



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS SUSTENTÁVEL E A TEORIA DAS RESTRIÇÕES: UMA PROPOSTA DE UMA VISÃO DE SIMPLICIDADE INERENTE

ALEX SIQUEIRA COSTA – alexcosta.lab@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

CÉSAR AUGUSTO GALVÃO DE MORAIS – cesar.morais@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

ÁREA: 1. ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO
SUBÁREA: 1.1 - GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

RESUMO: O AUMENTO DA COMPETITIVIDADE AGUÇOU O DESENVOLVIMENTO DOS PROCESSOS, SERVIÇOS E PRODUTOS DE MANEIRA MAIS EFICAZ COM OBJETIVO DE OTIMIZAR A GESTÃO DE RECURSOS E O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NAS ORGANIZAÇÕES. DIANTE DISSO, A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS É UM CAMPO EM QUE DIVERSAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO SÃO MONITORADAS REGULARMENTE E SÃO IMPLEMENTADOS DE FORMA ADEQUADA OS FATORES ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS, CUJO EQUILÍBRIO LEVA AO CRESCIMENTO DE UMA ORGANIZAÇÃO. O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL É AQUELE QUE ATENDE AS NECESSIDADES DO PRESENTE SEM COMPROMETER A HABILIDADE DAS GERAÇÕES FUTURAS ATENDEREM SUAS PRÓPRIAS NECESSIDADES. NESSE CONTEXTO, O OBJETIVO DO PRESENTE ESTUDO É PROPOR UMA SITUAÇÃO HIPOTÉTICA USANDO UMA FERRAMENTA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC). A PARTIR DA COMPREENSÃO SOBRE OS PROCESSOS DE PENSAMENTO DA TOC, FOI DESENVOLVIDA UMA RESSALVA DA RAMIFICAÇÃO NEGATIVA (RRN), ORIENTADA PELA ÁRVORE DE ESTRATÉGIAS E TÁTICAS (E&T) SEGUINDO OS CONCEITOS DE SIMPLICIDADE INERENTE, DESENVOLVIDOS PELO FÍSICO ISRAELENSE ELIYAHU M. GOLDRATTI. FOI POSSÍVEL VISUALIZAR ATRAVÉS DA RRN AS POSSÍVEIS RELAÇÕES DE CAUSA E EFEITO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS INDICANDO QUE ESTOQUES MÍNIMOS DE PRODUTOS BASEADOS NA DEMANDA APENAS, PODE TRAZER UM GRANDE BENEFÍCIO NA REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE RECURSOS NATURAIS, E DEVIDO AO ESTUDO HIPOTÉTICO, SUGERE-SE QUE SEJAM REALIZADOS ESTUDOS FUTUROS PARA TESTAR A APLICABILIDADE NA PRÁTICA.

PALAVRAS-CHAVES: CADEIA DE SUPRIMENTOS; DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL; SIMPLICIDADE INERENTE; TOC

SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AND THE THEORY OF CONSTRAINTS: A PROPOSAL FOR A VISION OF INHERENT SIMPLICITY

ABSTRACT: INCREASED COMPETITIVENESS HAS SHARPENED THE DEVELOPMENT OF PROCESSES, SERVICES AND PRODUCTS IN A MORE EFFECTIVE MANNER WITH THE OBJECTIVE OF OPTIMIZING RESOURCE MANAGEMENT AND INCREASING PRODUCTIVITY IN ORGANIZATIONS. IN ACCORDANCE WITH THIS, SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IS A FIELD IN WHICH VARIOUS PRODUCTION ACTIVITIES ARE REGULARLY MONITORED AND ECONOMIC, SOCIAL AND ENVIRONMENTAL FACTORS ARE APPROPRIATELY IMPLEMENTED, WHICH BALANCE LEADS TO THE GROWTH OF AN ORGANIZATION. SUSTAINABLE DEVELOPMENT IS THOSE THAT MEETS THE NEEDS OF THE PRESENT WITHOUT COMPROMISING THE ABILITY OF FUTURE GENERATIONS TO MEET THEIR OWN NEEDS. IN THIS CONTEXT, THE OBJECTIVE OF THE PRESENT STUDY IS TO PROPOSE A HYPOTHETICAL SITUATION USING A THEORY OF CONSTRAINTS (TOC) TOOL. BASED ON THE UNDERSTANDING OF THE THOUGHT PROCESSES OF TOC, A NEGATIVE BRANCHING RESERVATION (NBR) WAS DEVELOPED, GUIDED BY THE TREE OF STRATEGIES AND TACTICS FOLLOWING THE CONCEPTS OF INHERENT SIMPLICITY, DEVELOPED BY THE ISRAELIAN PHYSICIST ELIYAHU M. GOLDRATTI. IT WAS POSSIBLE TO VISUALIZE THROUGH NBR THE POSSIBLE CAUSE AND EFFECT RELATIONSHIPS IN THE SUPPLY CHAIN INDICATING THAT MINIMUM STOCKS OF PRODUCTS BASED ON DEMAND ONLY, CAN BRING A GREAT BENEFIT IN REDUCING THE WASTE OF NATURAL RESOURCES, AND DUE TO THE HYPOTHETICAL STUDY, IT IS SUGGESTED THAT FUTURE STUDIES BE CARRIED OUT TO TEST THE APPLICABILITY IN PRACTICE.

KEYWORDS: SUPPLY CHAIN; SUSTAINABLE DEVELOPMENT; INHERENT SIMPLICITY; TOC

1. INTRODUÇÃO

A intensa mudança no mundo dos negócios tem afetado significativamente as organizações. A crescente competitividade fez com que as empresas desenvolvessem os seus processos, serviços e produtos de maneira mais eficaz com objetivo de otimizar a gestão dos seus recursos e o aumento da produtividade.

Nesse contexto, a gestão da cadeia de suprimentos (do inglês *supply chain management* – SCM) é um campo em que diversas atividades de produção são monitoradas regularmente e são implementados de forma adequada os fatores econômicos, sociais e ambientais, cujo equilíbrio leva ao crescimento de uma organização em relação ao mundo atual (CHAUHAN *et al.*, 2023).

O termo SCM aparece pela primeira vez na literatura em 1982. Pesquisadores descreveram pela primeira a teoria com o objetivo de esclarecer as abordagens tradicionais sobre gerenciamento do fluxo de materiais e informações. Em 1994 O Centro Internacional para a Excelência Competitiva definiu a SCM como a integração de processos de negócios desde o usuário final até os fornecedores originais que fornecem produtos, serviços e informações que agreguem valor aos clientes (COOPER; LAMBERT, 1997).

Outro conceito diz respeito sobre o desenvolvimento sustentável, cuja abordagem teve início no final da década de 1980. Segundo a Comissão Mundial de Ambiente e Desenvolvimento (WCED, 1987) é o desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades (MUELLER, 1995).

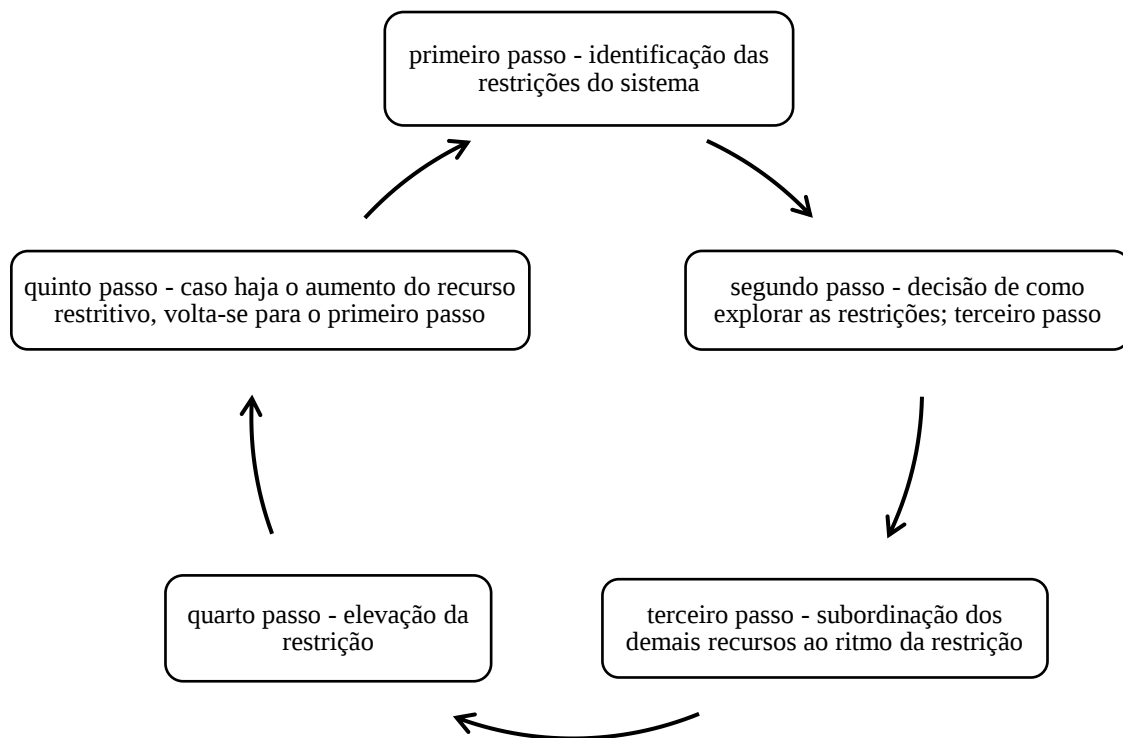
Diante desse contexto, o objetivo do presente estudo é propor uma situação hipotética usando uma ferramenta Teoria das restrições (do inglês *Theory of Constraints* - TOC) desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratti. Será abordado o tema sobre simplicidade inerente da TOC que será direcionado com objetivo de auxiliar no desenvolvimento sustentável da cadeia de suprimento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A TOC surgiu na década de 1980 com o objetivo de alavancar os resultados das organizações e que possui cinco passos que constituem: primeiro passo - identificação das restrições do sistema; segundo passo - decisão de como explorar as restrições; terceiro passo - subordinação dos demais recursos ao ritmo da restrição; quarto passo - elevação da restrição;

e quinto passo - caso haja o aumento do recurso restritivo, volta-se para o primeiro passo (GOLDRATT, 1984). De acordo com Corbett Neto (1997) restrição é qualquer coisa que venha impedir um sistema de alcançar um desempenho maior que sua meta. Os cinco passos estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1: Etapas da TOC.



Fonte: Adaptado de Goldratt (1984).

O conceito da TOC surgiu com a abordagem de que um sistema como um todo tem um objetivo comum, e que através de ações individuais efeitos globais podem ser causados, isto é, todo o sistema possui uma restrição, a qual impacta no objetivo final. É possível perceber isso, pois se não houvesse restrições, o sistema produziria muito mais do que se deseja. Portanto, a TOC propõe que todo sistema deve ter pelo menos uma restrição, pois caso contrário, o sistema produziria uma quantidade infinita (NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996).

Guerreiro (1999) comenta que há diversas categorias de restrições no ambiente industrial como, por exemplo, mercado, capacidade, logística, gerenciamento e o comportamento, e essas restrições limitam a produção, devendo ser estudados a relação entre um recurso restritivo e um não restritivo. As restrições podem ser classificadas como internas, as quais estão ligadas intrinsecamente a algum recurso da empresa, ou externas que são

variáveis que estão fora do seu controle, cuja origem está no mercado (PRETORIUS, 2014).

Essa teoria baseia-se como um todo no princípio conceituado como simplicidade inerente, cujo conceito Goldratt discute explicando que o segredo para pensar como um cientista é reconhecer que a vida real, apesar de suas situações serem tão complexas, quando compreendida, é constrangedoramente simples, o que torna possível compreender a premissa de que os elementos de um determinado sistema estão conectados por meio de uma relação de causa e efeito, isto é, o simples fato de uma situação ocorrer, outra situação ocorrerá inevitavelmente. A partir desse entendimento, três pilares servem como fundamentos para todas as aplicações da TOC, os quais são: as pessoas são boas; todo conflito pode ser eliminado, e sempre existe uma solução ganha-ganha (COX; SCHLEIER, 2013).

A Figura 2 apresenta como são deduzidos os três pilares da TOC através de uma árvore de causa e efeito começando pela sua base de acordo com as numerações em ordem crescente das entidades, sendo que as linhas retas que cruzam as setas indicam que um conector lógico compreende as entidades que, juntas, são causas para que o efeito ocorra.

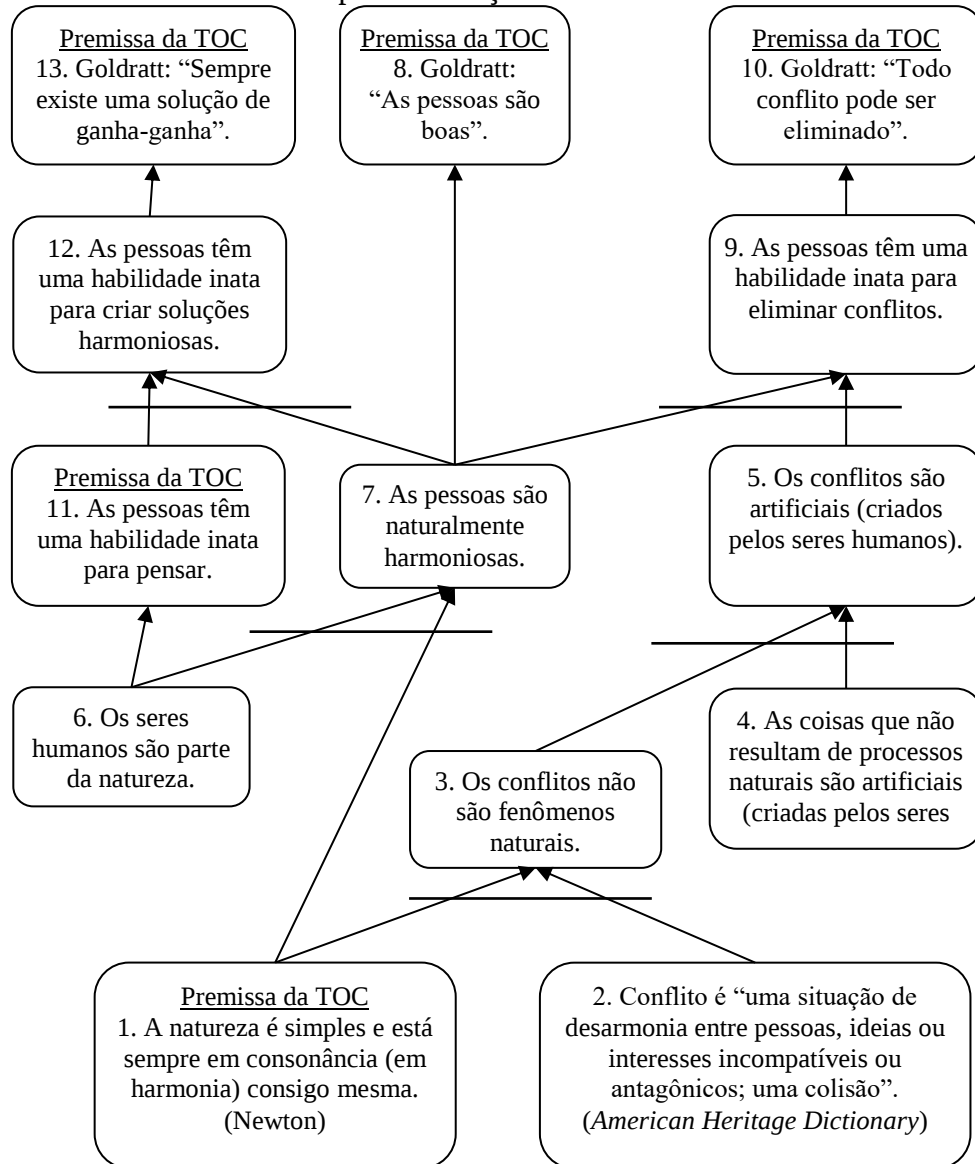
Outra abordagem sobre os pressupostos da TOC resume em quatro pilares, os quais permitem compreender como as organizações funcionam e de que maneira podem melhorar o seu desempenho (BAPTISTA, 2018). Esses quatro pilares e seus respectivos conceitos estão organizados no Quadro 1.

Quadro 1: Os quatro pilares que resumem os pressupostos da TOC.

Pilares	Conceito
Simplicidade inerente	Os sistemas (por exemplo, organizações) são inerentemente simples, apesar da sua aparente complexidade. Em outras palavras: alguns ou mesmo um ponto (Restrição) controlam o desempenho de todo o sistema, e alguns ou mesmo uma causa (Problema Central) geram a grande maioria dos problemas.
Consistência Inerente (Harmonia)	Não há conflitos (ou inconsistências) na realidade. Todos os conflitos (sobre inconsistências) existem apenas em nossas mentes. Uma ou mais suposições inválidas produzem qualquer conflito (ou inconsistência) percebido.
Bondade inerente	As pessoas são boas. As razões para tudo o que corre mal não provêm da natureza das pessoas (boa ou má), mas das suas suposições e circunstâncias.
Potencial inerente	Nunca diga “Eu sei”. Quanto mais sólida for a base, maior será o salto. Qualquer situação pode ser substancialmente melhorada. Pensar de outra forma quase garantirá que não.

Fonte: Adaptado de Baptista (2018)

Figura 2: Árvore de causa e efeito para a dedução dos três elementos básicos da TOC.



Fonte: Cox; Schleier, 2013.

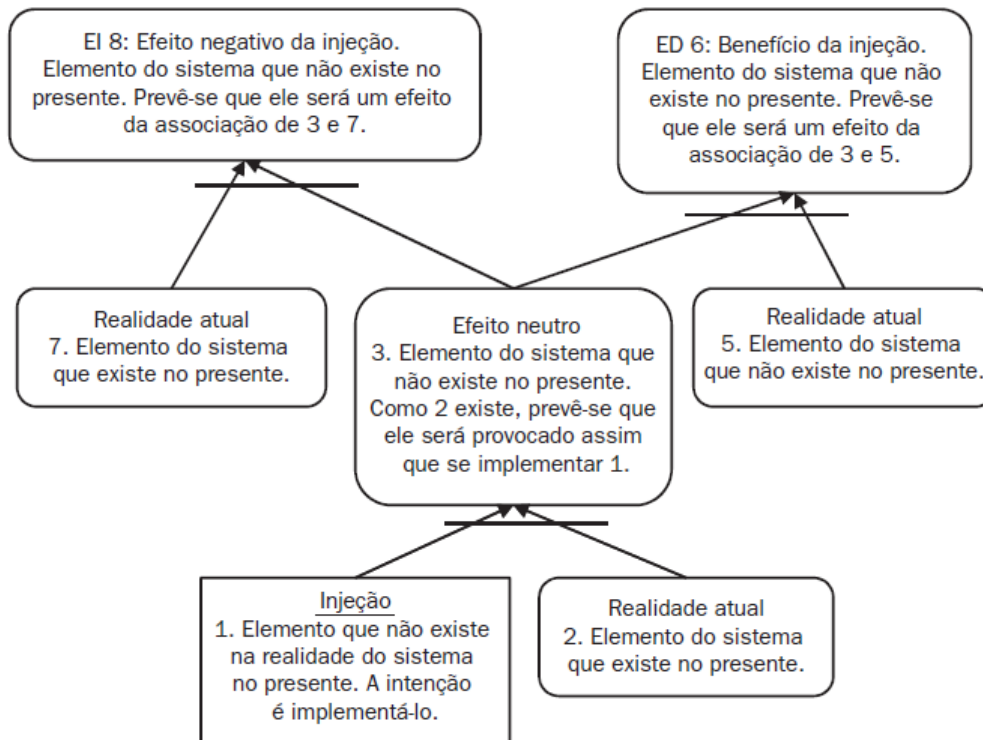
3. METODOLOGIA

A árvore de estratégias e táticas (E&T) é utilizada para orientar a implementação dos processos de pensamento da TOC. Quando bem escrita, ela serve como uma ferramenta para organizar a análise completa do processo para cada área de uma organização, em todos os níveis hierárquicos, em apenas um mapa lógico com o detalhamento necessário. Um das ferramentas padrão do processo de pensamento da TOC, orientada pela E&T, é a ressalva da ramificação negativa (RRN), cuja ferramenta ajuda a mapear as relações entre uma ideia (também chamada de injeção), a qual é a causa e os efeitos indesejáveis previstos devido à

causa. Desse modo a ideia pode ser alterada antes de se tomar alguma atitude, fazendo com que as consequências indesejáveis possam ser evitadas (COX; SCHLEIER, 2013).

Na Figura 3 pode ser observado como funciona a RRN, cuja ferramenta apresenta as ramificações de acordo com as entidades e o uso da injeção, a qual pode causar efeitos desejáveis ou indesejáveis.

Figura 3: Ressalva da ramificação negativa (RRN) simples.



Fonte: Cox; Schleier, 2013.

A partir da compreensão sobre os processos de pensamento da TOC, foi desenvolvido um RRN seguindo os conceitos de simplicidade inerente de Goldratt já comentados na sessão anterior.

3. RESULTADOS

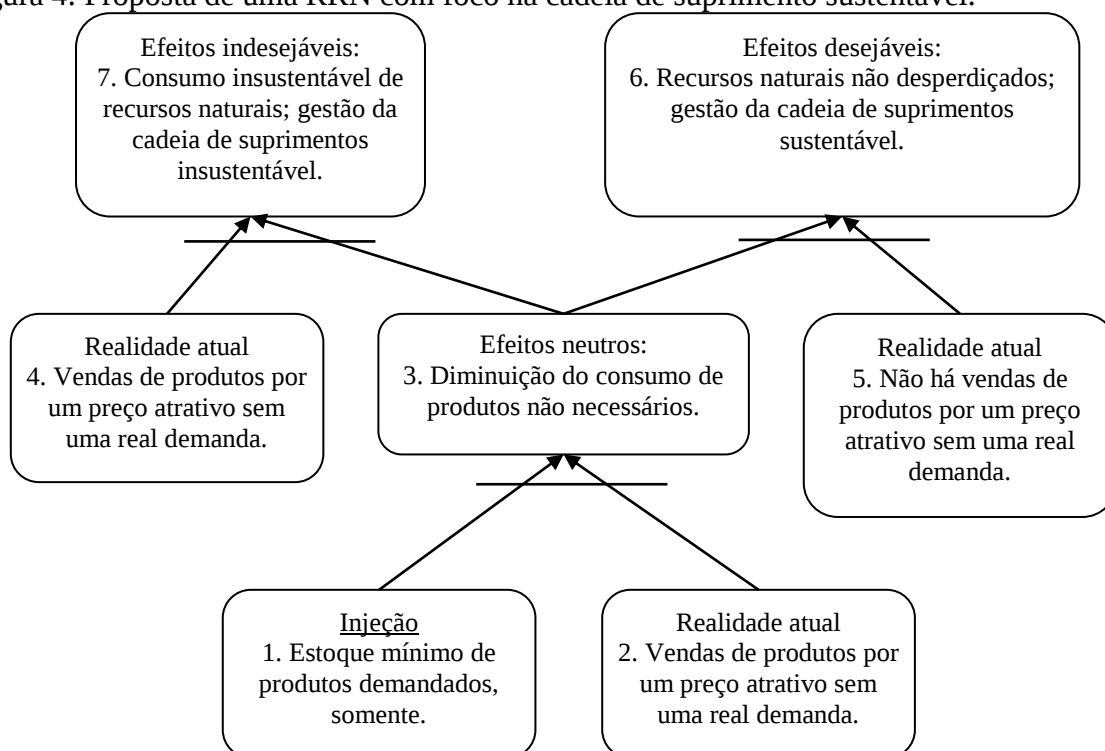
Esta seção apresenta uma proposta sob um ponto de vista de simplicidade inerente de uma árvore de causa e efeito baseada na ferramenta RRN da TOC com o estudo sobre a gestão da cadeia de suprimentos sustentável.

Hipoteticamente foi considerada a venda de um determinado produto com um preço bastante atrativo ao consumidor, porém sem uma demanda real. Para a injeção (ideia) considerou estoques menores com apenas produtos demandados. Diante da situação hipotética

foi construída a RRN utilizando entidades enumeradas de 1 a 7, sendo que a entidade número 1 é a injeção para ser analisada.

As numerações das entidades foram colocadas em ordem crescente. Para as linhas as linhas retas que cruzam as setas são as causas para os efeitos 3, 6 e 7 ocorrerem. A seguir a árvore proposta utilizando a ferramenta RRN é apresentada pela Figura 4.

Figura 4: Proposta de uma RRN com foco na cadeia de suprimento sustentável.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo fazer uma abordagem sobre a simplicidade inerente da TOC e buscou contribuir com os conceitos que envolvem o desenvolvimento sustentável na cadeia de suprimentos. Por meio da RRN foi possível visualizar as possíveis relações de causa e efeito na cadeia de suprimentos.

Os estoques mínimos de produtos baseados em apenas na demanda pode trazer um grande benefício na redução do desperdício de recursos naturais.

Sugere-se que estudos futuros possam consultar esse artigo para testar a aplicabilidade do tema abordado nesse trabalho, já que esse artigo se limitou em somente apresentar uma situação hipotética.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, H.R. (2018). **The TOC Pillars**. Disponível em: <https://www.tocico.org/page/SpringWEBINARHumbert> Acesso em 03 de julho de 2024.
- CHAUHAN, S., SINGH, R., GEHLOT, A., AKRAM, S. V., TWALA, B., & PRIYADARSHI, N. (2023). **Digitalization of Supply Chain Management with Industry 4.0 Enabling Technologies: A Sustainable Perspective**. *Processes*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/pr11010096>.
- COOPER, M. C., LAMBERT, D.M. **Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics**. The International Journal of Logistics Management, 1997. DOI: 10.1108/09574099710805556
- COX, J. F.; SCHLEIER, J. G. **Handbook da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- GOLDRATT, E. M., COX, J. (1984). **The Goal: A Process of Ongoing Improvement (2nd ed.)**. North River Press.
- MUELLER, Charles. **As contas Nacionais e os Custos Ambientais da Atividade Econômica**. *Análise Econômica*, Porto Alegre, v. 13, n. 23, p. 66-99, 1995.
- NOREEN, E., SMITH, D., MACKEY, J. T. **A Teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial**. São Paulo: Educator, 1996.
- WCED. **World Commission on Environment and Development: our common future**. Oslo: WCED, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> Acesso em: 03 de julho de 2024.
- CORBETT NETO, T. **Contabilidade de Ganhos: a nova Contabilidade Gerencial de acordo com a Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel, 1997.
- GUERREIRO, Reinaldo. **A meta da empresa: seu alcance sem mistérios**. São Paulo: Atlas, 1999.
- PRETORIUS, P. **Introducing in-between decision points to TOC's five focusing steps**. *International Journal of Production Research*, v. 52, n. 2, p. 496-506, 2014.