

## REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS, GESTÃO DE SUPRIMENTOS E SUSTENTABILIDADE

Carlos Gustavo Lopes da Silva<sup>1</sup>

Geisse Martins<sup>2</sup>

Marcelo Bomfim Guedes<sup>3</sup>

Hugo Silva Ferreira<sup>4</sup>

### RESUMO

A gestão da cadeia de suprimentos passou por uma notável evolução em paralelo às revoluções industriais ao longo da história. Cada uma dessas revoluções trouxe avanços tecnológicos que impulsionam mudanças na forma como as empresas operam e gerenciam suas cadeias de suprimentos. Com a terceira revolução industrial, entre as décadas de 1950 e 1970, as preocupações ambientais começaram a surgir, levando a uma maior conscientização sobre os impactos ambientais da cadeia de suprimentos. No entanto, foi com a Quarta Revolução Industrial, iniciada no início dos anos 2000, que a gestão da cadeia de suprimentos assumiu uma abordagem mais sustentável. Neste contexto, observa-se a evolução de gestão da cadeia de suprimentos sustentável, que envolve práticas como eficiência energética, uso sustentável de recursos, gestão de fornecedores sustentáveis, transparência e comunicação. Hoje, a gestão da cadeia de suprimentos sustentável é fundamental para as empresas que desejam alcançar a eficiência operacional, reduzir riscos financeiros, cumprir regulamentações ambientais e atender às expectativas dos consumidores conscientes. Com a constante evolução tecnológica e a crescente conscientização sobre a importância da sustentabilidade, espera-se que a gestão da cadeia de suprimentos sustentável continue avançando, buscando soluções inovadoras e colaborativas para enfrentar os desafios ambientais do futuro. A partir dos conceitos revisitados, este estudo conclui sobre a importância do pensamento sustentável como suporte à sobrevivência das empresas em um ambiente mais consciente em questões socioambientais, políticas e econômicas.

**Palavras-chave:** Gestão da cadeia de suprimentos. Sustentabilidade. Externalidades. Economia ambiental. Falhas de mercado. Competitividade.

<sup>1</sup> Doutorando em Gestão e Negócios (UNISINOS). Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede (UFSM). Especialização em Desenvolvimento de Jogos Digitais (ESTACIO). Pós-Graduação (MBA) em Administração Estratégica (ESTACIO). e-mail: cgsilva33@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Educação (Yvy Enber). Mestre em Administração de empresas pela Must University. e-mail: geisse@geisse.com.br

<sup>3</sup> Graduado em Administração de Empresas pela UNIFACS. Especialista em Contabilidade Gerencial com ênfase em Controladoria pela UFBA, em Desenvolvimento Gerencial com ênfase em Recursos Humanos pela UNIJORGE, em Auditoria e Compliance e Finanças com ênfase em Mercado de Capitais pela Descomplica. Mestrando em Administração de Empresas pela Must University. marcelobguedes@gmail.com.

<sup>4</sup> Graduação em Administração pela UNIFAEI. Especialização em Docência do Ensino Superior e MBA em Educação Corporativa. Mestre em Administração pela Must University. E-mail: prof.hugosferreira@gmail.com

## ABSTRACT

Supply chain management has undergone a remarkable evolution in parallel to the industrial revolutions throughout history. Each of these revolutions brought technological advances that drove changes in the way companies operate and manage their supply chains. With the third industrial revolution, between the 1950s and 1970s, environmental concerns began to emerge, leading to an increased awareness of the environmental impacts of the supply chain. However, it was with the Fourth Industrial Revolution, which began in the early 2000s, that supply chain management took on a more sustainable approach. In this context, the evolution of sustainable supply chain management is observed, which involves practices such as energy efficiency, sustainable use of resources, sustainable supplier management, transparency, and communication. Today, sustainable supply chain management is critical for companies that want to achieve operational efficiency, reduce financial risks, comply with environmental regulations, and meet the expectations of conscientious consumers. With the constant technological evolution and growing awareness of the importance of sustainability, sustainable supply chain management is expected to continue advancing, seeking innovative and collaborative solutions to meet the environmental challenges of the future. From the concepts revisited, this study concludes on the importance of sustainable thinking as a support for the survival of companies in a more conscious environment in socio-environmental, political and economic issues

**Key-Words:** Supply chain management. Sustainability. Externalities. Environmental economics. Market failures. Competitiveness

## Introdução

Quando na Europa do século XVIII, sobretudo na Inglaterra, percebeu-se o alinhamento de condições políticas, sociais e econômicas, em paralelo ao desenvolvimento das primeiras máquinas a vapor, o capitalismo dava seus primeiros passos rumo à consolidação. A Revolução Industrial, como ficou conhecida, permitiu o estabelecimento de indústrias e mudou completamente as relações trabalhistas e de consumo. Pouco mais de duzentos anos depois, o mundo observa uma nova revolução industrial, marcada agora pela fusão de tecnologias físicas, digitais e biológicas marcando o que será conhecido como Indústria 5.0.

Todos os aspectos dessas revoluções provocaram nas organizações a necessidade de adaptação como subterfúgio para sua sobrevivência. Albert Einstein, conhecido teórico alemão, em sua teoria da gravitação, ou teoria da relatividade geral como também é conhecida, explica que uma força gravitacional entre corpos materiais deforma o espaço-tempo e que esta deformação é experimentada por outros corpos, o que, em uma estreita analogia, resume os impactos das revoluções industriais (como força gravitacional) nos modelos de gestão das organizações (demais corpos). Quanto mais observava-se evoluções tecnológicas, mais os

processos produtivos avançavam e mais esforço e adaptações a gestão demandava. Quanto mais as comunicações tornavam-se integradas, mas o mundo se globalizou e mais esforços de logística eram necessários. Quanto mais as fronteiras físicas desapareciam, mais customizações eram empregadas. Acompanhar as revoluções geram custos que passaram de monetários e econômicos a também sociais e ambientais.

O lucro, que podemos definir, de forma rasa, como meta quantitativa das organizações passa a ser acompanhada pela busca da eficiência, meta qualitativa. E buscar eficiência forçou as organizações a desviarem o olhar, que antes era interno em seus próprios processos, para todo o ambiente em que participa. Fornecedores, prestadores de serviço e clientes estão na mira das organizações sob o propósito da eficiência. Outra meta qualitativa a ser perseguida pelas organizações diz respeito à sustentabilidade. Não obstante à perspectiva mundial em torno da preservação do meio ambiente, os consumidores passaram a exigir, cada vez de forma mais incisiva, produtos resultantes de produções sustentáveis. Nesse contexto, a gestão da cadeia de suprimentos (GCS) torna-se o principal aliado no atingimento das metas quantitativas e qualitativas das organizações.

Este trabalho, então, utilizar-se-á como base metodológica a revisão bibliográfica com abordagem qualitativa, com o objetivo de entender como a gestão da cadeia de suprimentos pode auxiliar as organizações a aumentar sua competitividade frente aos novos desafios de uma consciência social e ambiental compartilhada, abordando algumas questões teóricas sobre eficiência, falhas de mercado, sustentabilidade, economia ambiental entre outros. Nos capítulos a seguir buscaremos apresentar a linha de tempo das revoluções industriais, o surgimento da sustentabilidade como preocupação econômica e social, o desenvolvimento da gestão da cadeia de suprimentos e sua abordagem sustentável.

## **Evoluções e Involuções das Indústrias**

Muito mais que um marco temporal na história, a revolução industrial definiu um sistema econômico e social. O historiador Yuval Harari (2018) define que a revolução industrial em seu âmago se tratava de uma revolução sobre a conversão de energia. Segundo o historiador, os humanos já sabiam utilizar diferentes tipos de energia. Usava-se o fogo para derreter metais, cozinhar, aquecer suas casas; o vento para impulsionar seus navios; a água para mover seus moinhos de pedra, mas não sabiam como converter um tipo de energia em outra. Para

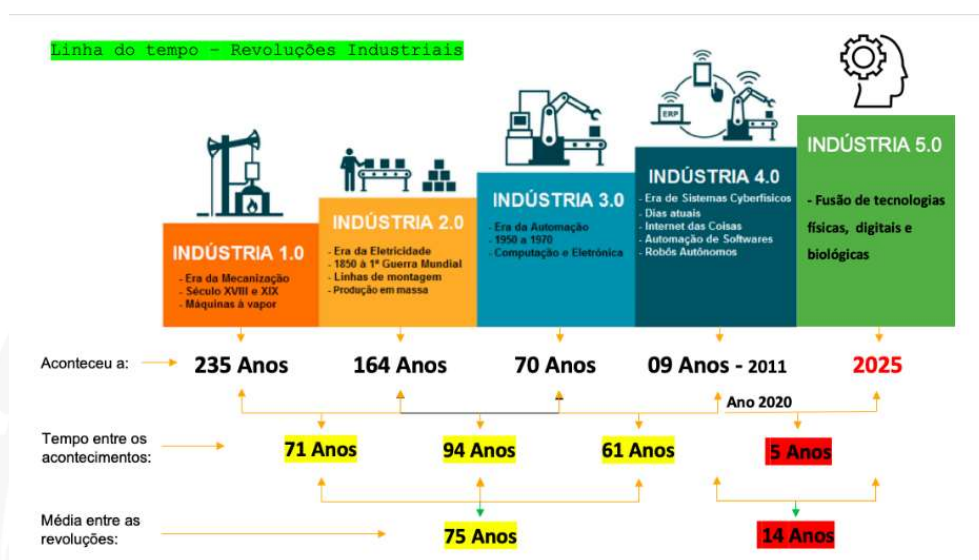
Hobsbawn (2011), a revolução industrial não se limitou à aceleração econômica ou às tecnologias desenvolvidas e sim uma aceleração do crescimento por meio da transformação social e econômica. O fato é que a revolução industrial consolidou o sistema capitalista e o consumismo, marcou a mudança nas relações das atividades produtivas e trabalhistas. Destarte todos os avanços que se pode apontar da Revolução Industrial, seu “novo” modelo de processo produtivo em escala passou a utilizar de forma predatória os recursos naturais. Segundo Samuel Barreto da TNC Brasil, no documentário Aquecimento Global (2021) a partir da revolução industrial e principalmente durante os séculos XX e XXI foram utilizados mais recursos naturais que o poder da natureza de reposição.

A segunda revolução industrial (ou indústria 2.0) dá início a linha de montagem, cujo elemento central é a eletricidade. Neste período, entre 1850 até a 1ª guerra mundial, observou-se a democratização do acesso aos bens de consumo, tendo destaque a indústria automotiva. As relações de trabalho mudam mais uma vez, tornando os empregados especialistas em tarefas altamente repetitivas no, agora, chão de fábrica. Surgia o Fordismo e o Taylorismo, escolas de gestão cujos modelos organizacionais empregados ficavam a produtividade industrial. A gestão da cadeia de suprimentos dava seus primeiros passos. Segundo Womack *et al* (2004) a padronização de medidas das peças por todos os fornecedores, o arqueamento de peças usinadas (também uma medida de padronização) proporcionaram a Ford uma economia de tempo na montagem do automóvel gerando grande vantagem competitiva, porém a grande mudança no modo de produção foi a transição de montagem estacionária para móvel. Além disso, para o fordismo o produto deveria ser de fácil operação e manutenção. Com a produção em pleno funcionamento a logística era a bola da vez.

Na terceira revolução, baseada na eletrônica, a produção ganha o caráter de automação. É a era da robótica, da telecomunicação. Robôs são introduzidos nas linhas de produção, mais uma vez as relações de trabalho são modificadas, menos homens trabalhando, mais robôs, menor tempo e maior eficiência, mais economia, mais lucro. O foco ainda era com a cadeia de valor interno. Fortemente baseada na conectividade, a indústria 4.0 (nossa quarta revolução industrial), tem por característica a convergência digital que impacta os modelos de produções atuais, as organizações industriais e, principalmente, a forma de se pensar a produção. Xavier (2023), aponta que as mudanças ocorrerão fortemente nas automações industriais, com o uso de inteligências artificiais (IA), computação em nuvem e a internet das coisas (IoT) entre outras. A autora chama de indústria inteligente e afirmam que por meio da conectividade entre máquinas e

processos digitais, as indústrias serão capazes de se autogerir. Vivan (2020) observa que as primeiras revoluções levaram cerca de 75 anos entre elas, e que o tempo entre a quarta e quinta revoluções terão uma drástica redução em mais de 80%.

### Linha do Tempo das Revoluções Industriais



Fonte: Vivan, 2020

Ainda segundo o autor (Vivan, 2020) a chegada da quinta revolução industrial (ou Indústria 5.0) marcará uma estrutura empresarial com métodos e processos bem definidos e as decisões serão baseadas em dados. Para o autor a mudança nas relações de trabalho dar-se-ão sobre o comportamento dos profissionais, que serão cada vez mais multitarefas, especialistas em um determinado segmento, porém “generalistas” nas demais áreas e nos avanços tecnológicos. Para Carpes (2020), a quinta revolução industrial oferecerá menos características “industriais” e muito mais características “humanas”. Segundo o autor, pode-se observar, ao longo da linha do tempo das revoluções, o aumento consistente do uso de tecnologias econômicas e diminuição constante das formas de modificações, estruturais, mecânicas etc., associadas à escassez de recursos naturais. Conclui, portanto, sua linha de pensamento afirmando que a “quinta revolução não será Industrial, Informática ou Tecnológica, e sim, Humana” (Carpes, 2020, p. 9)

### Evolução da Sustentabilidade

É perceptível que as revoluções industriais levaram a humanidade a intervir na natureza. May (2010) ressalta que mesmo com a massiva capacidade de gerar danos ambientais também se gerou muitas situações para contornar as ameaças que estes danos pudessem representar para a sobrevivência. Ainda segundo o autor, para além dos desequilíbrios ambientais provocados, as revoluções industriais abriram caminhos para uma expansão, não observada na história, da escala das atividades humanas. As consequências do uso desregulado de recursos naturais e o intenso uso de máquinas e equipamentos a base de energia não renovável começam a ganhar visibilidade e a tornar-se uma questão importante a ser debatida. A poluição e o efeito estufa ganham cada vez mais destaque nas mídias e tornam-se objetos de estudo de inúmeros pesquisadores por todo o mundo. Na década de 1970 surge o conceito de ecodesenvolvimento, fruto da controvérsia sobre as relações de crescimento econômico e meio ambiente, intensificado pela publicação do relatório do Clube de Roma que propagava que só evitar-se-ia uma catástrofe ambiental sem crescimento econômico (ou crescimento nulo). Em contraposição deste relatório, o ecodesenvolvimento defendia que o crescimento econômico de fato relativiza questões ambientais, mas não os elimina e que o desenvolvimento econômico é necessário, mas insuficiente para a erradicação da pobreza e dos conflitos sociais.

Por se tratar de um conceito normativo sua interpretação gerava divergências que, basicamente, originaram duas correntes principais de interpretação. A primeira delas, segundo May (2010) deu início a chamada Economia Ambiental cujo princípio, em estreito resumo, circundava a ideia de que os recursos naturais não seriam, a longo prazo, um impeditivo ao desenvolvimento econômico, uma vez que a função de produção desenhava-se apenas com os fatores capital e trabalho, sem qualquer menção a utilização dos recursos naturais. Ao longo do tempo, a função de produção passou a considerar, em seu desenho, os recursos naturais, ainda que de forma multiplicativa, que segundo o autor significava “a substitubilidade perfeita entre capital, trabalho e recursos naturais, supondo que os limites impostos pela disponibilidade de recursos naturais poderiam ser indefinidamente superados pelo progresso técnico em substituição ao capital” (May, 2010, p.35). Na literatura essa conceituação ficou conhecida como sustentabilidade fraca.

A segunda corrente de pensamento, a chamada economia ecológica, interpretava o sistema econômico como parte de um ecossistema maior. Para esta linha de pensamento, o progresso tecnológico é parte fundamental para a utilização de recursos naturais em plena eficiência, enxergando o capital e os recursos naturais como complementares. Assim, mesmo

com essa linha interpretativa o dilema sobre a capacidade de reposição dos recursos naturais pela natureza persistia. A longo prazo a sustentabilidade do desenvolvimento econômico só seria viável caso os níveis de consumo se estabilizassem conforme a capacidade de reposição.

### **Evolução da Gestão da Cadeia de Suprimentos**

A gestão da cadeia de suprimentos evoluiu ao longo das diferentes revoluções industriais, acompanhando as mudanças tecnológicas e as crescentes demandas do mercado. Durante a Primeira Revolução Industrial, a gestão de suprimentos era mais simples e as atividades de suprimentos estavam voltadas principalmente para a aquisição de matérias-primas e insumos básicos para a produção. Os sistemas de produção eram predominantemente artesanais e baseados em trabalhadores qualificados. As transações comerciais eram frequentemente realizadas de forma localizada e manual. O surgimento de tecnologias como a energia elétrica e a máquina a vapor possibilitaram o desenvolvimento de indústrias em grande escala e ocorreram avanços significativos na gestão de suprimentos. A produção em massa ganhou destaque, e as atividades de suprimentos expandiram-se para além da aquisição de matérias-primas, incluindo o gerenciamento de estoques e a coordenação de fornecedores. O uso de transportes ferroviários e a implementação de processos padronizados contribuíram para melhorar a logística e a distribuição.

Durante a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como a era da automação, houve uma transformação ainda mais expressiva na gestão de suprimentos. A introdução de computadores e automação industrial permitiu uma maior eficiência e controle nas operações de suprimentos. Surgiram sistemas de gerenciamento de inventário, métodos de previsão de demanda mais sofisticados e a adoção de técnicas de controle de qualidade, como a Gestão da Qualidade Total (TQM). A logística também foi aprimorada com o aumento do uso de transportes rodoviários e a implementação de centros de distribuição.

A Quarta Revolução Industrial é caracterizada pela digitalização e integração de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial, a Internet das Coisas (IoT) e a automação avançada. Na gestão de suprimentos, essas tecnologias têm impactado significativamente a eficiência e a visibilidade da cadeia de suprimentos. A automação e a robótica estão sendo amplamente utilizadas em armazéns e centros de distribuição. A análise de dados em tempo real e a inteligência artificial estão ajudando na previsão de demanda, na otimização de rotas, na

gestão de estoque e na tomada de decisões mais informadas. Além disso, o comércio eletrônico e as plataformas de *marketplace* estão transformando a forma como as transações comerciais são realizadas.

## **Evolução do Verde**

Com o crescente reconhecimento da importância da sustentabilidade ambiental e das mudanças climáticas, as empresas têm se esforçado cada vez mais para implementar práticas sustentáveis em suas cadeias de suprimentos. Essa abordagem visa não apenas minimizar o impacto ambiental, mas também obter vantagens competitivas, atender às expectativas dos consumidores conscientes e cumprir regulamentações ambientais, cada vez mais rigorosas.

Mas essa “pressão” pela sustentabilidade não se dá apenas por conta dos novos consumidores exigentes e sócio ambientalmente conscientes. Todas as empresas objetivam a perpetuidade de suas operações e estão em constante atenção às falhas de mercado a que estão sujeitas. Mankiw (2009) define falha de mercado como uma situação em que o próprio mercado fracassa em alocar seus recursos com eficiência. As falhas de mercado, especificamente as externalidades negativas, têm um impacto significativo nas organizações, especialmente quando se trata de sustentabilidade ambiental. As externalidades negativas, segundo Mankiw (2009) surgem quando uma pessoa, ou agente econômico, realiza uma ação que impacta o bem-estar de um terceiro que em nada tem a ver com a ação sem pagar ou receber nenhuma compensação por este impacto.

Ainda segundo o autor, quando esta ação gera um benefício ao terceiro envolvido é chamado de externalidade positiva, em contrário, ou seja, gera um impacto adverso, externalidade negativa. O impacto das externalidades negativas pode ser bastante prejudicial para as organizações de várias maneiras, seja para sua reputação e imagem, ou em sua responsabilidade legal e regulatória, e até mesmo riscos financeiros. Neste sentido, a gestão da cadeia de suprimentos desempenha um papel fundamental na mitigação desses riscos.

A evolução da cadeia de suprimentos para uma abordagem mais sustentável começou a ganhar maior atenção a partir da Terceira Revolução Industrial, ocorrida entre 1950 e 1970. Durante esse período, houve uma maior conscientização sobre as questões ambientais e o impacto das atividades industriais no meio ambiente. O uso de computadores e a automação industrial, permitiram uma visão mais abrangente e uma abordagem mais sistêmica da gestão da

cadeia de suprimentos. Surgiram preocupações sobre a eficiência energética, o uso de recursos naturais e a poluição resultante das operações industriais. No entanto, foi com a Quarta Revolução Industrial, em andamento atualmente, que a abordagem sustentável na cadeia de suprimentos se tornou ainda mais relevante.

Com as tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT), a inteligência artificial (IA) e a análise de dados, as empresas passaram a ter maior capacidade de coletar e analisar informações sobre o desempenho ambiental ao longo da cadeia de suprimentos o que possibilitou o surgimento de práticas mais sustentáveis, como a otimização de rotas de transporte para reduzir as emissões de carbono, o uso de materiais eco-friendly na produção, a implementação de tecnologias de energia renovável e a adoção de embalagens sustentáveis.

Sob o aspecto da gestão, as empresas passaram de um olhar no final do processo, para um olhar em todo o processo. As empresas começaram a adotar critérios de seleção de fornecedores que levam em consideração práticas ambientalmente responsáveis, avaliando seus desempenhos ambientais, verificando a conformidade com regulamentações ambientais, e considerando suas políticas e práticas de sustentabilidade. Questões como transparência, rastreabilidade e estímulo para a colaboração entre diferentes partes interessadas, incluindo fornecedores, clientes, organizações não governamentais e governos, ganharam importante papel nesse novo cenário.

## **Considerações Finais**

Nos capítulos anteriores demonstramos como a evolução da indústria ao longo do tempo trouxe consigo diversas questões de, aparentemente, diferentes espectros. Não se observou apenas uma evolução tecnológica e dos modelos de produção, mas também se evoluiu em questões econômicas, ambientais e sociais. Não cabe, em qualquer discussão atual sobre eficiência, desconsiderar o impacto da produção de resíduos, ou de qualquer outra externalidade negativa, por exemplo.

Não se pode precisar um marco para a construção dessa consciência socioambiental. Não estaria equivocado afirmar que entre as décadas de 1950 e 1970 (terceira revolução industrial ou o surgimento do conceito de ecodesenvolvimento ou ainda o relatório do Clube de Roma) que a ideia de sustentabilidade tenha dado seus primeiros passos. Porém, muito além do pensamento romântico que possa aparentar a consciência “sustentável”, há por trás, sempre

esteve e é provável que sempre estará, a poderosa força do mercado, mas é inegável que a gestão sustentável da cadeia de suprimentos seja um importante aliado para o equilíbrio entre o mercado, o meio ambiente e a sociedade.

Ainda assim, e mesmo com todo avanço conquistado, figura no horizonte da gestão da cadeia de suprimentos, uma inquietante preocupação com a integridade das práticas sustentáveis. A emergência de ações vazias, destinadas a projetar uma imagem de compromisso com a sustentabilidade enquanto, na realidade, falham em gerar impacto tangível, deve ser reconhecida e abordada com seriedade. Essas práticas, muitas vezes denominadas de "greenwashing", minam a confiança dos consumidores, das partes interessadas e do público em geral, além de potencialmente prejudicar a verdadeira causa da sustentabilidade.

A distinção entre ações genuinamente relevantes e estratégias de greenwashing requer uma análise crítica das ações adotadas pelas empresas. A transparência, a rastreabilidade e a mensuração do impacto são elementos essenciais para identificar práticas efetivas. Além disso, a colaboração entre stakeholders e a adoção de padrões de certificação reconhecidos podem ajudar a validar as ações sustentáveis, proporcionando maior confiança na integridade das operações.

Portanto, a preocupação com o futuro da gestão da cadeia de suprimentos deve abranger não apenas a implementação de práticas sustentáveis, mas também a vigilância contra estratégias enganosas. A genuína adesão à sustentabilidade na cadeia de suprimentos é uma obrigação moral e econômica, sendo imperativo adotar ações transparentes, mensuráveis e autênticas. O sucesso a longo prazo da gestão da cadeia de suprimentos sustentável depende da construção de uma base sólida de confiança e integridade.

## **Referências Bibliográficas**

Carpes, A. (2020). A 5ª Revolução (Industrial) e a Volta à Humanidade Como Elemento de Disrupção. *Revista de Direito do Trabalho*. 209, 105-126

Harari, Y. (2018). *Sapiens: Uma breve história da humanidade*. Porto Alegre, RS: L&PM Editores.

Hobsbawm, E. (2011). *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. Rio de Janeiro, RJ:

Forense.

Mankiw, G. (2009). Introdução à Economia. São Paulo, SP: Cengage Learning.

May, P. (2010). Economia do Meio Ambiente. São Paulo, SP: Elsevier.

Vivan, G. (2020). Linha do Tempo: Revoluções industriais/empresariais. Disponível em 16 de janeiro de 2020, de <https://www.linkedin.com/in/geffersonvivan/> Acessado em 09 de junho de 2023

Xavier, B. (2023). As 4 Revoluções Industriais e Seus Impactos na Indústria. Disponível em 30 de maio de 2023, de <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/4-revolucoes-industriais/> Acessado em 09 de junho de 2023

Womack, J.; Jones, D.; Roos, D.; Carpenter, D. (2004). A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro, RJ: Campus

Medialand. (2021). Aquecimento Global [vídeo]. Disponível em Amazon Prime Vídeo.