

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
NÍVEL DOUTORADO

DANIEL RODRIGUES

A TEORIA CONSTRUTAL DAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS
UMA NOVA PROPOSTA PARA COMPREENSÃO DO DESIGN E DO DESEMPENHO
DOS SISTEMAS DE FORNECIMENTO

PORTO ALEGRE

2021

DANIEL RODRIGUES

A TEORIA CONSTRUTAL DAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS
UMA NOVA PROPOSTA PARA COMPREENSÃO DO DESIGN E DO DESEMPENHO
DOS SISTEMAS DE FORNECIMENTO

Tese apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Iuri Gavronski

PORTO ALEGRE

2021

R696t

Rodrigues, Daniel.

A teoria construtal das cadeias de suprimentos uma nova proposta para compreensão do design e do desempenho dos sistemas de fornecimento / por Daniel Rodrigues. – 2021.

92 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre, RS, 2021.

“Orientador: Dr. Iuri Gavronski”.

1 Teoria construtal. 2. Cadeias de suprimentos. 3. Design - Cadeias de suprimentos. 4. Desempenho - Cadeias de suprimentos. I. Título.

CDU: 658.7

DANIEL RODRIGUES

A TEORIA CONSTRUTAL DAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS
UMA NOVA PROPOSTA PARA COMPREENSÃO DO DESIGN E DO DESEMPENHO
DOS SISTEMAS DE FORNECIMENTO

Tese apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Administração.

Aprovada em 25 de junho de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ely Laureano Paiva (FGV)

Prof. Dr. Luiz Alberto Oliveira Rocha (UNISINOS)

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto (UNISINOS)

Prof. Dr. Celso Augusto de Mattos (UNISINOS)

Orientador: Prof. Dr. Iuri Gavronski

“Se projetas alguma coisa, ela te sairá bem, e a luz brilhará em teus caminhos” (Jó 22:28)

AGRADECIMENTOS

À Deus, porque tudo vem dEle.

À minha esposa Luana, por estar comigo em todos os momentos e por me fazer um ser melhor a cada dia.

Ao prof. Dr. Luiz Alberto Oliveira Rocha, por ter me apresentado à teoria que inspirou esta tese e pela habitual e pronta disponibilidade em ajudar.

Ao prof. Orientador Dr. Iuri Gavronski, por ter me auxiliado e compartilhado comigo valiosos conhecimentos que foram imprescindíveis para a construção deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação dos princípios do design com o desempenho da Cadeia de Suprimentos, propondo uma nova abordagem teórica para a Cadeia de Suprimentos que observe, conjuntamente, o seu design e desempenho, a partir da lente teórica da Teoria Construtal. A pesquisa atendeu aos requisitos do método *survey* para a coleta dos dados e, envolveu, sucintamente: (I) Entrevista com especialistas para a validação dos fatores encontrados na teoria; (II) Aplicação do questionário em fase de teste; (III) Aplicação do instrumento de coleta no plano amostral. Para análise dos dados, foi utilizada a técnica de Modelagem de Equações Estruturais (MEE). Os resultados apresentaram suporte para as 8 hipóteses de pesquisa testadas. As evidências observadas no campo empírico sustentaram o modelo teórico que originou a proposta de uma nova teoria: a Teoria Construtal das Cadeias de Suprimentos. Nessa proposta, as Cadeias de Suprimentos são considerados sistemas fabricados e são regidas pela mesma lei da física construtivista: a lei construtal.

Palavras-chave: Teoria Construtal das Cadeias de Suprimentos; Cadeia de Suprimentos; Design das Cadeias de Suprimentos; Desempenho das Cadeias de Suprimentos; Teoria Construtal.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Design de sistemas naturais: rios, árvores e flocos de neve	42
Figura 2 - Comparativo do design entre correntes de um rio e artérias e veias de um aparelho respiratório.....	42
Figura 3 - Comparativo entre uma folha de couve e uma bacia fluvial	43
Figura 4 - Framework teórico.....	46
Figura 5 – Fluxograma do método de pesquisa	54
Figura 6 – Modelo confirmatório no software SPSS AMOS.....	61
Figura 7 – Modelo estrutural	70
Figura 8 – A cadeia de suprimentos e a forma de uma árvore	80
Figura 9 – síntese dos construtos e de seus caminhos	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definição das variáveis em Design da Cadeia de Suprimentos.....	27
Quadro 2 - Resumo dos principais indicadores.....	32
Quadro 3 - Definição das variáveis em Teoria Construtal.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Testes de normalidade	61
Tabela 2 - Gênero dos respondentes	62
Tabela 3 - Faixa etária dos respondentes	62
Tabela 4 - Escolaridade dos respondentes	63
Tabela 5 - Função desempenhada na organização.....	63
Tabela 6 - Tempo que desempenham a função	64
Tabela 7 – tempo que atuam na organização.....	64
Tabela 8 - Setor de mercado em que a organização está inserida	65
Tabela 9 – número de funcionários das empresas da amostra.....	65
Tabela 10 – tempo de existência da organização.....	66
Tabela 11 – testes para a CFA	66
Tabela 12 – teste da validade convergente do modelo	68
Tabela 13 - Validade discriminante.....	69
Tabela 14 – Testes de regressão para os caminhos do modelo estrutural	71
Tabela 15 – testes dos índices de ajuste do modelo estrutural	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3.1 Contribuições	14
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 DESIGN DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	16
2.1.1 Evolução dos estudos	16
2.1.2 Especificações dos Modelos.....	17
2.1.2.1 Modelo baseado em Flexibilidade, Recursos e Produção	17
2.1.2.2 Modelo baseado no Fluxo de Informações.....	18
2.1.2.3 Modelo baseado em estágios	19
2.1.2.4 Modelo baseado no design do Produto.....	20
2.1.2.5 Modelo baseado em Agilidade	21
2.1.2.6 Modelo baseado na localização	21
2.1.2.7 Modelo baseado no Lead Time	22
2.1.2.8 Modelo baseado em Integração	23
2.1.2.8.1 Níveis de Integração	24
2.1.2.8.2 Dimensões da Integração	25
2.1.3 Definições de Variáveis no Estudo sobre Design	27
2.2 DESEMPENHO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	29
2.2.1 Definição e evolução dos estudos	29
2.2.2 Medidas de desempenho operacional da cadeia de suprimentos	30
2.2.3 Síntese dos principais indicadores de desempenho	32
2.3 TEORIA DA CONTINGÊNCIA	35
2.3.1 Características	35
2.3.2 Abordagens da teoria contingencial	36
2.3.2.1 A incerteza do ambiente	36
2.3.2.2 Nível de centralidade	37
2.3.2.3 A estratégia organizacional	37
2.3.2.4 A estrutura organizacional.....	38
2.3.2.5 Porte da organização.....	38
2.3.2.6 A tecnologia da informação.....	39
2.3.3 Limitações da teoria da contingência	39
2.4 TEORIA CONSTRUTAL	40
2.4.1 Pressupostos da Teoria Construtal.....	41
2.4.2 Definições de Variáveis no Estudo sobre a Teoria Construtal.....	44
2.5 MODELO DE ANÁLISE.....	45
2.5.1 Constructos do modelo.....	47
2.5.1.1 Propósito.....	47
2.5.1.2 Esbelteza da Massa.....	47
2.5.1.3 Velocidade	48

2.5.2 <i>Relações entre as Variáveis</i>	49
2.5.2.1 Relações entre as Variáveis do Constructo Propósito	49
2.5.2.1.1 Relação entre Criação de Valor e Longevidade da Cadeia de Suprimentos	49
2.5.2.1.2 Relação entre Consumo de Recursos e Longevidade da Cadeia de Suprimentos	49
2.5.2.2 Relações das Variáveis do Constructo Esbelteza da Massa	50
2.5.2.2.1 Relação entre Capacidade Instalada e Longevidade da Cadeia de Suprimentos	50
2.5.2.2.2 Relação entre Capacidade Instalada e Redução de Imperfeições na Cadeia de Suprimentos	50
2.5.2.2.3 Relação entre Nível de Estoque e Consumo de Recursos na Cadeia de Suprimentos	51
2.5.2.3 Relações das Variáveis do Constructo Velocidade	51
2.5.2.3.1 Relação entre Ciclo Operacional e Longevidade da Cadeia de Suprimentos	51
2.5.2.3.2 Relação entre o Velocidade do Fluxo de Informações e Imperfeições no Sistema.....	52
2.5.2.3.3 Relação entre Velocidade do Fluxo de Materiais e Longevidade na Cadeia de Suprimentos	52
3 DESIGN DA PESQUISA	54
3.1 DADOS.....	55
3.2 VARIÁVEIS DE PESQUISA	56
3.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	57
3.3.1 <i>Tratamento dos dados</i>	57
3.3.2 <i>Modelagem de Equações Estruturais (MEE)</i>	58
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	60
4.1 PREPARAÇÃO DOS DADOS	60
4.2 ANÁLISE DESCRITIVA	62
4.3 MODELO ESTRUTURAL.....	66
4.3.1 <i>Modelo de Medida - Análise Fatorial Confirmatória</i>	66
4.3.2 <i>Modelo Estrutural</i>	69
4.3.3 <i>Hipóteses</i>	72
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	74
5.1 OBJETIVOS	74
5.2 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS: CRÍTICAS E IMPLICAÇÕES ÀS ABORDAGENS DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS	74
5.3 A TEORIA CONSTRUTAL DAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS: O PRIMEIRO ENSAIO.....	78
5.4 FUTURAS PESQUISAS: UM CONSTRUCTO A SER TESTADO: LIBERDADE	82
6 REFERÊNCIAS	85

1 INTRODUÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

As decisões estratégicas de design da cadeia de suprimentos são essenciais para o sucesso de longo prazo de um negócio (LIM; MAK; SHEN, 2016). Estudos apontam que o design da cadeia de suprimentos tem uma influência significativa nas medidas de desempenho da cadeia de suprimentos (SEZEN, 2008). Uma cadeia de suprimentos bem projetada em termos de localizações, distâncias, capacidades e planejamento pode fornecer vantagem competitiva para as empresas (SHEN *et al.*, 2003; SEZEN, 2008).

O design envolve as decisões a montante e a jusante na cadeia de suprimentos. O primeiro diz respeito ao número de fornecedores, proximidade de fornecedores, seleção de fornecedores, planejamento da capacidade em cada instalação, e definição de termos de relacionamento entre os membros do canal (CHOPRA; MEINDL, 2004). A jusante, envolve decisões sobre localização dos distribuidores, políticas de estoque (centralização ou descentralização dos estoques) e possibilidades de reconfiguração da cadeia com base nas informações oriundas da demanda (BAUD-LAVIGNE; AGARD; PENZ, 2016).

Existem lacunas em relação a estudos descrevendo como as empresas realmente integram e alinham um maior número de fatores (locais e globais) que interferem no desempenho da cadeia de suprimentos em relação ao seu design proposto (KHAN *et al.*, 2012; PASHAEI; OLHAGER, 2015, SHEN *et al.*, 2003). Shen *et al.* (2003) mostram que os modelos clássicos sobre o design da cadeia de suprimentos ignoram, por exemplo, os benefícios do agrupamento dos estoques nos centros de distribuição (CDs). Eles mostram que, ao considerar conjuntamente as decisões de controle tático e estratégico das localizações e dos estoques, pode-se otimizar o processo decisório no que tange ao design da cadeia de suprimentos.

O design de cadeias de suprimentos modernas e responsivas requer uma análise cuidadosa das interações do maior número de fatores possíveis que interferem no seu desempenho (LIM, MAK & SHEN, 2016). O problema do design da cadeia de suprimentos foi estudado principalmente na literatura de pesquisa operacional, na perspectiva de otimizar vários fatores quantitativos, como maximizar o lucro após impostos ou minimizar custos de transporte ou escassez (MEIXELL; GARGEYA, 2005). No entanto, o foco em fatores quantitativos apenas pode negligenciar a importância de alguns fatores qualitativos que são críticos para uma

vantagem competitiva e para o desempenho da cadeia de suprimentos (MEIXELL; GARGEYA, 2005; SEZEN, 2008).

Apesar da importância das questões de design em uma cadeia de suprimentos, parece haver uma falta de atenção sobre isso na literatura acadêmica. Embora existam estudos lidando com algumas dimensões individuais do design da cadeia de suprimentos, como fatores de localização, seleção de fornecedores etc. (BHATNAGAR; SOHAL, 2005; CHEN *et al.*, 2006), natureza de alguns relacionamentos, estrutura e processos da cadeia (LAMBERT; COOPER, 2000, MENTZER *et al* 2001), não foi desenvolvido um único construto para medir ou orientar o design geral da cadeia de suprimentos (SEZEN, 2008). A necessidade de uma abordagem que integrasse simultaneamente, por exemplo, a coordenação dos projetos de produto, fabricação e design da cadeia também já haviam sido destacados por Forza, Salvador e Rungtusanatham (2005).

O design é a transformação de algo para torná-lo melhor, ou seja, atender seu objetivo de maneira mais eficiente (BEJAN; ZANE, 2012). O design não é criado (ou não deveria ser) de maneira individual e sim concebido de maneira completa (BEJAN, 2012; BEJAN; ZANE, 2012).

A Teoria Construtal (TC) é fundamentada em uma lei da física construtivista, que se aplica a uma vasta gama de situações. Em razão da sua abrangência, pesquisas estão buscando ilustrar a aplicação desta teoria a diferentes áreas do conhecimento como engenharia, física, biologia, fisiologia e economia (BEJAN *et al*, 2006; MIGUEL, 2007). A Teoria Construtal busca indicar o caminho da evolução dos sistemas (naturais e fabricados), captando a tendência central do design na natureza através do conceito de fácil acesso às correntes, propondo configurações que visam facilitar o escoamento, melhorando o seu desempenho (BEJAN, 1997).

Considerando o contexto exposto, este estudo pretende responder as seguintes perguntas de pesquisa:

- Quais são os princípios do Design que estão relacionados com o desempenho de uma Cadeia de Suprimentos? Ainda, como o estudo dessa relação (Design e Desempenho) neste referido sistema (Cadeia de Suprimentos) possibilitaria identificar e apontar: Como os sistemas de fornecimento chegaram no “desenho” que chegaram?

1.2 OBJETIVOS

Constitui-se como objetivo maior deste trabalho **avaliar a relação dos princípios do design com o desempenho da Cadeia de Suprimentos**. Como objetivo secundário, porém, não menos relevante ou desafiador, propor uma nova abordagem teórica para a Cadeia de Suprimentos que observe, conjuntamente, o seu design e desempenho, a partir da lente teórica da Teoria Construtal.

São objetivos específicos do estudo:

- Descrever as características gerais do sistema objeto de análise (Cadeia de Suprimentos);
- Descrever as abordagens teóricas para a leitura do sistema objeto de análise (Cadeia de Suprimentos): Design das Cadeias de Suprimentos, Desempenho das Cadeias de Suprimentos, Teoria da Contingencia e Teoria Construtal;
- Apresentar e validar o modelo teórico de análise com as respectivas hipóteses de pesquisa;
- Testar, no plano amostral, as hipóteses de pesquisa;
- Analisar as potencialidades e as fragilidades da proposta a partir da leitura do resultado no campo empírico (confirmação/rejeição das hipóteses).
- Discutir as implicações teóricas da proposta e as possibilidades de futuras pesquisas.

1.3 JUSTIFICATIVA

As justificativas deste trabalho decorrem da atualidade e da importância do tema para o meio acadêmico e empresarial. Os estudos sobre cadeia de suprimentos, especialmente associados ao design, apresentam perspectivas, na maioria das vezes, distintas e pouco conectadas (SEZEN, 2008), apesar de notáveis esforços na busca por um design “ideal” aplicado ao seu respectivo contexto (FORZA, SALVADOR & RUNGTUSANATHAM, 2005).

Ainda, na medida em que o ambiente é mutável e as pressões competitivas aumentam, os gestores necessitam que suas cadeias de suprimentos possuam um design que se adaptem mais rapidamente a estas mudanças, com vistas a melhora do seu desempenho. E é considerando estas características apresentadas, onde, talvez esteja maior contribuição desta pesquisa: princípios do design que permitam às cadeias perseguir seus objetivos maiores (como

sobrevivência, economia de recursos, maior desempenho) adaptando-se com eficiência e eficácia às demandas do ambiente.

1.3.1 Contribuições

Este estudo visa atender aos anseios tanto acadêmicos quanto práticos/gerenciais. A saber, são contribuições esperadas:

- Contribuir, a partir de uma nova perspectiva, para as pesquisas em design de cadeia de suprimentos: a Teoria Construtal. Esta referida teoria, que teve sua aplicação inicialmente designada aos problemas de engenharia, constitui-se em uma abordagem nova no campo da administração, com possibilidades de propagação de sua utilização.
- Propiciar um alinhamento congruente entre abordagens do design e do desempenho nas cadeias de suprimentos. Até então, como as dimensões propostas para o design consideram fatores individuais e pouco conexos, existem dificuldades consistentes para medir o impacto real do design no desempenho. Com esta nova proposta, na medida em que um maior número de fatores são considerados e estão interligados, espera-se entender com maior precisão esta referida relação.
- Municar os gestores com parâmetros para a constituição de projetos de novas estruturas de cadeias de suprimentos, ou, então, o ajuste de estruturas já existentes. Considerando a existência de alguns objetivos gerais para as cadeias de suprimentos (sobrevivência, economia de recursos, maior desempenho), os gestores poderão aplicar ajustes alinhados ao seu contexto sem, no entanto, perder a visão sistêmica possibilitada por esta nova abordagem.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Como aspectos delimitativos, o presente estudo apresenta as seguintes características:

- Os dados que serão coletados (detalhados no cap.3 Design de Pesquisa), obedecerão aos requisitos do método *survey*, e serão obtidos medindo a ocorrência do fenômeno em um dado ponto no tempo (*cross-section*). Ou seja, representarão a realidade em determinado período, não tendo o seu comportamento medido ao longo do tempo.
- Devido a amplitude da proposta, serão observadas cadeias de suprimentos atuantes em distintos segmentos mercadológicos. Em função disto, ao enfoque atribuído em um

ambiente maior e com mais variáveis, eventualmente, alguma nuance específica de um setor ou outro não sofrerá detalhada observação analítica.

Ademais, esta nova proposta de observar as cadeias de suprimentos a partir da Teoria Construtal, permite a exploração desta abordagem em áreas de estudo como Riscos de Ruptura, Segurança e, mais amplamente, Gestão das Cadeias de Suprimentos, dentre outras. Fica evidente, na perspectiva do pesquisador deste trabalho, a possibilidade de aderência a outros temas relevantes de estudo na cadeia de suprimentos. No entanto, na medida em que se avança na identificação dos *gaps* de pesquisa, e em razão da amplitude do estudo para a compreensão do *todo*, alguns desafios quanto às amostras coletadas (relação número de observações *vs* número de variáveis e constructos do estudo) sejam encontradas.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está estruturado da seguinte forma: (2) Fundamentação teórica, com as teorias maiores que embasam este trabalho, a saber: Design das Cadeias de Suprimentos, Desempenho das Cadeias de Suprimentos, Teoria da Contingência e Teoria Construtal; em seguida, nesta mesma seção, é apresentado o Modelo de Análise teórico, com a explicação das hipóteses de pesquisa; (3) Design de pesquisa, com a apresentação das etapas metodológicas do estudo; (4) Apresentação dos Resultados, com a preparação dos dados, resultados dos testes estatísticos e apuração das hipóteses de pesquisa; (5) Discussão dos Resultados, com as implicações teóricas às abordagens existentes em Cadeias de Suprimentos e a apresentação do primeiro ensaio sobre a nova teoria proposta: a Teoria Construtal das Cadeias de Suprimentos; (6) Referências utilizadas neste estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O alicerce teórico deste trabalho está estruturado da seguinte forma: (2.1) Design da Cadeia de Suprimentos; (2.2) Desempenho da Cadeia de Suprimentos; (2.3) Teoria da Contingência e; (2.4) Teoria Construtal. Posteriormente, no Modelo de Análise (2.5), ocorre o posicionamento frente às teorias discorridas, com o framework teórico e as respectivas conexões com as hipóteses de pesquisa.

2.1 DESIGN DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O design da cadeia de suprimentos pode ser entendido como uma ação gerencial deliberada, destinando investimentos corporativos estratégicos para adquirir, desenvolver e configurar recursos apropriados da cadeia de suprimentos que permitirão à empresa competir com sucesso no mercado (MELNYK; NARASIMHAN; DE CAMPOS 2014; MELNYK *et al.*, 2009). O Design compreende decisões sobre número, localização e seleção de fornecedores, planejamento das capacidades em cada instalação, definição de termos dos relacionamentos entre os participantes, reações às possíveis divergências entre os membros do canal, definição da abrangência mercadológica e a seleção de subconjuntos, componentes e materiais da cadeia (CHOPRA; MEINDL, 2004).

Após a breve elucidação conceitual sobre o design da cadeia de suprimentos, esta seção está estruturada da seguinte forma: (i) evolução dos estudos, com a apresentação dos modelos para o design pesquisados ao longo do tempo; (ii) especificações dos modelos, com o aprofundamento dos modelos mais pesquisados e debatidos na literatura e; (iii) quadro com definições das principais variáveis encontradas

2.1.1 Evolução dos estudos

Nos modelos desenvolvidos antes de 1990, impostos, taxas e encargos corporativos eram questões proeminentes, e o foco da tecnologia era orientada para o modelo de distribuição da produção (HODDER; JUCKER, 1982, 1985; HODDER; DINCER, 1986; HODDER; DINCER, 1986; COHEN *et al.* 1989).

No período entre 1991 e 1995, a variabilidade e a incerteza nas taxas de câmbio tornaram-se as principais preocupações, e os pesquisadores desenvolveram modelos

estocásticos de programação e avaliação de opções para auxiliar na abordagem a essas preocupações (HAUG, 1992; KOGUT; KULATILAKA, 1994; ARNTZEN *et al.*, 1995; GUTIERREZ; KOUVELIS, 1995).

Durante o período de 1996 a 2000, houve um interesse contínuo pela incerteza nos parâmetros do problema do design, bem como pela atenção ao preço das transações e às decisões de seleção de fornecedores. (GUTIERREZ; KOUVELIS, 1995; CANEL; KHUMAWALA, 1996; ROSENFELD, 1996; KOUVELIS; GUTIERREZ, 1997).

Entre o ano 2000 e 2005, os pesquisadores novamente expandiram as tecnologias usadas para resolver esses problemas de design, desenvolvendo modelos de equilíbrio de rede e abordagens multifásicas que implantam múltiplas tecnologias (VIDAL; GOETSCHALCKX, 2001; HADJINICOLA; KUMAR, 2002; LOWE *et al.*, 2002; NAGURNEY *et al.*, 2003).

Após o período de 2005 e anterior ao ano de 2010, o foco dos estudos para o design esteve alicerçado em aspectos logísticos e de localização das instalações na rede da cadeia de abastecimento (MEIXELL; GARGEYA, 2005; MELO *et al.*, 2009). Na seção a seguir, estão detalhados e aprofundados os principais modelos para o design das cadeias de suprimentos.

2.1.2 Especificações dos Modelos

2.1.2.1 Modelo baseado em Flexibilidade, Recursos e Produção

Beamon (1999) desenvolveu uma estrutura para a seleção de medidas de desempenho para sistemas de cadeia de suprimentos. Nesse contexto, três tipos de medidas de desempenho foram identificados como os componentes necessários de um sistema de medição de desempenho da cadeia de suprimentos: flexibilidade, recurso e produção.

A primeira medida, flexibilidade, é a capacidade de responder à mudanças. As cadeias de suprimento devem ser avaliadas com base em sua capacidade de responder a quaisquer alterações nos produtos, prazos de entrega, volume e mix. Portanto, as medidas de flexibilidade incluem flexibilidade de novos produtos, flexibilidade de entrega, flexibilidade de produção e flexibilidade de volume (BEAMON, 1999; MEIXELL; GARGEYA, 2005). A flexibilidade para responder aos pedidos dos clientes, ajustando dinamicamente as operações da rede, é crucial para o sucesso da cadeia de suprimentos (LIM; MAK; SHEN, 2016).

As medidas de recursos estão focadas na eficiência no uso dos recursos em um sistema de cadeia de suprimentos. As medidas de recursos incluem os custos do uso de vários recursos, os níveis de estoque na cadeia de suprimentos e o retorno dos investimentos (BEAMON, 1999;

MEIXELL; GARGEYA, 2005). Além disso, recentes pesquisas demonstraram que os níveis de recursos utilizados possuem associação com o nível de controle das operações em cadeias de suprimentos (RODRIGUES; TEIXEIRA; SHOCKLEY, 2019).

As medidas de produção incluem a satisfação do cliente (em termos de entregas no prazo, taxa de atendimento do pedido e tempos de resposta), quantidades de vendas e lucro. No presente estudo, essas três medidas de desempenho da cadeia de suprimentos foram operacionalizadas usando itens de questionário para representar o grau em que as cadeias de suprimentos operam em cada uma dessas dimensões (BEAMON, 1999; MEIXELL; GARGEYA, 2005).

2.1.2.2 Modelo baseado no Fluxo de Informações

As informações de demanda dos clientes possibilitam reduzir os custos de estoque em uma cadeia de suprimentos (CACHON; FISHER, 1997; LEE *et al.*, 2000). Quando o fluxo de informações em uma cadeia de suprimentos tem prioridade sobre o fluxo físico de bens e materiais, as reduções de estoque e o uso eficiente dos recursos tornam-se possíveis (GRAHAM; HARDAKER, 2000).

Quanto mais informações forem compartilhadas dentro de uma cadeia de suprimentos, menos tempo se faz necessário para realizar quaisquer alterações em circunstâncias imprevistas e, portanto, mais flexíveis serão as operações, os produtos e as entregas. Por outro lado, altos níveis de coordenação e integração entre organizações podem, às vezes, reduzir sua capacidade e motivação para realizar mudanças rápidas nas relações comerciais (WHITE *et al.*, 2005).

A vantagem do compartilhamento de informações e integração no gerenciamento da cadeia de suprimentos tem sido freqüentemente relatada na literatura (SEZEN, 2008). Segundo Zhao *et al.* (2002), por exemplo, o compartilhamento de informações influencia o desempenho da cadeia de suprimentos em termos de custo total e nível de serviço. Da mesma forma, Lin *et al.* (2002) demonstram que maior nível de compartilhamento de informações está associado ao menor custo total e menor tempo de ciclo de pedido.

O avanço da tecnologia e dos sistemas de informação possibilitam um aumento na capacidade de comunicação permitindo que os estoques possam ser reabastecidos de maneira oportuna e rápida (HANDFIELD, 1994; SHAPIRO *et al.*, 1993). Os estudos Strader *et al.* (1999) demonstraram que compartilhar as informações de oferta e demanda com a cadeia de suprimentos auxilia na redução dos custos de estoque e a encurtar os tempos de ciclo de pedidos. Não obstante, sugere-se também que a coordenação e o compartilhamento de informações

umentam a capacidade das cadeias de suprimentos de reagirem às mudanças repentinas em ambientes de demanda volátil (LEE *et al.* , 2000).

2.1.2.3 Modelo baseado em estágios

Este modelo, categoriza o design da cadeia em estágios, a saber, em (i) dois estágios, (ii) três estágios ou mais, e (iii) geral.

As relações de dois estágios consideram pesquisas sobre integração de fornecedores, modelagem matemática para seleção de fornecedores e localização das instalações para a produção modular. Os trabalhos que consideram o espectro da arquitetura do produto (modular a integral) têm se preocupado principalmente com a configuração da cadeia de suprimentos entre os fornecedores de primeiro nível (insumos e matéria-prima) e fornecedores de máquinas e equipamentos (OEM). Por exemplo, Salvador *et al.* (2004) estudaram como a rede de fornecimento, fabricação e distribuição deve ser configurada para diferentes níveis de personalização das arquiteturas de produtos (PASHAEI; OLHAGER 2015).

As relações de três estágios ou mais enfatizam os desafios da modularidade ao se mover mais adiante na cadeia de suprimentos (por exemplo, para fornecedores de primeiro e segundo níveis), ou otimizar cadeias de suprimentos com múltiplos estágios. Doran (2003) estudou o impacto da modularização nos processos de valor agregado de fornecedores de componentes-chave, sugerindo que a atividade de transferência de valor impactará não apenas os fornecedores de primeiro nível, mas também os fornecedores de segundo e terceiro níveis que formam os elementos de valor adicionado (PASHAEI; OLHAGER 2015).

A categoria “cadeia de suprimentos geral” envolve a discussão do projeto da cadeia de suprimentos em geral. Cadeias de suprimentos, em geral, enfocam a importância de integrar os fatores de design da cadeia de suprimentos simultaneamente com as decisões de produtos, processos e sobre o objetivo da cadeia de suprimentos (MEIXELL; GARGEYA, 2005). Por exemplo, Fine (2000) enfatizou a importância de integrar o design da cadeia de suprimentos ao desenvolvimento de produtos e processos, e sugeriu que as decisões sobre fabricação / compra, fornecimento e contratação precisam ser feitas simultaneamente com as escolhas arquitetônicas do produto. São necessários modelos de *trade-off* capazes de administrar alta complexidade, já que alguns recursos de arquitetura são benéficos para alguns processos, mas podem ser negativos para outros, em termos de custos de produção e estoque.

2.1.2.4 Modelo baseado no design do Produto

Estes modelos estudam e enfatizam a importância de integrar o design da cadeia de suprimentos ao desenvolvimento de produtos e processos e sugerem que as decisões sobre fabricação, compra, fornecimento e contratação precisam ser feitas simultaneamente com as escolhas arquitetônicas do produto (FINE, 2000; PASHAEI; OLHAGER, 2015). Quando o mecanismo de coordenação entre produto, processo e cadeia de suprimentos não é totalmente conhecido, a arquitetura do produto pode servir como um mecanismo de coordenação (FIXSON, 2005).

São necessários modelos de *trade-off* capazes de administrar alta complexidade, já que alguns recursos de arquitetura são benéficos para alguns processos, mas podem ser negativos para outros, em termos de custos de produção e estoque (PASHAEI; OLHAGER, 2015). Por exemplo, uma capacidade organizacional integrativa mais alta na manufatura implicaria uma vantagem de custo ao desenvolver uma arquitetura complexa e mais integral (FUJIMOTO, 2007). Além disso, a capacidade de coordenação, como o estilo Toyota, é considerada mais eficaz na coordenação de produtos integrais e complexos intensivos do que para produtos modulares que exigem menos coordenação (FUJIMOTO, 2012a).

Por outro lado, Novak e Eppinger (2001) sugerem que as empresas devem produzir sistemas complexos internamente e terceirizar produtos com menor complexidade, sendo que uma maior coordenação entre o design do produto e as compras poderia melhorar o desempenho da empresa.

Petersen, Handfield e Ragatz (2005), abordam a integração dos fornecedores ao processo de desenvolvimento de produtos. Os autores argumentam que esta integração tem implicações diretas nas decisões de projeto de processos de fabricação e nas decisões de configuração da cadeia de suprimentos. Com base nessa premissa, propõe-se um modelo teórico no qual os autores postulam que a maior eficácia da equipe de desenvolvimento de produto pode ser alcançada (a) selecionando cuidadosamente fornecedores e sincronizando seu envolvimento no processo de desenvolvimento de novos produtos, (b) envolvendo fornecedores selecionados no estabelecimento de métricas e metas de desempenho técnico que podem afetar o design do processo de fabricação, e (c) envolvendo fornecedores selecionados na avaliação de metas de desempenho de negócios.

Sob a perspectiva da demanda os clientes orientados para o preço tendem a escolher produtos modulares, enquanto os clientes orientados para o desempenho escolhem produtos integrais (FUJIMOTO, 2013).

Ainda, é relevante citar a abordagem concebida por Lakhali *et al.* (1999), que se concentra no conceito de cadeia de produto-mercado (P-MC). Cada produto possui seu próprio P-MC, representado pelo gráfico de atividades, no qual símbolos específicos são utilizados. Quatro componentes básicos devem ser definidos para cada P-MC: recursos duráveis elementares, métodos elementares, atividades elementares e produtos (incluem as entradas, saídas e intermediários, e podem ser materiais ou não, como informação, conhecimento ou serviços). O gráfico do P-MC é um modelo matemático considerando os atributos dos componentes, as funções associadas a cada método e os objetivos (LAKHALI *et al.*, 2001).

2.1.2.5 Modelo baseado em Agilidade

A agilidade de uma rede de cadeia de suprimentos é a capacidade de suas operações se ajustarem rapidamente e reagirem aos fatores ambientais variáveis. No caso em que as quantidades de demanda do cliente são incertas, um elemento crucial da agilidade é mudar dinamicamente o estoque entre os locais de estoque para garantir o atendimento da demanda (LIM; MAK; SHEN, 2016).

A agilidade traz claramente benefícios para a cadeia de suprimentos, no entanto, traz consigo custos. A agilidade no compartilhamento de estoque normalmente aumenta o custo de transporte, pois exige uma resposta rápida e prazos de entrega curtos. O aumento da agilidade através de um maior grau de flexibilidade exige maiores complexidades operacionais (por exemplo, usando modos de transporte flexíveis e utilizando-se de importações e exportações para vários países). Além disso, a agilidade pode implicar redundância no sistema, o que normalmente vai contra os princípios de gerenciamento da cadeia de suprimento enxuta. Portanto, é importante avaliar cuidadosamente os *trade-offs* entre os benefícios e os custos da agilidade no design da cadeia de suprimentos (LIM; MAK; SHEN, 2016).

2.1.2.6 Modelo baseado na localização

Os modelos baseados na localização das instalações são geralmente suportados utilizando abordagens sequenciais (DASKIN, 2013; DREZNER, 1995; DREZNER; HAMACHER, 2002).

Primeiro, um modelo de localização de instalação simples, sem mensurar a capacidade, é resolvido para determinar a estrutura da rede na fase de projeto estratégico. Dada a estrutura da rede, são tomadas decisões em nível tático, como política de estoques e decisões de controle.

Por fim, as decisões em nível operacional, como as decisões de transporte e movimentações logísticas, são feitas no dia-a-dia.

Estudos conduzidos por Shen *et al.* (2003), focaram na integração de diferentes fases de decisões nas cadeias de suprimentos a partir da localização dos estoques. O modelo captura o efeito de pooling de riscos, já que o estoque de segurança pode ser reduzido agrupando a demanda de mais varejistas (clientes) em um único CD. Seus resultados computacionais mostram que, se as decisões de localização e estoque forem calculadas separadamente, o número de instalações será maior do que o necessário e a diferença de custo será significativa (SHEN *et al.*, 2003; SHEN; QI, 2006).

Ozsen et al. (2009) consideram o efeito da capacidade de armazenamento em instalações sob múltiplas fontes. Os autores propõem um fornecimento múltiplo, segundo o qual os pedidos de cada cliente são divididos aleatoriamente entre vários centros de distribuição (CDs). Uma limitação da estratégia de fornecimento múltiplo aleatório é que a disponibilidade de estoque em CDs não é considerada quando a demanda é fixa (LIM; MAK; SHEN, 2016).

De forma complementar Mak (2012) formula um modelo de localização de instalações e redes em conjunto, no qual as decisões de fornecimento ou atendimento são feitas dinamicamente de acordo com a disponibilidade de estoque e os tamanhos da demanda realizada. Essa estratégia permite o compartilhamento de estoque de segunda ordem entre diferentes CDs, trocando informações sobre a demanda. O modelo captura o *trade-off* entre esse benefício e os custos extras associados a essa forma de flexibilidade.

2.1.2.7 Modelo baseado no Lead Time

As decisões sobre os *lead times* (LT) influenciam na configuração ótima da cadeia de suprimentos, especialmente em relação às decisões estratégicas de localização de instalações e seleção de fornecedores (HAMMAMI; FREIN; BAHLI, 2016).

Os LTs podem representar novos *trade-offs* entre instalações distantes e de baixo custo e instalações locais e com custos superiores. Por exemplo, em muitas situações, as restrições de LT levaram a aproximar os locais de fabricação e de distribuição da zona de demanda e a selecionar fornecedores locais, apesar de seu custo mais alto. De fato, o custo adicional incorrido pela seleção de tal configuração para a cadeia de suprimentos local é compensado pelo ganho obtido devido à redução do custo de estoque, já que muito menos estoque é necessário para satisfazer o prazo de entrega e reabastecer os diferentes estoques quando a

cadeia de fornecedores não está geograficamente dispersa (HAMMAMI; FREIN; BAHLI, 2016).

Outra abordagem referente ao LT considera a sua interação com a localização das instalações e um design de cadeia multiestágio. Alguns trabalhos incluíram o LT na função objetivo a ser minimizado e não como uma restrição de serviço que deve ser satisfeita. Um modelo pioneiro nessa área foi fornecido no trabalho de Arntzen *et al.* (1995), em que fora desenvolvido um programa de números inteiros mistos para um problema global de design de cadeia no setor de eletrônicos. As principais variáveis de decisão foram produção, estoque e quantidades enviadas.

You e Grossmann (2008) desenvolveram um modelo de design de cadeia para a indústria química, enquanto consideravam a localização de locais de produção e centros de distribuição, mas focavam principalmente em questões táticas e operacionais (cronograma de produção, planejamento operacional). O problema foi formulado como um modelo de otimização bi-critério, no qual os objetivos são maximizar o valor presente líquido e minimizar o LT de entrega esperado.

Os designs de cadeia multiestágio que integram o LT como restrição de serviço são raros na literatura, sendo estudados com mais ênfase por Funaki (2012). O autor combinou um modelo estratégico de posicionamento de estoque de segurança com decisões de localização de instalações em uma cadeia de suprimentos do tipo montagem, seguindo o esquema de modelo de rede de Graves e Willems (2005).

2.1.2.8 Modelo baseado em Integração

A integração da cadeia de suprimentos – ICS pode ser definida como a colaboração estratégica de processos intra e Interorganizacionais” (WONG *et al.*, 2011, p.605). É ainda definida como sendo o grau em que uma organização colabora estrategicamente com seus parceiros de cadeia de suprimentos e gerencia processos intra e Interorganizacionais para alcançar fluxos efetivos e eficientes de produtos, serviços, informações, dinheiro e decisões, com o objetivo de proporcionar o máximo de valor aos clientes (ZHAO *et al.*, 2008; FLYNN, 2010)

Essa colaboração estratégica é benéfica para todas as partes, pois foca em objetivos comuns. Como consequência, os contratos tendem a ser mais duradouros, as informações, recompensas e riscos são compartilhados mais facilmente, os conflitos solucionados de maneira mais eficiente (FLYNN *et al.*, 2010), os fornecedores são mais flexíveis às demandas dos

clientes, e o tempo de entrega e de inventários é reduzido (LI *et al.*, 2009). Estudos recentes demonstram, ainda, que quanto mais integrada, coordenada e homogênea são os atores de uma cadeia de suprimentos, mais eficiente é o nível de controle das suas operações (RODRIGUES; TEIXEIRA; SHOCKLEY, 2019).

Os constructos que mensuram a ICS em estudos empíricos, em geral, abordam aspectos operacionais e estratégicos, mas apesar da estratégia esta quase sempre presente, Flynn *et al.* (2010) afirmam que os aspectos operacionais eram, até então, mais explorados. Assim, observou-se uma evolução do conceito nos anos seguintes, nos quais surgiram constructos de integração abordando os aspectos estratégicos na ICS (ADAMS *et al.*, 2014; SEO *et al.*, 2014; ALFALLA-LUQUE *et al.*, 2015; HANDFIELD *et al.*, 2015; SKIPWORTH *et al.*, 2015; WIENGARTEN; LONGONI, 2015).

Como um equilíbrio entre os níveis operacional e estratégico que compõe a ICS, esta pode ser definida como o grau em que parceiros de cadeia gerenciam colaborativamente suas atividades inter e intraorganizacionais nos níveis estratégico, tático e operacional (abrangendo os fluxos de produtos e informação), valorizando o produto com menor custo de produção e maior velocidade de produção e entrega (ALFALLA-LUQUE; MEDINA-LOPEZ; SCHRAGE, 2013).

2.1.2.8.1 Níveis de Integração

A ICS depende das perspectivas estratégica, tática e operacional da firma (STEVENS, 1989). Segundo Stevens (1989) os níveis de integração da cadeia de suprimentos iniciam-se com estratégias emergentes nas operações de base, e evoluem até que atinja a completa integração externa junto aos clientes e fornecedores.

De maneira majoritária, a ICS é classificada em três níveis: interno, fornecedor e cliente (ZHAO *et al.*, 2008; FLYNN *et al.*, 2010; ZHAO *et al.*, 2011; LEUSCHNER *et al.*, 2013; HUO, ZHAO e LAI, 2014a; MACKELPRANG *et al.*, 2014; CHANG *et al.*, 2016), sendo que a dimensão interna é focada no processo, enquanto a dimensão externa é focada no cliente e no fornecedor (FOSTER JR, 2008).

A integração externa é definida pela literatura como o nível no qual a empresa encontra-se estrategicamente interconectada e alinhada com os demais membros da cadeia de suprimentos (SCHOENHERR; SWINK, 2012) clientes e fornecedores (CHANG *et al.*, 2016), enquanto a integração interna que examina como a integração ocorre nos vários setores de níveis de uma única organização (PAGELL, 2004), pode ser interpretada como a coordenação

e colaboração de uma empresa frente às suas informações organizacionais, processos e comportamentos (CHANG *et al.*, 2016), além da capacidade de absorver (reconhecer, avaliar, assimilar e aplicar) as informações obtidas por meio dos esforços decorrentes da integração externa (SCHOENHERR; SWINK, 2012). Dentre as inúmeras vantagens oriundas da relação externa, há uma economia de recursos e competências, que seriam dispendiosos caso não pudessem ser compartilhados entre as partes, e podem-se explorar combinações únicas de habilidades e conhecimentos conjuntos, melhorando assim a eficiência transacional. Há também as desvantagens, como a maior inflexibilidade e a interdependência entre as partes, entretanto, supõe-se que os benefícios superam os custos associados, e levam a um maior nível de desempenho (SCHOENHERR e SWINK, 2012).

2.1.2.8.2 Dimensões da Integração

As dimensões da ICS mencionadas neste capítulo antecipam algumas das possíveis dimensões que foram posteriormente utilizadas para a categorização da etapa empírica composta pelas entrevistas semiestruturadas junto aos líderes da área de qualidade e da cadeia de suprimentos.

O conceito de gestão da cadeia de suprimentos passa pela premissa de que há integração entre os membros da cadeia de suprimentos (TESCARI, 2016). Entretanto, além dos níveis de ICS que são abordados pelo arco da integração, as dimensões da ICS, que descrevem o que está sendo integrado com o parceiro, são definições difusas e inconsistentes (LEUSCHNER *et al.*, 2013; CHANG *et al.* 2016). Leuschner *et al.* (2013), em uma meta-análise efetuada com 86 artigos sobre a ICS que abrangeu 17.467 unidades amostrais, estratificou os diversos constructos de integração disponíveis na literatura nas dimensões: integração da informação, integração operacional e integração relacional.

A integração da informação, por exemplo, que fala sobre tecnologias e disponibilidade (LEE, 2000; HOLWEG *et al.*, 2005; VICKERY *et al.*, 2003; VICKERY *et al.*, 2003; HANDFIELD *et al.*, 2009; POWER *et al.*, 2010; SCHOENHERR; SWINK, 2012; WIENGARTEN; PAGELL; FYNES, 2013; WIENGARTEN; FYNES; ONOFREI, 2013; HUO, *et al.*, 2014a), a integração operacional aborda a colaboração entre parceiros de cadeia (IRELAND; WEBB, 2007; SAEED; MALHOTRA; GROVER, 2005), e a integração relacional enfatiza a conexão baseada na confiança, no compromisso e na orientação em longo prazo (CHEN, PAULRAJ; LADO, 2004; JOHNSON, 1999). Analisando a literatura com maior cautela ainda é possível detectar outras dimensões como a integração do conhecimento

(PINKSE; KUSS; HOFFMANN, 2010; CHEUNG *et al.*, 2010; ZERITI, ROBSON *et al.*, 2014), a integração do processo (HUO *et al.*, 2013; HUO *et al.*, 2014a; CHANG *et al.*, 2016), dentre outras que surgem conforme o escopo ou o objeto de cada pesquisa.

Integração da informação: A integração da cadeia de suprimentos aborda a coordenação e o compartilhamento de informação e de recursos entre empresas (KATUNZI, 2011). Os sistemas devem integrar, transmitir e processar dados de todos os fornecedores de modo que qualquer alteração em ordem de compra seja transmitida automaticamente trabalhando de forma integrada internamente, e também com todos os fornecedores chave (WIENGARTEN; FYNES; ONOFREI, 2013). A geração e gestão da informação também é abordada por Vickery *et al.* (2003) com o uso de sistemas computacionais (MRP ou MRPII) ou de e-markets com seus principais fornecedores (POWER *et al.*, 2010).

Integração do processo: A integração do processo trata das atividades de colaboração entre os membros da cadeia de suprimentos dos quais espera-se grande envolvimento e participação. Ao integrar os processos, os fornecedores participam das etapas de aquisição, produção e design dos seus clientes (HUO *et al.* 2013). Em um caso onde a integração da informação e a integração do processo coexistem, para que as necessidades de produto sejam atendidas estrategicamente, é fundamental que a compreensão das demandas seja a mesma por ambas as partes. Assim, a partilha de informação com fornecedores compõe o constructo de integração do processo proposto por Huo, Qi, Wang e Zhao (2014), no qual o trabalho ocorre conjuntamente com fornecedores a fim de melhorar processos interorganizacionais e estabelecem-se parcerias estratégicas, criando assim um maior nível de confiança com os clientes.

Integração do conhecimento: A ICS também viabiliza o aprendizado, ou seja, a aquisição de conhecimento. A partilha de conhecimentos pode melhorar a produtividade da planta e a gestão de desempenho de alguns departamentos e funções da empresa (HERNÁNDEZ-ESPALLARDO, RODRÍGUEZOREJUELA e SÁNCHEZ-PÉREZ, 2010). Na cadeia de suprimentos, a troca de informação também caminha ao lado da geração de conhecimento como àqueles sobre produtos e materiais, especificidades do mercado, habilidades de marketing e logística além de informações sobre a concorrência e possíveis ameaças (LIU, QIN, FRY e RATURI, 2012).

Integração operacional: Sabe-se que o fornecedor deve conhecer as necessidades dos seus compradores, suas preferências e comportamento (CHEUNG *et al.*, 2010). Práticas e rotinas ao nível operacional ou organizacional, além de serem customizadas a fim de atender as necessidades específicas de clientes e de fornecedores (SODHI e SON, 2009). No nível

operacional, Wu, Chuang e Hsu (2014) alegam que os dados de inventário, de produção e entrega, de vendas, as previsões de fornecimento e as métricas de desempenho, devem estar acessíveis a todos os parceiros da cadeia de suprimentos, integrando-os, enquanto Brynjolfsson e Hitt (2000) afirmam que os investimentos em tecnologia devem resultar em acesso direto à informação externa.

2.1.3 Definições de Variáveis no Estudo sobre Design

No quadro 1, estão explicitadas as variáveis mais utilizadas nos modelos citados e apresentados na seção anterior. Esta elucidação se faz necessária já que o modelo proposto neste ensaio (apresentado na seção 4), contempla as construções estabelecidas mais testadas e relevantes na literatura até o momento.

Quadro 1 - Definição das variáveis em Design da Cadeia de Suprimentos

Variável	Definição adotada	Autor(es)
Objetivo da cadeia de suprimentos	É o “alvo” maior, a missão e, também, a primeira etapa na concepção do design de novas cadeia de suprimentos. Entre estes alvos, podem estar inclusos, entre outros, a maximização do valor de ações para os acionistas, lucro, confiabilidade, robustez e resiliência; minimização de custo ou do tempo de resposta; ou cobertura de mercados com a velocidade possível	Corominas <i>et al.</i> , 2015
Criação de Valor	Refere-se as características de desempenho do produto e os atributos pelos quais os clientes estão dispostos a pagar . Além disto, envolvem também a captura máxima de valor agregado em termos financeiros ao longo da cadeia de suprimentos	Holweg; Helo, 2014
Nível de satisfação	É a sensação de prazer ou desapontamento resultante da comparação entre o desempenho (ou resultado) percebido de um produto e as expectativas do comprador. Se o desempenho não alcançar expectativas, o cliente ficará insatisfeito. Se alcança-las, ficará satisfeito	Kotler, 1991; Anderson; Sullivan, 1993;
Nível de serviço	É o desempenho oferecido pelos fornecedores aos seus clientes e refere-se ao nível de atendimento (geralmente dado em percentual) em relação às demandas advindas a jusante da cadeia. Pode ser definido também como a proporção dos pedidos de clientes atendidos ou volume de ordens entregue dentro de um intervalo de tempo desde a recepção do pedido.	Yan <i>et al.</i> , 2003; Biswas; Narahari, 2004
Nível de estoque	É o nível de matéria-prima, material, componente ou produto acabado que esteja em estoque, sendo este definido como a composição dos materiais que não são utilizados em determinado momento, mas que existem em função de futuras necessidades .	Lee; Chu, 2003
Nível de Centralização de estoque	Refere-se ao nível centralização física de estoques, geralmente, ocorrida em distribuidores na cadeia de suprimentos com vistas a atender a uma determinada característica do mercado consumidor.	Eppen, 1979

Lead Time	É o tempo de execução completa de uma atividade, do início da preparação até o complemento final da atividade. No contexto da cadeia de suprimentos envolve o tempo entre a solicitação e a disponibilidade do item a ser adquirido no estoque	Hammami; Frein; Bahli, 2016
Fluxo de informações	São informações advindas do mercado consumidor que fluem através dos canais de comunicação e que permeiam, a montante, os elos ao longo da cadeia de suprimentos.	Cachon; Fisher, 1997; Lee <i>et al.</i> , 2000; Graham; Hardaker, 2000.
Fluxo de Materiais	São os canais pelo qual fluem matéria prima, componentes e insumos de produção para a conseqüente transformação em uma unidade fabril, utilizando-se do transporte entre os elos da cadeia de suprimentos, envolvendo as atividades de recebimento, expedição e armazenamento até a entrega final do produto ao cliente.	Mentzer <i>et al.</i> , 2001
Tempo de trânsito	É o tempo necessário para movimentar produtos ou cargas fisicamente entre dois pontos distintos.	Tyworth; Zeng, 1998; Holter <i>et al.</i> , 2010
Nós da cadeia de suprimentos	São os relacionamentos existentes entre entes da cadeia de suprimentos	Poler <i>et al.</i> , 2008
Capacidade de produção	é a capacidade de produção da empresa focal e refere-se a quantidade máxima de produtos ou serviços que pode ser produzido num dado intervalo de tempo	Schmenner; Swink, 1998
Flexibilidade	É a capacidade da cadeia de suprimentos de responder a mudanças, tais como, alterações nos produtos, prazos de entrega, volume e mix de produtos	Beamon, 1999; Meixell; Gargeya, 2005
Agilidade	A agilidade de uma rede de cadeia de suprimentos é a capacidade de suas operações se ajustarem rapidamente e reagirem a fatores ambientais variáveis	Lim; Mak; Shen, 2016
Nível de confiança da informação	O compartilhamento de informações entre nós de uma cadeia pressupõe a existência de vínculos de confiança entre os entes.	Akkermans; Bogerd; Doremalen, 2004
Lote de fabricação	É a quantidade de produtos do mesmo lote que serão produzidos sem interrupção da produção.	Schmenner; Swink, 1998
Nível de Integração da Cadeia de Suprimentos	É o grau em que uma organização colabora estrategicamente com seus parceiros de cadeia de suprimentos e gerencia processos intra e interorganizacionais para alcançar fluxos efetivos e eficientes de produtos, serviços, informações, dinheiro e decisões, com o objetivo de proporcionar o máximo de valor aos clientes	Zhao, <i>et al.</i> , 2008; Flynn 2010

Fonte: elaborado pelo autor

2.2 DESEMPENHO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

2.2.1 Definição e evolução dos estudos

O Desempenho das Cadeias de Suprimentos é um importante constructo multidimensional (RICHARD et al, 2009; MATITZ e BULGACOV, 2011), por isso, torna-se complexo determinar e apresentar uma única definição a respeito deste assunto. Inclusive, várias empresas não conseguem maximizar a competitividade por não conseguirem adotar as métricas de desempenho adequadas que integrem completamente a cadeia de suprimentos, maximizando sua eficiência e eficácia (GUNASEKARAN et al., 2004).

A falta de medidas próprias para a cadeia de suprimentos pode resultar em falhas para alcançar as expectativas do cliente, subotimizações na cadeia, barreiras para o alcance de vantagens competitivas e geração de conflitos entre empresas participantes (LAMBERT; POHLEN, 2001). Até o início do século XXI, autores enfatizam a carência de estudos sobre a medição de desempenho na cadeia de suprimentos (BEAMON, 1999; GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001; HOLMBERG, 2000).

A escolha de medidas de desempenho para a cadeia é complexa porque depende de muitos fatores, tais como tamanho, cultura, necessidades, localização, entre outros fatores (BEAMON, 1999). Propõem-se que os indicadores sejam integrados entre os membros de uma cadeia, para que todos tenham a mesma percepção do que é importante e das metas de desempenho a alcançar (BOWERSOX; CLOSS, 2001). Nessa perspectiva, Holmberg (2000) buscou analisar a implicação da falta de pensamento sistêmico nos problemas que ocorrem na avaliação de desempenho da cadeia de suprimentos.

São algumas características relevantes para a análise do sistema de medição de desempenho da cadeia: abrangência (medição de todos os aspectos pertinentes); universalidade (permitir a comparação entre os diferentes níveis); mensurabilidade (os dados necessários podem ser medidos); e consistência (medidas consistentes com as metas estratégicas) (BEAMON, 1999).

Outras características importantes, também, apontam para a relevância de indicadores como o tempo de desenvolvimento e lançamento de produtos, a obsolescência, queixas de consumidores finais, itens danificados, tempo de ciclo de desenvolvimento de produtos, método de entrada dos pedidos, tempo total do ciclo ao longo da cadeia, tempo total de fluxo de caixa, mix de produtos e de serviços, custos dos sistemas de informação, retorno sobre investimentos,

desempenho das entregas, entregas sem defeito, habilidades para resolver problemas de qualidade, tempo de ciclo de compras, iniciativa de redução de custo, custo de produção, utilização da capacidade, efetividade do programa mestre de produção, tempo de ciclo de produção, nível dos estoques de matéria-prima em processos e de bens acabados, taxa de perdas durante o ciclo produtivo, lead time de entrega, número de entregas com problemas, custo total de distribuição, flexibilidade no atendimento às necessidades dos clientes nível de satisfação dos clientes, entre outros aspectos (SHEPHERD; GUNTER, 2006; RITCHIE; BRINDLEY, 2007; GULLEDGE; CHAVUSHOLU, 2008; CHIA et al., 2009).

2.2.2 Medidas de desempenho operacional da cadeia de suprimentos

O desempenho operacional está composto por um complexo inter-relacionado de parâmetros ou critérios de desempenho, denominados como: eficácia, eficiência, produtividade, qualidade, inovação e lucratividade (SINK; TUTTLE, 1993). Isto pode ser operacionalizado por itens que indicam a posição competitiva de uma empresa em termos do custo da cadeia de abastecimento, do nível de serviço e da flexibilidade” (REXHAUSEN *et al.*, 2012), e na cadeia de suprimentos é endereçado em diversos estudos que, além de avaliarem a operação da empresa foco, mensuram também os benefícios decorrentes da conexão existente entre compradores e fornecedores (RUNGTUSANATHAM, SALVADOR, FORZA e CHOI, 2003).

São alguns exemplos de medidas operacionais amplamente utilizadas por estudos teóricos e práticos, a saber, abaixo descritos: flexibilidade, entrega, custos, produção, nível da informação, previsão de demanda, tempo de ciclo e serviço ao cliente.

Flexibilidade: Algumas medidas são clássicas e repetem-se em vários estudos. A flexibilidade (KRAUSE; HANDFIELD; TYLER, 2007; KLEIN, 2007; VACHON; KLASSEN, 2008; PAULRAJ; LADO; CHEN, 2008; SODHI; SON 2009; CHEUNG *et al.*, 2010; HUO *et al.*, 2014) é definida pela capacidade em responder e acomodar variações de demanda, períodos de baixa produção, baixo desempenho do fornecedor, novos produtos, novos mercados ou novos concorrentes (SEZEN, 2008), ou pela habilidade de perceber e responder ao baixo desempenho dos fornecedores, bem como de responder as mudanças de demanda como as mudanças no mix de produtos ou no volume de itens.

Entrega: A entrega (KRAUSE *et al.*, 2007; KAYNAK; HARTLEY, 2008; VACHON; KLASSEN, 2008; BARNES; LIAO, 2012; FOERSTL *et al.*, 2013; FINGER *et al.*, 2014; HUO *et al.*, 2014) surge também com suas variações como a velocidade da entrega, a redução do

tempo transcorrido entre o pedido e o envio, a confiabilidade da entrega na qual o produto é entregue dentro das conformidades antes do prazo (VICKERY *et al.*, 2003), ou o prazo de entrega dos materiais adquiridos e dos produtos e serviços oferecidos ao cliente (KAYNAK; HARTLEY, 2008).

Custos: Já o custo surge como medida de desempenho operacional quando associado à redução dos custos de processo e custo total (BLOME; SCHOENHERR; KAESSER, 2013), dos custos da operação (HULT *et al.*, 2006; WIENGARTEN; PAGELL; FYNES, 2013), de produtos e de materiais adquiridos (SEZEN, 2008; WIENGARTEN *et al.*, 2013; BLOME *et al.*, 2013), de produção, de inventário, de transporte e de manejo (SEZEN, 2008; BARNES; LIAO, 2012), de sucata e retrabalho expressos como um percentual das vendas (KAYNAK; HARTLEY, 2008), de distribuição, (SEZEN, 2008) e dos custos de importação (FOERSTL *et al.*, 2013). O que diferencia as medidas de desempenho é que, majoritariamente, estas não surgem sozinhas, pois são partes de um constructo maior que abrange várias variáveis, e é a conectividade entre elas que determina a especificidade de cada medida adotada.

Produção: Alguns constructos de desempenho operacional acessam as particularidades sobre os produtos, como a conformidade do design, a durabilidade do produto, a qualidade (KRAUSE *et al.*, 2007; VACHON; KLASSEN, 2008; KAYNAK; HARTLEY, 2008; FOERSTL *et al.*, 2013; WIENGARTEN *et al.*, 2013; HUO *et al.*, 2014) e a conformidade de acordo com as especificações (FINGER *et al.*, 2014).

Nível da Informação: Outros constructos de desempenho abordam simultaneamente medidas de desempenho com variáveis que abordam outros aspectos teóricos. Klein (2007) descreveu “informações mais precisas” como parte de um constructo de desempenho que inclui medidas como maior flexibilidade, aumento da produtividade, custos operacionais mais baixos e redução do fluxo de trabalho. Foerstl, *et al.* (2013) citam “contribuição para a inovação” (FOERSTL *et al.*, 2013) juntamente com medidas de custo, qualidade e entrega, e Liu *et al.* (2012) nomeiam de desempenho do relacionamento um constructo que aborda os pontos positivos do relacionamento do comprador com um fornecedor específico ao se ter acesso a descontos atraentes, fortalecer a posição da empresa no mercado, fornecer suporte de marketing e vendas, dentre outros.

Previsão de demanda: Sodhi e Son (2009) citam a “acurácia das previsões” como parte de um constructo de desempenho denominado “contribuição à eficiência operacional”. Percebe-se aqui que a variável incluída também pode ser parte de um constructo de informação, já que trata das previsões de demanda realizadas e compartilhadas, e a própria definição adotada para nomear o constructo de desempenho resposta já se auto justifica como variáveis que melhoram

a eficiência da operação, ou seja, que deveriam estar no constructo da predição, e não compo a resposta da pesquisa. Klein (2007) cita o desempenho como melhorias substanciais cujas saídas não são facilmente mensuráveis ou discerníveis, porém, inclui neste mesmo constructo outras variáveis tangíveis de desempenho cujas saídas são facilmente mensuráveis ou discerníveis. Desta maneira, os autores atribuem a mesma importância para ambas as variáveis, tanto tangíveis quanto intangíveis, na análise quantitativa. Gunasekaran *et al.* (2004) classificaram as diversas medidas de desempenho operacional da cadeia de suprimentos nos seguintes níveis: métricas de produção, avaliação da entrega, medidas do serviço e da satisfação do cliente, custos da cadeia de suprimentos e de logística.

Tempo de Ciclo: Tempo de ciclo é o espaço de tempo necessário para conclusão de determinado processo produtivo. De acordo com Gaither e Frazier (2001), o tempo de ciclo se inicia no momento que o cliente faz o pedido e finaliza com a entrega do mesmo. Executando-se as etapas do ciclo produtivo com rapidez, pode-se obter um tempo de ciclo reduzido. A rapidez é, segundo Slack *et al.* (1997) um dos objetivos de desempenho da produção que gera vantagem competitiva para a organização.

Serviço ao cliente/comprador: Serviço ao cliente é um processo para prover vantagem competitiva e agregar benefícios à cadeia de suprimentos, com o objetivo de maximizar o valor total ao consumidor final. São exemplos de atributos deste elemento a confiabilidade (atendimento perfeito dos pedidos), a velocidade de resposta (tempo de ciclo para atendimento aos pedidos) e a flexibilidade (adaptabilidade da cadeia de suprimentos aos requisitos dos clientes) (SCOR 2006, BOWERSOX; CLOSS, 2001).

2.2.3 Síntese dos principais indicadores de desempenho

Está disposto no quadro 2, os indicadores encontrados na literatura sobre desempenho na cadeia de suprimentos. O referido quadro teve como objetivo sintetizar e classificar os achados, de modo a facilitar a compreensão sobre os principais indicadores, bem como, sua respectiva abrangência no campo de estudo.

Quadro 2 - resumo dos principais indicadores

Indicadores	Autores
Custos	
Custo Total da Cadeia	SCOR, 2002; Beamon, 1999; Barnes; Liao, 2012; Blome et al, 2013; Green Jr et al, 2012; Hernandez-Espallardo et al, 2010.
Custo da produtividade	Finger et al, 2014; Hernandez-Espallardo et al, 2010; Kaynak; Hartley, 2008.
Custo da produção	Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Beamon, 1999; Barnes; Liao, 2012; Doha et al, 2013; Finger et al, 2014; Foerstl et al, 2013; Hernandez-Espallardo et al, 2010.
Custo do produto vendido	SCOR, 2002; Blome et al, 2013; Cai et al, 2010; Dabilkar, 2009; Finger et al, 2014; Foerstl et al, 2013.
Custo de garantias / suporte / assistência técnica	SCOR, 2002; Bowersox; Closs, 2001; Cai et al, 2010; Foerstl et al, 2013; Green Jr et al, 2012.
Custo dos processos	Blome et al, 2013; Doha et al, 2013; Foerstl et al, 2013; Foerstl et al, 2013; Green Jr et al, 2012; Hernandez-Espallardo et al, 2010.
Logística	
Custo logístico	Stewart, 1995; Hernandez-Espallardo et al, 2010; Hofer et al, 2014; Hult et al, 2006;
Custo de gerenciamento de pedidos	Stewart, 1995; Hult et al, 2006.
Custo total de transporte	Bowersox; Closs, 2001; Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Barnes; Liao, 2012.
Estoque	
Estoque em dias de suprimento	SCOR, 2002; Bowersox; Closs, 2001; Stewart, 1995; Kaynak; Hartley, 2008.
Obsolescência	Bowersox; Closs, 2001.
Falta de estoque em dias de venda	Beamon, 1999; Stewart, 1995.
Custo da movimentação em estoque	Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Hernandez-Espallardo et al, 2010.
Níveis de estoque (quantidade e valores)	Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Kaynak; Hartley, 2008.
Produção	
Tempo de ciclo/lead time	Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Beamon, 1999; Stewart, 1995; Doha et al, 2013; Foerstl et al, 2013; Handfield et al, 2009; Handfield et al, 2015; Hernandez-Espallardo et al, 2010; Hult et al, 2006.
utilização da capacidade	Bowersox; Closs, 2001; Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Beamon, 1999; Green Jr et al, 2012; Hernandez-Espallardo et al, 2010.
Flexibilidade	
tempo de resposta/lead time da SC	SCOR, 2002; Beamon, 1999; Finger et al, 2014; Hult et al, 2006; Huo et al, 2014.
Flexibilidade da produção	SCOR, 2002; Beamon, 1999; Stewart, 1995; Cheung et al, 2010; Finger et al, 2014; Hult et al, 2006.
Entrega	
pedido perfeito	SCOR, 2002; Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Cheung et al, 2010; Green Jr et al, 2012; Hofer et al, 2014; Huo et al, 2014; Kaynak; Hartley, 2008.

Tempo de resposta / entrega	Bowersox; Closs, 2001; Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Beamon, 1999; Cheung et al, 2010; Doha et al, 2013; Finger et al, 2014; Foerstl et al, 2013; Green Jr et al, 2012; Hernandez-Espallardo et al, 2010; Hult et al, 2006; Huo et al, 2014; Kaynak; Hartley, 2008.
Confiabilidade	Bowersox; Closs, 2001; Beamon, 1999; Barnes; Liao, 2012; Cai et al, 2010; Finger et al, 2014; Huo et al, 2014; Kaynak; Hartley, 2008.
Financeiro	
Receita de vendas	Beamon, 1999; Hofer et al, 2014.
Lucro	Beamon, 1999; Hofer et al, 2014.
Custo com descontos	Bowersox; Closs, 2001.
Ciclo de caixa	Bowersox; Closs, 2001; Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001.
Clientes / Comprador	
Satisfação do cliente/comprador	Bowersox; Closs, 2001; Cai et al, 2010; Hernandez-Espallardo et al, 2010; Hofer et al, 2014; Huo et al, 2014; Klein, 2007.
Qualidade do produto	Bowersox; Closs, 2001; Cai et al, 2010; Green Jr et al, 2012; Handfield et al, 2015; Hult et al, 2006; Huo et al, 2014.
valor percebido	Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001.
frequencia dos contatos	Narasimhan; Kim, 2002.
Inovação / novos produtos	Finger et al, 2014; Foerstl et al, 2013; Huo et al, 2014.
Fluxo de Informação	
tempo de resposta a consultas	Bowersox; Closs, 2001; Hofer et al, 2014; Hult et al, 2006.
Precisão das previsões	Bowersox; Closs, 2001; Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Hofer et al, 2014.
custo de processamento da informação	Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Hofer et al, 2014.
Nível de automação dos pedidos e das informações	Narasimhan; Kim, 2002.
Fluxo de Materiais	
Tempo de resposta	Bowersox; Closs, 2001; Hofer et al, 2014; Hult et al, 2006; Huo et al, 2014; Klein, 2007.
tempo de ciclo/lead time	Bowersox; Closs, 2001; Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu, 2001; Foerstl et al, 2013; Handfield et al, 2009; Kaynak; Hartley, 2008.
tempo de fabricação	Bowersox; Closs, 2001.
Sustentabilidade	
Consumo de energia	Blome et al, 2013; Green Jr et al, 2012.
Acidentes ambientais	Blome et al, 2013; Green Jr et al, 2012.
Poluição	Blome et al, 2013; Green Jr et al, 2012.
Nível de Integração da SC	
Nível de compartilhamento das informações de mercado	Narasimhan; Kim, 2002; Handfield et al, 2009.
Nível de ligação com os clientes através da rede de informações	Narasimhan; Kim, 2002;
Participação dos fornecedores nos estágios de projeto	Narasimhan; Kim, 2002; Handfield et al, 2009; Handfield et al, 2015.

Participação dos fornecedores nos processos de aquisições e produção	Narasimhan; Kim, 2002; Handfield et al, 2009; Handfield et al, 2015.
Compras estáveis através da rede	Narasimhan; Kim, 2002; Doha et al, 2013; Handfield et al, 2009.

Fonte: elaborado pelo autor

2.3 TEORIA DA CONTINGÊNCIA

A Teoria da Contingência tem sua gênese nos trabalhos de Burns e Stalker (1961) e Chandler (1962), que pesquisaram o impacto do ambiente e da estratégia na estrutura organizacional. A essência do paradigma da teoria da contingência reside na eficácia das organizações, que é alcançada através do ajustamento das suas próprias características, tal como sua estrutura, com as contingências que refletem a situação da organização (DONALDSON, 2001).

Para a abordagem contingencial são as características ambientais que condicionam as características organizacionais. É no ambiente que estão as explicações causais das características das organizações. Portanto, a máxima da Teoria da Contingência é não haver uma melhor forma de administrar (*the best way*), uma vez que a organização precisa estar sempre se adaptando às mudanças ambientais (DONALDSON, 2001).

Contingência pode ser conceituada como sendo qualquer variável que modera o efeito de uma característica organizacional no desempenho da organização (DONALDSON, 2001). Os pesquisadores têm estudado a contingência sob vários aspectos, tais como: incerteza do ambiente (KHANDWALLA, 1972; DUNCAN, 1972, BADRI *et al.*, 2000), Estratégia (MONDAY *et al.*, 2015), descentralização organizacional (WATERHOUSE; TJESSEN, 1978, GUPTA *et al.*, 1997, LUCIANETTI *et al.*, 2018) e práticas organizacionais (CHAN *et al.*, 2016, CHENG; KRUMWIEDE, 2017).

2.3.1 Características

A Teoria da Contingência (LAWRENCE; LORSCH, 1967; THOMPSON, 1967) argumenta que nenhuma teoria ou método deve ser considerado isoladamente, argumentando, portanto, que não existe apenas uma melhor maneira de conceber uma organização (SCOTT; COLE, 2000). A referida teoria emprega uma abordagem reducionista, tratando uma organização como decomposta em elementos independentes (SINHA *et al.*, 2005).

O ambiente em que uma organização opera molda suas estruturas e processos. Isso sugere que as organizações devem combinar suas estruturas e processos com seu ambiente, a fim de maximizar o desempenho (DONALDSON, 2001; LAWRENCE; LORSCH, 1967).

O desempenho de uma empresa é atribuível ao ‘jogo’ ou ‘ajuste’ entre a sua estrutura e processos às condições ambientais (LAWRENCE; LORSCH, 1967; THOMPSON, 1967; MILLER, 1987). A teoria sugere que as firmas frequentemente devem se moldar ao seu ambiente de negócios através de uma série de estratégias orientadas externamente, quando deparando-se com as incertezas do seu ambiente (THOMPSON, 1967).

2.3.2 Abordagens da teoria contingencial

2.3.2.1 A incerteza do ambiente

Ambiente é o contexto que envolve externamente a organização. Nisto, tudo o que ocorre externamente no ambiente passe a influenciar internamente o que ocorre na organização. A cadeia de suprimentos em que uma empresa está inserida, por exemplo, pode ser fonte de pressões ambientais que afetam a realização de tarefas organizacionais (RODRIGUES; TEIXEIRA; SHOCKLEY, 2019).

A incerteza pode ser definida como a incapacidade de atribuir probabilidades a eventos futuros (DUNCAN, 1972) ou as dificuldades de prever com precisão os resultados das decisões (DOWNEY et al., 1975; DUNCAN, 1972) . No contexto de estudo sobre as Cadeias de Suprimentos, tema central deste trabalho, é uma condição inerente às interações entre as organizações, já que o fluxo de materiais e informações envolve múltiplas linhas de comunicação e tarefas entre as empresas, dificultando a previsão das relações causais de eventos. Estudo empírico recente, por exemplo, apontou esta referida contextualização nas relações interorganizacionais na cadeia de suprimentos da carne bovina (RODRIGUES; TEIXEIRA; SHOCKLEY, 2019).

A incerteza do ambiente foi identificada como um fator contextual que pode afetar a eficácia das ações organizacionais em busca de uma melhor prática organizacional (THOMPSON, 1967; VENKATRAMAN, 1989; SOUDER *et al.*, 1998, SOUSA; VOSS, 2008).

Estudos anteriores sugerem, por exemplo, que quanto mais alta for a incerteza relacionada ao ambiente de negócios, maior a necessidade de: (i) integrar e compartilhar informações entre as empresas de uma cadeia de suprimentos (STONEBRAKER; LIAO, 2006;

KOUFTEROS *et al.*, 2005), (ii) coordenar e monitorar as atividades comerciais de empresas parceiras (MILLER, 1992) e (iii) proporcionar uma resposta rápida e flexível nas tomada de decisões (SITKIN *et al.*, 1994).

A incerteza ambiental (KHANDWALLA, 1972; DUNCAN, 1972), pode ser definido como 'taxa de mudança e nível de instabilidade no ambiente de negócios' (CHENG; KRUMWIEDE, 2017) que pode influenciar as ações organizacionais (CHAN *et al.*, 2016). Badri *et al.* (2000), sugerem que o ambiente parece ter um impacto tangível nas escolhas estratégicas, inclusive, no de gerenciamento de operações.

No gerenciamento de operações em cadeia de suprimentos, estudos indica que fatores de contingência podem explicar a adoção de práticas de gerenciamento em empresas de manufatura. Por exemplo, Flynn *et al.* (2010) sugerem que os fatores de contingência influenciam positivamente a relação entre a integração da cadeia de suprimentos e o desempenho das empresas. Wong *et al.* (2015) sugerem que a integração da cadeia de suprimentos afeta positivamente o desempenho das empresas, e essa relação depende do nível de complexidade do mercado e do produto. Monday *et al.* (2015) constatam que a gestão estratégica baseada em contingência tem efeitos significativos sobre a lucratividade e o desempenho operacional de empresas de manufatura em uma economia emergente.

2.3.2.2 *Nível de centralidade*

A descentralização organizacional permite entender a questão da autoridade e distribuição de poder dentro de uma organização (WATERHOUSE; TJESSEN, 1978) e em sua cadeia, o que pode afetar a adoção de práticas organizacionais (GUPTA *et al.*, 1997).

2.3.2.3 *A estratégia organizacional*

A estratégia organizacional diz respeito aos padrões de comportamento usados pelas empresas para se ajustarem ao contexto, com implicações para as práticas que as organizações adotam para lidar com os desafios competitivos (MILES; SNOW, 1978; SNOW; HREBINIAK, 1980; FISHER, 1995)

No contexto da empresa, de acordo com Wright, Kroll e Parnell (2000, p.24), a estratégia refere-se aos planos da alta administração para alcançar resultados consistentes com a missão e os objetivos gerais da organização. O foco da estratégia empresarial é melhorar a

posição competitiva de produtos e serviços da organização no setor ou segmento em que atua (HUNGER; WHEELLEN, 2002).

Mesmo em empresas com bom alinhamento com o seu ambiente, a adoção de práticas e ferramentas avançadas para a gestão das operações pode ser influenciada por uma variedade de fatores críticos (JABBOUR et al., 2018), como ações estratégicas da alta administração (SCHNIEDERJANS, 2017).

2.3.2.4 A estrutura organizacional

A estrutura organizacional refere-se aos modos pelos quais as tarefas e responsabilidades são alocadas aos indivíduos e também a maneira como os indivíduos são agrupados em escritórios, departamentos e divisões (WRIGHT; KROLL; PARNELL, 2000). Para Chenhall (2003), a estrutura organizacional representa a atribuição formal de papéis para os membros da organização ou, ainda, tarefas para grupos, para assegurar que as atividades da organização sejam cumpridas.

Sob a perspectiva da Teoria da Contingência, o desempenho da empresa depende do “ajuste ” entre a estrutura e os processos de uma empresa e o ambiente (LAWRENCE; LORSCH, 1967; THOMPSON, 1967). Um maior alinhamento da estrutura organizacional, por exemplo, com a sua estratégia organizacional, possibilita um melhor desempenho (CHANDLER, 1962; LAWRENCE; LORSCH, 1967; GALBRAITH, 1973). Aplicado à Cadeia de Suprimentos, a teoria da contingência sob a ótica da estrutura organizacional, sugere que as dimensões individuais da SC devem ser alinhadas, a fim de alcançar o melhor desempenho (LUCIANETTI *et. al*, 2018).

2.3.2.5 Porte da organização

O porte da organização é uma variável amplamente utilizada nas pesquisas como um dos fatores contingenciais (RODRIGUES; TEIXEIRA; SHOCKLEY, 2019; FERREIRA; OTLEY, 2009). Não apenas pela sua capacidade de capturar muito da complexidade das organizações, mas, sobretudo, por indicar a necessidade de sistemas formais de controle gerenciais (FERREIRA; OTLEY, 2009). Organizações grandes geralmente por terem acesso a uma fonte maior de recursos financeiros, humanos, técnicos e conhecimento vão, provavelmente, se beneficiar da economia de escala dos seus investimentos (FERREIRA; OTLEY, 2009).

Não obstante, o porte da organização é uma variável frequentemente utilizada em estudos sobre cadeia de suprimentos, seja como variável independente, avaliando seus efeitos em uma variável dependente, ou mesmo, como variável de controle em estudos que envolvem diferentes níveis de análise (RODRIGUES; TEIXEIRA; SHOCKLEY, 2019). Evidências empíricas sugerem que o porte da empresa possui relação com o nível de controle nas operações (Kajüter; Kulmala, 2005).

2.3.2.6 A tecnologia da informação

Tecnologia pode ser definida como a maneira que a organização opera, isto é, como ela transforma seus recursos em produtos ou serviços e inclui: hardware, tais como máquinas e ferramentas, materiais, pessoas, software e conhecimento (CHENHALL, 2003). A tecnologia, estudada como fator contingencial, em pesquisas sobre sistemas de controle gerencial, normalmente é associada às práticas de manufatura, tais como *Just In Time* (JIT), Gestão da Qualidade Total (TQM), Flexibilidade de Manufatura (FM) e Tecnologia Avançada de Manufatura (AMT) e a tecnologia da informação (BURNS; VAIVIO, 2001; CHENHALL, 2003; HYVÖNEN, 2007).

Pode-se entender, por tecnologia da informação, todo software e hardware de que uma empresa necessita para atingir seus objetivos organizacionais. As tecnologias de armazenagem de dados, de comunicação e de redes, juntamente com as pessoas necessárias para acioná-las e administrá-las, representam recursos que podem ser compartilhados por toda a organização e constituem a infraestrutura de tecnologia da informação (LAUDON; LAUDON, 2000).

2.3.3 Limitações da teoria da contingência

Não se pode afirmar que basta à organização encontrar o ajuste entre as contingências e o design organizacional, para garantir um melhor desempenho que o de seus concorrentes (DONALDSON, 2001). Apesar de contribuir com o desempenho, o grau de ajuste entre os fatores contingenciais não é a condição suficiente para tal. Outras variáveis poderão influenciar o desempenho de formas distintas e em diferentes proporções,

Embora as perspectivas fornecidas pela abordagem de contingência contribuam para o conhecimento sobre as cadeias de suprimentos, essa abordagem é um pouco limitada. Embora permita um exame detalhado da relação entre as dimensões de SC e desempenho, seu

reducionismo faz com que seja incapaz de lidar com fenômenos organizacionais complexos a partir de uma perspectiva holística (SIGGELKOW, 2001; SINHA *et al.*, 2005). Os resultados de uma abordagem de contingência também podem ser difíceis de interpretar quando algumas das interações não são significativas e quando ocorrem casos frequentes de multicolinearidade entre as variáveis independentes que compreendem um construto relacionado às SC (FLYNN, 2010).

2. 4 TEORIA CONSTRUTAL

“A Cadeia de Suprimentos se parece menos com um oleoduto e mais com **uma árvore e suas raízes**” (LAMBERT; COOPER, 2000).

“A Lei Construtal demonstra como os governos são projetados como bacias hidrográficas e como os negócios são tão interdependentes quanto as **árvores e suas raízes** chão de uma floresta (BEJAN; ZANE, 2012)”

A Teoria Constructal (CT) é fundamentada em uma lei da física construtivista, a lei construtal, que se aplica a uma vasta gama de sistemas envolvendo o fluxo de água (deltas do rio), sangue (sistemas circulatórios de animais), resistência elétrica (em redes eletrônicas), tempo de viagem (em negócios e transporte), etc., analisados por Adrian Bejan e colaboradores em muitos artigos e livros. A ampla Lei Constructal afirma que para que um sistema, aberto e finito, possa persistir no tempo (sobreviver) deve evoluir de tal forma que forneça um acesso mais fácil às correntes que fluem através dele (BEJAN 1997).

Atualmente a Teoria Constructal está sendo aplicada no estudo de diversos sistemas naturais ou fabricados. Devido ao seu carácter abrangente, existe um conjunto de trabalhos que ilustram a aplicação desta teoria a diferentes áreas do conhecimento como engenharia, física, biologia, fisiologia e economia (BEJAN; MERKX, 2007; BEJAN, BADESCU; DE VOS, 2000; REIS; MIGUEL; AYDIN, 2004; ROSA; REIS; MIGUEL, 2004; BEJAN *et al.*, 2006; REIS 2006; REIS, 2007; MIGUEL, 2007; RAZERA *et. al.* 2018).

As ideias chaves desta teoria são as seguintes: todos os sistemas (naturais ou fabricados) têm um propósito (objetivo, função); (ii) a sua forma e estrutura é livre para sofrer alterações dentro de determinados limites; (iii) estas resultam do balanço ótimo entre duas tendências opostas (por exemplo, lento - rápido, resistente – não resistente, etc.) (Miguel, 2007). A forma e a estrutura resultante (a que persiste no tempo) é aquela que melhor faz uma distribuição das imperfeições no sistema (BEJAN; ZANE, 2012).

A abordagem construtiva de Adrian Bejan permite a criação de projetos eficientes usando um novo princípio que gera sua forma: a distribuição ideal de imperfeição. Deste ponto de vista, as empresas não são mais que complexos pacotes econômicos, humanos (sociais), líquidos, gases, materiais e vários outros fluxos - muitos destes são recursos não renováveis - e seguindo a lei Constructal de acesso de fluxo máximo às correntes, elas devem ter uma estrutura ótima, dependendo, em particular, do seu setor (energia, transporte, serviço, agronomia, etc.) e permitindo-lhes "persistir no tempo" - para alcançar o objetivo de sustentabilidade (Morrone, 2007).

Aplicações da Teoria Construtal (MORRONI, 2007) propõe olhar para as empresas sob a ótica de processos sustentáveis como fluxos ambientais, sociais, e bens que podem ser distribuídos de forma otimizada com base na Lei Construtiva de geração de configurações para o acesso máximo de fluxo em estruturas que se transformam e movem-se livremente (BEJAN, 1997, 2000).

2.4.1 Pressupostos da Teoria Construtal

Na natureza, há uma tendência que tudo se mova e se modifique. A ação de mover-se (com o auxílio da gravidade), é o sustentáculo da vida e o movimento em direção ao equilíbrio permite que as “coisas” na natureza rumem, cada qual, para o seu objetivo (BEJAN, 2016).

As formas dos sistemas vivos (animados e inanimados) vistas e apreciadas na natureza não são guiadas pelo acaso, mas pelas leis da física, sendo estas formas denominadas como Design. O Design é a transformação de algo para torna-lo melhor, ou seja, atender o seu objetivo de maneira mais eficiente. E isto, não é gerado de maneira individual e sim concebido de maneira completa (BEJAN; ZANE, 2012).

Tome-se como exemplo rios, árvores e flocos de neve, conforme apresenta a figura 1. Todos estes possuem uma configuração, formas (design) semelhantes, que foram evoluindo ao longo do tempo. Perguntas como “quem os projetou?” e “para qual finalidade” sempre inquietaram pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento (BEJAN; 2016). A Lei Constructal, acredita-se, é a resposta para estes questionamentos, buscando indicar o caminho da evolução do design, captando a tendência central da natureza, através do conceito de fácil acesso às correntes.

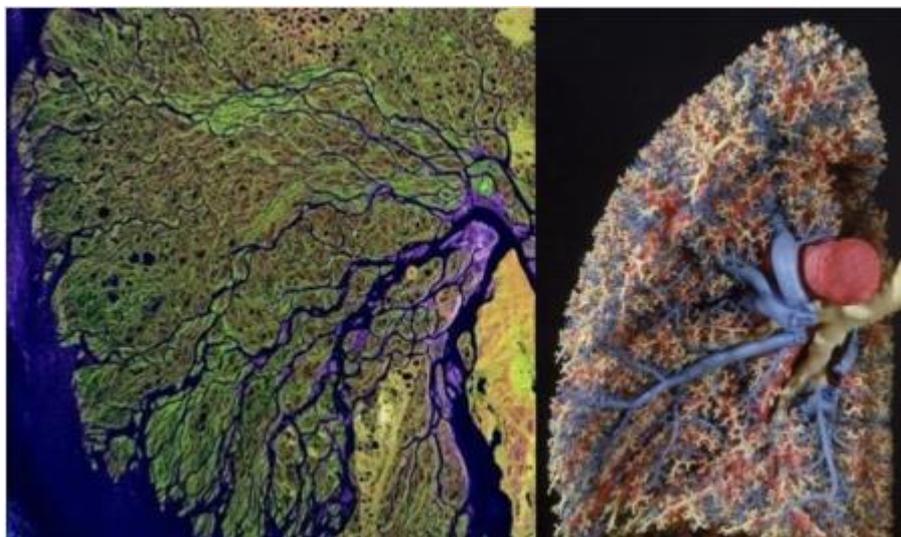
Figura 1 - Design de sistemas naturais: rios, árvores e flocos de neve



Fonte: Bejan e Zane, 2012

Sumariamente, a Teoria Construtal é a teoria segundo a qual o design é um fenômeno físico, gerado por um princípio da física: a Lei Construtal. Segundo a referida lei para um sistema finito onde há escoamento persistir no tempo (sobreviver), sua configuração (design, geometria) deve evoluir livremente para facilitar o acesso às suas correntes (BEJAN, 2016; BEJAN; ZANE, 2012) . Na figura 2, é possível observar as semelhanças entre dois sistemas distintos: as correntes de um rio e as artérias e veias de um aparelho respiratório.

Figura 2. Comparativo do design entre correntes de um rio e artérias e veias de um aparelho respiratório



Fonte: Bejan e Zane, 2012

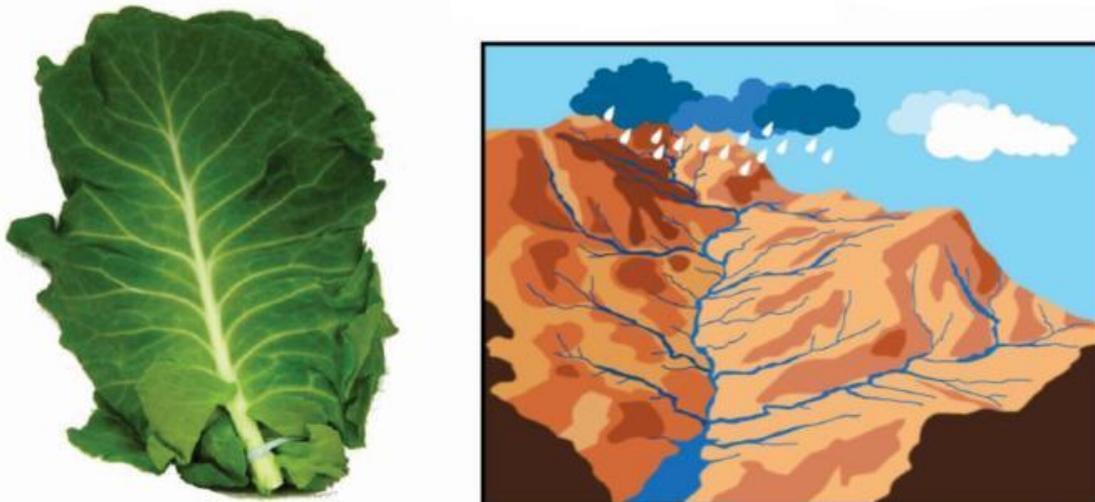
A lei construtal tem o poder para revelar, prever e explicar o design, pois determina o padrão previsível do sistema. De modo geral, um sistema sempre busca o caminho de (i) maior velocidade, (ii) maior facilidade em termos de fluidez, e (iii) maior economia de energia. Estar

de acordo com as leis da natureza é uma maneira de garantir o fluxo. A essência do design se dá pela transição ou contraste de um novo modo de fluir para o sistema evoluir.

Segundo Bejan, tanto o sistema animado como inanimado evoluem de acordo com o mesmo padrão. Isto não significa afirmar que todos os sistemas são iguais já que variáveis como solo, altitude, etc. interferem nessa evolução. Observemos as semelhanças entre dois sistemas distintos, como exemplifica na figura 3.

Nas imagens inseridas até aqui (figuras 1, 2 e 3), como de um sistema circulatório, a parte interna dos pulmões, entre outros designs, é possível observar que todos estes sistemas possuem formato semelhante a de uma árvore. Bejan e Zane (2012) concluem que a geometria ótima, e frequentemente encontrada, derivou da lei construtiva e é uma rede em forma de árvore, já que esta configuração apresenta-se como a melhor para ligar um ponto a uma área ou volume e vice-versa.

Figura 3. Comparativo entre uma folha de couve e uma bacia fluvial



Fonte: Bejan e Zane, 2012

Diversos são os fatores que influenciam no formato do objeto analisado e, quanto mais fatores forem analisados (multi objetivo), mais próximos da realidade serão os designs obtidos, sendo que um pressuposto pode ser destacado: para haver evolução, é necessário que haja liberdade no sistema. O esforço para melhorar o desempenho de um sistema inteiro baseia-se na capacidade de minimizar todas as suas resistências internas, de modo que suas correntes fluam juntas e simultaneamente, de forma integrativa (BEJAN, 2000).

Um sistema possui liberdade quando o escoamento de suas correntes tem várias possibilidades (infinitas?) para se configurar. O escoamento é o movimento de uma entidade em relação a outra. O fluxo é melhorado com passar do tempo, reduzindo as imperfeições (BEJAN; ZANE, 2012; REIS, 2006). Por exemplo, a água de um rio escoando gera erosão que evolui o design melhorando o desempenho do sistema.

2.4.2 Definições de Variáveis no Estudo sobre a Teoria Construtal

No quadro 3, estão explicitadas as principais variáveis utilizadas pela Teoria Construtal, bem como, a definição adotada para cada uma delas. Esta elucidação é importante já que esta é a lente teórica inspiradora para o modelo proposto neste ensaio.

Quadro 3 - Definição das variáveis em Teoria Construtal

Variável	Definição adotada	Autor(es)
Propósito	Todo o sistema um propósito. Propósito pode ser definido como o objetivo ou a função para o qual o sistema existe ou foi concebido.	Bejan, 1997
Acesso às correntes	Para que um sistema, aberto e finito, possa persistir no tempo (sobreviver) deve evoluir de tal forma que forneça um acesso mais fácil às correntes que fluem através dele. Acesso às correntes é nível de facilidade em que os fluxos encontram para alcançar as correntes.	Bejan; Zane, 2012
Velocidade	Um sistema sempre busca um caminho de maior facilidade em termos de fluidez e maior velocidade. Velocidade do sistema é a velocidade em que os fluídos passam pelos fluxos/canais do sistema.	Bejan, 2016
Massa	Se refere ao tamanho (massa) que um sistema possui, podendo ser determinado pelo somatório da massa de todos os seus componentes.	Bejan, 1997
Esbelteza	É a forma adequada que um sistema deve possuir para operar eficientemente (com a menor consumo de energia possível) considerando seu propósito/objetivo.	Bejan; Zane, 2012
Liberdade do Sistema	Para haver evolução, é necessário que haja liberdade no sistema. Liberdade é definida como capacidade de transformação e adaptação do sistema para que este atinja ou continue atingindo seus propósitos/objetivos.	Bejan; Zane, 2012
Consumo de energia	Refere-se a energia consumida pelo sistema. Um sistema sempre busca uma maior economia de energia geral na utilização dos seus recursos.	Bejan, 1997
Persistência no tempo	Refere-se a uma das finalidades de um sistema, que sempre busca a sua sobrevivência/existência ao longo do tempo.	Bejan, 1997
Imperfeições do sistema	Refere-se as dificuldades/atritos que o fluxo encontra no sistema para acessar as suas correntes. Ao mesmo tempo em que o escoamento é melhorado ao passar o tempo (reduzindo as suas imperfeições), existe a necessidade de existência de algumas imperfeições para controle dos fluxos.	Bejan; Zane, 2012
Fluxo	Quantidade por unidade de área, por exemplo, fluxo de calor	Bejan; Zane, 2012

Fonte: elaborador pelo autor

Na próxima seção, é apresentado o modelo teórico de análise, com a elucidação dos constructos, framework teórico, proposições e as relações entre as variáveis contempladas no modelo.

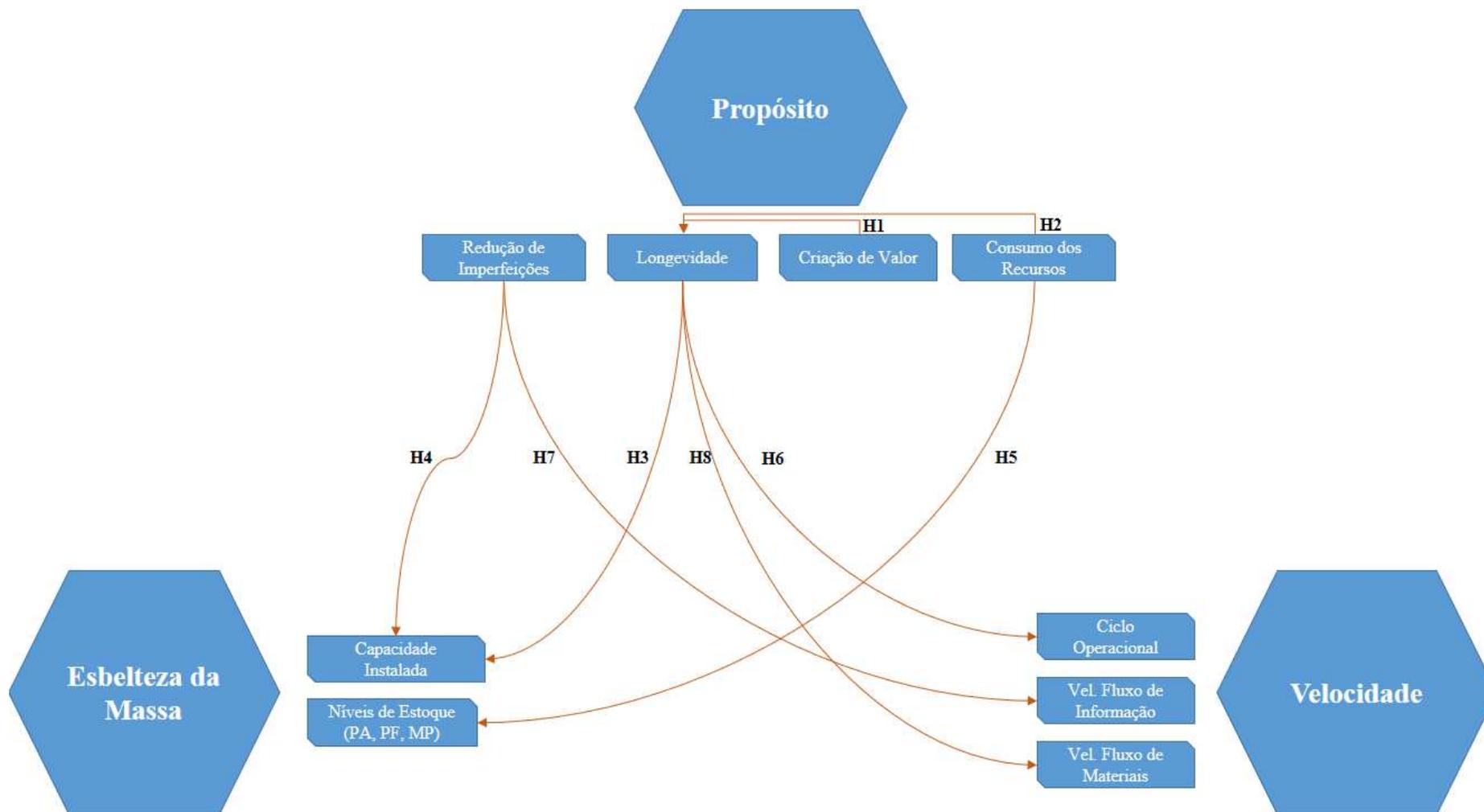
2.5 MODELO DE ANÁLISE

Diversos são os fatores que influenciam no formato de uma determinada cadeia de suprimentos e, quanto mais fatores forem analisados, mais próximo da realidade será a predição do design dessa cadeia. Estudos sobre design na cadeia de suprimentos trataram de diversas abordagens de maneira singular, sem considerar relações e efeitos com as demais variáveis.

A proposta é contribuir para a teoria de design da cadeia de suprimentos com a apresentação de um modelo com constructos pluralísticos, contemplando as variáveis que expliquem e balizem a construção de projetos de design em cadeia de suprimentos. A Teoria Construtal foi a lente teórica inspiradora para esta proposta. A partir da lei construtal, que prevê e explica com consistência o design de sistemas naturais e fabricados, combinando com a literatura de cadeia de suprimentos, foram extraídas as variáveis (e suas relações no universo do design).

Ao todo, o modelo é composto por 3 (três) constructos para o design de cadeia das cadeias de suprimentos inspirados na Teoria Construtal, conforme representa a figura 4. Esses constructos são: (i) **Propósito**; (ii) **Esbelteza da Massa**; e (iii) **Velocidade**. A seguir, são apresentados cada um destes constructos e as respectivas variáveis que os compõem. É válido salientar que, inicialmente (fase de qualificação da proposta), o modelo era composto por 5 constructos (Propósito; Massa; Esbelteza da Massa; Velocidade; Liberdade) mas, em razão da necessidade de operacionalização da pesquisa (aplicação no campo empírico) no contexto atual (pandemia), optou-se à muito contragosto, trabalhar com apenas os 3 constructos mencionados.

Figura 4 - modelo teórico de análise



Fonte: elaborado pelo autor

2.5.1 Constructos do modelo

2.5.1.1 Propósito

Todo o sistema possui um propósito, sendo este definido como o objetivo ou a função para o qual o sistema existe ou foi concebido (BEJAN, 1997). De forma ampla, um sistema busca persistir no tempo (sobreviver) e, para isso, sua configuração deve evoluir livremente, reduzindo as imperfeições, para facilitar o acesso às suas correntes.

A cadeia de suprimentos, de forma semelhante, possui (ou pelo menos deveria) um objetivo claro, plausível, e que oriente todo o seu design. São exemplos de objetivos a maximização do valor de ações para os acionistas, lucro, confiabilidade, robustez e resiliência, minimização de custo ou do tempo de resposta, ou cobertura de mercados com a velocidade possível (COROMINAS *et al.*, 2015).

Segundo Bejan e Zane (2012), tanto o sistema animado como inanimado evoluem de acordo com o mesmo padrão. Isto não significa afirmar que todos os sistemas são iguais já que variáveis como solo, altitude, etc. interferem nessa evolução. Partindo deste pressuposto, entende-se que o design das cadeias de suprimentos evoluem de acordo com o mesmo padrão. As nuances que tornam as cadeias minimamente diferentes não são objetos desta almejada contribuição teórica.

São propósitos de todas as cadeias de suprimentos a (I) **Longevidade**, (II) **Redução de suas Imperfeições**, (III) **Criação de valor**, (IV) **Menor Consumo de Recursos**.

No primeiro, entende-se que toda a cadeia busca a manutenção de sua “vida”, ou seja, a continuidade de suas operações pelo maior tempo possível ou almejado. Isto desencadeia uma série de decisões no que tange ao design das cadeias como um menor consumo de energia e uma maior velocidade possível em suas operações, objetos que serão explicados nas seções a seguir. O segundo propósito, a Redução das Imperfeições, refere-se aos atritos e as dificuldades encontradas ao longo do tempo para o “escoamento do seu fluxo” (por exemplo, interrupção do fluxo de fornecimento por desastres naturais ou fabricados) que põe em risco a existência da cadeia de suprimentos.

Ainda, propõe-se que os objetivos alvos para toda e qualquer cadeia de suprimentos sejam: (III) **a criação de valor**, (IV) **o menor consumo de recursos**. Todas as variáveis supramencionadas estão expostas e definidas nos quadros 1 e 2.

2.5.1.2 Esbelteza da Massa

A massa de um sistema é o somatório da massa (tamanho) de todos os seus componentes. Segundo a Lei Construtal, quanto maior for a massa de um sistema, melhor é o seu desempenho em termos gerais (BEJAN, 2016). Uma maior massa indica que as imperfeições foram reduzidas ao longo do tempo e permitiram a sua evolução, com a redução dos atritos ou resistências ao escoamento. (BEJAN e LORENTE, 2011; BEJAN, 2016). Uma cadeia de suprimentos busca um número de conexões (nós da cadeia), e suas diferentes formas de relacionamentos (SAHAY; 2003; POLER *et al.*, 2008), com vistas a reduzir as probabilidades de interrupções no escoamento de materiais (através dos fluxos), sejam de fornecedores, ou de distribuidores ao consumidor final. Por isso, uma cadeia deve sempre buscar o maior tamanho (determinado pelo número de conexões) possível no ambiente, no entanto, considerando sempre a manutenção da sua Esbelteza.

Um sistema, além da relação com o seu tamanho, necessita possuir uma forma adequada para operar eficientemente. A esta forma, a Teoria Construtal intitula de Esbelteza do sistema, ou seja, o tamanho do sistema deve estar distribuído adequadamente ao longo da sua forma/extensão física (BEJAN; ZANE, 2012).

Na cadeia de suprimentos, os níveis de estoque (matéria-prima, materiais, componentes, produtos acabados), devem estar distribuídos adequadamente ao longo da cadeia, sendo congruentes com o seu propósito (Longevidade, Redução de Imperfeições, Criação de Valor, Menor Consumo de Recursos). Ou seja, a Esbelteza é o constructo que se preocupa com o tamanho e forma adequada da cadeia de suprimentos, considerando as características de recursos disponíveis para as suas operações. Esbelteza é, também, por consequência, uma preocupação com a redução do desperdício e de atividades sem valor agregado (SCHMENNER; SWINK, 1998).

São variáveis que compõem o constructo Esbelteza da Massa: (i) Capacidade Instalada, (ii) Níveis de Estoque.

2.5.1.3 Velocidade

Segundo a Teoria Construtal, um sistema sempre busca um caminho de maior velocidade (BEJAN, 2016). Uma maior velocidade indica que os fluxos estão alcançando as correntes com um maior nível de eficiência, atingindo o seu propósito (COROMINAS *et al.*, 2015).

As cadeias de suprimentos buscam a maior velocidade possível em suas operações, de modo que os pedidos dos clientes sejam atendidos com rapidez, atentando aos prazos

estabelecidos (SCHMENNER; SWINK, 1998; FINE, 2000). Quanto mais veloz, maior é o indicativo de clientes satisfeitos (atendimento ou superação das expectativas) e eficiência dos processos ao longo dos fluxos e canais da cadeia de suprimentos. Desta maneira, a maior velocidade corrobora para o alcance dos propósitos de longevidade e redução de imperfeições.

São variáveis componentes deste constructo: (i) Ciclo operacional, (ii) Velocidade do Fluxo de Informações e (iii) Velocidade do Fluxo de Materiais.

2.5.2 Relações entre as Variáveis

2.5.2.1 Relações entre as Variáveis do Constructo Propósito

2.5.2.1.1 Relação entre **Criação de Valor e Longevidade** da Cadeia de Suprimentos

A criação de valor envolve, além das características de desempenho do produto pelos quais os clientes estão dispostos, a captura de valor agregado em termos financeiros (HOLWEG; HELO, 2014). Assumindo esta definição, torna-se saliente que a captura de valor financeiro é a fonte provedora de recursos financeiros para a continuidade das operações de uma cadeia de suprimento. O serviço que envolve a criação de valor é um processo para prover vantagem competitiva e agregar benefícios à cadeia de suprimentos, com o objetivo de maximizar o valor total ao consumidor final (LAMBERT et al., 1998; BOWERSOX; CLOSS, 2001). Embora considerando que os sistemas sejam finitos e, por consequência, também as cadeias de suprimentos, estas buscam a sobrevivência no ambiente e uma maior longevidade possível.

Hipótese 1: Uma maior criação de valor está positivamente relacionada com a longevidade (persistência no tempo do sistema) da cadeia de suprimentos.

2.5.2.1.2 Relação entre **Consumo de Recursos e Longevidade** da Cadeia de Suprimentos

Um sistema sempre busca a maior economia de energia possível (BEJAN; LORENTE, 2011). A concepção do design das cadeias de suprimentos, ao mesmo tempo em que busca a criação de valor, deve considerar a minimização dos custos das atividades. A economia de recursos na cadeia de suprimentos envolve, principalmente, a racionalização no uso de recursos financeiros, produtivos e logísticos (BEAMON, 1999; MEIXELL; GARGEYA, 2005). Não obstante, a redução de custos é sugerido como uma das metas de desempenho das cadeias de

suprimentos (SHEPHERD; GUNTER, 2006; RITCHIE; BRINDLEY, 2007; GULLEDGE; CHAVUSHOLU, x2008; CHIA et al., 2009). Esta economia pode ser preponderante para lidar com as imperfeições do sistema, ou seja, ajustes nas operações da cadeia de suprimentos advindas de mudanças nos requisitos da demanda.

Hipótese 2: Um menor consumo de recursos (menor consumo de energia do sistema) está positivamente relacionado com a longevidade da cadeia de suprimentos (persistência no tempo).

2.5.2.2 *Relações das Variáveis do Constructo **Esbelteza da Massa***

2.5.2.2.1 Relação entre **Capacidade Instalada e Longevidade** da Cadeia de Suprimentos

Um sistema com mais massa, possui mais condições de sobrevivência no tempo, pois melhor é o seu desempenho em termo gerais (BEJAN; ZANE, 2012). Essa massa, por sua vez, deve estar equalizada ao longo da cadeia, conforme as necessidades de produção em cada em elo, observando a maior taxa de utilização dos recursos, preservando a esbelteza do sistema. Conforme supramencionado neste estudo, toda a cadeia busca a manutenção de sua “vida”, ou seja, a continuidade de suas operações pelo maior tempo possível ou almejado e isto, por sua vez, desencadeia uma série de decisões no que tange ao seu design observando o menor consumo de energia possível. É possível de se evitar atrasos e estoques aumentando-se a capacidade instalada; porém, o aumento da capacidade instalada diminui a utilização dos recursos, ou seja, aumenta sua ociosidade (BOWERSOX; CLOSS, 2001). Dessa maneira, a capacidade instalada deve estar em consonância com a maior utilização possível dos recursos produtivos disponíveis.

Hipótese 3: Uma maior taxa de utilização da Capacidade Instalada da organização está positivamente relacionado com a Longevidade na cadeia de suprimentos.

2.5.2.2.2 Relação entre **Capacidade Instalada e Redução de Imperfeições** na Cadeia de Suprimentos

Quanto mais massa um sistema possui, maior é a sua capacidade de superar as imperfeições do sistema (BEJAN, 1997). Ao encontrar severos atritos e fricções para o acesso às correntes, um sistema com mais massa pode possuir alternativas (canal/fluxo alternativo)

para que o escoamento persista. As cadeias de suprimentos devem possuir um número de conexões entre fornecedores e distribuidores que sejam capazes de reduzir eventuais riscos de interrupções do fluxo de fornecimento (GUNASEKARAN et al., 2004). Por isso, quanto maior a capacidade instalada a organização e sua rede de abastecimento possuir, maior o seu tamanho e mais “segurança” na continuidade no fornecimento de materiais, pois mais rapidamente a cadeia pode reagir (por exemplo, para a substituição do fornecedor ou distribuidor com problemas) a eventuais falhas.

Hipótese 4: Uma maior capacidade instalada, na organização e em sua rede abastecimento, está negativamente relacionado com as imperfeições (riscos) de interrupção no fluxo da cadeia de suprimentos.

2.5.2.2.3 Relação entre **Nível de Estoque** e **Consumo de Recursos** na Cadeia de Suprimentos

Não basta possuir mais massa, é preciso que um sistema possua uma forma esbelta (BEJAN, 2016). A manutenção de estoques na cadeia de suprimentos gera custos diversos (armazenagem, de oportunidade, etc.) e, também, consomem variados recursos como tecnológicos, de mão-de-obra e financeiros (LEE; CHU, 2003). Por isso, níveis de estoques elevados geram custos elevados que consomem recursos e, considerando, que os recursos são limitados e, em especial, os de ordem financeira, os estoques devem estar nivelados e posicionados estrategicamente ao longo de toda a extensão de cadeia, de modo que o consumo de recursos seja o menor possível. Além disso, os níveis de estoques, consonante com a importância atribuída na estratégia da cadeia de suprimentos, também é adotado como medida de desempenho (GULLEDGE; CHAVUSHOLU, 2008; CHIA *et al.*, 2009). Por isso, quanto mais ajustado a níveis mínimos e distribuídos adequadamente ao longo da extensão da cadeia de suprimentos (CORRÊA, 2010), mais esbelto será o seu design.

Hipótese 5: Menores níveis de estoque posicionados ao longo da cadeia estão positivamente relacionados ao menor consumo de recursos da cadeia de suprimentos

2.5.2.3 *Relações das Variáveis do Constructo **Velocidade***

2.5.2.3.1 Relação entre **Ciclo Operacional** e **Longevidade** da Cadeia de Suprimentos

Primeiro, o ciclo operacional, definido com o tempo de execução entre a solicitação e a disponibilidade do item a ser adquirido no estoque (HAMMAMI; FREIN; BAHLI, 2016), tem relação direta com a velocidade da cadeia de suprimentos. Um menor ciclo operacional implica em respostas mais rápidas aos pedidos dos clientes (GAITHER; FRAZIER 2001, SLACK et al., 1997), corroborando, por exemplo, com os propósitos da cadeia de suprimentos. Um desses propósitos é a longevidade. A longevidade pressupõe que um sistema possui condições de permanência no ambiente (BEJAN, 1997; 2016), sendo a velocidade de resposta às demandas um indicador determinante desta característica.

Hipótese 6: Um Ciclo Operacional menor está positivamente relacionado com a longevidade da cadeia de suprimentos.

2.5.2.3.2 Relação entre o Velocidade do Fluxo de Informações e Imperfeições no Sistema

O uso estratégico da informação, que fluem dos canais, influenciam no desempenho da cadeia de suprimentos (ZHAO et al., 2002). O compartilhamento de informações está associado a redução do custo e a respostas mais rápidas às demandas dos clientes (por exemplo, com a redução do ciclo do pedido) (LIN et al., 2002). Fica evidente, conforme argumentos expostos, que a velocidade com que a informação é compartilhada, especialmente a montante, influencia na capacidade de resposta e na velocidade da cadeia de suprimentos (KLEIN, 2007). As informações transmitidas podem ser úteis na redução de imperfeições e possíveis riscos associados a interrupção no fluxo do fornecimento, contribuindo para a eficiência operacional da cadeia (SODHI; SON, 2009).

Hipótese 7: Uma maior velocidade no fluxo de informações está positivamente relacionada com a redução das imperfeições na cadeia de suprimentos.

2.5.2.3.3 Relação entre **Velocidade do Fluxo de Materiais e Longevidade** na Cadeia de Suprimentos

A velocidade com que os materiais que fluem a jusante da cadeia, tais como insumos de produção, componentes e produtos acabados, possuem significativa relevância no tempo total do ciclo do pedido (SCHMENNER; SWINK, 1998). Cadeias de suprimentos que possuem dificuldades para a gestão do fluxo de materiais, por exemplo, com atrasos no prazo de entrega

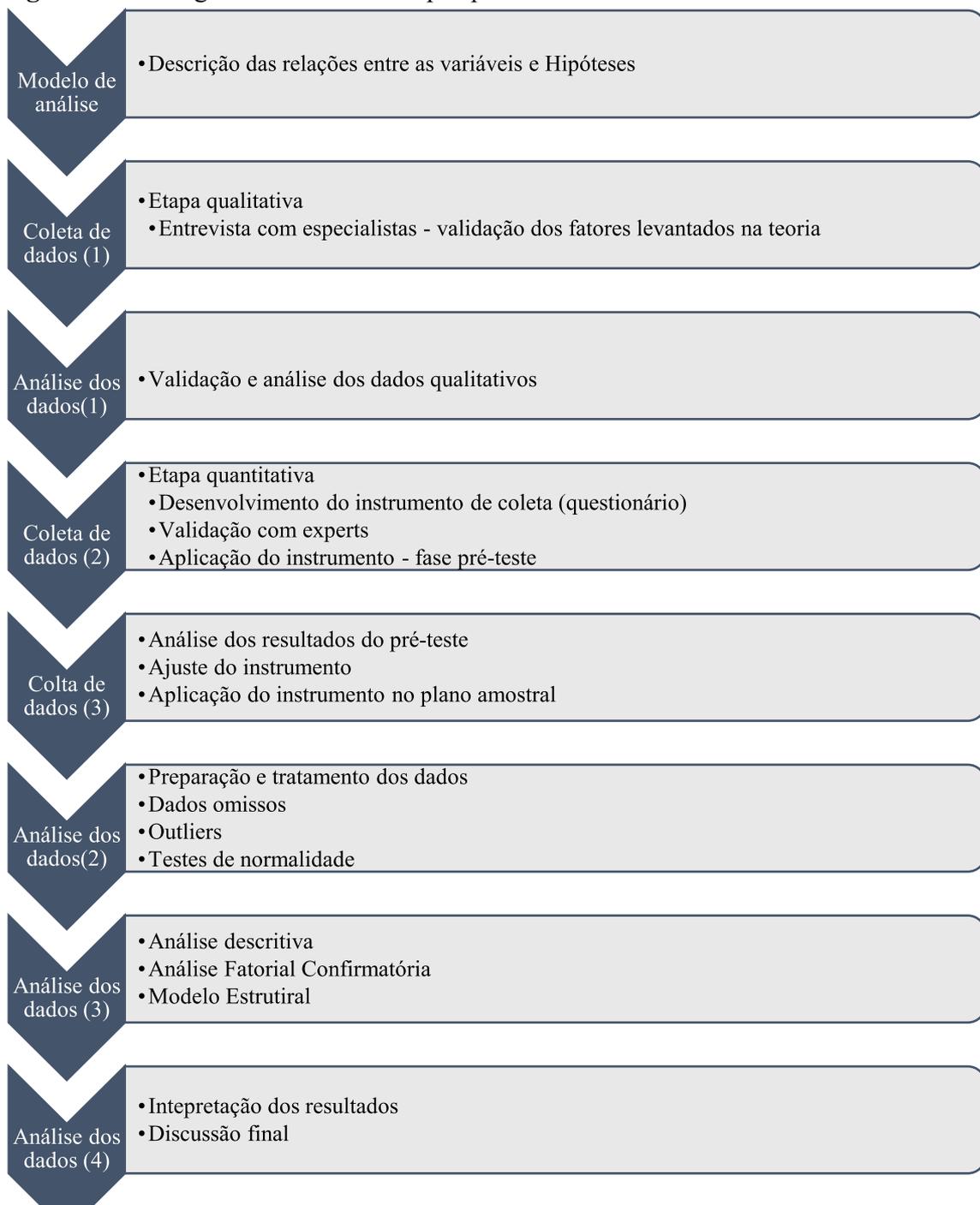
de componentes para a produção ou dificuldades de escoamento logístico, podem afetar o nível de serviço estabelecido e a satisfação do comprador. Além disso, o tempo de resposta e entrega dos materiais ao comprador é uma medida de desempenho muito utilizada na cadeia de suprimentos (BOWERSOX; CLOSS, 2001; GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001; BEAMON, 1999; SCOR, 2006; CHEUNG et al., 2010). Por isso, um fluxo de materiais veloz e bem ajustado contribui para que a cadeia de suprimentos cumpra suas metas, principalmente, no que tange aos prazos de entrega, e ganhe com isso longevidade.

Hipótese 8: uma maior velocidade no fluxo de materiais está positivamente relacionado com a longevidade da cadeia de suprimentos.

3 DESIGN DA PESQUISA

O design de pesquisa é uma série de escolhas interligadas (McGRATH, 1981), em que os pesquisadores lidam com um conjunto de dilemas e *trade-offs*, a fim de testar (neste caso, empiricamente), da melhor forma possível, uma questão teórica de pesquisa. Neste capítulo são descritas as etapas do método de pesquisa a ser utilizado, representada através da Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma do método de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

O presente estudo teve como objetivo maior, a partir da lente teórica da Teoria Construtal, avaliar a relação dos princípios do design com o desempenho da Cadeia de Suprimentos. A lacuna teórica apresentada apontou a ausência de constructos para medir ou orientar o design geral das cadeias de suprimentos. Neste sentido, identificou-se a necessidade de uma abordagem que integrasse e orientasse, simultaneamente, as diversas dimensões para o design avaliando estes efeitos no desempenho das cadeias de suprimentos.

Partindo da lógica hipotético-dedutiva (POPPER, 1978), a Teoria Construtal permitiu observar o Design das Cadeias de suprimentos a partir de uma nova perspectiva: a lei da física construtivista que busca indicar o caminho da evolução dos sistemas (naturais e fabricados), captando a tendência central do design na natureza através do conceito de fácil acesso às correntes, propondo configurações que visam facilitar o escoamento (BEJAN, 1997).

A teoria torna-se uma estrutura para todo o estudo, um modelo organizador para questões e hipóteses de pesquisa e para o procedimento de coleta de dados (CRESWELL, 2007). Considerando estes pressupostos, foi desenvolvido o modelo de análise teórico em que foram apresentadas as hipóteses para os 3 constructos propostos para o design das cadeias de suprimentos: (i) Propósito, (ii) Esbelteza da Massa e (iii) Velocidade.

3.1 DADOS

O presente estudo, utilizou-se de dados primários, ou seja, obtidos diretamente junto à fonte, mais especificamente das empresas de manufatura americanas. Utilizou-se a plataforma M-turk, que contém uma base de dados ampla com distintos perfis que podem ser filtrados e selecionados. No caso desta pesquisa, foram selecionados respondentes que desempenhavam funções vinculadas à gerência de operação ou produção, gerência da rede de suprimentos ou gerência de compras. Além disso, somente os perfis com “bom histórico” de participação em outras pesquisas puderam acessar o instrumento de coleta e responder a pesquisa.

O design de pesquisa atendeu aos requisitos do método *survey* para a coleta dos dados e considerou as seguintes etapas, abaixo descritas.

- I. Primeiro, por meio de entrevistas estruturadas, foram coletados dados com especialistas para a validação dos fatores e constructos encontrados na teoria e proposto no modelo de análise. O referido instrumento de coleta desta etapa permitiu, através de um roteiro previamente estabelecido, controlar a linha de

questionamento (CRESWEL 2007), que será referendada pelo modelo, exposto na seção 2.5. Foram coletados dados de 3 especialistas que auxiliaram no ajuste na construção do questionário, a seguir detalhado.

- II. Segundo, em caráter de teste, ocorreu a aplicação do instrumento de coleta questionário com questões fechadas e com alternativas de respostas padronizadas, a saber, de múltipla escolha com escala de *likert* de 1 a 7 pontos, em um reduzido plano amostral para a validação do instrumento. Este procedimento atende às recomendações Krause et al. (2018) para este design de pesquisa. Segundo os autores, a aplicação de pré-testes é recomendada para construções com múltiplas percepções, em especial, para os estudos em operações de cadeia de suprimentos. Os autores observam, ainda, a importância de estabelecer a equivalência de medição para construções quando estes ultrapassam limites organizacionais. Os testes foram divididos em 4 fases: em cada fase foram coletadas 30 amostras, totalizando, 120 respostas coletadas. Em cada uma dessas fases, a confiabilidade dos constructos foi testada e ajustada de modo que o *alfa de cronbach* alcançasse, no mínimo, 0,7, conforme sugerido pela literatura. No total, o instrumento contou 81 perguntas.
- III. Terceiro, a aplicação do instrumento de coleta, validado e em sua versão final, no plano amostral. Nessa fase, foram aplicados 215 questionários, sendo que 35 casos foram excluídos pelo fato dos respondentes não terem respondidos ao questionário por completo.

3.2 VARIÁVEIS DE PESQUISA

Constructo Propósito:

- Longevidade: Tempo de existência da cadeia de suprimentos;
- Redução de Imperfeições: refere-se à redução dos atritos e as dificuldades encontradas ao longo do tempo para o “escoamento do fluxo” (Materiais, Informações, financeiros) da cadeia de suprimentos (adaptado BEJAN, 1997);
- Criação de valor: características de desempenho do produto e os atributos pelos quais os clientes estão dispostos a pagar (HOLWEG & HELO, 2014).

- Consumo de Recursos: refere-se a energia/recursos consumidos pelo sistema/cadeia de suprimentos (BEJAN, 1997).

Constructo Esbelteza da Massa:

- Capacidade Instalada: refere-se à totalidade de recursos produtivos disponíveis que podem ser utilizados na função produção de uma organização (AUTOR, XXXX).
- Níveis de estoque: refere-se ao nível de estoque (de matéria-prima, materiais, componentes, produtos, entre outros), distribuídos ao longo da cadeia de suprimentos (GULLEDGE; CHAVUSHOLU, x2008; CHIA et al., 2009).

Constructo Velocidade:

- Ciclo operacional: o tempo de execução entre a solicitação e a disponibilidade do item a ser adquirido no estoque (HAMMAMI; FREIN; BAHLI, 2016).
- Velocidade do Fluxo de Informações: é a velocidade com que a informação é compartilhada nos fluxos (KLEIN, 2007).
- Velocidade do Fluxo de Materiais: A velocidade com que os materiais que fluem a jusante da cadeia, tais como insumos de produção, componentes e produtos acabados (SCHMENNER; SWINK, 1998).

3.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

3.3.1 Tratamento dos dados

Dados omissos

O banco de dados possui dados omissos quando em uma ou mais variáveis não apresentam valores válidos para análise. O desafio, nesses casos, é identificar os padrões e relações existentes entre os dados omissos, a fim de trata-los e manter no banco os dados com distribuição mais próxima do original (HAIR et al., 2009), ou então, optar pela exclusão dos dados. Hair *et al* (2009) argumenta que até 10% de dados omissos em um caso pode ser ignorado, desde que sua distribuição seja aleatória.

Observações atípicas

Observações atípicas ou *outliers* são casos com valores muito distintos dos demais identificados na base de dados, os quais podem ser identificados em análises multivariadas através de testes como o da distância de Mahalanobis (KLINE, 2005) ou da avaliação da variância, conforme sugerido por Meade e Craig (2012).

Suposições estatísticas da MEE

A principal suposição em análises multivariadas é a normalidade, que indica se o formato da distribuição dos dados corresponde a uma distribuição normal. Caso não haja normalidade, os resultados estatísticos podem ser considerados inválidos (HAIR et al., 2009). A avaliação da curtose (kurtosis) e assimetria (skewness) são maneiras de verificar a normalidade dos dados. Variáveis com valores absolutos de assimetria acima de 3 apresentam extrema assimetria e valores de curtose acima de 10 indicam problemas de normalidade (KLINE, 2005).

Outra suposição além da normalidade é a homoscedasticidade, a qual sugere que os erros ou resíduos apresentam variância constante. Da mesma forma, a linearidade também é uma suposição das técnicas multivariadas. Ela assume que a variável dependente deve ter uma relação linear com a variável independente, podendo ser identificada por meio do gráfico de dispersão ou da análise dos resíduos. (HAIR et al., 2009). Nessa dissertação, a linearidade e a homoscedasticidade dos dados serão verificada na correlação entre os constructos apresentada na análise da validade discriminante durante a avaliação do modelo de medida da MEE.

3.3.2 Modelagem de Equações Estruturais (MEE)

A MEE é uma família de técnicas estatísticas, a qual incorpora e integra análise fatorial e análise de caminhos (GARSON, 2012). Ela permite a análise de uma série de relações de dependência simultaneamente através de equações, as quais mostram as relações entre os constructos envolvidos. Dessa maneira o pesquisador pode verificar se um determinado modelo teórico encontra suporte em dados provenientes da realidade através do teste de hipóteses. (HAIR et al., 2009).

Neste estudo, foi utilizado o modelo Koufteros (1999) para o desenvolvimento da MEE, composto, basicamente, por duas fases: (i) propriedades de medição por meio da Análise Fatorial Confirmatória (CFA); (ii) Teste do modelo estrutural.

O modelo de medida é definido como o modelo que especifica os indicadores de cada constructo e permite verificar a validade desses constructos (HAIR et al., 2009) e a confiabilidade através do Alpha de Cronbach. É fundamental que seja testada primeiramente a validade do modelo de medida (convergente e discriminante), para posteriormente realizar os testes com o modelo estrutural (GARSON, 2012).

A validade convergente demonstra que os indicadores de uma variável latente, ou constructo, estão correlacionados uns aos outros em um nível aceitável e pode ser verificada através das cargas fatoriais, variância extraída (AVE) e confiabilidade composta (CC) (GARSON, 2012). A validade do modelo de medida depende não somente da validade de constructo, que representa o grau em que o conjunto de itens medidos realmente reflete a variável latente, mas também da qualidade do ajuste do modelo que indica a semelhança existente entre a matriz de covariância estimada e a observada. (HAIR et al., 2009). Nesse sentido serão utilizados os principais índices para a compreensão do fit do modelo, a saber: χ^2 , Df, χ^2/df , CFI, RMSEA.

No capítulo 4 serão apresentados os resultados dos testes estatísticos com base nos procedimentos metodológicos adotados nesse capítulo (3) e, na sequência, no capítulo 5, os resultados serão discutidos e analisados à luz das teorias.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 PREPARAÇÃO DOS DADOS

Dados Omissos (missing)

Após a coleta dos dados, foi feita a preparação da amostra com o intuito de verificar a consistência dos dados. Essa etapa incluiu a verificação dos dados omissos (*missings*), de acordo com a proporção de casos com relação ao número de variáveis não respondidas (HAIR et al., 2009). Nesse primeiro momento foram excluídos 35 questionários segundo esses critérios.

Outliers

Para a verificação de outliers, ou observações com características que as distinguem das demais observações (em geral casos extremos), avaliaram-se as aquelas que não possuíam variância nas respostas, conforme sugerido por Meade e Craig (2012). No total, foram identificados e excluídos 5 casos, restando, portanto, 175 casos.

Teste de Normalidade

A curtose (*kurtosis*) e a assimetria (*skewness*) dos dados são maneiras de identificar se os dados apresentam normalidade. (KLINE, 2005). O autor sugere ainda que a curtose deve ficar abaixo de 10, e valores relacionados a assimetria devem ficar abaixo de 3. Resultados acima desses valores apresentam características extremas, e portanto não é possível afirmar que os dados possuem distribuição normal. A Tabela 1 apresenta os resultados para os testes de normalidade da amostra.

Tabela 1 - Testes de normalidade

Questão	Assimetria	Curtose
Q40_flux_mat	-0,523	0,337
Q39_flux_mat	-0,585	-0,104
Q38_flux_mat	-0,778	0,564
Q37_flux_mat	-0,849	0,672
Q36_flux_mat	-0,976	1,134
Q12_cap_inst	-0,941	0,943
Q11_cap_inst	-1,087	2,32
Q9_cap_inst	-1,421	3,123
Q7_cap_inst	-1,419	2,885
Q4_cap_inst	-0,691	0,57
Q41_long	-0,691	0,384
Q47_long	-0,352	-0,329
Q49_long	-0,604	-0,051
Q31_flux_inf	-0,931	1,206
Q30_flux_inf	-0,917	0,81
Q27_flux_inf	-1,003	1,268
Q26_cicl_oper	-0,745	0,385
Q25_cicl_oper	-0,502	-0,401
Q24_cicl_oper	-1,031	1,042
Q22_cicl_oper	-0,862	0,729
Q18_niv_est	-0,872	0,791
Q17_niv_est	-0,498	-0,492
Q16_niv_est	-0,432	-0,425
Q72_cons_rec	-0,512	0,26
Q65_cons_rec	-0,795	0,654
Q68_cons_rec	-0,785	0,949
Q59_valor	-0,685	0,369
Q62_valor	-0,961	0,427
Q64_valor	-0,971	1,195
Q58_imperf	-0,667	-0,503
Q51_imperf	-0,773	1,288
Q54_imperf	-0,478	-0,725

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que na referida tabela, todos os resultados estão dentro dos parâmetros sugeridos.

4.2 ANÁLISE DESCRITIVA

Para gênero, dos 175 respondentes, 67% pertencem ao gênero masculino e 31% pertencem ao gênero feminino, conforme apresenta da tabela 2.

Tabela 2- Gênero dos respondentes

	Frequência	Porcentual	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Não especificado	2	1,1	1,1	1,1
Feminino	55	31,4	31,4	32,6
Masculino	118	67,4	67,4	100,0
Total	175	100,0	100,0	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 3, apresenta os dados para a faixa etária dos respondentes. As maiores concentrações de respondentes, estão entre as faixas de 25,1 à 35 anos (44,6%), e de 35,1 à 50 anos (34,9%). A média de idade foi de 37 anos.

Tabela 3 – faixa etária dos respondentes

	Frequência	Porcentual	Porcentagem acumulativa
até 18 anos	1	0,6	0,6
de 18 à 25 anos	17	9,7	10,3
de 25,1 à 35 anos	78	44,6	54,9
de 35,1 à 50 anos	61	34,9	89,7
Acima de 50,1 anos	18	10,3	100,0
Total	175		

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere à escolaridade, 66,9% da amostra possuem graduação completa, seguido de 24% de respondentes com ensino médio completo. Esses dados estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Escolaridade dos respondentes

	Frequência	Porcentual	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
	2	1,1	1,1	1,1
Graduação completo	117	66,9	66,9	68,0
Ensino médio completo	3	1,7	1,7	69,7
Pós-graduação completo	42	24,0	24,0	93,7
Graduação incompleto	10	5,7	5,7	99,4
Pós-graduação incompleto	1	0,6	0,6	100,0
Total	175	100,0	100,0	

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que tange à função desempenhada na organização, 54,3% da amostra desempenham a função de gerente de produção e/ou operações, 28% são gestores de compras e, 13,7% gestores da cadeia de suprimentos. Esses resultados para função desempenhada estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Função desempenhada na organização

	Frequência	Porcentual	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
	2	1,1	1,1	1,1
Outro	5	2,9	2,9	4,0
Gestor de produção e/ou operação	95	54,3	54,3	58,3
Gestor de compras	49	28,0	28,0	86,3
Gestor da Cadeia de Suprimentos	24	13,7	13,7	100,0
Total	175	100,0	100,0	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pesquisados foram questionados quanto ao tempo em que desempenham a função acima detalhada. Os dados, apresentados na tabela 6, evidenciam que aproximadamente 65% dos respondentes desempenham a função entre 1,1 e 5 anos, seguido de 5,1 e 10 anos (24%).

Tabela 6 – tempo que desempenham a função

	Frequência	Porcentual	Porcentagem acumulativa
até 1 ano	6	3,4	3,4
de 1,1 à 5 anos	114	65,1	68,6
de 5,1 anos à 10 anos	42	24,0	92,6
acima de 10,1 anos	13	7,4	100,0
Total	175	100	

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere ao tempo em que atuam na organização, 82 respondentes (46,9%) atuam na empresa entre 1,1 à 5 anos e 59 respondentes (33,7%) atuam em um prazo de 5,1 à 10 anos, sendo que a média geral de tempo foi de 6,5 anos. Esses resultados estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – tempo que atuam na organização

	Frequência	Porcentual	Porcentagem acumulativa
Até 1 ano	3	1,7	1,7
de 1,1 à 5 anos	82	46,9	48,6
de 5,1 à 10 anos	59	33,7	82,3
de 11,1 à 20 anos	28	16,0	98,3
mais de 20,1 anos	3	1,7	100,0
Total	175		

Fonte: Elaborado pelo autor.

O setor de mercado em que a empresa está inserida também foi mapeado, conforme evidência a tabela 8. A maioria dos respondentes (11,4%) estão inseridos em organizações do setor automotivo, seguido do setor de tecnologia (7,43%), vestuário (12%) e metalúrgico (6,86%).

Tabela 8 - Setor de mercado em que a organização está inserida

Setor	Frequência	Porcentual	porcentagem acumulativa
Automotivo	20	11,43	11,43
Tecnologia	13	7,43	18,86
Vestuário	12	6,86	25,71
Metalúrgico	12	6,86	32,57
Têxtil	11	6,29	38,86
Plástico	9	5,14	44,00
Eletrônico	9	5,14	49,14
Química	9	5,14	54,29
Madeireiro	9	5,14	59,43
Alimentos	9	5,14	64,57
Papel	8	4,57	69,14
Farmacêutico	7	4,00	73,14
Construção Civil	7	4,00	77,14
Aeroespacial	6	3,43	80,57
Óleo e gás	5	2,86	83,43
Automação industrial	2	1,14	84,57
outros	27	15,43	100,00
Total	175	100,00	

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere ao porte, medido pelo número de funcionários, a amostra é composta, em sua maioria, por organizações entre 101 à 500 funcionários (27,4%), seguido de 1.001 à 10.000 funcionários (18,3%), conforme apresenta a tabela 9. A média de colaboradores alcançou 3.540 funcionários.

Tabela 9 – número de funcionários das empresas da amostra

	Frequência	Porcentual	Porcentagem acumulativa
1 à 10 funcionários	1	0,6	0,6
de 11 à 50 funcionários	15	8,6	9,1
de 51 à 100 funcionários	12	6,9	16,0
de 101 à 500 funcionários	48	27,4	43,4
de 501 à 1.000 funcionários	24	13,7	57,1
de 1.001 à 10.000 funcionários	32	18,3	75,4
Acima de 10.001 funcionários	43	24,6	100,0
Total	175	100	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à idade, a maioria das organizações possuem tempo de existência superior à 30,1 anos, equivalente à 50,3% do amostra, seguido de organizações com tempo entre 20,1 e 30 anos (25,7%). Os resultados estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – tempo de existência da organização

	Frequência	Porcentual	Porcentagem acumulativa
até 5 anos	10	5,7	5,7
de 5,1 à 10 anos	14	8,0	13,7
De 10,1 à 20 anos	18	10,3	24,0
de 20,1 à 30 anos	45	25,7	49,7
Mais de 30,1 anos	88	50,3	100,0
total	175	100	

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 MODELO ESTRUTURAL

4.3.1 Modelo de Medida - Análise Fatorial Confirmatória

A análise fatorial confirmatória (CFA), conforme enfatizado no capítulo com a descrição metodológica, é uma técnica que permite a verificação de ajustes entre os dados observados e um modelo hipotetizado *a priori*, o qual é baseado na teoria que especifica as relações causais hipotéticas entre fatores latentes (variáveis não observáveis) e suas variáveis indicadoras (observáveis) (HAIR, 2009). A tabela 11 apresenta os resultados deste referido teste.

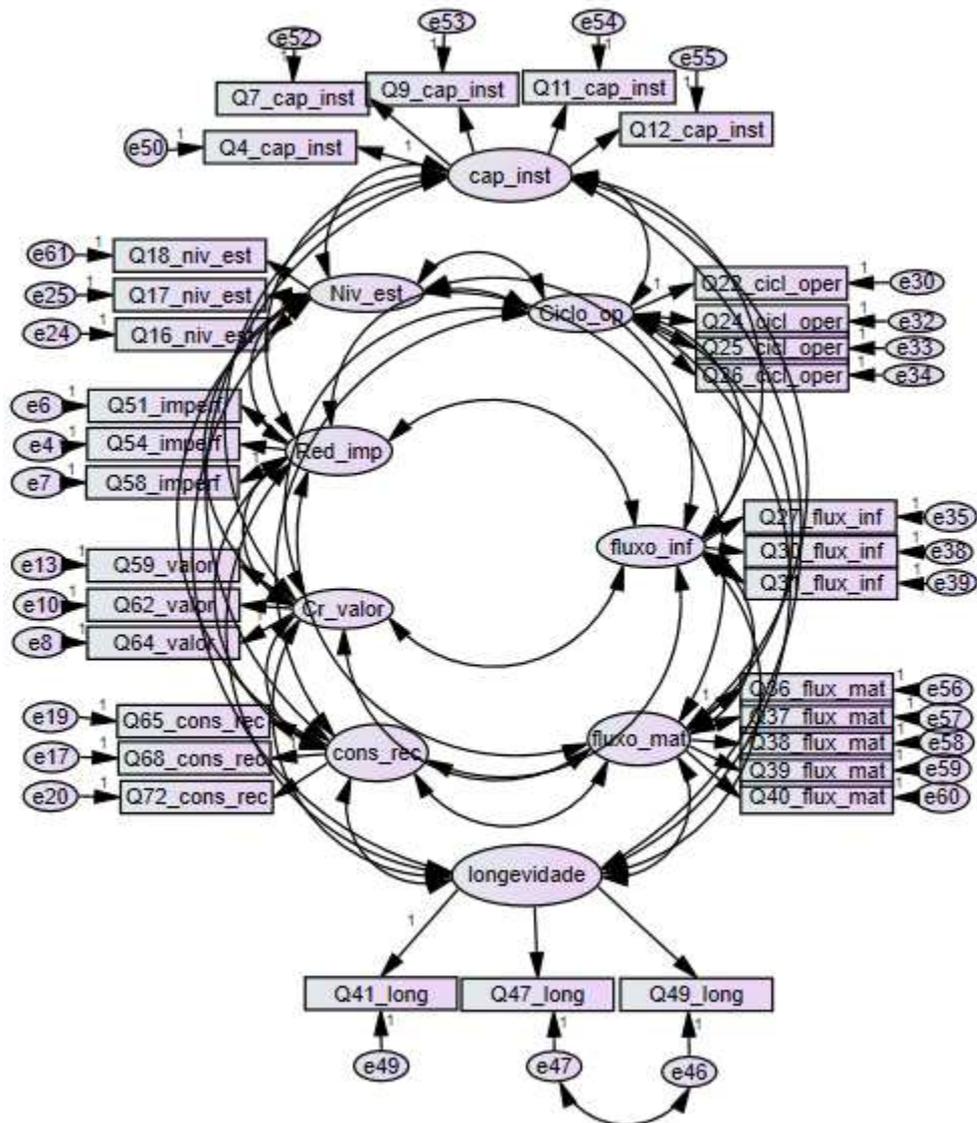
Tabela 11 – testes para a CFA

Índice	χ^2	Df	χ^2/df	CFI	RMSEA
Valor	573,016	428	1,3	0,906	0,04
Sugerido	-	-	Menor que 5	Maior que 0,90	Menor ou igual a 0,08
Literatura	-	-	Kline (2005)	Garson (2012)	Hair et al. (2009)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados para os indicadores medidos apresentam-se dentro dos parâmetros para os intervalos propostos pela literatura. A Figura 6 apresenta a ilustração do modelo confirmatório testado no software SPSS AMOS.

Figura 6 – Modelo confirmatório no software SPSS AMOS



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere ao teste da validade convergente do modelo, a tabela 12 apresenta os resultados. Nessa etapa o indicador *Alpha de Cronbach* auxilia na verificação da consistência interna (uma das formas de se testar a confiabilidade) existente entre as variáveis que compõem um constructo e normalmente deve ficar acima de 0,7 (KLINE, 2005). Em alguns casos, entretanto, apesar de o Alpha estar abaixo desse valor, os resultados dos índices de Fit do

modelo ficam acima do esperado (GARSON, 2012). Malhotra (2012), por exemplo, sugere que valores de Alpha de 0,6 são aceitáveis.

Tabela 12 – teste da validade convergente do modelo

Constructo maior	Constructo menor	itens	CC
Propósito	Redução das Imperfeições	3	0,55
	Criação de Valor	3	0,52
	Consumo de Recursos	3	0,70
	Longevidade	3	0,72
Esbelteza da Massa	Níveis de Estoque	3	0,63
	Capacidade Instalada	5	0,72
Velocidade	Ciclo Operacional	4	0,66
	Fluxo de Informações	3	0,75
	Fluxo de Materiais	5	0,71
SUGERIDO			> 0,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apresentaram índices abaixo do padrão esperado para o constructo redução das imperfeições e criação de valor, que alcançaram valores entre 0,5 e 0,6. Nesse sentido, optou-se por manter esses dois constructos. Segundo um dos pressupostos da Teoria Construtural, o design deve ser concebido compreendendo o seu todo. Nesse sentido, a redução da imperfeição e a criação de valor são elementos importantes desse todo.

Além disso, trata-se da primeira escala proposta, oriunda da Teoria Construtural, para medir o design e o desempenho de uma cadeia de suprimentos. Não obstante a esse motivo, devido ao tamanho e à complexidade do instrumento de coleta, encontrar dificuldades em algum indicador poderia ser esperado e considerado como normal durante este processo.

Os dados do modelo de medida foram submetidos, também, aos testes da Variância Extraída (AVE) e da Variância Compartilhada (VC), conforme sugerido Koufteros (1999) (Tabela 13).

Tabela 13 - Validade discriminante

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Redução Imperf.	0,290								
2. Criação valor	0,476	0,270							
3. Consumo recursos	0,068	0,531	0,430						
4. Níveis estoque	0,001	0,630	0,498	0,360					
5. Ciclo operacional	0,001	0,419	0,626	0,970	0,320				
6. Fluxo informação	0,221	0,743	0,743	0,472	0,472	0,500			
7. Fluxo materiais	0,003	0,551	0,738	0,927	1,138	0,504	0,330		
8. Longevidade	0,023	0,154	0,408	0,350	0,494	0,141	0,141	0,460	
9. Capacidade instalada	0,088	0,425	0,382	0,567	0,434	0,341	0,514	0,417	0,350

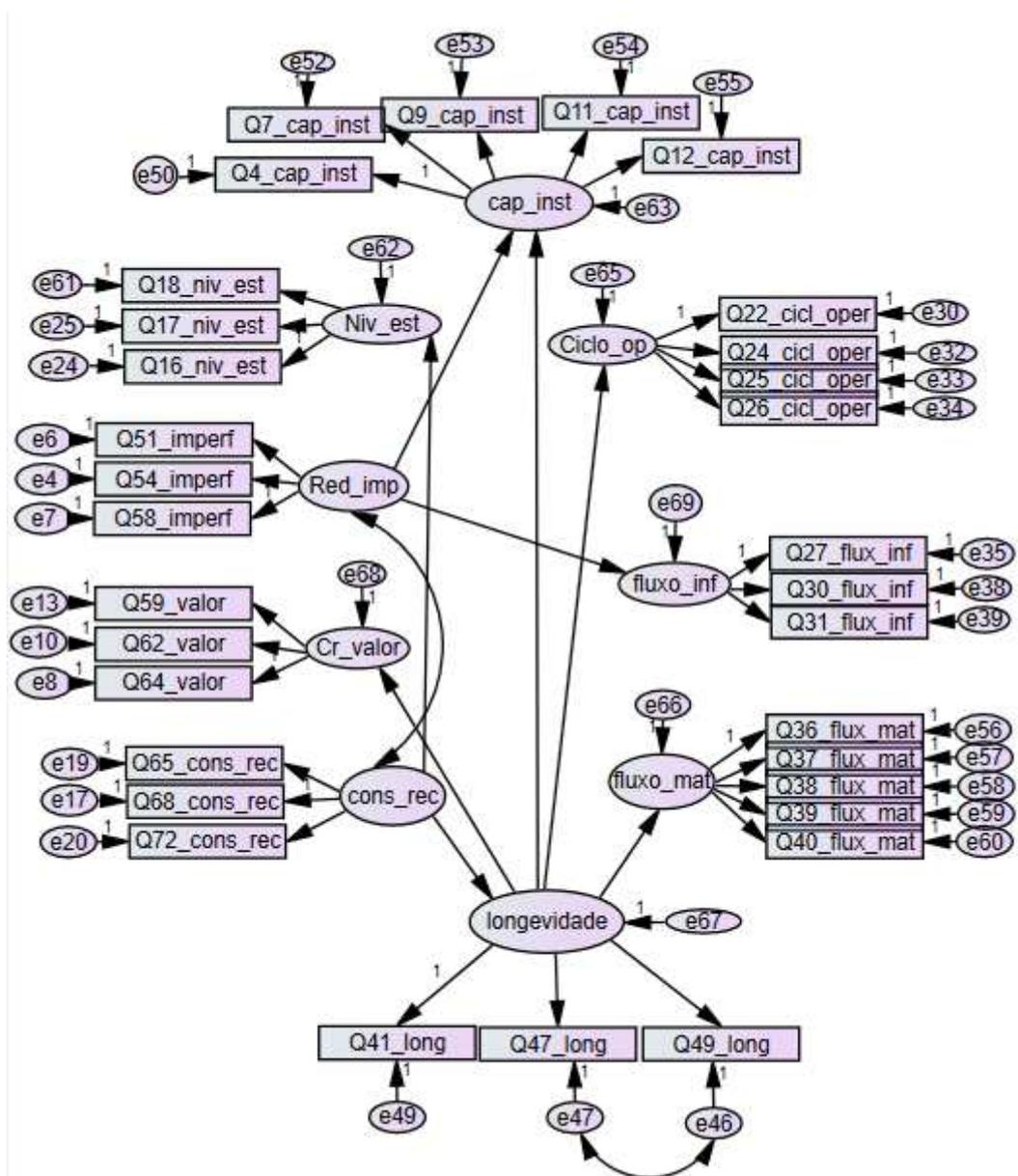
Fonte: Elaborado pelo autor.

A recomendação é que os valores inseridos nas diagonais sejam maiores que os números na parte inferior, indicando, dessa forma que as variáveis (fatores) são distintas. Algumas variáveis apresentaram aproximação com variáveis de outros constructos, tais como variáveis da Redução de Imperfeição e Criação de Valor, Criação de Valor e Fluxo de Informação, Níveis de estoque e ciclo operacional. Da mesma forma que justificado no teste da confiabilidade convergente, entende-se que variáveis e constructos, de certa forma, em maior ou menor medida, estão interligados. Por exemplo, é comum a percepção de valor aumentar, na medida em que são reduzidas as imperfeições de um sistema; é razoável compreender que a percepção de valor também aumente na medida em que mais informações são transmitidas e compartilhadas; é aceitável entender que os níveis de estoque possuem alguma semelhança com um maior ou menor ciclo operacional. Por isso, como sendo um dos evidenciados pressupostos da Teoria Construtal a compreensão do Design de um sistema a partir da compreensão do seu todo, optou-se por manter os constructos nas formas atuais em que se encontram.

4.3.2 Modelo Estrutural

No teste do modelo estrutural, o qual é apresentado na Figura 7, foi verificada a ausência de erros de estimação significativos, portanto foi possível proceder com todas as análises inerentes ao método da Modelagem de Equações Estruturais.

Figura 7– Modelo estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente foi feita a verificação da significância dos caminhos sugeridos no modelo. Conforme a Tabela 14, todos os valores p foram inferiores a 0,05, ou seja, foram significantes.

Tabela 14 – Testes de regressão para os caminhos do modelo estrutural

Hipóteses	Caminho			Coefficiente	erro	valor de <i>t</i>	Sig
H1	Criação de valor	<---	Longevidade	0,857	0,195	4,394	0,001
H2	Longevidade	<---	Consumo de recursos	0,979	0,177	5,525	0,001
H3	Capacidade instalada	<---	Longevidade	0,563	0,121	4,663	0,001
H4	Capacidade instalada	<---	Redução de imperfeições	0,175	0,079	2,202	0,028
H5	Níveis de estoque	<---	Consumo de recursos	1,008	0,161	6,243	0,001
H6	Ciclo operacional	<---	Logenvidade	1,2	0,213	5,629	0,001
H7	Fluxo de informações	<---	Redução de imperfeições	0,69	0,233	2,96	0,003
H8	Fluxo de materiais	<---	Longevidade	1,129	0,197	5,72	0,001

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar que os coeficientes de regressão para as 8 hipóteses testadas mostraram-se significativos ($\text{sig} < 0,05$). A descrição dessas relações testadas está detalhada na seção 4.4.1.

Posteriormente foram verificados os índices de ajuste do modelo. A tabela 15 apresenta um resumo dos índices, bem como os valores sugeridos pela literatura. Com base na tabela pode-se constatar que os índice de ajuste estão dentro do recomendado, exceção feita ao CFI, que apresentou índice dentro parâmetro recomendado no modelo de medida, mas que ficou abaixo no modelo estrutural.

Tabela 15 – testes dos índices de ajuste do modelo estrutural

Índice	χ^2	Df	χ^2/df	CFI	RMSEA
Valor	745,342	455	1,64	0,811	0,06
Sugerido	-	-	Menor que 5	Maior que 0,90	Menor ou igual a 0,08
Literatura	-	-	Kline (2005)	Garson (2012)	Hair et al. (2009)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses índices relacionam o ajuste do modelo à sua complexidade, portanto modelos menos complexos tendem a se ajustar melhor aos dados (HAIR et al., 2009). O design deve ser concebido e compreendido no todo (BEJAN, 1997). Um dos principais *gaps* identificados neste estudo foi a falta de compreensão do todo nos designs das cadeias de suprimentos.

Entende-se que este cenário pode ser explicado pelos seguintes motivos: (i) é o primeiro modelo de medida advindo da Teoria Construtal (citado anteriormente); (ii) A amostra final foi coletada em um período de 5 meses, de setembro de 2020 à fevereiro de 2021, durante o período crítico da pandemia, com dados referente ao ano 2019 (pré-pandemia) e isto pode ter prejudicado a coleta. Nesse sentido, e por motivos teóricos já citados, optou-se pela manutenção do modelo, ainda que com o índice de CFI pouco abaixo do valor esperado.

4.3.3 Hipóteses

Nesta seção, apresentar-se-á, os elementos de suporte (ou não rejeição) às hipóteses, sendo que na próxima seção se discutirá as implicações teóricas destas evidências empíricas.

Hipótese 1: Envolvendo elementos do constructo **Propósito**, foram encontradas evidências (significância 0,001), de que a longevidade de uma cadeia de suprimentos está positivamente relacionada à criação de valor (coeficiente 0,857). Ou seja, a sobrevivência e a sustentabilidade de uma rede de suprimentos no tempo está vinculada a sua capacidade de geração de valor percebida entre os agentes inseridos nos diferentes elos.

Hipótese 2: Envolvendo elementos do constructo **Propósito**, foram encontradas evidências (significância 0,001), de que um **menor consumo de recursos** de uma cadeia de suprimentos está positivamente relacionada à sua **longevidade** (coeficiente 0,979). Ou seja, quanto maior for a racionalização no emprego dos diversos tipos de recursos (econômicos, humanos, produtivos) maior tende ser a sobrevivência de uma rede de suprimentos no tempo.

Hipótese 3: Envolvendo elementos do constructo **Propósito** e **Esbelteza da massa**, foram encontradas evidências (significância 0,001) de que uma maior utilização da capacidade instalada da organização e sua rede está positivamente relacionada com a sua longevidade

(coeficiente 0,563). Ou seja, quanto mais e maior for a taxa de utilização dos recursos produtivos (menor ociosidade) maior tende a ser a longevidade da cadeia de suprimentos.

Hipótese 4: Envolvendo os elementos do constructo **Propósito e Esbelteza da massa**, foram encontradas evidências (significância 0,028) de que uma maior capacidade instalada (e sua utilização) está positivamente relacionada com menores imperfeições na cadeia de suprimentos (coeficiente 0,175). Ou seja, quanto maior a capacidade instalada da rede de suprimentos maior é a capacidade da organização em contornar possíveis imperfeições como, por exemplo, eventuais interrupções no fluxo de abastecimento.

Hipótese 5: Envolvendo os elementos do constructo **Propósito e Esbelteza da massa**, foram encontradas evidências (significância 0,001) de que menores níveis de estoque posicionados ao longo da cadeia estão positivamente relacionados ao menor consumo de recursos da cadeia de suprimentos (coeficiente 1,008). Ou seja, quanto menor forem os níveis de estoque maior é a economia de recursos diversos percebidos na rede de abastecimento.

Hipótese 6: Envolvendo elementos do constructo **Propósito e Velocidade**, foram encontradas evidências (significância 0,001) de que um ciclo operacional menor está positivamente relacionado com a longevidade da cadeia de suprimentos (coeficiente 1,200). Ou seja, quanto menor for o tempo de execução entre a solicitação e a disponibilidade do item a ser adquirido no estoque, mais longa tende a ser a cadeia de suprimentos.

Hipótese 7: Envolvendo elementos do constructo **Propósito e Velocidade**, foram encontradas evidências (significância 0,003) de que uma maior velocidade no fluxo de informações está positivamente relacionada com a redução das imperfeições na cadeia de suprimentos (coeficiente 0,690). Ou seja, quanto maior for a velocidade da informação compartilhada pelos canais entre os elos da cadeia, menor tende a ser os problemas de não-conformidade existentes.

Hipótese 8: Envolvendo elementos do constructo **Propósito e Velocidade**, foram encontradas evidências (significância 0,001) de que uma maior velocidade no fluxo de materiais está positivamente relacionado com a longevidade da cadeia de suprimentos (coeficiente 1,129). Ou seja, quanto maior for a velocidade com que os materiais fluem a jusante da cadeia, mais longa tende a ser a rede de abastecimento.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação dos princípios do design com o desempenho da Cadeia de Suprimentos e, a partir disso, propor uma nova abordagem teórica para a Cadeia de Suprimentos que observe, conjuntamente, o seu design e desempenho, a partir da lente teórica da Teoria Construtal.

A seguir, nas próximas seções, são discutidas as implicações teóricas dos resultados encontrados sobre as abordagens existentes de cadeia de suprimentos (5.2) e posteriormente, o primeiro ensaio sobre uma nova teoria proposta nesta tese: a **Teoria Construtal das Cadeias de Suprimentos** (5.3).

5.2 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS: CRÍTICAS E IMPLICAÇÕES ÀS ABORDAGENS DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Os estudos sobre as cadeias de suprimentos, especialmente associados ao design, apresentam perspectivas, na maioria das vezes, distintas e pouco conectadas (SEZEN, 2008). Compreende-se que não existe uma teoria unificada sobre Cadeia de Suprimentos. O que existe, sim, são abordagens com pouca abrangência e com severas limitações para visualizar, compreender o todo e, partir disso, entender o desempenho.

Portanto, nesse estudo, entende-se que o design é muito maior, mais complexo, e sua definição deve ser concebida, mais uma vez, considerando o *todo*. Nisso, as Cadeias de Suprimentos devem possuir objetivos claros e plausíveis, e serão estes, por sua vez, que orientarão todo o seu design. A isso, intitula-se de definição de **Propósito das Cadeias de Suprimentos**. O design seria, portanto, precedido por definições maiores e mais importantes.

Poucos pesquisadores aplicaram esforços para compreender sobre os alvos e objetivos primários de uma cadeia de suprimentos. Chopra e Meindl (2004), por exemplo, defendem que o design envolve essencialmente questões táticas e operacionais (decisões sobre número, localização e seleção de fornecedores, planejamento das capacidades em cada instalação, definição de termos dos relacionamentos entre os participantes, reações às possíveis divergências entre os membros do canal, definição da abrangência mercadológica e a seleção

de subconjuntos, componentes e materiais da cadeia). Neste estudo, entende-se que o design (de uma cadeia de suprimentos) é muito maior e mais complexo. Toda e qualquer rede de abastecimento busca, intrinsecamente, um propósito de sobrevivência e manutenção da “vida” ao longo do tempo.

A Criação de Valor

Poucos pesquisadores abordam a criação e a apropriação do valor ao longo da cadeia de suprimentos (exceção feita ao estudo recente de Gray (2020)). Nesses estudos, o valor sempre foi tratado como um objeto secundário ou avaliado a partir de perspectivas isoladas, decorrente uma abordagem sobre o design específica (por exemplo: modelo baseado em estágios de Pashaei e Olhager (2015); modelo baseado em integração de Zhao et al (2008) e Flynn (2010)). Até no que se refere à própria conceituação de criação de valor é atribuída tendo de um lado o cliente e, por outro lado, o fornecedor - exceção feita à definição de Holweg e Helo, 2014 (trouxeram a perspectiva de valor em termos financeiros ao longo da cadeia de suprimentos). Nisso, este estudo propõe que a criação valor é uma das definições primárias, observada a partir de uma perspectiva conjunta, e que impacta, por sua vez, na longevidade (sustentabilidade, sobrevivência) e no design e de uma cadeia de suprimentos.

O uso dos Recursos

Nesse estudo, encontrou-se evidências de que a racionalização no uso de recursos possui relação com a sustentabilidade da cadeia de suprimentos. As medidas de recursos estão focadas na eficiência no uso dos recursos em um sistema de cadeia de suprimentos (BEAMON,1999; MEIXELL; GARGEYA, 2005). Nesse sentido, a racionalização dos recursos deve ser aplicada concebendo o *todo* da cadeia, envolvendo os seus principais agentes estabelecidos ao longo dos elos. Por exemplo, os níveis de estoque devem estar distribuídos ao longo da cadeia com base nas informações oriundas da demanda, mantendo-os em níveis mínimos; os recursos produtivos e logísticos devem ser racionalizados entre todos os elos, não restritos somente à empresa focal ou aquela que detém a governança da cadeia.

A Capacidade Instalada

A capacidade instalada da empresa é uma medida da quantidade máxima de produtos ou serviços que pode ser produzido num dado intervalo de tempo (Schmenner; Swink, 1998). Essa medida, nos estudos avaliados, apresentaram a capacidade vinculadas à empresa focal, não estendendo aos fornecedores e distribuidores-chave. Um dos pressupostos do design, é a concepção deste observando o todo. Evidências empíricas apontaram que a maior utilização da capacidade instalada da cadeia possui relação com a sua sobrevivência e sustentabilidade. Nesse sentido, a capacidade instalada, adicionada à variável níveis de estoque, compõe o construto intitulado esbelteza da massa. Uma cadeia de suprimentos deve possuir uma “massa” com forma esbelta, com maior taxa de utilização e com o menor nível de estoque possível (a seguir especificado).

Níveis de Estoque

Os níveis de estoque são definidos como a composição dos materiais que não são utilizados em determinado momento, mas que existem em função de futuras necessidades (LEE; CHU, 2003). Da mesma forma que observado em variáveis anteriores, o nível de estoque, apresentado na literatura vigente, é um componente avaliado isoladamente. Uma cadeia de suprimentos considerada esbelta, deve ter uma “massa” distribuída adequadamente entre os elos, ou seja, níveis de estoque mínimo posicionados. Essa característica indica a racionalização na utilização de recursos aplicada aos agentes pertencentes à rede de abastecimento.

Ciclo Operacional

O ciclo operacional é uma medida de velocidade da cadeia de suprimentos. É o tempo de execução completa de uma atividade, do início da preparação até o complemento final da atividade. No contexto da cadeia de suprimentos envolve o tempo entre a solicitação e a disponibilidade do item a ser adquirido no estoque” (HAMMAMI; FREIN; BAHLI, 2016). O estudo apontou que quanto menor for o ciclo operacional, maior é a longevidade de uma cadeia

de suprimentos. Nesse sentido, compreende-se que esta variável é uma importante medida de desempenho que deve ser observada ao pensar o design de uma cadeia de suprimentos.

Fluxo de informações

A velocidade com que as informações são compartilhadas é uma métrica importante para a definição do design da cadeia. Nesse estudo, encontraram-se evidências que a velocidade com que a informação é compartilhada possui relação positiva com a redução das “imperfeições” (barreiras, atritos) encontradas em uma rede de abastecimento. A literatura vigente, embora ressalte a importância da informação no fluxo de suprimentos (CACHON; FISHER, 1997; LEE *et al.*, 2000, GRAHAM; HARDAKER, 2000), não apresenta relação entre a velocidade desses canais e o design, sendo subentendida com um objeto secundário, geralmente, desconectado das demais decisões.

Fluxo de materiais

O fluxo de materiais diz respeito aos canais pelo qual fluem matéria prima, componentes e insumos de produção para a conseqüente transformação em uma unidade fabril, utilizando-se do transporte entre os elos da cadeia de suprimentos, envolvendo as atividades de recebimento, expedição e armazenamento até a entrega final do produto ao cliente (Mentzer et al., 2001). Na literatura vigente, os estudos sobre o fluxo de materiais denotam a importância que esses canais possuem para a performance da cadeia, entretanto, são raros os estudos que medem a velocidade dos canais e os conectam ao desempenho global e ao design proposto para a cadeia. Neste estudo, inclusive, encontraram-se evidências de que uma maior velocidade do fluxo de materiais está positivamente relacionado com a longevidade da cadeia de suprimentos.

5.3 A TEORIA CONSTRUTAL DAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS: O PRIMEIRO ENSAIO

Pela primeira vez aplicada ao estudo das Cadeias de Suprimentos, a Teoria Construtal é uma teoria que, recentemente, tornou-se objeto de análise em distintas áreas do conhecimento como engenharia, física, biologia, fisiologia e economia (BEJAN; MERKX, 2007; BEJAN, BADESCU; DE VOS, 2000; REIS; MIGUEL; AYDIN, 2004; ROSA; REIS; MIGUEL, 2004; BEJAN *et al*, 2006; REIS 2006; REIS, 2007; MIGUEL, 2007; RAZERA *et. al.* 2018). A Teoria Construtal busca indicar o caminho da evolução dos sistemas, sendo estes naturais ou fabricados (BEJAN, 1997). As Cadeias de Suprimentos são considerados sistemas fabricados e são regidas pela mesma lei da física construtivista: a lei construtal.

Para que um sistema, aberto e finito, possa persistir no tempo (sobreviver) deve evoluir de tal forma que forneça um acesso mais fácil às correntes que fluem através dele (BEJAN 1997). As “correntes” de uma cadeia de suprimentos são os seus canais, os fluxos por onde os materiais escoam. Nesse sentido, o “fácil acesso” a essas “correntes” dizem respeito às formas (grau de facilidade e à velocidade) com que os agentes inseridos nos diferentes elos conseguem acessar esses canais para despachar esses materiais a jusante da Cadeia.

A abordagem construtiva de Adrian Bejan permite a criação de projetos eficientes usando um novo princípio que gera sua forma: a distribuição ideal de imperfeição. Uma cadeia de suprimentos deve possuir uma configuração que a permita evoluir “livremente” ao longo do tempo, reduzindo as imperfeições. As imperfeições, nesse sentido, são os elementos ou barreiras encontradas que põe em risco a existência do sistema. Por exemplo: como uma cadeia lida com a interrupção do seu fluxo de suprimentos? Seja por um eventual desastre, como terremotos, tsunamis e furações, ou por riscos fabricados, como guerras e epidemias, estas imperfeições (interrupção do fluxo) põe em cheque a existência de qualquer rede de abastecimento.

De modo geral, um sistema finito sempre busca um caminho de maior economia de energia (BEJAN, 1997). Nisso, as cadeias de suprimentos devem ter como um de seus propósitos encontrar um “caminho” em que seja possível a minimização dos custos de suas atividades, consonante, com a maior criação de valor possível. A expressão do balanço “ótimo”, estabelecido na definição do Propósito das cadeias, deve sempre acompanhar esse processo.

Todo o sistema possui um tamanho, na teoria construtal chamado de Massa, que pode ser determinado pelo somatório da massa dos seus componentes. Quanto maior for a massa, maior é a tendência de longevidade e de melhor desempenho desse sistema, entretanto, essa

massa precisa estar distribuída adequadamente ao longo da sua forma/extensão física; a isso, chama-se de esbelteza. As Cadeias de Suprimentos devem possuir uma capacidade instalada e níveis de estoque congruentes com o seu propósito (Longevidade, Redução de Imperfeições, Criação de Valor, Menor Consumo de Recursos). A capacidade instalada e os níveis adequados, que devem possuir a maior taxa de utilização e os menores níveis respectivamente, devem ser compreendidas a partir do todo da cadeia e não apenas da empresa focal. Isso daria uma medida da forma esbelteza dessa rede de suprimentos.

As empresas não são mais que complexos pacotes econômicos, humanos (sociais), líquidos, gases, materiais e vários outros fluxos - muitos destes são recursos não renováveis (MORRONI, 2007). Nesse sentido, ficou evidenciado nesse estudo de que menores níveis de estoque posicionados ao longo da cadeia possuem relação uma relação positiva com o menor consumo de recursos (outro pressuposto da teoria). Dessa forma, a esbelteza de uma cadeia de suprimentos proporcionaria, também, um menor consumo de recursos.

Além disso, um sistema sempre busca o caminho de maior velocidade (BEJAN, 1997). Uma cadeia de suprimentos deve buscar a maior velocidade nos fluxos de materiais, informações e de ciclos (operacionais, financeiros). Uma maior velocidade, por exemplo, no fluxo de materiais à jusante, indica que uma cadeia encontrou um “caminho” entre os seus elos capaz de “fazer fluir” a sua produção até o seu cliente. Já a velocidade em que as informações são compartilhadas pelos canais entre os elos, pode possibilitar uma resposta mais rápida às solicitações da demanda, reduzindo o lead time e, inclusive, a necessidade recursos.

Estar de acordo essas “leis”, expostas até aqui, que regem a “vida (existência/ciclo de vida)” de uma cadeia de suprimentos, é estar de acordo com as leis da natureza que regem a vida dos sistemas. Estar em consonância com as leis da natureza é uma maneira de garantir o fluxo. E onde há fluxo, há movimento, há vida. Por isso, aos gestores desses sistemas, indaga-se: A gestão e a estrutura constituída de suas cadeias de suprimentos são *facilitadores* ou *dificultadores* desse fluxo? Suas estruturas estão evoluindo na velocidade necessária de modo que os fluxos continuem existindo?

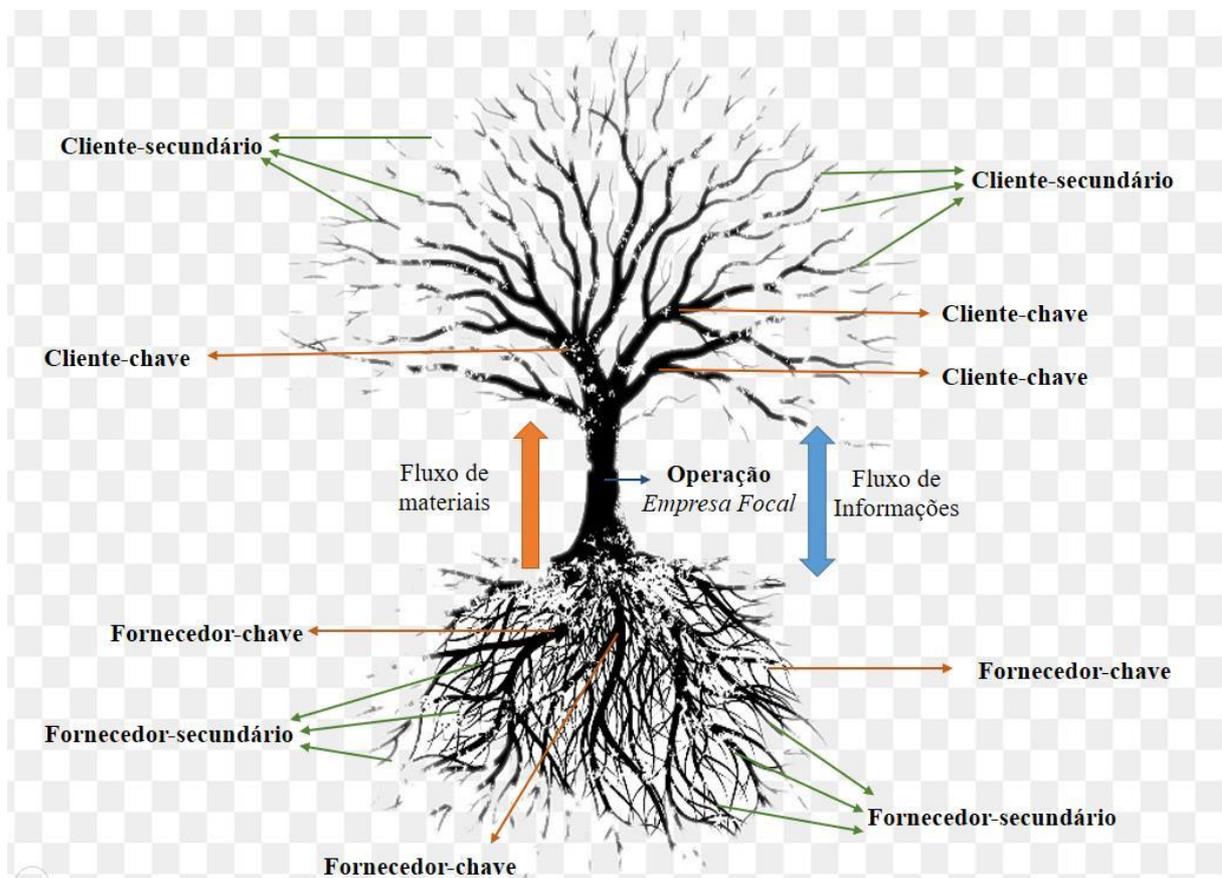
A essência do design se dá pela transição ou contraste de um novo modo de fluir para o sistema evoluir. Com isso, o fluxo é melhorado com passar do tempo, reduzindo as imperfeições (BEJAN; ZANE, 2012; REIS, 2006). O baixo desempenho de uma cadeia de suprimentos está vinculado ao número e ao tamanho de suas “imperfeições”. O desempenho pode ser melhorado ao longo do tempo, respeitando os princípios da lei construtivista.

Não afirma-se nesta proposta teórica que todas as cadeias de suprimentos são iguais, visto que variáveis como setor mercadológico, recursos tecnológicos e humanos, interferem

nessa evolução. Entretanto, todas elas evoluem de acordo com o mesmo padrão. Nesse mesmo sentido, Bejan e Zane reafirmam a existência do mesmo padrão de evolução encontrado na natureza.

Sob uma perspectiva ilustrativa do design, a geometria ótima, e frequentemente encontrada na natureza, derivou da lei construtiva e é uma rede em forma de árvore, já que esta configuração apresenta-se como a melhor para ligar um ponto a uma área ou volume (BEJAN; ZANE, 2012). As cadeias de suprimentos também podem ser visualizadas dessa forma, como representa a Figura 8.

Figura 8 – A cadeia de suprimentos e a forma de uma árvore



Fonte: elaborado pelo autor

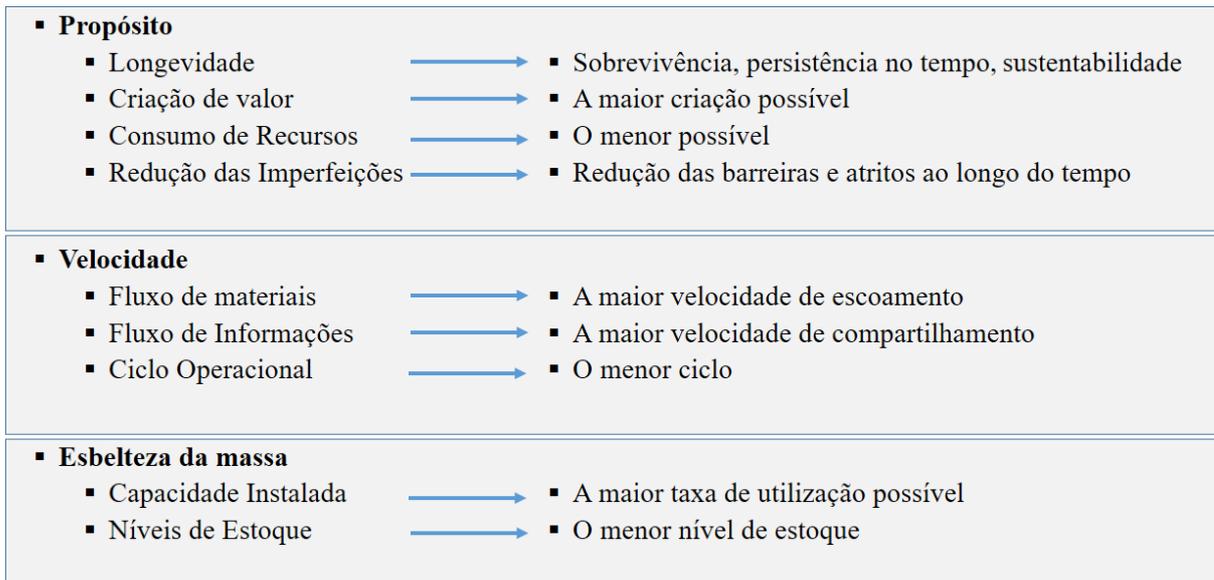
A teoria construtal das cadeias de suprimentos possibilita a compreensão ampla e mais unificada das diferentes abordagens sobre o assunto, concentrando-se naquilo que é a essência de todo e qualquer sistema. O design e o desempenho de uma cadeia só pode ser concebido e compreendido a partir do entendimento do seu *todo*. Nisso, nota-se claramente um *gap* na literatura, visto que apresenta modelos e abordagens pouco abrangentes e integrativos sobre

assunto sendo, muitos desses, antagônicos. De que adianta um olhar somente voltado para a sua capacidade produtiva? Ou somente para a capacidade de entrega, para o custo, ou para a maximização do valor para o acionista?

Diversos são os fatores que influenciam no formato do objeto analisado e, quanto mais fatores forem analisados (multi objetivo), mais próximos da realidade serão os designs obtidos. A fonte inspiradora dessa proposta, a Teoria Construtal, demonstra como os governos são projetados como bacias hidrográficas e como os negócios são tão interdependentes quanto as árvores e suas raízes chão de uma floresta (BEJAN; ZANE, 2012). Pesquisadores como Lambert e Cooper, embora tenham afirmado que uma cadeia de suprimentos possui semelhança com uma árvore e suas raízes, pouco contribuíram para a concepção do todo. Os estudos deles e dos demais pesquisadores, se ativeram a abordagens isoladas, como já relatado anteriormente.

As organizações, conforme expressado anteriormente, devem possuir uma estrutura ótima, permitindo-lhes "persistir no tempo" - para alcançar o objetivo de sustentabilidade (Morrioni, 2007). A estrutura ótima de uma cadeia de suprimentos é uma conjunção e um balanço adequado entre Propósito, Esbelteza da Massa, Velocidade e a sua Liberdade (este último constructo não testado e medido empiricamente neste estudo, porém, com indícios teóricos consistentes de sua existência, apresentados na seção a seguir). “O Design é a transformação de algo para torna-lo melhor” (BEJAN; ZANE, 2012). As cadeias de suprimentos devem, após as definições de Propósito, proporcionar condições para que o seu design (sua estrutura ótima), ao mesmo tempo, seja eficiente (processos) e tenha a Liberdade necessária para evoluir, transformar e adaptar-se.

A Figura 9 apresenta uma síntese dos constructos proposta nesta teoria e a direção para o qual cada um destes caminha. Além disso, na próxima seção, de futuras pesquisas (5.4), destaca-se a possibilidade de observação empírica de mais um constructo essencial para a “vida” dos sistemas e das cadeias de suprimentos: a Liberdade.

Figura 9 – síntese dos construtos e de seus caminhos

Fonte: elaborado pelo autor

5.4 FUTURAS PESQUISAS: UM CONSTRUCTO A SER TESTADO: LIBERDADE

Na natureza, há uma tendência que tudo se mova e se modifique. A ação de mover-se é o sustentáculo da vida e o movimento em direção ao equilíbrio permite que as “coisas” na natureza rumem, cada qual, para o seu objetivo (BEJAN, 2016).

A liberdade é um pressuposto fundamental para que um sistema continue evoluindo. A liberdade no sistema permite que o escoamento do fluxo seja aperfeiçoado ao longo tempo, alcançando o seu propósito. Além disso, a liberdade permite o sistema se adaptar às contingências, reduzindo os atritos e imperfeições.

Da mesma forma, o design da cadeia de suprimentos deve possibilitar a liberdade necessária para se ajustar as constantes mudanças ocorridas no ambiente, em especial, dos requisitos oriundos dos compradores (LAMBERT; COOPER, 2000; MEIXELL; GARGEYA, 2005). Isto permitirá a “sobrevivência” da cadeia no tempo. Não obstante, a liberdade em uma cadeia deve possibilitar o ajuste para a reconfiguração do seu design, revendo aspectos relacionados à sua massa, esbelteza, e velocidade, caso necessário.

São variáveis propostas que compõe este constructo: (i) **Flexibilidade**, (ii) **Agilidade**, (iii) **Nível de integração** e o (iv) **Nível de Confiança** da cadeia de suprimentos.

Flexibilidade

Um sistema, para continuar evoluindo, precisa de liberdade (BEJAN, 1997). A flexibilidade é necessária para ajustes ao longo do tempo nos propósitos da cadeia de suprimentos, oriundo de alterações da demanda (SODHI e SON 2009; CHEUNG *et al.*, 2010; HUO, QI, WANG e ZHAO, 2014). Isto envolve a contínua capacidade de ajustes para criação de valor e para a manutenção ou aumento do nível de satisfação do comprador (SEZEN, 2008). Uma maior flexibilidade implica em uma maior capacidade de ajuste e adaptações aos eventuais novos propósitos que delineiam o design da cadeia de suprimentos (MEIXELL; GARGEYA, 2005).

Agilidade

Além da flexibilidade, a agilidade é um importante componente da liberdade da cadeia de suprimentos. A agilidade é a capacidade das operações se ajustarem rapidamente e reagirem a fatores ambientais variáveis (LIM; MAK; SHEN, 2016). Em cenários de grande sazonalidade na demanda, por exemplo, o deslocamento dos estoques entre centros de distribuição aliados a operadores logísticos ágeis pode garantir o atendimento a demanda (CORRÊA, 2010). De forma oposta, se uma cadeia for flexível porém, pouco ágil, o tempo para atendimento aos prazos dos clientes, por exemplo, pode não ser cumprido.

Nível de Integração

A integração da cadeia de suprimentos é a colaboração estratégica de processos intra e Interorganizacionais” (WONG *et al.*, 2011) e pode envolver, até mesmo, integração em nível estratégico (ADAMS *et al.*, 2014; SEO *et al.*, 2014). Por isso, são diferentes os níveis de integração existentes, que variam entre as cadeias. No entanto, os benefícios deste referido processo são inúmeros e envolvem, por exemplo, explorar combinações únicas de habilidades e conhecimentos conjuntos, melhorando assim a eficiência transacional (SCHOENHERR; SWINK, 2012). Ou seja, observando a cadeia de suprimentos como um sistema fabricado, um maior nível de integração possibilita a redução das imperfeições, justamente, pela maior fluidez (eficiência) dos fluxos (processos).

Nível de Confiança

O nível de confiança modera a liberdade de uma cadeia de suprimentos. A flexibilidade e a agilidade estão contingenciadas ao nível de confiança na informação estabelecido nas relações entre os atores, ou seja, à crença em um comportamento adequado na troca de informações fidedignas e relevantes sobre diversos assuntos relacionados à gestão da cadeia. Isto pode implicar, por exemplo, no ajuste dos prazos (entrega de materiais, pagamentos), tamanho dos lotes, preços e requisitos de qualidade do produto. Quanto maior o nível da confiança, em especial, no ator da cadeia de suprimentos que está próximo à demanda (por exemplo, o varejista), mais rapidamente poderá se propor ajustes nos objetivos-alvo da cadeia. Confiança implica em se utilizar de informações repassadas pelo parceiro adotando uma postura mais flexível nos canais, de modo, também, a não enrijecer o tipo de conteúdo transmitido. A acurácia das informações advindas dos canais, inclusive, contribui significativamente para o desempenho operacional da cadeia de suprimentos (SODHI; SON, 2009). Além disso, a informação advinda do parceiro que está a jusante da cadeia, pode determinar novos parâmetro competitivos, como o de criação de valor, nível de satisfação do comprador e nível de serviço adequados.

5.5 LIMITAÇÕES

Coletar dados em meio a uma pandemia traduziu-se em um dos maiores desafios desta pesquisa. Em meio a dores, mortes, busca pela sobrevivência, encontrar o público-alvo disposto e apto a ser submetido à um instrumento de coleta, relativamente longo, exigiu paciência, serenidade, e o emprego de recursos financeiros acima que foi inicialmente planejado. Por isso, um eventual viés nos dados não pode ser descartado e as dificuldades encontradas em alguns indicadores de *fit* do modelo, de certa forma, justificada.

6 REFERÊNCIAS

- Akkermans, H., Bogerd, P. and Doremalen, J.V. “Travail, transparency and trust: a case study of computersupported collaborative supply chain planning in high-tech electronics”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 153 No. 2, pp. 445-56, 2004.
- Arntzen, B., G. Brown, T. Harrison, and L. Trafton. “Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation.” *Interfaces* 21 (1): 69–93, 1995.
- Barnes, J.; Liao, Y. The effect of individual, network, and collaborative competencies on the supply chain management system. *International Journal of Production Economics*, v. 140, p. 888–899, 2012.
- Baud-Lavigne, B.; Agard, B.; Penz, B. Simultaneous product family and supply chain design: An optimization approach. *International Journal Of Production Economics*, [s.l.], v. 174, p.111-118, 2016.
- Bejan, A . “Constructal-theory network of conducting paths for cooling a heat generating volume,” *Int. J. Heat Mass Transfer* 40, 799–816, 1997.
- Bejan, A. *Shape and Structure, from Engineering to Nature*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000.
- Bejan, A. “The Physics of Life: The Evolution of Everything” St. Martin's Press, New York, 2016.
- Bejan, A.; Lorente, S. “The Constructal Law and Evolution of Design in Nature,” *Physics of life reviews* 8, 209-240, 2011
- Bejan, A.; Lorente, S.; Miguel, A. F.; Reis, A. H. *Constructal Human Dynamics, Security and Sustainability*, IOS Press, Amsterdam, 2009.
- Bejan. A.; Merckx G. W. *Constructal Theory of Social Dynamics*, edited by. Springer, New York, 2007.
- Bejan A.; Lorente, S.; *Design With Constructal Theory*. Wiley,Hoboken, 2008.
- Bejan A.; Zane, J. P. *Design in Nature: How the Constructal Law Governs Evolution in Biology, Physics, Technology, and Social Organization*. Doubleday, New York, 2012.
- Blome, C.; Schoenherr, T; Kaesser, M. Ambidextrous governance in supply chains: The impact on innovation and cost performance. *Journal of Supply Chain Management*, v. 49, n. 4, p. 59-80, 2013.
- Bhatnagar, R.; Sohal, A.S. “Supply chain competitiveness: measuring the impact of location factors, uncertainty and manufacturing practices”, *Technovation*, Vol. 25 No. 5, pp. 443-56, 2005.
- Bowersox, Donald; Closs, David. *Logistical management: the integrated supply chain process*. São Paulo: Atlas, 2001.

Biswas, S., Narahari, Y., Object oriented modeling and decision support for supply chains. *European Journal of Operational Research* 153, 704–726, 2004.

Burns, J.; Vaivio, J. *Management accounting change*. *Management Accounting Research*, v. 12, n. 4, p. 389-402, 2001.

Cachon, G.P. and Fisher, M. “Campbell Soup’s continuous replenishment program: evaluation and enhanced inventory decision rules”, *Production and Operations Management*, Vol. 6 No. 3, pp. 266-76, 1997.

Chenhall, R. H. *Integrative strategic performance management systems, strategic alignment of manufacturing learning and strategic outcomes: an exploratory study*. *Accounting, Organizations and Society*, v. 30, p. 395-422, 2005.

Chia, A.; Goh, M.; Hum, S. H. Performance measurement in supply chain entities: balanced scorecard perspective. *Benchmarking: An International Journal*, v. 16, n. 5, p. 605-620, 2009.

Beamon, B.M. “Measuring supply chain performance”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 No. 3, pp. 275-92, 1999.

Cheng, J.; Chen, M. E Huang, C. Assessing inter-organizational innovation performance through relational governance and dynamic capabilities in supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 19, n. 2, p. 173 – 186, 2014.

Cheung, M.; Myers, M. B. E Mentzer, J. T. Does relationship learning lead to relationship value? A cross-national supply chain investigation. *Journal of Operations Management*, v. 28, p. 472–487, 2010.

Chopra, S.; Meindl, P. *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operations*, 2nd ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2004.

Christopher, M. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies For Reducing Costs and Improving Services*, 2nd ed., Financial Times/Pitman Publishing, London, 1998

Cohen, M.A; Mallik, S. “Global supply chains: Research and applications”, *Production and Operations Management*, Vol. 6 No. 3, pp. 193-210, 1997.

Daskin MS. *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*. 2nd ed. (John Wiley, New York), 2013.

Doha, A.; Das, A.; Pagell, M. The influence of product life cycle on the efficacy of purchasing practices. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 33, n. 4, p. 470 – 498, 2013.

Donaldson, L. *The contingency theory of organizations*. *Foundations for organizational science*. London: Sage, 2001.

Drezner Z. *Facility Location: A Survey of Applications and Methods* (Springer, New York), 1995.

Drezner Z, Hamacher HW. *Facility Location: Applications and Theory* (Springer, New York), 2005.

Ferrão, M.E.; Beltrão, K.I.; Santos, D.P. Modelo de regressão multinível: Aplicação ao estudo do impacto da política de não-repetência no desempenho escolar dos alunos da 4ª série. ABEP, 2002.

Ferreira, A.; Otley, D. *The design and use of performance management systems: na extended framework for analysis*. Management Accounting Research, n. 20, p. 263-282, 2009

Fine, C.H. “Clockspeed-based strategies for supply chain design”, Production and Operations Management, Vol. 9 No. 3, pp. 213-221, 2000.

Finger, A. B.; Flynn, B. B. E Paiva, E. L. Anticipation of new technologies: Supply chain antecedents and competitive performance. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 34, n. 6, p. 807-828, 2014.

Fisher, M.L. “What is the right supply chain for your product?”, Harvard Business Review, Vol. 75 No. 2, pp. 105-116, 1997.

Fixson, S.K. “Product architecture assessment: A tool to link product, process, and supply chain design decisions”, Journal of Operations Management, Vol. 23 No. 3-4, pp. 345-369, 2005.

Foerstl, K.; Hartmann, E.; Wynstra, F.; Moser, R. Cross-functional integration and functional coordination in purchasing and supply management: Antecedents and effects on purchasing and firm performance. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 33, n. 6, p. 689-721, 2013.

Fujimoto, T. “Architecture-based comparative advantage – A design information view of manufacturing”, Evolutionary and Institutional Economics Review, Vol. 4 No. 1, pp. 55-112, 2007.

Fujimoto, T. “The long tail of the auto industry life cycle”, Journal of Product Innovation Management, Vol. 31 No. 1, pp. 8-16, 2013.

Funaki, K., “Strategic safety placement in supply chain design with due-date based demand.” International Journal of production Economics 135 (1): 4–13, 2012.

Garson, D. G. **Structural Equation Modelling**. [S.l.]: Statistical Associates Publishers, 2012

Graham, G; Hardaker, G. “Supply-chain management across the internet”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 30 Nos 3/ 4, pp. 286-95, 2000.

Graves, S. C; S. P. Willems. “Supply Chain Design: Safety Stock Placement and Supply Chain Configuration.” Handbooks in OR & MS 11: 95–132, 2003.

Gray, J. V. E Handley, S. M. Managing contract manufacturer quality in the presence of performance ambiguity. *Journal of Operations Management*, v. 38, p. 41- 55, 2015.

Green Jr, K. W.; Zelbst, P. J.; Meacham, J.; Bhadauria, V. S. Green supply chain management practices: impact on performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 17, n. 3, p. 290–305, 2012.

Green Jr, K. W.; Zelbst, P. J.; Meacham, J.; Bhadauria, V. S. Green supply chain management practices: impact on performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 17, n. 3, p. 290–305, 2012.

Gulledge, T.; Chavusholu, T. Enterprise Integration, Inc., Alexandria, Virginia, USA and George Mason University, Fairfax, Virginia, USA, and Automating the construction of supply chain key performance indicators. *Industrial Management & Data Systems*, v. 108, n. 6, p. 750-774, 2008.

Gunasekaran, A.; Patel, C.; Tirtiroglu, E. Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n. 1/2, p. 71-87, 2001.

Gutierrez, G.J., Kouvelis, P. A robustness approach to international sourcing. *Annals of Operations Research* 59, 165–193, 1995.

Handfield, R.; Petersen, K.; Cousins, P.; Lawson, B. An organizational entrepreneurship model of supply management integration and performance outcomes. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 29, n. 2, p. 100- 126, 2009.

Handfield, R.; Cousins, P.; E Lawson, B.; Petersen, K. How can supply management really improve performance? A knowledge-based model of alignment capabilities. *Journal of Supply Chain Management*, v. 51, n. 3, 2015.

Hammami, R.; Frein, Y.; Bahli, B. Supply chain design to guarantee quoted lead time and inventory replenishment: model and insights. *International Journal of Production Research.*, 2016.

Handfield, R.B. “US global sourcing: patterns of development”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14 No. 6, pp. 40-51, 1994.

Hernández-Espallardo, M.; Rodríguez-Orejuela, A.; Sánchezpérez, M. Inter-organizational governance, learning and performance in supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 15, n. 2, p. 101–114, 2010.

Hodder, J.E., Jucker, J.V. International plant location under price and exchange rate uncertainty. *Engineering Costs and Production Economics* 9, 225–229, 1985.

Holmberg, Stefan. A systems perspective on supply chain measurements. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v.30, n. 10, p. 847-868, 2000.

Holweg, M.; Helo, P. Defining value chain architectures: Linking strategic value creation to operational supply chain design. *International Journal Of Production Economics*, [s.l.], v. 147, p.230-238, 2014.

Huo, B.; Qi, Y.; Wang Z.; Zhao, X. The impact of supply chain integration on company performance: An organizational capability perspective. *Supply Chain Management*, v. 17, n. 6, p. 596-610, 2014.

Hult, G. T. M; Ketchen-Jr, D. J.; Cavusgil, S. T.; Calantone, R. J. Knowledge as a strategic resource in supply chains. *Journal of Operations Management*, v. 24, p. 458–475, 2006.

Kaynak, H. E Hartley, J. L. A replication and extension of quality management into the supply chain. *Journal of Operations Management*, v. 26, p. 468–489, 2008.

Krause, D. R.; Handfield, R. B.; Tyler, B. B. The relationships between supplier development, commitment, social capital accumulation and performance improvement. *Journal of Operations Management*, v. 25, p. 528–545, 2007.

Koufteros, X.A. "Testing a model of pull production: a paradigm for manufacturing research using structural equation modeling". *Journal of Operations Management* 17, 467–488, 1999

Lambert, Douglas M.; Pohlen, Terrance L. Supply chain metrics. *The International Journal of Logistics Management*, v. 12, n. 1, p. 1-19, 2001.

Lakhal, S., A. Martel, M. Oral, and B. Montreuil. "Network Companies and Competitiveness: A Framework for Analysis." *European Journal of Operational Research* 118: 278–294, 1999.

Laudon, K.C.; Laudon, J. P. *Management information systems: organization and technology in the networked enterprise*. 6th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

Lawrence, Paul R.; Lorsch, Jay W. *Organization and environment: managing differentiation and integration*. Homewood, 1967.

Lee, H.L., So, K.C. and Tang, C.S. "Value of information sharing in a two-level supply chain", *Management Science*, Vol. 46 No. 5, pp. 626-43, 2000.

Lin, F., Huang, S. and Lin, S. "Effects of information sharing on supply chain performance in electronic commerce", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 49 No. 3, pp. 258—68, 2002.

Lim, M. K.; Mak, H.; Shen, Z. *Agility and Proximity Considerations in Supply Chain Design*. *Management Science*, 2016.

Mak H-Y. *Supply chain network design with dynamic inventory sharing*. Working paper, Department of Industrial Engineering and Logistics Management, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, 2012.

Malhotra, N. **Pesquisa de Marketing**. Porto Alegre: Bookman, 2012

Matitz, Q. R. S. E Bulgacov. S. O conceito desempenho em estudos organizacionais e estratégia: um modelo de análise multidimensional. *RAC. Revista de Administração Contemporânea*, v.15, n. 4, p. 580-607, jul./ago. 2011

Meixell, M.J.; Gargeya, V.B. "Global supply chain design: A literature review and critique", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 41No. 6, pp. 531-550, 2005.

Melnyk, S. A., R. R. Lummus, R. J. Vokurka, L. J. Burns, and J. Sandor. "Mapping the Future of Supply Chain Management: A Delphi Study." *International Journal of Production Research* 47 (16): 4629–4653, 2009.

- Melnyk, S. A., R. Narasimhan; H. A. DeCampos. "Supply Chain Design: Issues, Challenges, Frameworks and Solutions." *International Journal of Production Research* 52 (7): 1887–1896, 2014.
- Miguel, A.F. "Constructal pattern formation in nature and in crowd motion" In: *Constructal Theory of Social Dynamics* (A. Bejan, G. W. Merx - editores) Springer, NY, 2007.
- Morroni, F. "Constructal Approach to Company Sustainability" In: *Constructal Theory of Social Dynamics* (A. Bejan, G. W. Merx - editores) Springer, NY, 2007.
- Murillo, F.J. *Hacia Un Modelo De Eficacia Escolar. Estudio Multinivel Sobre Los Factores De Eficacia En Las Escuelas Españolas*, Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, Vol. 6, No. 1, 2008.
- Narasimhan, R.; Kim, S.W. Effect of supply chain integration on the relationship between diversification and performance: evidence from Japanese and Korean firms. *Journal of Operations Management*, v. 20, n. 3, p. 303–323, 2002.
- Novak, S. and Eppinger, S. D. "Sourcing by design: Product complexity and the supply chain", *Management Science*, Vol. 47 No. 1, pp. 189-204, 2001.
- Ozsen L.; Daskin M.; Coullard C. Facility location modeling and inventory management with multisourcing. *Transportation Sci.* 43(4):455–472, 2009.
- Pashaei, S; Olhager, J. "Product architecture and supply chain design: A systematic review and research agenda", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 20 Iss 1 pp., 2015.
- Paulraj, A.; Lado, A. A.; Chen, I. J. Inter-organizational communication as a relational competency: Antecedents and performance outcomes in collaborative buyer– supplier relationships. *Journal of Operations Management*, v. 26, p. 45–64, 2008.
- Petersen, K., Handfield, R.B., Ragatz, G.L. Supplier integration into new product development: coordinating product, process, and supply chain design. *Journal of Operations Management* 23 (3–4), 371–388, 2005.
- Razera, A.L.; Errera, M.R.; Dos Santos, E.D.; A. Isoldi, A.; Rocha, L. A. O. "Constructal Network Of Scientific Publications, Co-Authorship And Citations". *Proceedings Of The Romanian Academy, Series A, Special Issue/2018, pp. 105–110., 2018.*
- Reis, A.H. "Constructal view of scaling laws of river basins," *Geomorphology* 78, 201–206., 2006.
- Reis, A. H. "Constructal theory: from engineering to physics, and how flow systems develop shape and structure", *Applied Mechanics Reviews* 59, 269-282, 2006.
- Rexhausen, D.; Pibernik, R.; Kaiserd, G. Customer-facing supply chain practices—The impact of demand and distribution management on supply chain success. *Journal of Operations Management*, v. 30 p. 269–281, 2012.

Ritchie, B.; Brindley, C. Supply chain risk management and performance A guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 27, n. 3, p. 303-322, 2007.

Rodrigues, Daniel; Teixeira, Rafael; Shockley, Jeff. Inspection agency monitoring of food safety in an emerging economy: A multilevel analysis of Brazil's beef production industry. *International Journal Of Production Economics*, [s.l.], v. 214, p.1-16, ago. 2019.

Rosa, R.N.; Reis,A.H.; Miguel A.F. (editores) (2004) Bejan's Constructal Theory of Shape and Structure, Centro de Geofísica da Universidade de Évora., 2004.

Rungtusanatham, M.; Salvador, F.; Forza, C.; Choi, T. Y. Supplychain linkages and operational performance: A resource-based-view perspective. *International Journal of Operations e Production Management*, v. 23, n. 9, p.1084- 1099, 2003.

Schmenner, R. W.; Swink, M.L. "On Theory in Operations Management". *Journal of Operations Management* Vol. 17, No. 1, pp. 97-113, 1998

SCC (SUPPLY CHAIN COUNCIL). Supply-chain operations reference – model. Versão 5.0. SCC: Pittsburgh, 2002.

SCC (SUPPLY CHAIN COUNCIL). Supply-chain operations reference – model. Versão 6.0. SCC: Pittsburgh, 2003.

Sezen, B. "Relative effects of design, integration and information sharing on supply chain performance", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 13 Iss 3 pp. 233 – 240, 2008.

Selldin, E.; Olhager, J. "Linking products with supply chains: Testing Fisher's model", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 12 No. 1, pp. 42-51, 2007.

Shapiro, J.F., Singhal, V.M. and Wagner, S.N. "Optimizing the value chain", *Interfaces*, Vol. 23 No. 2, pp. 102-17, 1993.

Shen Z-JM, Coullard C, Daskin MS. A joint location-inventory model. *Transportation Sci.* 37(1):40–55, 2003.

Shen Z-JM, Qi L. Incorporating inventory and routing costs in strategic location models. *Eur. J. Oper. Res.* 179(2):372–389, 2003.

Shepherd, C.; Gunter, H. Measuring supply chain performance: current research and future directions *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 55, n. 3-4, p. 242-258, 2006.

Sodhi, M. S.; Son, B. Supply-chain partnership performance. *Transportation Research Part E*, v. 45, p. 937–945, 2009.

Sink, D. S; Tuttle, T. C. Planejamento e Medição para a Performance. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

Sinha, Kingshuk, K., Van de Ven, Andrew, H.,. Designing work within and between organizations. *Organization Science* 16 (4), 389–408, 2005

Siggelkow, Nicholaj. Change in the presence of fit: the rise, the fall and the renaissance of Liz Claiborne. *Academy of Management Journal* 44 (4), 838–857, 2001.

Skinner, W. *Manufacturing: the missing link in corporate strategy*. Harvard Business Review, v.47, n.3, p.136-145, 1969.

Strader, T.J., Strader, F.L. and Shaw, M.J. “The impact of information sharing on order fulfillment in divergent differentiation supply chain”, *Journal of Global Information Management*, Vol. 7 No. 1, pp. 17-25, 1999.

Tyworth, J. E.; Zeng, A. Z. “Estimating The Effects Of Carrier Transit-Time Performance On Logistics Cost And Service”. *Transportation Research -A*, Vol. 32, No. 2, pp. 89-97, 1998.

Thompson, James D. *Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory*. KOBO EDITIONS, 1967.

White, A., Daniel, E.M. and Mohdzain, M. “The role of emergent information technologies and systems enabling supply chain ability”, *International Journal of Information Management*, Vol. 25 No. 5, pp. 396-410, 2005.

Vachon, S.; Klassen, R. D. Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain. *International Journal of Production Economics*. v. 111, p. 299–315, 2008.

Vickery, S. K.; Jayaram, J.; Dröge, C.; Calantone, R. The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: an analysis of direct versus indirect relationships. *Journal of Operations Management*, v. 21, n. 5, p. 523-539, 2003.

Vidal, C.J., Goetschalckx, M. A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation. *European Journal of Operational Research* 129, 134–158, 2001.

You, F.; E. Y. Grossmann. “Design of Responsive Supply Chains under Demand Uncertainty.” *Computers and Chemical Engineering* 32: 3090–3111, 2001

Zhao, X., Xie, J.; Zhang, W.J. “The impact of information sharing and order-coordination on supply chain performance”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 7 No. 1, pp. 24-40, 2002.