



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

O IMPACTO DO USO DE MACHINE LEARNING NA CADEIA DE SUPRIMENTOS NO DESEMPENHO DA ORGANIZAÇÃO NO CONTEXTO DA TEORIA DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA

ROBERTO RAMOS DE MORAIS

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE (MACKENZIE)

ROBERTO GIRO MOORI

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE (MACKENZIE)

Agradecimento à órgão de fomento:
Mackpesquisa

O IMPACTO DO USO DE MACHINE LEARNING NA CADEIA DE SUPRIMENTOS NO DESEMPENHO DA ORGANIZAÇÃO NO CONTEXTO DA TEORIA DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA

Resumo

Este artigo tem por objetivo identificar, por meio de entrevistas com gestores, os impactos do uso de *machine learning* no desempenho das cadeias de suprimentos e se estes impactos se estendem para o desempenho organizacional. A partir do referencial teórico é proposto um modelo teórico que relaciona os construtos (orientação estratégica da cadeia de suprimentos, custos de transação, desempenho da cadeia de suprimentos, desempenho da organização, com mediação do uso de *machine learning*). Foram entrevistados nove gestores de empresas de vários segmentos, com experiência no uso de *machine learning* em cadeias de suprimentos, e suas respostas analisadas em comparação com os conceitos encontrados na literatura. Houve pontos em comum entre a teoria e a visão dos respondentes, mesmo que de forma parcial, o que valida o modelo proposto. Esta pesquisa exploratória qualitativa será a base para a construção de um questionário para uma pesquisa quantitativa.

Palavras chaves: orientação da cadeia de suprimentos, custos de transação, desempenho da cadeia de suprimentos, desempenho da empresa, *machine learning*.

Abstract

This paper aims to identify, through interviews with managers, the impacts of the use of machine learning on the performance of supply chains and whether these impacts extend to organizational performance. Based on the theoretical framework, a theoretical model is proposed that relates the constructs (strategic orientation of the supply chain, transaction costs, supply chain performance, organization performance, mediated by the use of machine learning). Nine managers of companies from various segments, with experience in the use of machine learning in supply chains, were interviewed, and their responses were analyzed in comparison with the concepts found in the literature. There were points in common between the theory and the respondents' view, even if partially, which validates the proposed model. This exploratory qualitative research will be the basis for the construction of a questionnaire for a quantitative research.

Keywords: *supply chain orientation, transaction costs, supply chain performance, company performance, machine learning.*

1. Introdução

O aumento da complexidade da cadeia de suprimentos traz aos gestores a necessidade de usar ferramentas cada vez mais sofisticadas, capazes de lidar com grande volume e tipos de variáveis. A diversificação de mercado, a multiplicação de canais de distribuição, a busca por rapidez de resposta e a minimização de custos e riscos justificam o crescente uso de ferramentas capazes de tratar grandes quantidades de dados buscando relações entre as variáveis. Neste contexto é que se enquadra a *machine learning*.

Este conceito não é recente, tendo surgido na década de 1960, tendo sido criado por Michie (1968). Com o avanço exponencial das tecnologias de computação, tornou-se uma ferramenta poderosa de análise e auxílio à tomada de decisão. Schwab (2018) aponta para as mudanças na economia digital trazidas pela inteligência artificial (IA)

(sendo *machine learning* um dos tipos de IA) que está transformando a economia física, além de predizer que, no futuro próximo, será utilizada para gerir desafios globais sistêmicos que ultrapassam a capacidade humana de realização.

Pelo exposto, este artigo tem por objetivo identificar, por meio de entrevistas com gestores, os impactos do uso de *machine learning* no desempenho das cadeias de suprimentos e se estes impactos se estendem para o desempenho organizacional dentro do contexto de custos de transação.

2. Referencial teórico

Neste tópico são apresentados os conceitos dos construtos do modelo teórico proposto ao final, composto de orientação estratégica da cadeia de suprimentos (ágil ou enxuta), custos de transação, com seus pressupostos (racionalidade e oportunismo) e suas dimensões (frequência, incerteza e especificidades de ativos), desempenho da cadeia de suprimentos, desempenho da organização, uso de machine learning, que faz a mediação entre os demais construtos.

2.1 Orientação Estratégica da Gestão da Cadeia de Suprimentos

Uma primeira abordagem da estratégia de cadeia de suprimentos foi proposta por Fisher em 1997, que definiu a estratégia responsiva (fornecimento sob pedido) e a estratégia eficiente (fornecimento sob estoque) (BALLOU, 2006; QI; BOYER; ZHAO, 2009; HARRIS; COMONANTON; FARRINGTON, 2010).

A estratégia eficiente busca o máximo de economia no processamento dos pedidos, altos volumes de compras e de transportes, e o uso de estoques de segurança para garantir disponibilidade. A estratégia responsiva tem por características capacidade máxima, substituição instantânea, processamento flexível e individual de pedidos.

Por sua vez, Qi, Boyer e Zhao (2009) sugerem dividir as estratégias de cadeia de suprimentos entre enxuta (*lean*) e ágil. A estratégia enxuta busca o aumento de eficiência pela eliminação de desperdícios em seus processos inter e intraorganizacionais, reduzindo atividades que não agregam valor, aumento de flexibilidade e redução de custos, estando ligada a uma demanda estável de produto, o que torna mais fácil a programação de produção, permitindo a redução do ciclo de pedido, dos estoques em processo e dos estoques de produtos acabados, fortalecendo a integração cliente fornecedor com o compartilhamento de informações no que tange a controle de estoque, previsão de demanda e programação de operações. (QI; BOYER; ZHAO, 2009; CARVALHO; DUARTE; MACHADO, 2011; SANTOS, REUL; GOHR, 2021).

Já a estratégia ágil visa manter sua vantagem competitiva em um ambiente de mudanças rápidas, por meio de produtos com características diferenciadas. Chase, Jacobs e Aquilano (2006) indicam que a estratégia ágil combina a minimização de riscos por meio de agrupamentos de pedidos e de recursos compartilhados ao longo da cadeia com o intuito de reduzir a possibilidade de interrupções por falta de oferta, e a responsividade, tornando a cadeia mais flexível no atendimento às necessidades mutáveis.

Desta forma, a orientação estratégica da cadeia de suprimentos definirá os fatores críticos de sucesso da cadeia de suprimentos. Por outro lado, pode-se encontrar estruturas que combinem as duas estratégias por apresentarem características de ambas.

2.2 Economia dos custos de transação

Custos de transação relacionam-se com os custos de correção e de evitar problemas nas relações entre as organizações. Williansom (1985) coloca o problema da organização econômica como um problema de contratos, para quem os custos de transação pode ser divididos em:

- Custos *ex ante*: custos de esboçar, negociar e salvaguardar um acordo.
- Custos *ex post*: incluem os custos mal adaptados incorridos quando as transações saem do alinhamento.

Farina, Azevedo e Saes (1997) apresentam como pressupostos comportamentais dos custos de transação, como a racionalidade dos agentes econômicos e suas atitudes oportunistas. Há três níveis de racionalidade (WILLIAMSOM, 1985; FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997):

- a) Maximização, ou racionalidade forte: os indivíduos absorvem e processam toda informação disponível, buscando, assim, maximizar o seu objetivo (solução ótima).
- b) Racionalidade limitada ou semiforte: os indivíduos agem racionalmente, mas de forma limitada, sendo os contratos incompletos, necessitando de adaptações *ex-post*.
- c) Racionalidade orgânica ou fraca: a racionalidade dos indivíduos não é suficiente para direcionar um quadro que reduza problemas contratuais *ex-post*.

O outro ponto referente ao comportamento individual, o oportunismo, também recebe uma classificação de três pontos (WILLIAMSOM, 1985; FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997):

- Oportunismo ou auto interesse forte: os agentes econômicos agem de forma antiética, tanto *ex-ante* (antes de concluir a transação) ou *ex-post* (durante a vigência do contrato).
- Auto interesse simples ou sem oportunismo: o contrato será cumprido ao longo de sua vigência, com comportamento ético das partes.
- Obediência ou ausência de auto interesse: considera que as ações individuais são comandadas por algo externo, no caso, o contrato firmado.

Considera-se que há três características das transações que impactam sobre os contratos (SPEIDEL, 1993 apud FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997):

- a. A transação se prolonga no tempo, considerando a repetibilidade e regularidade da transação.
- b. Elementos de troca não podem ser mensurados ou especificados precisamente no fechamento do contrato, relacionados com a incerteza, envolvendo custos informacionais de mensuração e variância ou desconhecimento de elementos futuros da transação.
- c. Interdependência das partes com relação à troca está além de uma única transação, transformando-se em um conjunto de interrelações sociais, sendo uma caracterização precisa e mensurável, a especificidade dos ativos.

Desta forma, ainda conforme Farina, Azevedo e Saes (1997), há três dimensões das transações:

- a. Especificidade dos ativos: reempregáveis com perda de valor, sendo o investimento neles sujeito a riscos e problemas de adaptação. São distinguidos seis tipos de especificidade:
 - i. Especificidade locacional: proximidade de firmas pertencentes à mesma cadeia reduz custos de transportes e armazenagem, com retornos específicos à unidade produtiva;
 - ii. Especificidade de ativos físicos utilizados no processo transacionado;
 - iii. Especificidade de ativos humanos;
 - iv. Ativos dedicados, aqueles cujo retorno de investimento depende da transação com um determinado agente;
 - v. Especificidade da marca, relacionada à construção do nome e da reputação no mercado;
 - vi. Especificidade temporal, que depende do momento em que a transação é realizada.
- b. Frequência: nesta dimensão pode-se agregar o atributo duração da transação, trazendo a diluição dos custos. A repetição de uma transação torna economicamente viável a adoção de um mecanismo de governo complexo e permite que as partes se conheçam, que construam uma reputação e que se crie um compromisso confiável.
- c. Incerteza: estão inclusos nesta dimensão a complexidade, a dificuldade de mensuração do desempenho e os custos da coordenação de diferentes transações. Há três tratamentos diferentes para o conceito de incerteza, na economia dos custos de transação: risco, desconhecimento de eventos futuros e reconhecimento de informações relevantes ao contrato.

Como mostra Oliveira (2011), os contratos entre as empresas costumam apresentar uma racionalidade limitada devido a dificuldade de se cobrir todas as variáveis que compõem a transação, deixando assim algum espaço para a prática do oportunismo.

2.3 Machine learning

Smith (2018) define *machine learning* como a arte de programar computadores que permite o computador a aprender e ajustar automaticamente suas funções para aperfeiçoar a maneira como cumprem as suas tarefas, sendo que o computador que tenha a capacidade de melhorar seu desempenho com base na sua própria experiência sem que haja um programa explícito que indique exatamente o que fazer.

Domingos (2012) define que aprendizado é a soma de três fatores:

- Representação: um classificador deve ser representado em alguma linguagem formal que o computador possa manipular.
- Avaliação: Uma função de avaliação (também chamada função objetivo ou função de pontuação) é necessária para distinguir os bons dos maus classificadores.
- Otimização: é necessário um método para procurar entre os classificadores o mais pontuado.

Carbonneau, Laframboise e Vahidov (2008) abordam o ambiente de previsão e reposição colaborativos (CFAR) com utilização de *machine learning*, pois vários fatores dificultam o progresso desta colaboração ao longo da cadeia de suprimentos. Assim, é necessário prever a demanda pelos participantes na ausência de informações completas

sobre a demanda de outros participantes para apoiar o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Já Zhu et al. (2020), propõem um novo método de *machine learning* de conjunto integrado, para prever o risco de crédito da pequena e média empresa (PME) da China no financiamento da cadeia de suprimentos (SCF). Baryannis, Dani e Antoniu (2019) estudaram o uso de *machine learning* na análise de riscos nas cadeias de suprimentos de maneira a fornecer análises preditivas que sejam tanto interpretáveis quanto de alto padrão de desempenho.

Dessa revisão bibliográfica se depreende as muitas aplicações de machine learning nos processos organizacionais e os resultados esperados. Assim, a literatura aponta para os impactos no desempenho da cadeia e da organização.

2.4 Desempenho da cadeia de suprimentos

Sriyakul, Prianto e Jermsittiparsert (2019) indicam que há diversos indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos mencionados na literatura, tais como flexibilidade e serviço ao cliente, que são os estimadores de desempenho operacional, prioridades competitivas indicadores de qualidade, rapidez, flexibilidade e custos de processos; confiabilidade de entrega, tempos de espera, responsividade, customização, mercado pontual, e redução de custos. Os autores concluem que desempenho de cadeia de suprimentos é uma medida eficaz de gestão da cadeia de suprimentos, cujos parâmetros englobam, entre outros, o nível de estoque, customização, tempo de espera, que podem afetar diretamente o processo de criação de valor.

Ellinger et al (2012) indicam que a noção de competência da cadeia de suprimentos é definida como um meio de criar vantagem competitiva, sendo uma função de integração entre e dentro dos elos da cadeia, que visa facilitar o compartilhamento de informações que conecta as fontes e operações de manufatura com as necessidades de mercado para ajustar a cadeia com a demanda. A integração colaborativa entre os participantes internos e externos da cadeia de suprimentos foca no melhor alinhamento dos incentivos dos participantes e sistemas de recompensas para reduzir atividades de duplicação e criação de não valor. A habilidade para alavancar a inovação da tecnologia de informação e de processos para acelerar a cadeia de suprimentos, reduzir o estoque global do sistema e utilização de recursos, e sustentar o fluxo de caixa são reconhecidos como fontes significativas de vantagem competitiva.

Azevedo et al. (2008) em um modelo conceitual examinou o impacto da agilidade da cadeia de suprimentos sobre o desempenho operacional e econômico da cadeia de suprimentos e sua competitividade. Eles mostraram que a aplicação de uma abordagem ágil da cadeia de suprimentos leva à satisfação do cliente por meio de mais flexibilidade, maior responsabilidade, produtos de melhor qualidade e prazos de entrega mais rápidos.

2.5 Desempenho da empresa

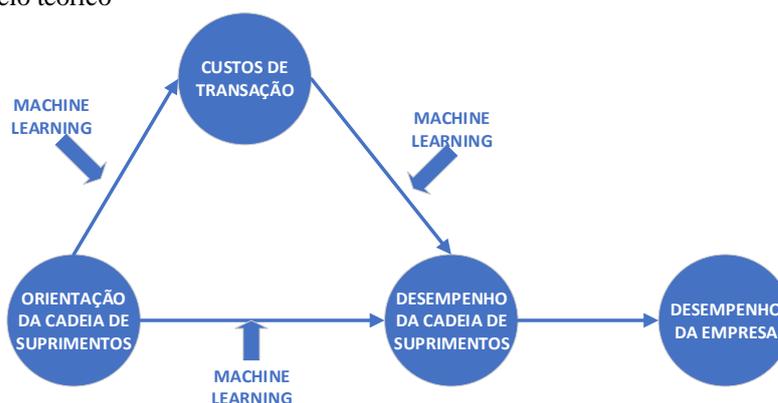
Qrunfleh e Tarafdar (2014) conceituam que o desempenho da empresa se refere à forma como as metas financeiras e de mercado são alcançadas. Os autores mediram o desempenho da empresa por meio de relatos percebidos de sua participação no mercado, vendas e posição competitiva geral. Conforme seus resultados, a integração da cadeia de suprimentos aumenta a eficiência com a qual as informações são transmitidas melhorando o desempenho da empresa, pela redução dos níveis de estoque e custos e aumento da quantidade de entregas no prazo, assim como, também identificaram uma

alta correlação entre a flexibilidade da cadeia de suprimentos e o desempenho da empresa devido à capacidade da cadeia de se adaptar às mudanças.

2.6 Modelo teórico

Por meio do referencial apresentado, o modelo teórico que serve de base para esta pesquisa é apresentado na Figura 1, na qual estão apresentadas as ligações entre os construtos (orientação da cadeia de suprimentos, custos de transação, desempenho da cadeia de suprimentos e desempenho da empresa) mediados pelo uso de *machine learning*, no intuito de melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos e reduzir os custos de transação de acordo com a sua orientação estratégica.

Figura 1: Modelo teórico



Fonte: os autores

Diversos trabalhos têm sido publicados sobre a relação entre o desempenho da cadeia de suprimentos e o desempenho da empresa, entre eles o artigo Sawangwong e Chaopaisarn (2021), cujos achados indicam que o desempenho da cadeia de suprimentos suporta o desempenho da empresa no que concerne à rentabilidade, retorno sobre investimentos e crescimento de vendas.

3. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa é de cunho exploratório e qualitativo. Foram realizadas entrevistas com nove gestores, de diversos segmentos, conforme apresentado no Quadro 1:

Quadro 1: Perfis dos entrevistados

Entrevistado	Cargo	Ramo de atividade
E1	Industrial consultant	Sistemas
E2	Gerente de <i>supply chain</i>	Montadora
E3	Coordenador de logística	Operador logístico
E4	Diretor	Papel e celulose
E5	Diretor de marketing	Montadora
E6	Vice-presidente de operações	Montadora
E7	Coordenador	Papel e celulose
E8	Gerente de <i>supply chain</i>	Automação

E9	Gerente (customer success)	TI
----	----------------------------	----

Fonte: os autores.

Os entrevistados foram selecionados por sua experiência com a aplicação de *machine learning* em processos de cadeia de suprimentos. As entrevistas seguiram um roteiro semiestruturado, para permitir maior interação entrevistador/entrevistado (SILVA; RUSSO, 2019), de forma remota, por Skype, Google Meets ou Teams, conforme a conveniência do entrevistado. O roteiro é apresentado na matriz de amarração (Quadro 2):

Quadro 2: matriz de amarração:

CONSTRUCTO	PERGUNTAS	AUTORES
TEORIA DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO	Quais são os atributos que você considera importante para as transações? Resposta esperada: Identificar os principais elementos da teoria dos custos de transação como: oportunismo, racionalidade limitada, ativos específicos, incerteza e frequência Com que frequência há necessidade de ajustes nos contratos? Resposta esperada: custos ex-ante, custos es-post.	WILLIANSOM (1985); FARINA, AZEVEDO, SAES (1997)
ORIENTAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	Qual o principal objetivo estratégico de sua cadeia de suprimentos? Resposta esperada: Redução de estoques; redução do ciclo de pedido; relação com fornecedores (enxuta). Resposta rápida; customização (ágil).	QI, BOYER E ZHAO (2009)
DESEMPENHO DA CADEIA	Quais os principais indicadores de desempenho utilizados em sua cadeia de suprimentos? Resposta esperada: (Cadeia de suprimentos orientada para a agilidade e custos). Assim, identificar estratégias relacionadas a qualidade, rapidez, flexibilidade, custos ou confiabilidade.	SRIYAKUL, PRIANTO E JERMSITTIPARSERT (2019)
DESEMPENHO DA EMPRESA	Em que indicadores de desempenho da empresa o desempenho da cadeia de suprimentos influencia? Resposta esperada: Percentual de participação de mercado, ROI, Variação do percentual de participação, Variação do ROI, Relação lucro – receita, Comparação de desempenho com os concorrentes.	QRUNFLEH; TARAFDAR (2014)
MACHINE LEARNING	Quais são as aplicações de ferramentas de <i>machine learning</i> em sua cadeia de suprimentos? Resposta esperada: previsão de demanda, melhorias de processos.	DOMINGOS (2012); SMITH (2018)
	Que tipo de resultado é esperado/alcançado a partir da interação entre uso de <i>machine learning</i> e o desempenho da sua cadeia de suprimentos e da empresa? Resposta esperada: maior acuracidade de previsão, melhor percepção de correlação de variáveis. maior participação de mercado; maior margem de lucro; melhor retorno de investimentos; melhor posição competitiva global.	DOMINGOS (2012); SMITH (2018); SRIYAKUL, PRIANTO E JERMSITTIPARSERT (2019); QRUNFLEH, TARAFDAR (2014)

Fonte: os autores

As respostas passaram pelo processo de análise de conteúdo, descrito por Bardin (2011), sendo categorizadas conforme os construtos apresentados no Referencial Teórico. Em seguida, foi utilizado o software VOSviewer para realizar o agrupamento

de palavras que apresentaram frequência mínima de 2 vezes, em cada construto, para identificar a relação entre elas.

4. Resultados

Neste tópico são apresentadas as análises das respostas obtidas.

4.1 Custos de Transação

Os entrevistados apresentaram em suas respostas elementos de custos de transação de maneira parcial, mas condizentes com a teoria. Como o entrevistado E8 que frisa a importância de seus analistas (especificidade de ativos humanos) no processo de construção de cenários para a previsão de demanda (custos ex ante). Quanto aos contratos, o entrevistado aponta para fortes negociações iniciais, devido principalmente a características técnicas, mas com um relacionamento tranquilo após a confirmação de pedido, com raras revisões (contratos com racionalização forte).

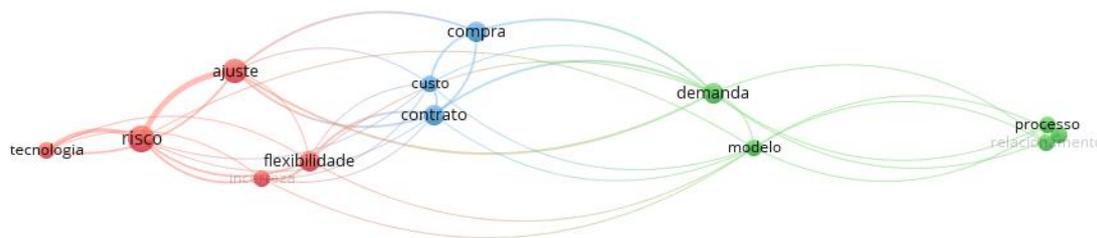
O entrevistado E7 coloca a incerteza como um fator importante dos custos de transação, uma vez que sua operação está começando e depende muito do comportamento do mercado internacional e de questões econômicas, que tem se mostrado instáveis, além da saúde financeira de seus clientes. Essas incertezas têm levado o entrevistado a renegociar contratos com frequência. Já o entrevistado E4 considera que o risco de falhas no sistema são o principal fator de custos de transação em sua empresa, pois podem ter grande impacto nos resultados.

Por sua vez, o entrevistado E6 busca contratos racionais, com apoio de um forte departamento jurídico, de maneira que a possibilidade de se renegociar um pedido é remota, incluindo flutuações de demanda e preços, definidas dentro de parâmetros aceitáveis para as duas partes, assim como formas de pagamento e multas por atraso. Outro ponto apontado pelo entrevistado é a longa vigência destes contratos. Este entrevistado também cita problemas relacionados à distância dos fornecedores, sendo que alguns estão no extremo oriente (especificidade de localização). O entrevistado E5 também tem uma forte preocupação com a construção de contratos que evite renegociações posteriores, assim como o entrevistado E3, que mantém contratos de longa duração com seus principais clientes.

O entrevistado E2 vê como custos de transação de sua cadeia a fase de desenvolvimento de produtos devido aos riscos em se dimensionar volumes de produtos e definir pontos de economia.

As respostas relativas aos custos de transação foram tratadas pelo software VOSviewer, resultando na Figura 2 e no Quadro 2. Percebe-se a coerência em relação à teoria, apresentando agrupamentos mais ligados à frequência (Cluster 1), à especificidade (Cluster 2) e à racionalidade (Cluster 3). Pela Figura 2 é visível as interfaces entre estes 3 agrupamentos, mostrando a percepção dos entrevistados englobando mais do que uma dimensão desse constructo.

Figura 2: rede de palavras para custos de transação.



Fonte: os autores

Quadro 2: agrupamento de palavras para custos de transação

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Ajuste	Demanda	Compra
Flexibilidade	Processo	Contrato
Incerteza	Modelo	Custo
Risco	Relacionamento	
Tecnologia	Suporte	

Fonte: os autores

Percebe-se que o cluster 3 está relacionado com os pressupostos de racionalidade limitada (contrato) e com oportunismos (custos). O cluster 1 apresenta dimensões de transação, ligadas à incerteza (flexibilidade, incerteza e risco), alinhadas com oportunismo (ajustes) e com especificidade de ativo fixo (tecnologia). O cluster 2 apresenta maior ligação com a dimensão de frequência (processo, modelo e relacionamento) e com ativo humano (suporte).

4.2 Orientação estratégica da cadeia de suprimentos

O entrevistado E4 demonstrou grande preocupação com custos, principalmente os custos logísticos, de grande impacto em sua operação, além da existência de um gap tecnológico entre os elos da cadeia, que, segundo sua visão, não permite alcançar melhores resultados. O entrevistado destacou que esse atraso tecnológico das empresas, que utilizam ainda de ferramentas da década de 1990, demanda muito investimento para se atualizar. O entrevistado E2 segue por linha semelhante ao eleger custos como e qualidade como os seus objetivos estratégicos.

O entrevistado E7 apontou que o principal foco estratégico está em atender à demanda, já que a quase totalidade de sua produção já estar comprometida, utilizando estoques para ajustar qualquer flutuação de demanda, tendo o entrevistado E3 prática semelhante.

O entrevistado E8 demonstra sua preocupação com as mudanças que estão ocorrendo:

“Eu diria que pegando o cenário que a gente vive hoje, que é uma taxa de mudança exponencial de tecnologia, eu diria, usando um termo, é a capacidade de adaptação. Ter uma cadeia de suprimentos que reaja muito rapidamente a essas variações que a gente tem hoje e, principalmente, que seja capaz de absorver essas tecnologias que vão justamente nos dar capacidade de lidar com isso.”

Já o entrevistado E6 aponta para a dificuldade de se fazer previsões:

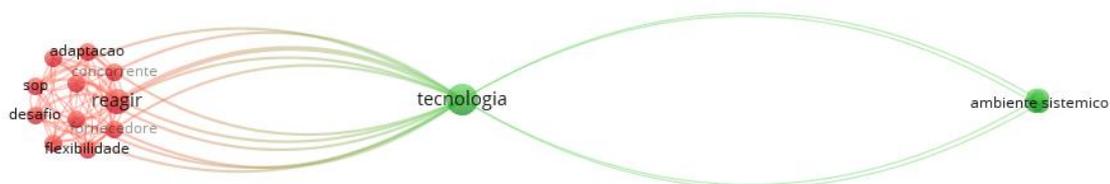
“Cada vez mais, o sistema, a gente usa para o seguinte: o histórico do que aconteceu você repete, tanto do ponto de vista de sazonalidade, quanto o ponto de vista de volume, capacidade, etc. O que você poderia dizer é que o

passado não reflete o futuro. Aí eu acho que o machine learning vai atuar de maneira forte.”

O entrevistado E5 considera que a estratégia de sua cadeia engloba a busca pelo lucro, redução de estoques, um bom relacionamento com fornecedores, se enquadrando, assim como uma cadeia enxuta.

Pela Figura 3 e Quadro 3, tem-se dois agrupamentos: um predominantemente de orientação ágil (Cluster 1) e outro predominantemente enxuto (Cluster 2). Nota-se que a palavra tecnologia é praticamente uma intersecção entre os dois agrupamentos, indicando a sua importância independentemente do tipo de orientação estratégica adotada.

Figura 3: rede de palavras para orientação estratégia da cadeia de suprimentos.



Fonte: os autores

Quadro 3: agrupamento de palavras para orientação estratégica da cadeia de suprimentos.

Cluster 1	Cluster 2
Adaptação	Ambiente sistêmico
Concorrente	Blockchain
Desafio	Controlar
Flexibilidade	Integração
Fornecedores	Tecnologia
Gargalo	
Mudança exponencial	
Reagir	
Soft skills	
S&OP	
Visibilidade	

Fonte: os autores.

4.3 Indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos

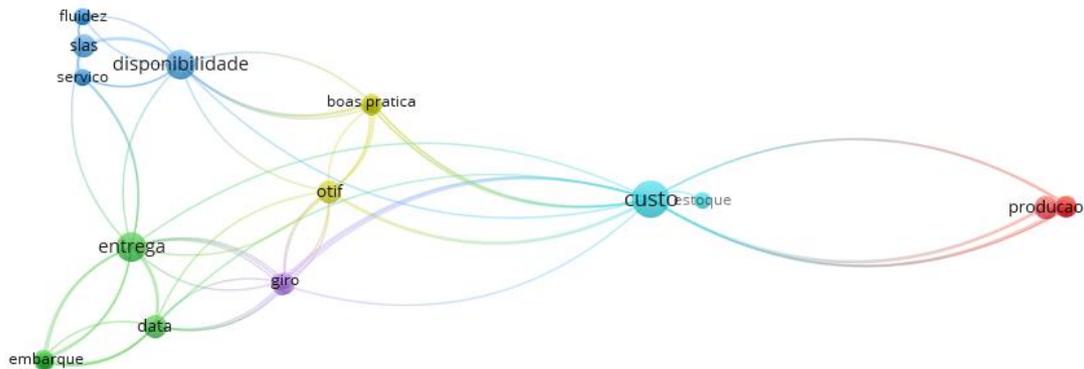
Para o entrevistado E8 o principal indicador é o OTIF (on time, in full), que considera a entrega na data e na quantidade solicitada: “é um indicador que de certa forma mostra o final na da cadeia, mas ele tem um input enorme para todo o fluxo de atendimento da ordem”.

E7 considera indicadores ligados a tempos de atendimento como importantes para sua operação: “*Lead time*, tempo de importação, nós temos operado com o tempo muito interessante, 25 a 30 dias em um processo marítimo é muito rápido”. O entrevistado E6 também coloca a questão de tempos de espera internacionais como um forte indicador de desempenho em sua cadeia, além da capacidade do fornecedor em atender à produção, qualidade e custos de transportes.

Os entrevistados E2 e E4 colocam como indicador principal o nível de serviço ao cliente (SLA), principalmente ligado à qualidade de entrega, de certa forma alinhado com os respondentes anteriores, enquanto o entrevistado E5 tem nos indicadores ligados a custos sua principal preocupação.

A rede e o agrupamento de palavras mostram aderência ao exposto na teoria, reunindo-as preferencialmente conforme produtividade (Cluster 1), confiabilidade (Cluster 2), rapidez (Cluster 4), disponibilidade (Cluster 5) e custos (Cluster 6). Percebe-se que o Cluster 1 está ligado apenas ao Cluster 6, compondo os indicadores referentes a custos.

Figura 4: rede de palavras para indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos.



Fonte: os autores.

Quadro 4: agrupamento de palavras para indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6
Conversão	Data	Disponibilidade	Boas práticas	Giro	Custo
Homem hora	Embarque	Fluidez	Contribuição	Inventário	Estoque
Produção	Entrega	Lead time	Margem	Modificação	
Ruptura	Fornecedor	Serviço	OTIF	Quantidade	
Taxa de utilização	Parada	SLA	Volume		
	Qualidade	Time delivery			

Fonte: os autores.

4.4 Desempenho organizacional

A visão geral dos entrevistados é de que o desempenho da cadeia de suprimentos afeta o desempenho da empresa. Parte significativa dos entrevistados indicam impacto no faturamento e no lucro ou resultados (E2, E3, E6, E8). O entrevistado E2 aponta o impacto direto no EBITDA da empresa. O entrevistado E4 considera que o principal impacto está no preço do produto.

O entrevistado E7, além de questões financeiras (fluxo de caixa), aponta que o desempenho da cadeia impacta na relação com os clientes, na qualidade e nível de serviço e o entrevistado E3 aponta a participação de mercado como consequência do desempenho da cadeia de suprimentos.

No resultado da rede (Figura 5) e do agrupamento (Quadro 5) um viés de caráter financeiro em todos os clusters, sendo que o Cluster 1 mescla este viés (EBITDA) com questões de mercado (concorrência e inovação).

Figura 5: Rede de palavras de desempenho da empresa.



Fonte: os autores

Quadro 5: agrupamento de palavras de desempenho da empresa.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Concorrência	Faturamento	Custo	Bônus
Ebitda	Importação	Preço	Expansão
Inovação	Lucro	Receita	Finanças
Resultado	Sistema	Serviço	

Fonte: os autores

4.5 Machine learning

O uso de *machine learning* nas empresas estudadas trouxeram, conforme os entrevistados, benefícios aos resultados de seus processos. A pesquisa explorou duas questões sobre *machine learning*: suas aplicações e os resultados obtidos.

4.5.1 Aplicações

As aplicações de *machine learning* concentraram-se nas respostas esperadas, como previsão de demanda (E2, E5, E6, E9)

Outros entrevistados, como E8, utilizam *machine learning* para atendimento ao cliente por meio de *chatbots*, o que se enquadra também nas respostas esperadas como melhoria de processos, além de servir como fonte de dados para previsão.

O entrevistado E7 tem no mapeamento de processos a sua utilização, entendendo como cada etapa se relaciona com as demais e que pontos são passíveis de melhorias. O entrevistado E6 indica que há projeto para interligar a área de vendas e a área de *supply chain* para controlar todo o ciclo de pedido, identificando lotes mínimos de produção, comportamento de demanda de subcomponentes. Outras aplicações apresentadas por este entrevistado é no planejamento, programação e controle de produção (PPCP), na criação e cenários de mercado e escolha de modais de transporte.

Já o entrevistado E4 utiliza *machine learning* para reconhecimento de imagens em processos logísticos, identificando cargas, contêineres, para a melhoria do fluxo de informação.

As palavras foram agrupadas, assim como nos tópicos anteriores, de maneira coerente com a teoria (Figura 6 e Quadro 6): classificação (Cluster 1); previsões (Cluster 2 e Cluster 5) e melhorias (Cluster 3 e Cluster 4). Percebe-se, também, que a palavra previsão é o ponto de ligação entre os clusters, indicando sua utilização por parte significativa dos entrevistados.

Figura 6: rede de palavras para aplicações de *machine learning*.



Fonte: os autores.

Quadro 6: agrupamento de palavras para aplicações de *machine learning*.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Assistente	Chatbot	Consumidor	Melhoria	Predição
Imagem	MRP	Demanda	Pedido	
Padrões	Previsão			

Fonte: os autores.

4.5.2 Resultados obtidos com o uso de *machine learning*

A acurácia da ferramenta foi apontada pelo entrevistado E8 como um grande ganho para a empresa:

“A gente faz assim, mantendo o processo atual de planejamento eu teria um nível de acurácia x, que é o padrão das empresas, não passa de 70%, quando a gente começa a usar esse modelo, ele fala para a gente o seguinte “se você usasse esse método que o modelo inteligente está fazendo, a sua acurácia estaria num nível x mais alguma coisa”. E o que está mostrando para a gente nos últimos 3 meses é que existe esse mais alguma coisa.”

Ainda no campo da acurácia, E6 também o considera um grande benefício para o planejamento de componentes importados, reduzindo os tempos de espera para os clientes, o entrevistado E1 na previsão de demanda de seu mercado consumidor e o entrevistado E4 tem como a qualidade de informação por leitura de imagens o seu grande ganho.

O entrevistado E2 aponta para os ganhos financeiros, como maior margem de lucro.

Na análise de agrupamento de palavras (Figura 7 e Quadro 7), obteve-se 3 grupos, sendo lucro o ponto central entre o Cluster 1 relacionado a custos, finanças e inovação e o Cluster 2 focado na acuracidade das informações.

Figura 7: rede de palavras para resultados obtidos pelo uso de *machine learning*.



Fonte: os autores

Quadro 7: agrupamento de palavras para resultados obtidos pelo uso de *machine learning*.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Custos	Competitividade	Acuracidade
Finanças	Lucro	Relação
Inovação	Participação	

Fonte: os autores

5. Considerações finais

Esta pesquisa faz parte de uma tese de doutorado na busca de um modelo que explique as relações entre os construtos. O objetivo geral, identificar os impactos do uso de *machine learning* no desempenho das cadeias de suprimentos e se estes impactos se estendem para o desempenho organizacional, foi alcançado por meio das entrevistas com profissionais atuantes no mercado.

Os entrevistados atuam em diferentes segmentos e, conseqüentemente, possuem estratégias e ambientes de negócios diferenciados entre si. Mas, apesar disso, todos confirmaram o que foi preconizado pela teoria, em maior ou menor grau, ou de forma parcial. Principalmente na questão da orientação estratégica da cadeia de suprimentos, as classificações entre cadeia ágil e cadeia enxuta ficaram evidenciadas, apesar de alguns respondentes apresentarem características de ambas.

As análises das entrevistas demonstram a presença dos construtos (orientação estratégica da cadeia, custos de transação, desempenho da cadeia e desempenho da organização, com mediação do uso de *machine learning*) e de suas variáveis nos processos empresariais e das relações entre eles. Também ficou evidenciada a influência de *machine learning* na melhoria dos resultados do desempenho da empresa, mostrando a ligação com o desempenho da cadeia de suprimentos, o que valida o modelo teórico proposto. O artigo contribui para o entendimento das relações entre esses construtos e como o uso de machine learning pode beneficiar o desempenho da cadeia e que esses benefícios sejam transmitidos à organização.

A continuidade dessa pesquisa se dará com a construção e aplicação de um questionário com base nos resultados aqui apresentados. As respostas obtidas serão objeto de uma análise fatorial discriminante.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, S. G.; MACHADO, V.; BARROSO, A. P.; CRUZ-MACHADO, V. Supply chain vulnerability: environment changes and dependencies. **International Journal of Logistics and Transport**, v.2, n.1, p.41-55. 2008
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70. São Paulo. 2011.
- BARYANNIS, G.; DANI, S.; ANTONIU, G. Predicting supply chain risks using ML: The trade-off between performance and interpretability. **Future Generation Computer Systems** Volume 101, Pages 993-1004. December 2019.
- CARBONNEAU, R.; LAFROMBOISE, K.; VAHIDOV, R. Application of ML techniques for supply chain demand forecasting. **European Journal of Operational Research** 184, p. 1140–1154. 2008.
- DOMINGOS, P. A Few Useful Things to Know About Machine Learning. Disponível em: https://prod-edxapp.edx-cdn.org/assets/courseware/v1/9020f1ea5293f47aec1c5cd03cf0d1e0/asset-v1:ColumbiaX+DS102X+2T2019+type@asset+block/A_Few_Useful_Things_Machine_Learning_Domingos.pdf . Acessado em 13/01/2020. Communications of the ACM. Vol. 55 no. 10. October 2012.
- ELLINGER, A.; SHIN, H.; NORTHINGTON, W. M.; ADAMS, F. G. The influence of supply chain management competency on customer satisfaction and shareholder value. **Supply Chain Management: An International Journal**. 17/3. 2012.
- FARINA, E. M. M.Q.; AZEVEDO, P. F.; SAES, M. S. M. **Competitividade: Mercado, estado e organizações**. Ed. Singular. São Paulo. 1997.

HARRIS, G. A. COMONATION, P. J.; FARRINGTON, P. A. An Exploration of Fisher's Framework for the Alignment of Supply Chain Strategy With Product Characteristics. **Engineering Management Journal**, Vol. 22 No. 4. December 2010.

MICHIE, D. "Memo" functions and ML. **Nature** vol. 218, n. 5136, p. 19-22. 1968

QI, Y.; BOYER, K. K.; ZHAO, X. Supply Chain Strategy, Product Characteristics, and Performance Impact: Evidence from Chinese Manufacturers. **Decision Sciences**, Volume 40 Number 4. November 2009.

QRUNFLEH, S.; TARAFDAR, M. Supply chain information systems strategy: impacts on supply chain performance and firm performance. **Int. J. Production Economics**, 147. 2014.

SAWANGWONG, A.; CHAOPAISARN, P. The impact of applying knowledge in the technological pillars of Industry 4.0 on supply chain performance. **Kybernetes**. 2021.

SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. Edipro. São Paulo. 2016.

SILVA, L. F.; RUSSO, R. F. S. M. Aplicação de entrevistas em pesquisa qualitativa. **Revista de Gestão e Projetos – GeP Vol. 10, n. 1**. 2019.

SMITH, H. **ML: the absolute beginner's guide to learn and understand ML effectively**. CPSIA. USA. 2018.

SRIYAKUL, T.; PRIANTO, A. L.; JERMSITTIPARSERT, K. Is the supply chain orientation in an agile supply chain determining the supply chain performance? **Humanities & Social Sciences Reviews**. Vol. 7, n. 3. Pp 695-702. 2019.

WILLIAMSON, O. E. **The economic institutions of capitalism**. The Free Press. USA. 1985.

ZHU, Q.; WU, Y. Q.; LI, YZ; ZUO, R. X. A Text Mining Based Approach for Mining Customer Attribute Data on Undefined Quality Problem. SEVENTEENTH WUHAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-BUSINESS. 2020.