

NÍVEL DE SERVIÇO NA INDÚSTRIA: UMA ABORDAGEM DE DINÂMICA DE SISTEMAS

**Marina Cardoso Guimarães, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),
marinacguimaraes@yahoo.com.br**

Ana Paula Lista, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), anapaulalista@gmail.com

Najla Alemsan, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), najla.alemsan@gmail.com

**Mauricio Uriona Maldonado, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),
m.uriona@ufsc.br**

**Guilherme Luz Tortorella, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),
gluztortorella@gmail.com**

***Resumo:** Este estudo tem como objetivo analisar diferentes políticas de estoque e nível de serviço de uma indústria para melhor atendimento. Para tanto, foi empregado um método de pesquisa baseado em modelos de simulação dinâmica com o intuito de elaborar políticas de redução de estoque ou definir o cenário para o melhor atendimento possível, sendo este serviço definido como entregas em tempo. O modelo desenvolvido permitiu simular as taxas ideais de estoque de produtos acabados e em processo e, principalmente, a assertividade do planejamento da produção e o nível de serviço ao cliente. Os resultados mostraram que o fator de maior impacto no nível de serviço é a assertividade das fabricações e não o nível de estoque, demonstrando que fabricar produtos corretamente conforme puxada do cliente, possibilita um alto índice de entrega de pedidos.*

***Palavras-chave:** Nível de Serviço, Estoque, Dinâmica de sistemas.*

1. INTRODUÇÃO

Diante da constante dinamicidade do ambiente competitivo em que se encontra o mercado e, sobretudo, devido à existência de consumidores cada vez mais exigentes e com diferentes necessidades, faz com que as empresas busquem novas formas de gestão de seus negócios de modo a garantir a fidelização de seus parceiros e clientes. Em resposta a esta necessidade, surgem várias alternativas para o panorama dinâmico da atualidade. Dentre elas, a oferta de serviços têm se mostrado um fator essencial para a diferenciação de um produto, e a maneira mais eficaz de se agregar serviços encontra-se no planejamento logístico (DA SILVA, 2008; SANTOS; ARAÚJO, 2018).

Alinhado à necessidade de manter um nível de serviço ao cliente de alta qualidade, o presente estudo visa desenvolver um modelo de dinâmica de sistemas para analisar o processo logístico e de atendimento ao cliente, de modo a investigar políticas de redução de estoques, e cenários para o melhor atendimento possível ao cliente. Para tanto, um estudo de caso em uma indústria de metal-mecânica brasileira de Santa Catarina foi investigada com uma proposta de melhorar o nível de serviço ao cliente. A contribuição prática deste estudo é testar e analisar o processo de atendimento do cliente e os fatores que impactam no bom atendimento, permitindo aos gestores um melhor entendimento do efeito de diferentes políticas de estoque e níveis de serviço.

O desenvolvimento do modelo proposto foi baseado no estudo de Sterman (2000), o qual propõe primeiramente a identificação do problema, seguido da construção do modelo e formulação de políticas e avaliação, sendo todos os tópicos embasados por uma fundamentação teórica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A combinação do crescimento econômico mais lento e a concorrência mais acirrada faz com que as empresas se concentrem na melhor apropriação de recursos logísticos. O serviço ao cliente, como forma de se agregar valor ao produto, constitui então importante papel na definição da estratégia competitiva das empresas (BOWERSOX; CLOSS, 1996; FARAHANI; ELAHIPANAH, 2008; ORLIS et al., 2020). Existe uma forte preocupação em ajustar o sistema de suprimentos em uma empresa para alcançar um nível de serviço mais elevado internamente e para os clientes externos. Isso traz um nível operacional maior e até mesmo um possível diferencial quando comparado com os outros concorrentes (BORGES VIEIRA et al., 2011; YAN et al., 2020). O nível de serviço é um dos fatores competitivos mais importantes nos mercados competitivos de hoje. Aumentar o nível de estoque melhora o nível de serviço, mas também aumenta o risco de produtos não vendidos (BAGHALIAN et al., 2013; SAWIK, 2016; WU et al., 2020).

Nos últimos anos, o gerenciamento de cadeias de suprimentos com restrições de nível de serviço tem atraído muita atenção do ambiente acadêmico (CHEN et al., 2020). Dentre as iniciativas realizadas para estimar o nível de serviço de atendimento ao cliente, destaca-se a utilização de modelos de simulação dinâmica. Segundo Sterman (2000), a Dinâmica de Sistemas (DS) define-se como um conjunto de ferramentas que permite compreender a estrutura e a dinâmica dos sistemas complexos. A DS também é uma ferramenta de modelagem que possibilita a construção de simulações de sistemas complexos para desenhar políticas mais efetivas. Para representar a estrutura de um sistema, são utilizados os diagramas de estoque e fluxos. Estoque representa tudo que se acumula e pode ser medido em um determinado instante. Já os Fluxos representam elementos que variam no tempo. A premissa principal é que o comportamento de um sistema é determinado por sua estrutura interna. A partir da modelagem, é possível então investigar o comportamento do sistema ao longo do tempo e testar os diferentes tipos de cenários.

Alguns autores utilizam a DS no conceito de cadeia de suprimentos. Por exemplo, Vlachos et al. (2007) resumem a análise das cadeias de suprimentos com a utilização da DS no decorrer dos anos, como sendo a principal ferramenta de modelagem e análise utilizada. Minegishi e Thiel (2000) usam DS para melhorar a compreensão do complexo comportamento logístico de uma indústria de alimentos integrados. Olivares-Aguila e Elmaraghy (2021) apresentam uma modelagem de dinâmica de sistema para interrupções na cadeia de suprimentos. Rebs et al. (2019) propõem uma modelagem de dinâmica de sistema para gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para alcançar o objetivo pretendido, foi realizado um estudo de caso, uma vez que este método de pesquisa é uma abordagem útil para investigar fenômenos atuais, propor e testar soluções para o problema estudado num contexto real próximo dos gerentes de logística. Assim, uma empresa de atuação de um dos autores foi escolhida para possibilitar a posterior implantação da proposta e coleta de dados.

Para construção do modelo, foi utilizado o software Stella®. Já o desenvolvimento do modelo é baseado no trabalho de Sterman (2000), o qual propõe três etapas para construção do processo de

modelagem: (i) Identificação do problema; (ii) Construção do modelo; e (iii) Formulação de políticas de avaliação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Identificação do Problema de Pesquisa

A empresa selecionada é do ramo metal-mecânico da região Sul do Brasil, onde foi identificada um baixo nível de serviço, com uma média atual de 79% de assertividade de prazo de entrega, sendo que a meta prevista é de 92%. As causas do atraso não estão bem claras para a organização e a proposta de solução gerencial imediata é o aumento do nível de estoque, para melhor taxa de entrega de pedidos. Assim, buscou-se criar um modelo do processo da logística interna da empresa, dentro da abordagem de dinâmica de sistemas, visando criar políticas de níveis de estoques para reduzir atrasos (tanto de materiais quanto de informações) além de testar o aumento da utilização dos recursos da logística e do processo de montagem, melhorando o nível de serviço ao cliente.

4.2. Construção do Modelo

O modelo proposto representa uma fábrica que inicia o processo pela manufatura de componentes em todas as suas unidades de produção a uma taxa média de 214.625 peças/dia. Estes componentes são produzidos e enviados a unidade de montagem e armazenados em um estoque de componentes, que mantém uma média de 2.057.383 peças. A partir desse estoque é abastecido o processo de montagem que acontece a uma taxa média de 50.500 produtos/dia. Os produtos acabados, por sua vez, são armazenados na expedição, onde são separados os pedidos para embarque ao cliente por uma operação de *picking*.

Apesar de existirem vários fatores que influenciam na produção de componentes e na operação de montagem, como refugos, assertividade da produção, disponibilidade das máquinas, as duas operações geralmente atingem suas metas de quantidade de peças produzidas. Porém, nem sempre é mantida a assertividade da produção, conforme puxada do cliente, o que faz com que a utilização dos componentes não aconteça na taxa esperada, resultando em um aumento de estoque em processo e uma redução no nível de serviço.

A grande parte das variáveis do modelo foi considerada endógena e são descritas conforme abaixo, elas são identificadas em quantidade de peças em estoque ou produzidas, e variam no intervalo de tempo de dias, sendo analisado o período de 90 dias.

O estoque de componentes é o valor real médio da empresa, de um total de 2.057.383 peças. Já o estoque de produto acabado é a relação da montagem e *picking* compreendendo um estoque inicial de 750.000 peças. O estoque de Referência WIP é a quantidade inicial e real da empresa para o estoque de componentes, sendo de 2.057.383 peças. O tempo de ajuste, tempo esse para realizar uma intervenção no sistema para ajuste do aumento excessivo de estoque, é considerado uma média de dois dias. Com base nessas duas variáveis, foi criada então a variável Ajuste WIP. No caso do estoque desejado da montagem, também foi inserida uma variável de ajuste conforme cobertura de estoque desejada, que varia em função do tempo mínimo de processamento que é de cinco dias e os dias de estoque desejado (Estoque de Segurança), que é de doze dias (meta da empresa para estoque de produtos acabados).

A taxa de produção, que é a entrada de peças no estoque de componentes, é dada praticamente como uma constante e influenciada pela assertividade da produção, sendo considerada a meta diária

de produção de 214.625 peças. O início da produção de componentes não é orientado somente pela puxada do cliente, e sim por um volume mensal de peças a ser produzido visando um menor custo de transformação possível e reposição do estoque médio dos itens. A assertividade da produção se refere a um índice que mostra o quanto a fábrica está produzindo o que realmente precisa para atender a montagem, e é dada em um número percentual, que resulta em 89%.

O início da montagem refere-se à taxa que dará início a montagem no modelo, e é igual à taxa de produção desejada. A taxa de produção desejada e o início da montagem irão definir na simulação quando a produção deve iniciar a montagem em função do ajuste de estoque e taxa de pedidos esperada. Para a taxa de pedidos esperada, o estoque inicia com 190 pedidos, que é a média real de pedidos na primeira semana do mês. A taxa que alimenta esse estoque é o ajuste na previsão da demanda, em função do tempo de ajuste, que é de cinco dias (média). Dessa forma, o estoque de pedidos esperado se acumula, conforme a demanda e a média real de pedidos.

A assertividade da montagem se refere ao índice que mostra o quanto a montagem está produzindo o que realmente precisa para atender o *picking* de pedidos, ou seja, a puxada do cliente final. A assertividade das montagens de produtos acabados e componentes são influenciadas pelo OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), um indicador que possui como grande vantagem o desmembramento da eficiência nos três indicadores, disponibilidade, eficiência e qualidade. O produto destes três indicadores demonstrará o OEE do equipamento, que quanto mais próximo de 100% estiver melhor será. O valor ideal para o OEE de uma empresa varia conforme o processo produtivo, na pesquisa foram considerados os valores, OEE_da_Montagem de 0.75 e OEE_dos Equipamentos de 0.65.

Por outro lado, a taxa de expedição desejada é a taxa de pedidos que devem ser faturados diariamente no centro de distribuição e é igual à previsão de demanda de pedidos. Em função da estruturação atual das metas de vendas e procedimento de faturamento da empresa, no decorrer do mês, a entrada de pedidos de clientes mantém uma média de 190 pedidos diários, mas, nos 4 últimos dias de cada mês, existe um pico de entrada de pedidos, elevando essa taxa para uma média de 580 pedidos. Para demonstrar essa concentração no período de análise (90 dias) foi acrescentada a função *Step*.

A quantidade média de produtos acabados montados é de 50.500 produtos/dia, essa é a meta diária da fábrica e que geralmente tem pouca variação e sofre um impacto negativo pelo erro da produção de componentes e pelo OEE da montagem. Em função da grande variação do *mix* de produtos e sincronização da montagem, foi utilizado um *delay* de ordem três na montagem, considerando o início e tempo de ciclo, que foi utilizado em média de cinco dias.

A variável taxa de atendimento a pedidos define a capacidade diária de separação de pedidos atual do centro de distribuição, conforme quantidade de operadores e capacidade individual de cada operador. Ela foi definida graficamente, em função da taxa de atendimento a pedidos e taxa de expedição desejada, sendo a capacidade diária de 392 pedidos (média).

O *picking* representa a taxa de saída do produto acabado, ou seja, a separação de pedidos no centro de distribuição e posterior embarque ao cliente. Essa taxa é influenciada pela capacidade de separação de pedidos no centro de distribuição, conforme quantidade de operadores atual e modelo de separação, e pela assertividade da montagem, conforme detalhado nas variáveis anteriores, considerando o erro da montagem em enviar a expedição produtos que não tem necessidade.

Já os pedidos faturados no prazo é possível somente quando a montagem entrega os produtos necessários, que estão em falta na expedição ou não possuem estoque, ou seja, são produtos *make to order*. Caso a montagem não entregue os produtos necessários, os pedidos atrasam para o cliente final. Portanto, os pedidos faturados no prazo dependem da assertividade da montagem, e da

capacidade diária de preparação do centro de distribuição. O nível de serviço medido no sistema é considerado o percentual de pedidos entregues no prazo.

O fator de *turnover* é utilizado para designar a rotatividade de pessoal em uma organização, ou seja, as entradas e saídas de funcionários em determinado período. Esse fator influencia a produção, visto que gera um atraso em função do treinamento dos novos operadores e troca de ritmo entre eles. A taxa utilizada foi de 2%, influenciando a produção de componentes. A baixa de componentes representa a taxa de saída do estoque de componentes. Cada produto acabado é composto de uma média de 4,25 componentes fabricados, por isso, a baixa de componentes é obtida pela taxa de montagem multiplicada por 4,25.

Portanto, conforme análise das variáveis descritas o modelo proposto é desenhado conforme Figura (1), com as relações entre cada variável, retroalimentação e feedbacks.

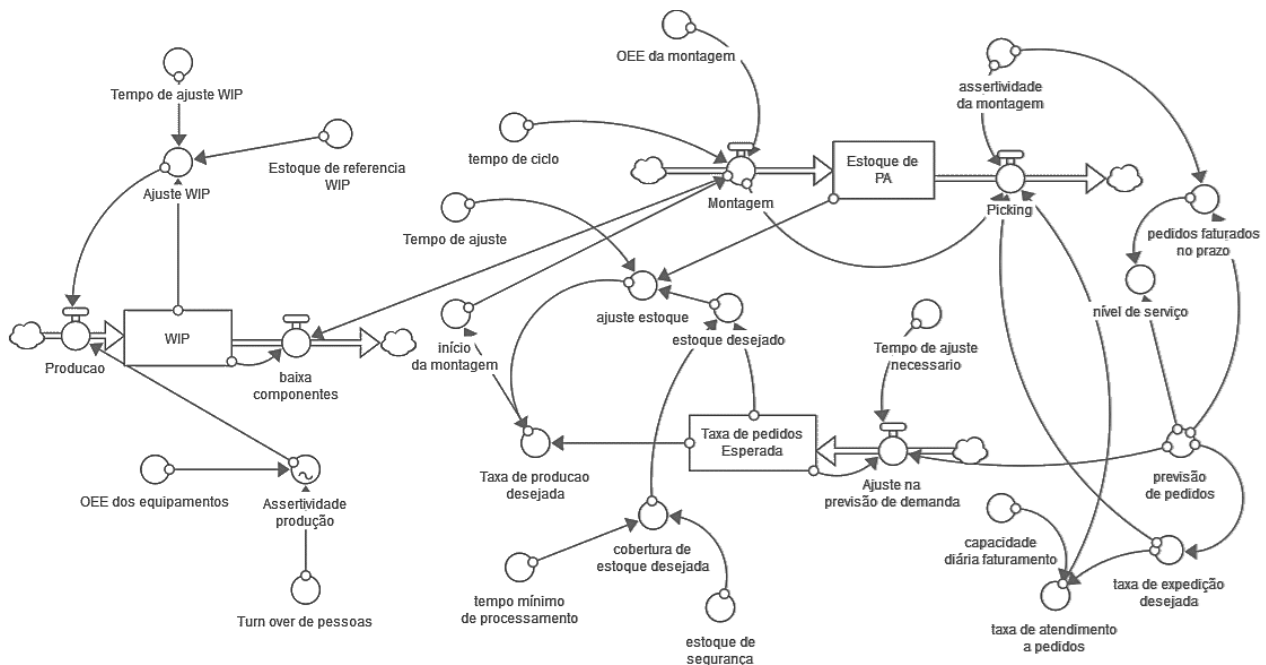


Figura 1: Modelo dinâmico proposto (Fonte: Elaborado pelos autores)

4.3. Formulação de Políticas e Avaliação

A partir da análise com as assertividades da montagem e produção atuais, percebe-se que o nível de serviço é mantido constante, mas com um valor muito baixo (65%), ou seja, 65% dos pedidos são entregues no prazo do cliente. Pode-se perceber também que os estoques têm comportamento dente de serra, o que gera bastante oscilação e esse comportamento só é possível se houver uma interferência no sistema pela gestão, como parar a produção, férias programadas, ou mudanças na programação. Dessa forma, além de ser prejudicial aos clientes, podendo trazer alto custo para a empresa sobre a venda perdida, o aumento dinâmico do estoque, ou mesmo a realização intervenções traz também o custo do capital parado e o caos na produção, pois cada intervenção, gera uma reprogramação, e perda de produtividade da fábrica.

Realizando a simulação com as assertividades da produção e montagem em 100%, podemos perceber o melhor cenário para a organização em relação a nível de serviço. Sabe-se que a taxa de

assertividade da produção e montagem de 100% é praticamente impossível e utópica, em função da instabilidade dos processos e máquinas, taxas de refugo e perdas da mão de obra.

No entanto, com essa análise podemos perceber que as variáveis que possuem forte relação de interferência no nível de serviço são as assertividades da montagem e fabricação, ou seja, produzir o que realmente é necessário para os pedidos, aumentando assim a taxa de *picking* e pedidos embalados. Apesar de parecer simples, essa relação mostra que aumentar os níveis de estoque não é a melhor solução para atender corretamente o cliente, pois é possível atingir um nível de serviço de 100% melhorando as taxas de produção e assertividade, com melhores formas de programação, planejamento e previsão e integração de demanda.

A meta de nível de serviço da empresa é de 92%, dessa forma, foi realizada a simulação das assertividades ideais para atingir tal valor. Como a assertividade da fabricação tem baixa interferência no modelo, foi então mantida a taxa atual da empresa de 89%, que também já era um valor alto e aceitável. Já a assertividade da montagem deve se manter em 92% ou superior para atingimento da meta de nível de serviço. A taxa de pedidos esperada varia conforme Step proposto (Figura 2), e o estoque de PA reduz durante o decorrer do período analisado (Figura 3). Percebe-se uma redução brusca do estoque de PA no decorrer do período analisado. Tal mudança gera instabilidade nos processos, dificuldade no planejamento da produção, dificuldade no controle e acurácia dos estoques, e todos esses pontos são gerados por falta de planejamento nas definições das metas e do processo de vendas.



Figura 2: Taxa de pedidos esperada
 (Fonte: Elaborado pelos autores)



Figura 3: Estoque de PA proposto
 (Fonte: Elaborado pelos autores)

Finalmente, uma nova simulação é realizada para analisar o nível de estoque de PA necessário para obter o nível de serviço meta de 92%. Mantendo uma taxa de assertividade de planejamento em 92% e retirando as iterações de ajuste de estoque do modelo, o estoque ainda tem redução e fica um pouco diferente do resultado obtido com as iterações de ajuste. Dessa forma, pôde-se constatar que aumentando a assertividade e melhorando o planejamento, o resultado obtido em nível de serviço é o valor pretendido, sem necessidade de ajustes constantes no estoque, analisando o período de um mês.

Também, pode-se avaliar a redução total dos estoques de componentes e PA, trabalhando com o modelo de estoque zero. Nessa simulação os estoques iniciais e de referência de PA e componentes foram zerados e mantidos os percentuais de assertividade de 100%, da montagem e fábrica. Esse modelo sugerido é proposto pelo *Just in Time*, que é uma busca atual das grandes indústrias, principalmente as automotivas. Porém, para se alcançar baixos níveis de estoque, e manter o bom atendimento ao cliente, são necessárias altas taxas de assertividade na produção, para isso, é

necessário estabilizar os processos, equipamentos, mão de obra e máquinas, sendo um desafio para implantação completa.

O modelo então valida a teoria da manufatura enxuta, de que é possível atender o cliente no prazo com baixo estoque, melhorando seus processos internamente.

5. CONCLUSÕES

Nesse estudo foi utilizada a dinâmica de sistemas para analisar o fluxo de produção e expedição de materiais e o comportamento dos estoques e nível de serviço de atendimento ao cliente de uma empresa do setor metal-mecânico. O artigo teve o objetivo de identificar as melhores práticas de estoque e assertividade de produção para se obter melhor nível de serviço e atendimento ao cliente. A partir das simulações realizadas, foi possível concluir que o aumento do estoque não é o fator predominante para um melhor atendimento ao cliente, e sim as taxas de assertividades da produção dos itens, visto que se produzido exatamente o que o cliente comprou, não existe a necessidade de estoque, criando essencialmente o fluxo de produção puxado.

6. REFERÊNCIAS

- AKKERMANS, H.; DELLAERT, N.. The rediscovery of industrial dynamics: the contribution of system dynamics to supply chain management in a dynamic and fragmented world. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, v. 21, n. 3, p. 173-186, 2005.
- BAGHALIAN, A.; REZAPOUR, S.; FARAHANI, R. Z. Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case. *European journal of operational research*, v. 227, n. 1, p. 199-215, 2013.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logistical management: the integrated supply chain process*. McGraw-Hill College, 1996.
- BORGES VIEIRA, G. B. et al. Materials handling management: A case study. *Journal of Operations and Supply Chain Management (JOSCM)*, v. 4, n. 2, p. 19-30, 2011.
- CHEN, X. et al. Supply chain risk management considering put options and service level constraints. *Computers & Industrial Engineering*, v. 140, p. 106228, 2020.
- DA SILVA, L. S. Nível de Serviço Logístico: Estudo de caso de uma empresa de bebidas da Paraíba. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.
- FARAHANI, R. Z.; ELAHIPANAH, M. A genetic algorithm to optimize the total cost and service level for just-in-time distribution in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, v. 111, n. 2, p. 229-243, 2008.
- FIGUEIREDO, J. C. B.de. Estudo da difusão da tecnologia móvel celular no Brasil: uma abordagem com o uso de Dinâmica de Sistemas. *Production*, v. 19, n. 1, p. 230-245, 2009.
- MINEGISHI, S; THIEL, D. System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. *Simulation practice and theory*, v. 8, n. 5, p. 321-339, 2000.
- OLIVARES-AGUILA, J.; ELMARAGHY, W.. System dynamics modelling for supply chain disruptions. *International Journal of Production Research*, v. 59, n. 6, p. 1757-1775, 2021.
- REBS, T.; BRANDENBURG, M.; SEURING, S.. System dynamics modeling for sustainable supply chain management: A literature review and systems thinking approach. *Journal of cleaner production*, v. 208, p. 1265-1280, 2019.
- SANTOS, P. V. S.; DE ARAÚJO, M. A. Aplicação de ferramentas lean no setor de logística: um estudo de caso. *Revista Gestão em Análise*, v. 7, n. 2, p. 168-183, 2018.

- STERMAN, J. Business dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world. Boston: McGraw Hill Higher Education, 2000.
- SAWIK, T. On the risk-averse optimization of service level in a supply chain under disruption risks. *International Journal of Production Research*, v. 54, n. 1, p. 98-113, 2016.
- VLACHOS, D.; GEORGIADIS, P.; IAKOVOU, E. A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains. *Computers & Operations Research*, v. 34, n. 2, p. 367-394, 2007.
- YAN, B. et al. Influence of logistic service level on multichannel decision of a two-echelon supply chain. *International Journal of Production Research*, v. 58, n. 11, p. 3304-3329, 2020.
- WU, D. et al. Contract coordination of dual channel reverse supply chain considering service level. *Journal of Cleaner Production*, v. 260, p. 121071, 2020.