2A;2B;2C;2D; ;2E;2F;2G	3C;3F	4D	5A;5B;5C
Pan et al. (2015)	1A	2F	3D	4A;4B;4C;4D;4E	5A;5B;5C; 5D
Pehlken et al. (2016)	1B	2F;2G	3F	4D	5A;5B;5C; 5D
Prosman e Sacchi (2018)	1B	2G	3D	4F	5A;5C
Raychaudhuri (2016)	1B;1D	2F	3D	4F	5B;5C;5D
Saif et al. (2017)	1C	2G	3C;3F	4F	5B;5C;5D
Sampat et al. (2017)	1A	2G	3C;3F	4F	5A
Sgarbossa e Russo (2017)	1B	2G	3B;3F	4B	5A;5C;5D
Tsolakis et al. (2014)	1A	2A;2B;2C;2D; ;2E;2F	3D	4F	5A
Welfle, Gilbert e Thornley (2014)	1B	2G	3C	4B;4D	5A;5C

Fonte: Elaborado pelos autores.

A figura 1, demonstra os principais artigos publicados envolvendo Cadeia de suprimentos e Biomassa para geração de Bioenergia. A partir de 2014, houve um crescente em função de novos estudos envolvendo a Economia Circular, onde novos modelos de negócios que incentivam o design para a reutilização e melhoram a recuperação de materiais representa um afastamento dos sistemas históricos de produção e consumo. Isso indica que a interface entre questões de bioenergia e cadeia de suprimentos circular aumentou em importância nos últimos anos.

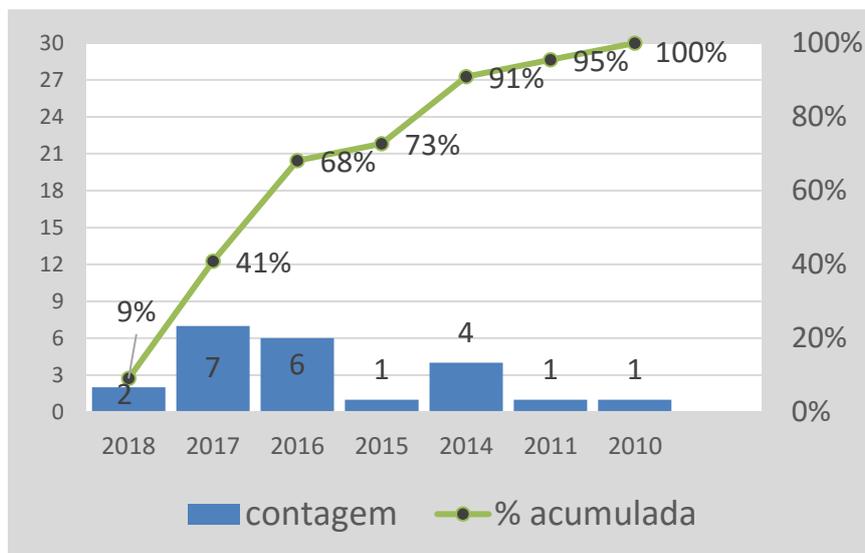


Figura 1. Distribuição de artigos ao longo do período de 2010 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4.2 Dimensões analisadas

### 4.2.1 Regiões abordadas

Esta análise teve como objetivo investigar a contribuição de cada continente. Pode-se verificar que o nível Global (genérico) e Europa empataram, em bem menor número e também empatados, América do Norte e Ásia, finalizando com América Latina. A recomendação é que se verifique o porquê da América do Norte não ser mencionada diretamente nos artigos, pois é considerado um país desenvolvido e com muita influência para o resto do mundo.

### 4.2.2 Interface da cadeia de suprimento e bioenergia

Em 15 artigos, a interface da cadeia de suprimento e bioenergia foi relacionada à conversão de energia, 12 artigos a projetos de sistema, 10 artigos às técnicas de pré-tratamento, seguido de armazenamento, colheita e transporte, todos com 5 artigos. Finalmente, entre as interfaces analisadas, apenas 4 artigos mencionam a recolha, o que recomendasse é realizar mais estudos que analisem essa interface, visto que ela é o início da cadeia de suprimento.

### 4.2.3 Métodos de pesquisa

A análise demonstra uma clara predominância em artigos que abordam a integração entre cadeia de suprimentos e bioenergia em forma de revisão da literatura, (12) artigos, seguidos de estudos conceituais (6). Também foram apresentados 3 artigos em pesquisa e 7 estudos de caso. Baseado na amostra, pode-se perceber que a que a produção de bioenergia é um campo de pesquisa em rápida evolução, focando principalmente nas tecnologias de produção

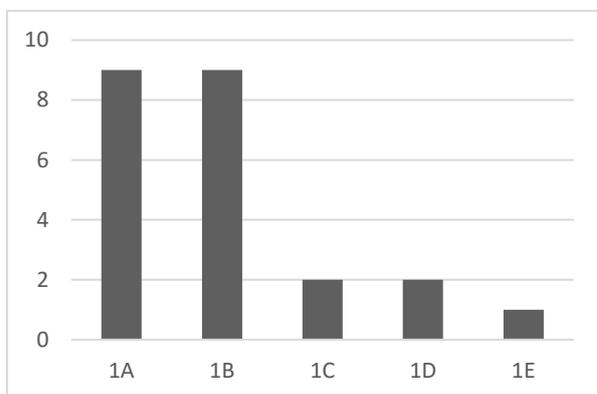
de bioenergia. No entanto, a maioria dos estudos foca na parte teórica que abordam as questões críticas de gerenciamento da cadeia de suprimentos. Recomenda-se focar em estudos empíricos que consigam quantificar e comprovar as teorias e estudos de casos propostos.

#### 4.2.4 Matéria-prima de usinas de conversão de bioenergia

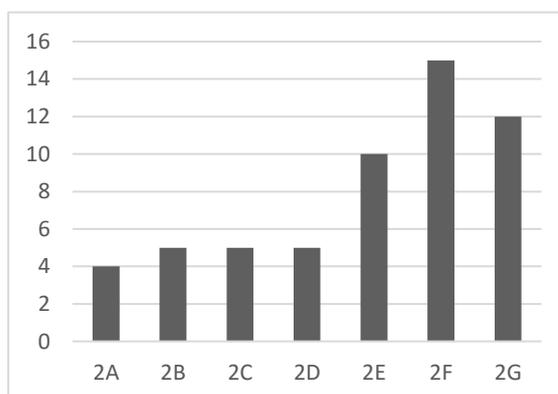
Os resultados mostram que os resíduos industriais e os de agricultura foram os mais utilizados para a conversão de bioenergia, seguidos de resíduos orgânicos domésticos e de animais. Como recomendação, sugere-se analisar as dificuldades encontradas na coleta dos resíduos orgânicos domésticos, pois que estes crescem a cada dia devido ao aumento da população.

#### 4.2.5 Benefícios de desempenho

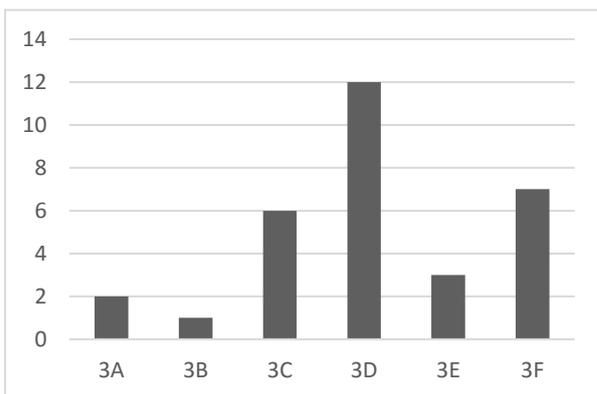
Essa análise demonstrou se o gerenciamento da cadeia de suprimentos na produção de bioenergia influenciou direta ou indiretamente, o desempenho operacional, econômico, ambiental e/ou social da localidade. Verificou-se que a maioria dos artigos reconheceu que o gerenciamento da cadeia de suprimentos na produção da bioenergia influencia positivamente o desempenho operacional e ambiental. Em menor soma, houve menção ao impacto econômico e social. Assim, recomenda-se analisar a fundo os benefícios do gerenciamento da cadeia de suprimentos na produção da bioenergia no desempenho social da sociedade.



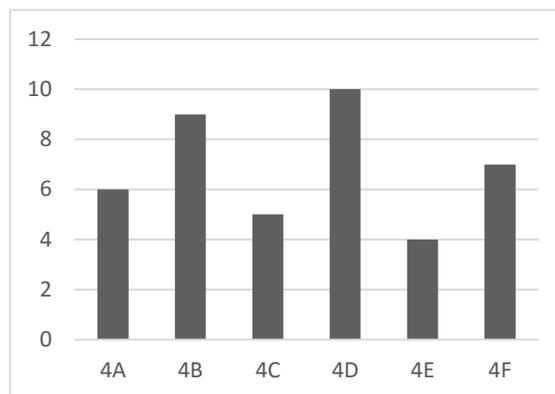
**Figura 2 - Regiões abordadas. Fonte: Elaborado pelos autores**



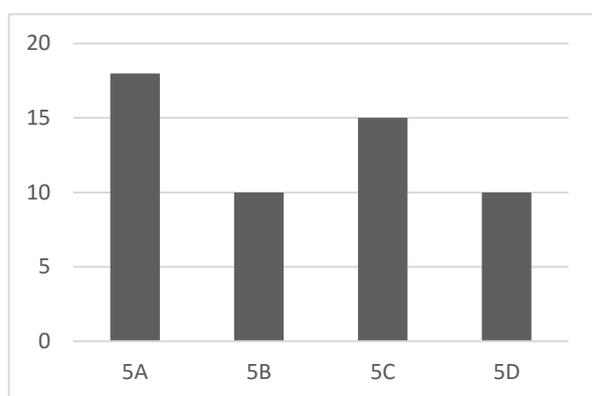
**Figura 3 - Análise de frequência das questões de cadeia de suprimentos e logística na produção de bioenergia. Fonte: Elaborado pelos autores**



**Figura 4 - Frequência dos artigos classificados pelo método de pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores**



**Figura 5 - Matéria-prima de usinas de conversão de bioenergia. Fonte: Elaborado pelos autores**



**Figura 6 - Frequência dos artigos relacionados aos benefícios de desempenho. Fonte: Elaborado pelos autores**

*\*Nota: Como os trabalhos podem corresponder a nenhuma, uma ou mais de uma categoria, as frequências não se somam necessariamente a N = 22.*

Os resultados demonstram um crescente no campo de estudo que envolva questões de gerenciamento de cadeia de suprimento e produção de bioenergia, muito em função de novos estudos sobre as estratégias da Economia Circular. Os Modelos circulares de produção buscam ampliar a percepção de valor, mitigar o risco por meio da flexibilidade estrutural, introduzir a inovação inicial dos fornecedores, serviços mais estratégicos e a questão da distribuição global versus distribuição local de produção.

A sustentabilidade se inicia desde o ponto que se decide sobre a estrutura básica do sistema de bioenergia (matéria-prima, atores da cadeia de fornecimento, tecnologia de conversão) e continua com questões específicas de sistemas de transporte, manuseio, armazenagem e armazenamento ou de procedimentos de pré-tratamento de matéria-prima de biomassa. Modelos de negócios sustentáveis e gerenciamento de cadeia de suprimento estão intimamente conectados no sentido de que a configuração das cadeias de suprimentos pode afetar o desenvolvimento de um modelo de negócios sustentável e vice-versa (LÜDEKE-FREUND; GOLD; BOCKEN, 2016). Pode-se prever que o papel que a bioenergia desempenhará no futuro no fornecimento de energia dependerá da medida em que várias barreiras ou fatores limitantes que inibem o comércio internacional, bem como a produção sustentável e eficiente de recursos de biomassa podem ser superados.

A cadeia de suprimento de biomassa e seus produtos será tão forte quanto seu elo mais fraco, e hoje, esses elos fracos incluem um suprimento limitado de matérias primas convencionais; desafios na colheita e coleta de matérias-primas; transporte de matérias-primas e armazenamento sazonal; operando em uma escala eficiente. ( DE MEYER et al., 2014; GHADERI; PISHVAEE; MOINI, 2016; GHOSH, 2016; RAYCHAUDHURI, 2016; SAIF et al., 2017; WELFLE; GILBERT; THORNLEY, 2014). O Custo logístico para utilização de resíduos orgânicos urbanos, se mostrou como um outro possível empecilho principalmente em países em desenvolvimento onde há uma burocracia de forma excessiva que dificulta ainda mais esse processo. Além disso, os riscos na cadeia de suprimentos estão em constante evolução e imprevisíveis, tornando-os cada vez mais complexos e desafiadores de lidar.

## 5. Conclusões

O presente estudo teve como objetivo identificar e sistematizar os artigos acadêmicos mais relevantes que apresentem uma potencial evolução nas práticas sustentáveis de gerenciamento da cadeia de suprimentos, alinhando-as aos conceitos de economia circular. A economia circular empurra as fronteiras da sustentabilidade ambiental, enfatizando a ideia de transformar produtos de tal forma que haja relações viáveis entre os sistemas ecológicos e o crescimento econômico. Portanto, a economia circular não se preocupa apenas com a redução do uso do meio ambiente como um sumidouro para resíduos, mas sim com a criação de sistemas de produção autossustentáveis. Para tanto, foram analisados 22 artigos publicados nos últimos dez anos nos principais periódicos focados em sustentabilidade e, a partir da análise de diferentes dimensões, foi elaborado um relato com os resultados obtidos.

Através da análise dos artigos, foi possível observar que apesar da uma crescente pesquisa no campo da gestão de cadeias de suprimento de forma sustentável no campo da produção de bioenergia, a maioria dos artigos foram formulados em forma de revisão, com enfoque teórico. Também foram elaborados Modelagens matemáticas de otimização da cadeia de suprimento e alguns estudos de caso, no entanto não foi possível observar uma abordagem confirmatória e validação empírica.

Esta pesquisa apresenta limitações relacionadas ao uso de mecanismos de busca tendo em vista que apenas a base de dados da plataforma Scopus. No entanto, foram utilizadas combinações diferentes e sinônimos de termos de pesquisa no intuito de melhorar sua eficácia. Tendo em vista que assunto é extremamente complexo e que a terminologia em torno da “economia circular” e Cadeia de suprimento circular” tem sido divergente, onde o termo “ciclo fechado” é frequentemente usado em paralelo. Além disso, correntes de pesquisa distintas provenientes de diferentes campos epistemológicos como biologia, economia e ecologia podem oferecer outras terminologias.

Como consequência da divergência em função do termo “Economia Circular”, pesquisas futuras devem ser cuidadosas. Deve-se tomar cuidado quanto a caracterização e ao processo usado para selecionar a amostra, a fim de evitar que os elementos desta constituam um conjunto com características fundamentalmente distintas das variáveis que se deseja estudar. Uma revisão sistemática com um número maior de artigos poderia garantir uma amostra mais representativa diminuindo a probabilidade do acaso ser responsável por eventuais discrepâncias.

APÊNDICE - A.

**Tabela A1. Sistematização das contribuições dos artigos analisados.**

<b>Estudo</b>	<b>Resumo de contribuição de pesquisa</b>
De Meyer et al. (2014)	Uma revisão que fornece uma visão geral dos métodos e modelos de otimização, focados nas decisões relativas ao projeto e gerenciamento do segmento upstream da cadeia de fornecimento de biomassa para bioenergia.
Genovese et al. (2017)	Por meio de dois estudos de caso de diferentes indústrias de processo (química e alimentícia), este documento compara os desempenhos de sistemas de produção tradicionais e circulares em uma variedade de indicadores.
Ghaderi, Pishvae e Moini (2016)	O objetivo deste artigo é revisar os artigos sobre modelos de design de redes de cadeias de suprimentos de biomassa publicados em periódicos científicos com base em suas abordagens de modelagem, decisões, incertezas, metodologias de solução, sustentabilidade, características do modelo, entidades, dados e regiões dos estudos de caso.
Ghosh (2016)	O estudo analisou a cadeia de fornecimento de biomassa e bio resíduos para produção de bioenergia e biocombustível e investigou os principais desafios e problemas na Índia.
Gold e Seuring (2011)	Este artigo apresentou uma revisão bibliográfica de artigos publicados em periódicos de língua inglesa revisados por pares de diversos bancos de dados, de 2000 a 2009, que abrangem a interface da produção de bioenergia e questões de logística e gestão da cadeia de suprimento.
Hong, How e Lam (2016)	Este artigo fornece aos leitores um ponto inicial para entender o conceito de gerenciamento sustentável da cadeia de fornecimento de biomassa e a síntese e otimização de modelos sustentáveis de cadeia de fornecimento de biomassa. E apresenta uma visão geral dos métodos de síntese e otimização da cadeia de fornecimento de biomassa.
Iakovou et al. (2010)	Através de uma síntese crítica, aplicada as partes envolvidas na concepção e gestão de cadeias de fornecimento de biomassa, reconheceu-se o processo natural de tomada de decisão hierárquica para o projeto e o gerenciamento de redes de cadeia discutindo tecnologias de conversão de energia.
Jensen e Govindan (2014)	Através de uma avaliação financeira e ambiental, o artigo demonstra que é possível obter benefícios financeiros e redução de custos, mas que condições desafiadoras podem ser problemáticas do ponto de vista da empresa.
Kumar e Singh (2017)	Investigou através de uma revisão a integração holística de diferentes componentes da cadeia de suprimento de biomassa e suas atividades envolvidas, juntamente com um projeto criterioso, afim de aumentar o quantum de retorno de energia, melhorará o balanço de gases de efeito estufa e reduzirá a pegada hídrica da instalação de produção de bioenergia.
Kwaśny e Balcerzak (2017)	Foram analisadas as características do biogás a partir de lodo de esgoto, a logística de biogás a partir de problemas de produção de lamas de esgoto, que se relacionam com plantas de produção local, atividades de abastecimento, composição química da mistura de gases, e sua participação na obtenção de energia em um projeto piloto na Polônia.
Maina, Kachrimanidou e Koutinas (2017)	Através de uma revisão da literatura, o artigo forneceu uma visão geral dos métodos atuais de bioconversão através do uso de Resíduos da cadeia de abastecimento de alimentos e resíduos sólidos urbanos como material inicial para o projeto de tais bioprocessos.
Mayerle e Neiva de Figueiredo (2016)	O artigo detalha três estágios de análise para projetar o fornecimento ideal de resíduos animais para a biodigestão anaeróbica, incluindo a formulação do modelo e a solução matemática para cada estágio.



- Mohamed Abdul ghani, Vogiatzis e Szmerekovsky (2018) Desenvolveu-se um sistema de suporte à decisão utilizando um programa linear de larga escala com o objetivo de maximizar o lucro com e sem o custo de emissão. Um estudo de caso de sobras de palha de milho no estado de Dakota do Norte é analisado para validar o modelo.
- Pan et al. (2015) O artigo em forma de revisão, detalha as barreiras para a construção da cadeia de suprimentos WTE (waste to energy), avaliando os modelos de negócios bem-sucedidos de cadeias de suprimentos WTE em todo o mundo. As opções de portfólio de tecnologias WTE foram ilustradas para o sistema de economia circular.
- Pehlken et al. (2016) É discutido possíveis ações participativas de várias partes interessadas e seus benefícios, focando em maiores parcelas de biomassa regional para a produção de bioenergia através de dois estudos de caso compreendendo um total de três usinas de biogás.
- Prosman e Sacchi (2018) Propôs o desenvolvimento de critérios ambientais de seleção de fornecedores para cadeias de suprimentos circulares. O método baseia-se em uma avaliação do ciclo de vida consequente e no impacto ambiental em forma de Monetização de quatro fornecedores de combustível alternativo na indústria de cimento.
- Raychaudhuri (2016) Discutiu-se o potencial de produção de bioenergia de várias categorias de biomassa utilizadas e seus processos de conversão adotados especificamente em países asiáticos e europeus. Oferecendo recomendações para o desenvolvimento futuro nos campos relevantes, como custo, planejamento estratégico e implicação de políticas.
- Saif et al. (2017) Foi proposto um modelo formulado para examinar os efeitos das incertezas dos parâmetros do modelo onde combinou-se a rede da cadeia de fornecimento de RSU através de diferentes escalões sob incerteza. Um estudo de caso foi apresentado para mostrar a aplicação da formulação de programação matemática.
- Sampat et al. (2017) Discutiu-se como usar uma estrutura para computar soluções de comprometimento que resolvem conflitos geográficos e de partes interessadas. Através de estudos de caso nos quais buscou-se projetar cadeias de suprimento para coletar e processar resíduos orgânicos mitigar as emissões de fósforo e metano em pontos.
- Sgarbossa e Russo (2017) O artigo fornece uma base para o desenvolvimento de novos modelos de Cadeia de Fornecimento de Ciclo Fechado. Através de um estudo de caso é analisado qual o resíduo produzido é reutilizado como recurso, evitando o descarte de materiais diferentes por meio de atividades de recuperação de recursos que permitem que os resíduos sejam devolvidos à cadeia principal.
- Tsolakis et al. (2014) Fornece uma estrutura abrangente de tomada de decisão hierárquica e uma taxonomia crítica que se aplica a todas as partes interessadas envolvidas no projeto de desenvolvimento e gerenciamento de operação de cadeias de fornecimento agroalimentares eficiente.
- Welfle, Gilbert e Thornley (2014) Um Modelo de Recursos de Biomassa é aplicado para analisar a dinâmica da cadeia de fornecimento de biomassa do Reino Unido. A análise conclui que os recursos do Reino Unido com maior potencial de bioenergia primária são resíduos domésticos e resíduos agrícolas.

Fonte: Elaborado pelos autores

## Referências

BALLEW, B. S. Elsevier's Scopus® Database. **Journal of Electronic Resources in Medical Libraries**, v. 6, n. 3, p. 245–252, 9 set. 2009.

CHADEGANI, A. A. et al. A Comparison between Two Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases. **Asian Social Science**, v. 9, n. 5, p. 18–26, 27 abr. 2013.

DE ANGELIS, R.; HOWARD, M.; MIEMCZYK, J. Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 6, p. 425–437, 26 abr. 2018.

DE MEYER, A. et al. Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 657–670, 1 mar. 2014.

GENOVESE, A. et al. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. **Omega**, v. 66, p. 344–357, 1 jan. 2017.

GHADERI, H.; PISHVAEE, M. S.; MOINI, A. Biomass supply chain network design: An optimization-oriented review and analysis. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 972–1000, 30 dez. 2016.

GHOSH, S. K. Biomass & Bio-waste Supply Chain Sustainability for Bio-energy and Bio-fuel Production. **Procedia Environmental Sciences**, v. 31, p. 31–39, 1 jan. 2016.

GOLD, S.; SEURING, S. Supply chain and logistics issues of bio-energy production. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 1, p. 32–42, 1 jan. 2011.

HONG, B. H.; HOW, B. S.; LAM, H. L. Overview of sustainable biomass supply chain: from concept to modelling. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 18, n. 7, p. 2173–2194, 23 out. 2016.

IAKOVOU, E. et al. Waste biomass-to-energy supply chain management: A critical synthesis. **Waste Management**, v. 30, n. 10, p. 1860–1870, 1 out. 2010.

JENSEN, J. K.; GOVINDAN, K. Assessment of renewable bioenergy application: a case in the food supply chain industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 254–263, 1 mar. 2014.

KUMAR, D.; SINGH, B. Role of biomass supply chain management in sustainable bioenergy production. **Biofuels**, p. 1–11, 22 set. 2017.

KWAŚNY, J.; BALCERZAK, W. Production logistics and participation of biogas in obtaining primary energy in Poland. **Energy & Environment**, v. 28, n. 4, p. 425–436, jun. 2017.

MAINA, S.; KACHRIMANIDOU, V.; KOUTINAS, A. A roadmap towards a circular and sustainable bioeconomy through waste valorization. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 8, p. 18–23, 2017.

MAYERLE, S. F.; NEIVA DE FIGUEIREDO, J. Designing optimal supply chains for anaerobic bio-digestion/energy generation complexes with distributed small farm feedstock sourcing. **Renewable Energy**, v. 90, p. 46–54, 1 maio 2016.

MOHAMED ABDUL GHANI, N. M. A.; VOGIATZIS, C.; SZMEREKOVSKY, J. Biomass feedstock supply chain network design with biomass conversion incentives. **Energy Policy**, v. 116, p. 39–49, 1 maio 2018.

PAN, S.-Y. et al. Strategies on implementation of waste-to-energy (WTE) supply chain for circular economy system: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 409–421, 1 dez. 2015.

PEHLKEN, A. et al. Forming stakeholder alliances to unlock alternative and unused biomass potentials in bioenergy regions. **Journal of Cleaner Production**, v. 110, p. 66–77, 1 jan. 2016.

POZZEBON, M. et al. Unpacking researchers' creativity and imagination in grounded theorizing: An exemplar from IS research. **Information and Organization**, v. 21, n. 4, p. 177–193, 1 dez. 2011.

PROSMAN, E. J.; SACCHI, R. New environmental supplier selection criteria for circular supply chains: Lessons from a consequential LCA study on waste recovery. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 2782–2792, 20 jan. 2018.

RAYCHAUDHURI, A. Biomass Supply Chain in Asian and European Countries. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 914–924, 1 jan. 2016.

RENTIZELAS, A. A.; TOLIS, A. J.; TATSIPOULOS, I. P. Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 4, p. 887–894, 1 maio 2009.

SAIF, Y. et al. A circular economy solid waste supply chain management based approach under uncertainty. **Energy Procedia**, v. 142, p. 2971–2976, 1 dez. 2017.

SAMPAT, A. M. et al. Optimization formulations for multi-product supply chain networks. **Computers & Chemical Engineering**, v. 104, p. 296–310, 2 set. 2017.

SGARBOSSA, F.; RUSSO, I. A proactive model in sustainable food supply chain: Insight from a case study. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 596–606, 1 jan. 2017.

SU, B. et al. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. **Journal of Cleaner Production**, v. 42, p. 215–227, mar. 2013.

TSOLAKIS, N. K. et al. Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. **Biosystems Engineering**, v. 120, p. 47–64, 1 abr. 2014.

WEI, F. et al. Research on performance evaluation system for green supply chain management based on the context of recycled economy--taking Guangxi's manufacturing industry. **Journal of Grey System**, 2014.

WELFLE, A.; GILBERT, P.; THORNLEY, P. Increasing biomass resource availability through supply chain analysis. **Biomass and Bioenergy**, v. 70, p. 249–266, 1 nov. 2014.

YAZAN, D. M. et al. The effect of spatial variables on the economic and environmental performance of bioenergy production chains. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 224–233, 2011.