

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA**

**JÚLIA BAILÃO RUIZ**

**USO CONJUNTO DOS MÉTODOS AHP E TOPSIS PARA SELEÇÃO DE  
FORNECEDORES EM UMA MULTINACIONAL DO RAMO DE PETRÓLEO,  
ÓLEO E GÁS.**

**Lorena  
2019**

JÚLIA BAILÃO RUIZ

**Uso conjunto dos métodos AHP e TOPSIS para seleção de fornecedores em uma multinacional do ramo de Petróleo, Óleo e Gás**

Monografia apresentada à Escola Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dalton Garcia Borges de Souza

Lorena  
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado  
da Escola de Engenharia de Lorena,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bailão Ruiz, Júlia

Uso conjunto dos métodos AHP e TOPSIS para seleção de fornecedores em uma multinacional do ramo de petróleo, óleo e gás. / Júlia Bailão Ruiz; orientador Dalton Garcia Borges de Souza. - Lorena, 2019.  
49 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia de Produção - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2019

1. Ahp. 2. Topsis. 3. Mcdm. 4. Óleo e gás. 5. Cadeia de suprimentos. I. Título. II. Garcia Borges de Souza, Dalton, orient.

## DEDICATÓRIA

*Dedico à todos aqueles pelo qual considero minha família,  
sendo ou não de sangue, estando perto ou longe,  
porém sempre ao meu lado.  
Sou eternamente grata!*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores e funcionários da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, por toda dedicação e apoio durante a minha formação acadêmica, em especial ao meu orientador Dalton por toda a ajuda e ao professor Marquinho, que sempre fez o impossível para construir uma nova forma de educação e trazer para a realidade da EEL.

Ao Projeto Criança Feliz, que me ensinou tanto quanto as salas de aula, onde construí novos valores, fiz novos amigos e me transformei em uma pessoa melhor. À toda minha família de Lorena, meus irmãos da turma de Engenharia de Produção 013 que caminharam comigo durante essa jornada fazendo dela ainda mais emocionante e gratificante. Aos meus parceiros durante meu ano de estágio, que vivenciaram e torceram de perto em cada conquista que tive nesse encerramento de ciclo.

Aos meus pais, Gabriela e Fabiano, meus avós e à toda minha família de sangue, por estarem ao meu lado mesmo em todos os dias que eu estive longe, em qualquer decisão da minha vida. À minha família do intercâmbio, por terem proporcionado uma experiência única e enriquecedora antes que eu pudesse finalizar minha jornada acadêmica.

À minha tia Cidinha, que não está mais aqui mas batalhou durante toda sua vida para que eu tivesse sempre do melhor. Fico feliz em poder continuar te dando tanto orgulho, sua energia foi essencial para eu chegar até aqui.

Aos meus amigos de Ribeirão Preto, por terem me ajudado nos dias difíceis de se estar longe de quem se ama. A todos aqueles que de alguma forma cruzaram o meu caminho. Eu não faria nada de diferente.

Por fim, às minhas irmãs da República Tuas Nega pelos 6 anos que vivemos em Lorena de forma intensa e feliz, com muita risada e também muito choro, muita festa e estudo, muita parceria, almoços e jantares, filmes, reuniões na sala e viagens. Vocês são meu amuleto da sorte.

## EPÍGRAFE

*“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.”*  
(Charles Chaplin)

## RESUMO

RUIZ, J. B. **Uso conjunto dos métodos AHP e TOPSIS para seleção de fornecedores em uma multinacional do ramo de Petróleo, Óleo e Gás.** 2019. 49p. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena – SP, 2019.

A demanda por petróleo e por gás natural tem crescido nos últimos anos, aumentando o fluxo de atividade nas indústrias de manufatura que fabricam produtos voltados para o mercado extrativo. Uma dessas atividades é o transporte rodoviário, que pode impactar diretamente a gestão da cadeia de suprimentos e a sua qualidade operacional. A gestão da cadeia de suprimentos é a integração dos principais processos de uma organização e a seleção de fornecedores que mais se adequam aos valores da empresa é um dos focos quando se preza por uma boa gestão de negócios. Durante esses processos é comum o surgimento de problemas de tomada de decisão com enfoque multicritério, os quais podem ser solucionados por meio do emprego de métodos MCDM (Multicriteria Decision Making). Diante deste contexto, o trabalho em questão, realizado em uma multinacional do ramo de Petróleo, Óleo e Gás, tem como objetivo sugerir um método híbrido de tomada de decisão, integrando os métodos AHP (Analytic Hierarchy Process) e TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) para selecionar transportadoras de modal rodoviário, a fim de alcançar uma decisão estruturada, visando a melhoria da performance da cadeia de suprimentos. Dentre os diversos critérios que se levam em consideração na hora de selecionar fornecedores, o custo acaba não sendo um dos mais importantes, e um dos fornecedores mais utilizados pela empresa não é a melhor opção alcançada através do método. A proposta deseja trazer facilidade para as tomadas de decisão, a fim de se chegar a melhores gerenciamentos de fluxos, aumentando o desempenho da organização.

**Palavras chaves:** AHP, TOPSIS, MCDM, Óleo e Gás, Cadeia de Suprimentos.

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> - Fluxo de matéria em uma cadeia de suprimentos .....	15
<b>Figura 2</b> - Resumo de uma hierarquia de três níveis para selecionar fornecedores.....	24



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Critérios de seleção de fornecedores .....	20
<b>Quadro 2</b> - Performance dos Modelos de Seleção de Fornecedores .....	22
<b>Quadro 3</b> - Questionário de comparação entre a situação antiga e a situação atual em relação à utilização do método proposto.....	42
<b>Quadro 4</b> - Vantagens e Desvantagens entre a situação antiga e a situação atual em relação à utilização do método proposto .....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Sumarização das técnicas de Tomadas de Decisão.....	21
<b>Tabela 2</b> – Escala de comparação para AHP .....	23
<b>Tabela 3</b> - Escala quantitativa para critério Preço (C1) .....	31
<b>Tabela 4</b> - Escala quantitativa para critério Disponibilidade de equipamentos e serviços (C2) .....	31
<b>Tabela 5</b> - Escala quantitativa para critério Qualidade (C3).....	31
<b>Tabela 6</b> - Escala quantitativa para critério Responsabilidade social e ambiental (C4) .....	31
<b>Tabela 7</b> - Escala quantitativa para critério Nível de ramificação e consolidação no mercado (C5) .....	32
<b>Tabela 8</b> – Escala quantitativa para critério Segurança (C6) .....	32
<b>Tabela 9</b> - Comparação aos pares: Decisor 1 .....	33
<b>Tabela 10</b> - Comparação aos pares: Decisor 2 .....	33
<b>Tabela 11</b> - Comparação aos pares: Decisor 3 .....	33
<b>Tabela 12</b> - Comparação aos pares normalizada: Decisor 1 .....	34
<b>Tabela 13</b> - Comparação aos pares normalizada: Decisor 2 .....	34
<b>Tabela 14</b> - Comparação aos pares normalizada: Decisor 3 .....	35
<b>Tabela 15</b> - Saída do AHP .....	35
<b>Tabela 16</b> - Dados de entrada do modelo TOPSIS .....	36
<b>Tabela 17</b> - Dados de entrada do modelo TOPSIS ao quadrado.....	37
<b>Tabela 18</b> - Dados de entrada do modelo TOPSIS normalizados.....	38
<b>Tabela 19</b> – Cálculos finais do modelo TOPSIS .....	39
<b>Tabela 20</b> – Resultado do modelo TOPSIS .....	39
<b>Tabela 21</b> – Ranking dos critérios de seleção .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> – Método de Análise Hierárquica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CC	<i>Closeness Coefficient</i> – Coeficiente de Aproximação
CI	Índice de Coerência
CR	Razão de Coerência
IA	Inteligência Artificial
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
MCDM	<i>Multicriteria Decision Making</i> – Tomada de Decisão Multicritério
NIS	<i>Negative Ideal Solution</i> – Solução Ideal Negativa
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	<i>Positive Ideal Solution</i> – Solução Ideal Positiva
PM	Programações Matemáticas
SCM	<i>Supply Chain Management</i> – Gestão da Cadeia de Suprimentos
SCQM	<i>Supply Chain Quality Management</i> – Qualidade da Gestão da Cadeia de Suprimentos
TOPSIS	<i>Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution</i> – Técnica para avaliar o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	OBJETIVO GERAL	14
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	15
2.1	SUPPLY CHAIN E SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	15
2.2	SELEÇÃO DE FORNECEDORES	17
2.3	<i>MULTICRITERIA DECISION MAKING</i> - MCDM	20
2.4	<i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i> - AHP	22
2.5	<i>TECHNIQUE FOR ORDER PERFORMANCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION</i> - TOPSIS	26
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	29
3.1	MÉTODO DE PESQUISA	29
3.2	OBJETO DE ESTUDO	29
3.3	CONSTRUÇÃO DO MODELO	30
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	32
4.1	VALIDAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	40
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	44
	<b>REFERÊNCIAS</b>	45

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Entre meado de 2014 e o início de 2017, a produção industrial sofreu com a crise econômica e atingiu seu patamar mais baixo dos últimos anos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP), com a retomada da economia, o ramo que se mantém nos maiores patamares em relação ao geral, é a indústria extrativa. No ano de 2017, o Brasil manteve-se em 10º lugar no ranking de produção de petróleo no mundo, representando aproximadamente 3% da produção mundial, e também no mesmo ano foi possível observar um crescimento na produção de gás no país (IBP, 2018).

Em dezembro de 2018, de acordo com o IBP, havia mais de 6.500 poços produzindo petróleo em terra no Brasil, e tendo em vista vocações de bacias sedimentares e uma variedade de plataformas, sendo 52 unidades em operação, a exploração de novas fronteiras é um desafio da indústria petrolífera brasileira. Além de todo um desempenho nacional neste ramo, cresce a relevância do petróleo e seus derivados, tanto em valor quanto em volume, para o resultado das exportações brasileiras, que atualmente assume a 2ª colocação no ranking de participação das exportações em 2018 (IBP, 2019).

Uma das mudanças de paradigma mais significativas que aconteceu na gestão de negócios, é a que as empresas não competem mais de forma exclusivamente autônoma, mas sim como cadeias de suprimentos. O sucesso da organização depende de sua gestão e capacidade de integrar redes de suprimentos e estabelecer boas relações comerciais (LAMBERT; COOPER, 2000). E dado o crescimento rápido da indústria petrolífera e a necessidade de adequar a cadeia da corporação, existe um peso muito grande na hora de se tomar decisões nessas indústrias.

Tomadas de decisão são sempre difíceis de se realizar, o julgamento humano nas tomadas de decisões geralmente não é muito claro, acaba sendo vago e difícil de se estimar usando valores numéricos exatos (PATIL; KANT, 2014). Por exemplo, na gestão contemporânea da cadeia de suprimentos, o desempenho de fornecedores é avaliado de acordo com vários critérios, e não considerando somente o fator custo (HO; XIAOWEI; PRESANTA, 2010). Assim, se faz necessário explorar técnicas para otimizar tal processo

de seleção, principalmente na seleção de fornecedores, a fim de aumentar as chances de sucesso da escolha, evitando prejuízos futuros. O presente trabalho sugere a união de algumas dessas técnicas de tomada de decisão para selecionar fornecedores que integrarão a cadeia de suprimentos de uma multinacional do ramo petrolífero.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a competição nos mercados globais de energia tem se intensificado, pois, a demanda por petróleo e por gás natural tem crescido. Consequentemente, aumenta-se o fluxo de atividade nas indústrias de manufatura que fabricam produtos voltados para o mercado extrativo. Desse modo, cresce o fluxo de despachos rodoviários de produtos e se desenvolve uma cadeia de fornecedores e serviços diversificada e competitiva, ou seja, surge uma necessidade de organizar a cadeia de suprimentos e de selecionar bem os parceiros que farão parte da mesma. E com a crescente preocupação com o meio ambiente, a relação entre a empresa e seu fornecedor pode levar em consideração até mesmo aspectos de sustentabilidade, pois existe hoje um número expressivo de organizações que incluem na sua cadeia ações ambientais e sociais da empresa (CARTER; EASTON, 2011).

O modal de transporte mais utilizado no Brasil é o rodoviário, respondendo por 65% do total de mercadorias transportadas sendo que em relação ao PIB, o transporte equivale a 6,8% dos custos logísticos (Moreira *et al.*, 2018). Com o aumento das atividades ligadas ao mercado de extração de petróleo, óleo e gás, e o crescente transporte rodoviário de produtos ligados à tal ramo, a qualidade da gestão da cadeia de suprimentos pode ajudar uma empresa a implementar uma vasta gama de atividades em sua cadeia de suprimentos sem que haja problemas, melhorando a sua qualidade operacional (HONG *et al.*, 2019). Assim, surgem tomadas de decisão para a escolha de transportadoras terrestres e a seleção de critérios a se considerar na hora de comparar os potenciais parceiros, levando em consideração preocupações com os gastos financeiros ao longo da cadeia da organização, entre outros.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GERAL

Dentro da indústria de manufatura do ramo petrolífero, essa pesquisa tem como objetivo o selecionar o fornecedor de transporte rodoviário que mais se enquadra ao perfil buscado pela empresa, por meio do uso integrado dos métodos AHP e TOPSIS.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Integrando os métodos AHP e TOPSIS para selecionar fornecedores dentre as transportadoras de modal rodoviário, deseja-se construir um modelo onde se é possível chegar em uma solução estruturada visando a melhoria da performance da cadeia de suprimentos da empresa em questão.

- Utilizar o método AHP para selecionar os critérios a serem considerados para a escolha;
- Utilizar o método TOPSIS para análise e seleção da melhor alternativa;
- Validar o modelo proposto com os tomadores de decisão da empresa.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

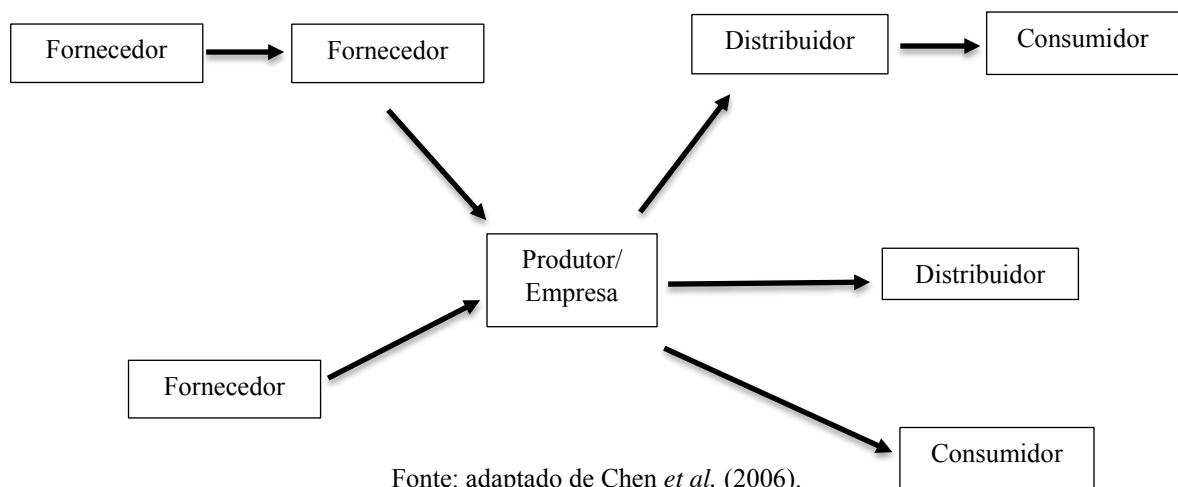
Na próxima seção (seção 2), a fundamentação teórica é apresentada, abordando os assuntos: *Supply Chain* (Cadeia de Suprimentos) e *Supply Chain Management* (Gestão da Cadeia de Suprimentos), Seleção de Fornecedores, MCDM (*Multicriteria Decision Making*) e os problemas de tomadas de decisão, o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e o método TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*). Na seção 3 tem-se as informações correspondentes aos Materiais e Métodos, ou seja, aborda-se o Método de Pesquisa, o Objeto de Estudo e a Construção do Modelo da pesquisa em questão. Na sequência, na seção 4, são apresentados os resultados encontrados no trabalho, assim como a validação dos mesmos, abordando discussões acerca do tema. Na seção 5 tem-se a conclusão da pesquisa. E por fim, as Referências.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SUPPLY CHAIN E SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Como o sucesso da organização depende da boa gestão e boas relações comerciais, a gestão da cadeia de suprimentos, conhecida como *Supply Chain Management* (SCM), é a integração dos principais processos de uma organização, que chegam até os negócios do usuário final através dos fornecedores originais de produtos, serviços e até mesmo informações, que adicionam valor para os clientes e outras partes interessadas ao longo da cadeia (LAMBERT; COOPER, 2000). A Figura 1 apresenta um exemplo de uma cadeia de fluxo de matéria.

**Figura 1** - Fluxo de matéria em uma cadeia de suprimentos



Coordenar esse fluxo que existe entre o fornecedor e o produtor não é fácil, um SCM bem-sucedido requer uma mudança de gerenciamento de funções individuais para integração das atividades de fornecimento dos processos-chave em cadeia. Esse tipo de gestão envolve qualidade, meio ambiente, segurança e responsabilidade social, demandando várias, e por vezes complexas, tomadas de decisão. Por essa complexidade, a qualidade da gestão da cadeia de suprimentos, conhecida como SCQM (do inglês, *Supply Chain Quality Management*), pode ajudar uma empresa a coordenar e implementar uma vasta gama de atividades em sua cadeia de suprimentos sem que haja problemas,



melhorando assim a sua qualidade operacional, e consequentemente aumentando o nível de satisfação dos clientes (HONG *et al.*, 2019).

É importante ter conhecimento e boa compreensão de como é estruturada a cadeia de suprimentos. Segundo Lambert e Cooper (2000), os três principais aspectos a ser levado em consideração são:

1. Identificação de quais são os membros da cadeia de suprimentos, para assim conseguir integrar e gerenciar os processos de fornecimento. A ideia também é determinar quais membros são críticos para o sucesso da empresa, a fim de se alocar a atenção gerencial e os recursos.
2. As dimensões estruturais da rede de relacionamentos, podendo ser elas: estrutura horizontal, que refere-se ao número de níveis em toda a cadeia de fornecimento, podendo ser longa com vários níveis ou curta em poucas camadas; estrutura vertical, podendo ter poucas empresas em cada nível/camada, ou uma ampla estrutura vertical com muitos fornecedores e/ou clientes; e a terceira dimensão que é a posição horizontal da empresa dentro da sua própria cadeia, podendo ser posicionada na fonte de suprimento inicial, mais próxima ao cliente final ou em qualquer lugar entre esses pontos.
3. Os diferentes tipos de conexões existentes entre os processos, identificando cliente ou grupo de clientes que condizem com a missão dos negócios, especificando produtos e serviços que atendam às necessidades deste grupo-chave, eliminando fontes de variabilidade da demanda, avaliando desempenhos e lucratividade.

Com a crescente preocupação com o meio ambiente, a relação entre a empresa e seu fornecedor pode levar em consideração aspectos de sustentabilidade. Existe hoje um número expressivo de organizações que conduzem suas ações em prol da sustentabilidade, incluindo na sua cadeia preocupações acerca do consumo de energia, mudanças climáticas e lidando com transparência quando se diz respeito a ações ambientais e sociais da empresa (CARTER; EASTON, 2011).

Ter um parceiro na cadeia de suprimentos que se importe com o meio ambiente e tenha as mesmas ações que a sua organização, faz toda a diferença se a empresa se preocupa com sua imagem corporativa. Levando isso em consideração, temos uma

importante vertente da gestão de cadeia de suprimentos, chamada de Tripé da Sustentabilidade (do inglês, *Triple Bottom Line*), agrupando o que significa sustentabilidade dentro de uma empresa, ou seja, uma intersecção dos valores: ambientais, sociais e econômicos; e tudo isso envolvendo estratégias, formas de gestão, cultura e transparência (CARTER; EASTON, 2011).

Nota-se que há muito para levar em consideração na seleção dos fornecedores que participarão do fluxo de suprimentos e produtos de uma corporação. Nem sempre este é um processo trivial.

## 2.2 SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Empresas locais e multinacionais vem se preocupando cada vez mais com a escolha de parceiros, ou seja, estão olhando para fora da sua organização, procurando encontrar fornecedores que se garantam na eficiência e na resposta dinâmica que o mercado precisa, conseguindo assim colaborar com recursos e conhecimento, fazendo com que todo o fluxo se enriqueça e que isso traga lucros para a empresa e seus clientes (FAWCETT; MAGNAN, 2004).

O Problema de Seleção de Fornecedor (SSP – *Supplier Selection Problem*) consiste em analisar e mensurar a performance dos fornecedores afim de selecioná-los de forma que haja uma melhora na competitividade de todo o sistema de suprimentos (BRUNO *et al.*, 2009). Visando uma boa relação com fornecedores, as expectativas da empresa necessitam estar muito claras, para que as atividades dos colaboradores estejam alinhadas com as competências da organização. A Cadeia de Suprimentos colabora de diversas maneiras, por meio de: compartilhamento de informações, divisão de metas, sincronização de decisões, alinhamento de incentivos, compartilhamento de recursos, comunicação colaborativa e criação conjunta de conhecimento (CAO; ZHANG, 2011).

Dentro da cadeia, o colaborador é impactado de forma que é necessário desenvolver pontos vantajosos como: eficiência no processo, flexibilidade, sinergia empresarial, qualidade e inovação. E tudo isso afeta diretamente a atuação e performance da empresa no mercado, como: crescimento de vendas, retorno sobre investimentos, crescimento de tal retorno de investimentos e margem de lucro nas vendas (CAO; ZHANG, 2011).

Tomadas de decisões dentro da empresa podem ser feitas de forma individual, como por exemplo, um investidor pode decidir qual ação comprar, considerando a taxa de retorno. Decisões grandes e complexas, que acontecem particularmente em altos níveis gerenciais, geralmente envolvem vários tomadores de decisão que precisam trabalhar em grupo de forma eficaz. Portanto, lidar com objetivos conflitantes, julgamentos inconsistentes e opiniões incompatíveis, acaba sendo um grande desafio (CHAI; LIU; NGAI, 2013).

Para seleção de fornecedores estruturadas, geralmente estão envolvidos vários especialistas para tomarem decisões. Em um cenário comum, os especialistas qualificados fornecem suas avaliações profissionais acerca dos fornecedores alternativos de acordo com os critérios determinados. Diferentes pesos são definidos para cada especialista de acordo com sua profissão, experiência ou qualificação. Em qualquer caso, o passo-chave nesses processos é a fusão de informações (CHAI; LIU; NGAI, 2013).

Em muitas grandes corporações, as gerências chegaram à conclusão de que não se pode otimizar o fluxo dos produtos sem que primeiro se implemente qual tipo de abordagem de processo o negócio irá seguir. Geralmente os fornecedores a serem membros da cadeia de suprimentos são identificados e julgados a partir dos seguintes aspectos: gestão de relacionamento com os clientes, serviços de atendimento ao cliente, gerenciamento de demanda, cumprimento de pedidos, gerenciamento de fluxo de manufatura, desenvolvimento e comercialização de produtos, devoluções (LAMBERT; COOPER, 2000).

- Gestão de relacionamento com os clientes: o primeiro passo é identificar clientes e estabelecer acordos de produtos e serviços estabelecendo e especificando os níveis de desempenho, além de avaliações de tais desempenhos;
- Serviços de atendimento ao cliente: fornece a única fonte de informações em tempo real ao cliente, como datas de envio prometidas e disponibilidade de produto, tornando-se o principal ponto de contato para administrar contratos.
- Gerenciamento de demanda: deve equilibrar os requisitos do cliente com os recursos de fornecimento da empresa, na tentativa de determinar o que e

quando os clientes comprarão, reduzindo incertezas e fornecendo fluxos eficientes em toda a cadeia de suprimentos.

- Cumprimento de pedidos: integração dos planos de fabricação, distribuição e transporte da empresa para atendimento das datas de necessidade do cliente, desenvolvendo alianças com os principais membros da cadeia de transportadoras, realizando um processo contínuo do fornecedor para a organização e para seus vários segmentos de clientes.
- Gerenciamento de fluxo de manufatura: o produto é puxado pela planta nas necessidades do cliente e os processos de fabricação devem ser flexíveis para responder às mudanças do mercado. Os planejadores de manufatura trabalham com planejadores de clientes para desenvolver estratégias da cada segmento de cliente.
- Desenvolvimento e comercialização de produtos: produtos devem ser desenvolvidos e lançados com sucesso em prazos cada vez mais curtos para se manter competitivo. É necessário identificar necessidades articuladas e não articuladas pelo cliente, selecionar materiais e fornecedores, e fabricar e integrar o melhor fluxo da cadeia de suprimentos para a combinação entre produto e mercado.
- Devoluções: Tal processo oferece uma oportunidade para se obter uma vantagem competitiva sustentável. O gerenciamento efetivo de processos de devolução permite a identificação de oportunidades de melhoria de produtividade e projeto inovadores.

Além disso, embora alguns desses fatores possam ser facilmente medidos, outros são conceitos qualitativos e a agregação desses fatores pode resultar em um problema complicado para se chegar no julgamento final. Por estas razões que diversas metodologias foram desenvolvidas e aplicadas durante os últimos anos, para se lidar com o Problema de Seleção de Fornecedor (BRUNO et al., 2009).

O Quadro 1 une alguns dos atributos e critérios mais comuns na hora de se realizar uma seleção de fornecedor:

**Quadro 1** - Critérios de seleção de fornecedores

Serviço Pós Venda	Localização Geográfica	Aparência do Produto
Histórico de Negócios	Impressão	Facilidades do Produto
Atitude	Manutenção	Qualidade
Catálogo de Tecnologia	Gestão e Organização	Reputação na Indústria
Sistema de Comunicação	Controles Operacionais	Resposta ao Cliente
Entrega	Habilidades de Embalagem	Suporte Técnico
Capacidade de E-commerce	Histórico de Performance	Garantias e Reclamações
Produtos Sustentáveis	Preço	Relações de Trabalho

Fonte: adaptado de Bruno, G. *et al.* (2009).

### 2.3 MULTICRITERIA DECISION MAKING - MCDM

É possível notar significantes avanços nas metodologias para solucionar problemas de tomadas de decisão, principalmente quando tais decisões envolvem múltiplos critérios, muitas vezes conflitantes, que são atribuídos com diferentes pesos, ou seja, cada critério possui determinada importância. Conhecidos como MCDM (do inglês: *Multicriteria Decision Making*), esses métodos têm como objetivo proporcionar uma solução, escolha ou classificação de um caso que possui diversas alternativas, podendo considerar tanto critérios quantitativos como qualitativos. Tais técnicas, independente de qual, seguem passos genéricos como: determinar os critérios que são relevantes; atribuir pesos aos critérios proporcionais às suas relevâncias no caso e ranquear numericamente as alternativas, servindo em várias aplicações (MULLINER *et al.*, 2016).

Os métodos MCDM são estruturas metodológicas que visam fornecer aos tomadores de decisões recomendações em meio a um conjunto finito de alternativas (podendo ser também ações, objetos, soluções, etc), todas avaliadas sob diversos pontos de vista, ou seja, diversos critérios (chamados também de atributos ou objetivos). Além dos métodos MCDM, existem outros dois grupos comuns de técnicas, conhecidas como: Programações Matemáticas (PM) e Inteligência Artificial (IA). Na tabela 1 tem-se 26 técnicas de tomadas de decisão normalmente usadas para avaliação e seleção de fornecedores (CHAI; LIU; NGAI, 2013).

**Tabela 1** – Sumarização das técnicas de Tomadas de Decisão

<b>Técnicas de Tomadas de Decisão</b>	<b>Abreviação</b>	<b>(%)</b>
<i>Técnicas MCDM</i>		
1. Analytic hierarchy process - Processo de análise hierárquica	AHP	24,39
2. Analytic network process - Processo de análise em rede	ANP	12,2
3. Elimination and choice expressing reality	ELECTRE	3,25
4. Preference ranking organization method for enrichment evaluation - Método de organização de classificação de preferência para avaliação de enriquecimento	PROMETHEE	1,63
5. Technique for order performance by similarity to ideal solution - Técnica para avaliar o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal	TOPSIS	14,63
6. Multicriteria optimization and compromise solution - Otimização multicritério e solução de compromisso	VIKOR	2,44
7. Decision making trial and evaluation laboratory	DEMATEL	2,44
8. Simple multiattribute rating technique - Técnica simples de classificação multiatributo	SMART	0,81
<i>Técnicas PM</i>		
1. Data envelopment analysis - Análise por envoltória de dados	DEA	10,57
2. Linear Programming - Programação linear	LP	15,44
3. Nonlinear programming - Programação não linear	NLP	4,88
4. Multiobjective programming - Programação multiobjetivo	MOP	10,57
5. Goal programming - Programação por metas	GP	5,69
6. Stochastic programming - Programação estocástica	SP	1,63
<i>Técnicas IA</i>		
1. Genetic algorithm - Algoritmo genético	GA	6,5
2. Grey system theory - Teoria de sistemas Grey	GST	4,88
3. Neural networks - Redes neurais	NN	4,07
4. Rough set theory - Teoria dos conjuntos aproximativos	RST	3,25
5. Bayesian networks - Redes Bayesianas	BN	1,63
6. Decision tree - Árvore de decisão	DT	1,63
7. Case-based reasoning - Raciocínio baseado em casos	CBR	1,63
8. Particle swarm optimization - Otimização por enxame de partículas	PSO	1,63
9. Support vector machine - Máquinas de vetores-suporte	SVM	0,81
10. Association rule - Regra de associação	AR	0,81
11. Ant colony algorithm - Algoritmo da colônia de formigas	ACA	0,81
12. Dempster shafer theory of evidence - Teoria de Evidência de Dempster-Shafer	DST	0,81

Fonte: adaptado de Chai, Liu e Ngai (2013).

A tabela 1 providencia o nome das técnicas, suas abreviações e também uma distribuição de artigos que fazem o uso de tal técnica. Na literatura, problemas de seleção de fornecedores são normalmente resolvidos por meio de métodos MCDM, com destaque para o AHP (do inglês: *Analytic Hierarchy Process*), que abrange 24,39% dos artigos, e o

TOPSIS (do inglês: *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*), com 14,63%. Diversos outros métodos trazem bons resultados, mas a escolha do uso do AHP e do TOPSIS se deve à estrutura de dados que a empresa tem a oferecer, pois são métodos que exigem pouco conteúdo. Dentro da estrutura de dados que se tem, esses dois métodos são os que mais comprovam eficiência, por isso foi decidido abordar uma técnica híbrida, além de serem os dois mais testados na literatura.

## 2.4 ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - AHP

O AHP (do inglês: *Analytic Hierarchy Process*), é uma teoria de medição que depende dos valores e julgamentos de indivíduos e de grupos, ou seja, os julgamentos são reunidos de acordo com uma estrutura hierárquica de vários níveis que permite derivar propriedades. A principal vantagem desse tipo de estrutura é que ela permite uma decomposição detalhada, estruturada e sistemática do problema geral, seus componentes e as interdependências fundamentais entre eles. Tal metodologia se baseia em três passos: estruturação do problema em uma hierarquia; julgamento comparativo; e síntese das prioridades (BRUNO *et al.*, 2009). A estrutura hierárquica do AHP e seu modo de coletar os julgamentos coletivos também permite o envolvimento de diferentes departamentos no processo de seleção, e é possível comparar diferentes abordagens através de um benchmark que considera performances dependendo do problema a ser resolvido:

**Quadro 2** - Performance dos Modelos de Seleção de Fornecedores

Performance	Modelos AHP	Modelos Qualitativos
Aprendizado	Alto	Baixo
Custo-benefício	Baixo	Alto
Flexibilidade	Baixo	Alto
Envolvimento	Alto	Baixo
Mensurabilidade	Alto	Baixo
Motivação	Alto	Baixo
Confiabilidade	Alto	Baixo
Pontualidade	Baixo	Alto

Fonte: adaptado de Bruno, G. *et al.* (2009).

Esse método promove uma calibração de escala numérica para medir performances quantitativas e também qualitativas. A escala varia de 1 a 9, de acordo com a seguinte comparação apresentada na tabela 2:

**Tabela 2** – Escala de comparação para AHP

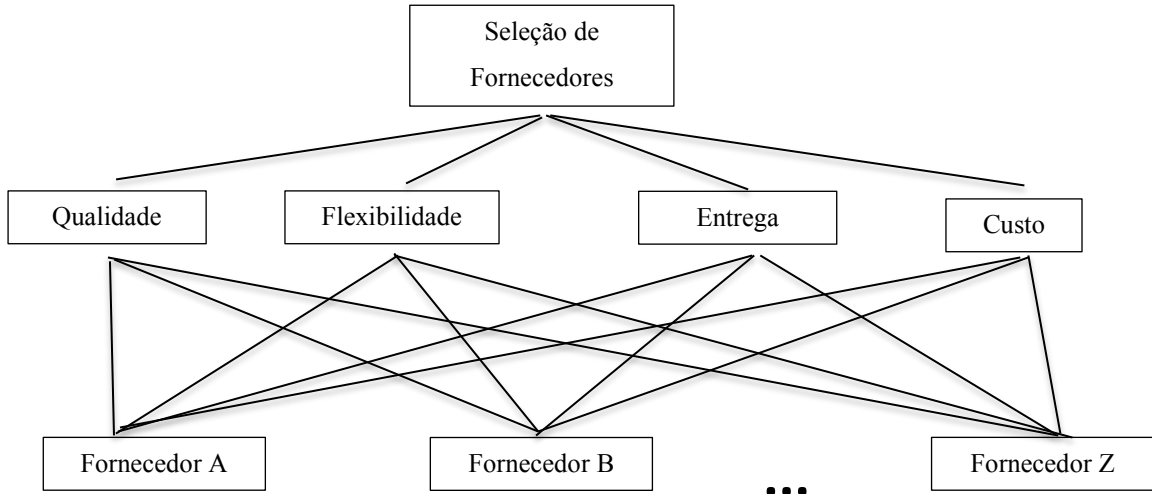
<b>Escala Numérica</b>	<b>Julgamento verbal de preferências</b>
9	Extremamente preferido
8	Muito fortemente a extremamente
7	Muito fortemente preferido
6	Fortemente a muito fortemente
5	Fortemente preferido
4	Moderadamente a fortemente
3	Moderadamente preferido
2	Igualmente a moderadamente
1	Igualmente preferido

Fonte: adaptado de Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi, (2001).

De acordo com Vaidya e Kumar (2006), algumas etapas básicas envolvidas nessa metodologia são:

1. Indique o problema;
2. Amplie os objetivos do problema, ou então considere todos os atores, objetivos e resultados;
3. Identifique os critérios que influenciam o comportamento;  
Estruture o problema em uma hierarquia de diferentes níveis que constituem objetivo, critérios, subcritérios e alternativas (como o exemplo mostrado na figura 2);



**Figura 2** - Resumo de uma hierarquia de três níveis para selecionar fornecedores

Fonte: adaptado de Fuh-Hwa Franklin Liu e Hui Lin Hai (2005).

4. Compare cada elemento do nível correspondente, calibrando-os na escala numérica. Isso requer  $n(n - 1)/2$  comparações, onde  $n$  é o número de elementos que são iguais ou “1” na diagonal principal da matriz, e os outros elementos serão simplesmente a recíproca da comparação anterior;
5. As matrizes deverão ser normalizadas, onde o elemento  $\bar{c}_{ij}$  é calculado através da equação (1), tendo como resultado a matriz  $\bar{C}$  representada pela equação (2). E assim, será obtido também o vetor peso,  $W^T = [w_1, w_2, \dots, w_i]$ , para cada matriz, onde  $w_i$  corresponde à equação (3), e no caso da matriz  $\bar{C}$  a equação correspondente é a (4);

$$\bar{c}_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \quad (1)$$

$$\bar{C} = [\bar{c}_{ij}] = \begin{bmatrix} \frac{c_{11}}{\sum_{i=1}^n c_{i1}} & \frac{c_{12}}{\sum_{i=1}^n c_{i2}} & \dots & \frac{c_{1j}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \\ \frac{c_{21}}{\sum_{i=1}^n c_{i1}} & \frac{c_{22}}{\sum_{i=1}^n c_{i2}} & \dots & \frac{c_{2j}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{c_{i1}}{\sum_{i=1}^n c_{i1}} & \frac{c_{i2}}{\sum_{i=1}^n c_{i2}} & \dots & \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \end{bmatrix}_{m \times m} \quad (2)$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_{ij}}{n} \quad (3)$$

$$W_c^T = \left[ \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_{1j}}{n} \quad \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_{2j}}{n} \quad \dots \quad \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_{ij}}{n} \right]_{n \times 1} \quad (4)$$

6. Realize os cálculos para encontrar o máximo auto-valor (equação 5), o índice CI (Índice de Coerência, através da equação 6) e a taxa CR (Razão de Coerência, pela equação 7);

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{w'_i}{w_i}}{n} \quad (5)$$

$$CI = \frac{(\lambda_{máx} - n)}{n - 1} \quad (6)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

7. Se o valor máximo do auto-valor, do CI e da CR forem satisfatórios, em seguida, a decisão é tomada com base nos valores normalizados. O procedimento é repetido até que esses valores estejam em um intervalo desejado.

Escolher os fornecedores certos envolve muito mais do que reunir uma série de lista de preços, e as opções dependerão de uma ampla gama de fatores tanto quantitativos quanto qualitativos (HO; XU; DEY, 2010).

O método AHP pode ser encontrado em diversas aplicações. A pesquisa de Nguyen *et al.* (2018) usa a metodologia para classificar os principais critérios na avaliação e seleção de fornecedores de materiais de construção por uma empresa vietnamita. Já na pesquisa de Kumar *et al.* (2019), o caso aborda a competição para obtenção de contrato entre dois fornecedores de um produto para um fabricante locomotivo indiano, comparando ofertas atraentes e critérios fixados pela empresa, considerando uma abordagem que integra o AHP à demais métodos. Hosseini e Khaled (2019) aplicam o AHP na seleção de fornecedores de matéria-prima de PVC para um fabricante de tubos de plástico de esgoto nos Estados Unidos.

## 2.5 TECHNIQUE FOR ORDER PERFORMANCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION - TOPSIS

TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) é um dos métodos MCDM de seleção, que se baseia em selecionar a opção que possua o desempenho mais similar possível da solução ideal, ou seja, aquela que está a uma menor distância possível da melhor solução positiva (ou PIS, do inglês: *Positive Ideal Solution*), e consequentemente o mais longe possível da solução ideal negativa (ou NIS, do inglês: *Negative Ideal Solution*). Na PIS, a alternativa encontrada maximiza os critérios de benefício (lucro por exemplo) e minimiza os critérios de custo; e já na NIS acontece o contrário, os critérios de custo é que são maximizados e os de benefícios são minimizados (KROHLING; SOUZA, 2011). O método pode ser aplicado em uma vasta gama de áreas, principalmente na área de cadeia de suprimentos (*Supply Chain*, em inglês), como: seleção de fornecedores, priorização de soluções para gestão do conhecimento, otimização de processos, etc.

De acordo com Junior e Carpinetti (2015), o método TOPSIS tem os passos descritos:

1. Definição da matriz de decisão D que corresponde ao desempenho das alternativas, onde  $A_i$  são as alternativas avaliadas,  $C_j$  os critérios utilizados,  $i=1, 2...n$  corresponde ao número das alternativas e  $j=1, 2...m$  o número dos critérios de decisão. E temos um vetor de pesos  $W$ :  $\vec{W} = [\vec{w}_1, \vec{w}_2, \dots, \vec{w}_m]$ , composto pelos pesos  $w_j$  de cada critério  $C_j$  de modo a satisfazer  $\sum_{i=1}^m w_j = 1$ .

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1j} & \dots & d_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{i1} & d_{i2} & \dots & d_{ij} & \dots & d_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nj} & \dots & d_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

2. Normalizar e ponderar a matriz de decisão D. Seus elementos são normalizados através da equação (8);

$$n_{ij} = w_j d_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j d_{ij}^2} \quad (8)$$

3. Determinar a solução ideal positiva de acordo com equação (9), e a solução ideal negativa de acordo com a equação (10);

$$A^+ = \{^{MAX}_j n_{ij} | j = 1, 2, \dots, m\} = \{n_1^+, \dots, n_j^+, \dots, n_m^+\} \quad (9)$$

$$A^- = \{^{MIN}_j n_{ij} | j = 1, 2, \dots, m\} = \{n_1^-, \dots, n_j^-, \dots, n_m^-\} \quad (10)$$

4. Para cada alternativa avaliada, calcular a distância  $D_i^+$  entre os valores de desempenho da matriz já normalizada e ponderada (matriz  $N$ ) e os valores da solução ideal positiva através da equação (11). E assim, calcular também a distância  $D_i^-$  entre as pontuações das alternativas da matriz  $N$  e os valores da solução ideal negativa através da equação (12);

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (n_{ij} - n_j^+)^2} \quad (11)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (n_{ij} - n_j^-)^2} \quad (12)$$

5. Calcular o coeficiente de aproximação (em inglês: *closeness coefficient*,  $CC_i$ ), da equação (13). Tal coeficiente corresponde ao desempenho global/pontuação final da alternativa  $i$ ;

$$CC_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (13)$$

6. Classificar as alternativas em ordem decrescente, entre 0 e 1, segundo os valores do coeficiente de aproximação. As melhores alternativas serão as com desempenho global mais próximo de 1.

Esse e outros métodos são ferramentas importantes para abordar difíceis decisões em organizações, pois auxiliam os gestores da cadeia em situações e cenários de incerteza e objetivos conflitantes (JUNIOR; CARPINETTI, 2015). A estratégia que a empresa irá adotar, impacta diretamente nos seus resultados de desempenho. Desse modo, escolher

bem quem serão os seus parceiros ao longo da cadeia de suprimentos, é um passo essencial no ambiente competitivo de mercado, pois a importância da relação entre a companhia e o fornecedor tem crescido, e após selecionados eles farão parte da cadeia da organização (GONÇALO; ALENCAR, 2013).

Quando uma cadeia de *Supply Chain* é estruturada em cima de um modelo de seleção, esse modelo se torna aplicável em diferentes setores de diversas companhias. Memari *et al.* (2019) utilizam do TOPSIS para selecionar o fornecedor sustentável correto para um fabricante de peças automotivas de reposição, considerando nove critérios e trinta subcritérios. A pesquisa de Li *et al.* (2019) aborda o método TOPSIS para uma seleção de fornecedores baseada nas práticas sustentáveis que eles apresentam em sua gestão da cadeia de suprimentos. Já Abdel-Basset *et al.* (2019) utilizam do mesmo método para testar a competência e a eficiência na hora de selecionar os melhores fornecedores para se importar carros, realizado em uma empresa importadora no Egito.

O AHP é muito usado na prática devido a facilidade de aplicação e a sua estrutura intuitiva de auxiliar gestores e resolver problemas, com o objetivo de tomar as melhores decisões, dando credibilidade ao processo de seleção. Já o método TOPSIS se destaca por ser intuitivo e possuir procedimentos matemáticos simples, facilitando sua implementação e aplicação, permitindo avaliar uma quantidade não limitada de alternativas (SOUZA; BARROS; GOMES, 2016).

O TOPSIS evita um grande número de comparações das alternativas, possibilitando uma avaliação proveniente de um cálculo objetivo dos pesos dos critérios que foram encontrados pelo AHP. O método híbrido AHP-TOPSIS se mostra eficaz para facilitar a exploração e o entendimento do problema, oferecendo um suporte adequado às tomadas de decisões. Através do AHP tem-se a definição dos critérios de forma prática, enquanto o TOPSIS evita vários julgamentos desnecessários das alternativas, obtendo um resultado o mais próximo possível da solução ideal. Desse modo, o método que une o AHP e o TOPSIS se torna uma ferramenta poderosa para orientar decisões (SOUZA; BARROS; GOMES, 2016).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 MÉTODO DE PESQUISA**

Para este trabalho, será utilizado o método de modelagem axiomática normativa, com tratamento das variáveis de forma determinística e estática para priorização e seleção de fornecedores em indústria do segmento de Petróleo, Óleo e Gás.

Tradicionalmente, a abordagem quantitativa é baseada em métodos lógicos que buscam explicar a realidade por meio das relações de causa e efeito, de forma a expressá-la através de dados numéricos, que possibilitam a condução de análises estáticas e replicações. De acordo com Cargnin-Stieler e Bisognin (2009), a modelagem matemática é um método de pesquisa que busca compreender, propor e solucionar problemas do mundo real que, por sua complexidade, geralmente requerem uma abordagem multidisciplinar que tem trazido avanços à pesquisa. As seguintes etapas da modelagem são desenvolvidas nesse trabalho: definir a problemática ou tema (Introdução), buscar informações e dados relacionados ao tema, selecionar variáveis, formular hipóteses e fazer simplificações (Metodologia de Pesquisa), e resolver o problema, analisar as soluções encontradas e validar o modelo (Resultados).

#### **3.2 OBJETO DE ESTUDO**

A indústria em questão é uma multinacional que faz tubos de aço para extração de petróleo, óleo e gás, que já atua no mercado brasileiro há 76 anos, possuindo uma capacidade de produção anual de 550.000 toneladas, sendo muito bem reconhecida no seu ramo. Uns de seus principais fornecedores, são as transportadoras rodoviárias, que levam os produtos até o cliente final ou então até portos e aeroportos. Existe uma empresa terceira que é responsável pelo suprimento do grupo, fazendo a gestão dos fornecedores, contatando a transportadora e solicitando formulários com informações básicas e questionários, para que se tenha ciência das capacidades das mesmas, levando em consideração critérios desde disponibilidade até fatores ambientais. Além dessa aprovação, os funcionários do setor logístico, que trabalham em contato direto com o fornecedor, também avaliam a execução do seu serviço a fim de que as análises estejam atualizadas em relação à permanência da transportadora na cadeia da empresa.

Como objeto de estudo a ser aplicado na multinacional, tem-se a seleção de um fornecedor rodoviário que mais se adequa na cadeia de suprimentos, fazendo jus aos valores da companhia e critérios que são levados em consideração. Dentre os tomadores de decisão para qualificar as transportadoras através da comparação dos critérios, temos: um engenheiro mecânico e um tecnólogo em logística e gestão empresarial, ambos do setor de *Distribution and Logistics*; e um analista de sistemas, da área de *Supply Order Managment*.

### 3.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO

De acordo com diversos quesitos que são levados em consideração pela multinacional na hora de selecionar um fornecedor, foram identificados, através dos formulários utilizados pela empresa terceira, seis critérios que influenciam o julgamento de quais transportadoras rodoviárias farão parte do fluxo da cadeia. Os critérios são:

- Preço (C1): representa o custo total do serviço;
- Disponibilidade de equipamentos e serviços (C2): engloba tipos de equipamentos comuns, tipos de equipamentos pesados e remoções técnicas, ou seja, tipos de caminhões/carretas e máquinas para colocar e/ou retirar os tubos das carretas;
- Qualidade (C3): diz respeito à qualidade de garagens, pátios e áreas para armazenagem, qualidade de caminhões e carretas, seguros de carga, certificados de qualidade e emissões de documentos para transporte;
- Responsabilidade social e ambiental (C4): destinação de resíduos de manutenção, descarte de pneus e programas de responsabilidade social;
- Nível de ramificação e consolidação no mercado (C5): referente ao território de operação, filiais (estados em que se atua) e principais clientes;
- Segurança (C6): engloba manuseio da carga, segurança de funcionários, escolta credenciada e sistema de monitoramento via satélite.

Para se comparar um critério com o outro, utiliza-se a escala apresentada anteriormente para o método AHP na tabela 2, enquanto dentro de cada critério, utiliza-se uma escala quantitativa de 1 a 5 para se atribuir notas que serão usadas no método TOPSIS (tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

**Tabela 3** - Escala quantitativa para critério Preço (C1)

1	Custo total do serviço muito alto
2	Custo total do serviço acima da média
3	Custo total do serviço médio
4	Custo total do serviço abaixo da média
5	Custo total do serviço muito baixo

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 4** - Escala quantitativa para critério Disponibilidade de equipamentos e serviços (C2)

5	Alta disponibilidade e variedade de equipamentos e remoções técnicas
4	Disponibilidade e variedade de equipamentos e remoções técnicas acima da média
3	Disponibilidade e variedade de equipamentos e remoções técnicas mediana
2	Disponibilidade e variedade de equipamentos e remoções técnicas abaixo da média
1	Baixa disponibilidade e variedade de equipamentos e remoções técnicas

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 5** - Escala quantitativa para critério Qualidade (C3)

5	Excelente qualidade de armazenagem e transporte
4	Boa qualidade de armazenagem e transporte
3	Qualidade de armazenagem e transporte mediana
2	Qualidade de armazenagem e transporte abaixo da média
1	Baixa qualidade de armazenagem e transporte

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 6** - Escala quantitativa para critério Responsabilidade social e ambiental (C4)

5	Excelente responsabilidade social e ambiental
4	Responsabilidade social e ambiental acima da média
3	Responsabilidade social e ambiental mediana
2	Responsabilidade social e ambiental abaixo da média
1	Baixa responsabilidade social e ambiental

Fonte: Autoria Própria.



**Tabela 7** - Escala quantitativa para critério Nível de ramificação e consolidação no mercado (C5)

5	Alta área de atuação e consolidação no mercado
4	Área de atuação e consolidação no mercado acima da média
3	Área de atuação e consolidação no mercado mediana
2	Área de atuação e consolidação no mercado abaixo da média
1	Baixa área de atuação e consolidação no mercado

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 8** – Escala quantitativa para critério Segurança (C6)

5	Excelente índice de segurança de funcionários e de carga
4	Bom índice de segurança de funcionários e de carga
3	Índice de segurança de funcionários e de carga mediano
2	Índice de segurança de funcionários e de carga abaixo da média
1	Baixo índice de segurança de funcionários e de carga

Fonte: Autoria Própria.

O método híbrido de AHP-TOPSIS, utiliza em um primeiro momento as aplicações do AHP para ranquear os critérios, que em seguida servirão de *input* para o TOPSIS analisar as alternativas e encontrar a opção que possua o desempenho mais similar possível da solução ideal, ou seja, encontrar o melhor fornecedor que integrará o fluxo da empresa.

## 4 RESULTADOS

Utilizando do método AHP para comparar cada elemento, calibrando-os na escala numérica, tem-se como entrada as tabelas 9, 10 e 11, que correspondem respectivamente aos julgamentos dos tomadores de decisão 1 (Engenheiro Mecânico), 2 (Analista de Sistemas) e 3 (Tecnólogo em Logística e Gestão Empresarial), fazendo uso da escala apresentada anteriormente na tabela 2.

**Tabela 9** - Comparação aos pares: Decisor 1

Comparação entre os critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	<b>1</b>	0,5	5	8	0,333	6
C2	2	<b>1</b>	7	9	1	9
C3	0,2	0,143	<b>1</b>	9	0,25	2
C4	0,125	0,111	0,111	<b>1</b>	0,143	1
C5	3	1	4	7	<b>1</b>	7
C6	0,167	0,111	0,5	1	0,143	<b>1</b>

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 10** - Comparação aos pares: Decisor 2

Comparação entre os critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	<b>1</b>	0,143	0,125	0,25	0,333	0,2
C2	7	<b>1</b>	1	8	7	6
C3	8	1	<b>1</b>	7	8	4
C4	4	0,125	0,143	<b>1</b>	1	0,333
C5	3	0,143	0,125	1	<b>1</b>	2
C6	5	0,167	0,25	3	0,5	<b>1</b>

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 11** - Comparação aos pares: Decisor 3

Comparação entre os critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	<b>1</b>	0,5	5	5	1	6
C2	2	<b>1</b>	4	8	4	8
C3	0,2	0,25	<b>1</b>	5	0,333	3
C4	0,2	0,125	0,2	<b>1</b>	0,167	4
C5	1	0,25	3	6	<b>1</b>	6
C6	0,167	0,125	0,333	0,25	0,167	<b>1</b>

Fonte: Autoria Própria.

Após apuração dos julgamentos dos tomadores de decisão, tem-se as tabelas 12, 13 e 14 representadas pela equação (2) onde foi feita uma comparação aos pares normalizada de cada decisor, utilizando da equação (1). Os vetores peso (W) foram calculados seguindo o passo 6 apresentado do método AHP. Nota-se também que os valores máximos dos autovalores, dos coeficientes CI e CR (calculados a partir das equações (5), (6) e (7) do modelo respectivamente), são satisfatórios para a continuidade da pesquisa.

**Tabela 12** - Comparação aos pares normalizada: Decisor 1

Comparação entre os critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	W1	W'1		
C1	0,154	0,175	0,284	0,229	0,116	0,231	0,198	1,385	$\lambda$ máx =	6,5678
C2	0,308	0,349	0,398	0,257	0,349	0,346	0,334	2,278	CI =	0,1136
C3	0,031	0,05	0,057	0,257	0,087	0,077	0,093	0,6	RI =	1,24
C4	0,019	0,039	0,006	0,029	0,05	0,039	0,03	0,182	CR =	0,0916
C5	0,462	0,349	0,227	0,2	0,349	0,269	0,309	2,066	Status <b>Consistente</b>	
C6	0,026	0,039	0,028	0,029	0,05	0,039	0,035	0,226		

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 13** - Comparação aos pares normalizada: Decisor 2

Comparação entre os critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	W1	W'1		
C1	0,036	0,055	0,047	0,012	0,019	0,015	0,031	0,19	$\lambda$ máx =	6,5616
C2	0,25	0,388	0,378	0,395	0,393	0,443	0,375	2,575	CI =	0,1123
C3	0,286	0,388	0,378	0,346	0,449	0,296	0,357	2,425	RI =	1,24
C4	0,143	0,049	0,054	0,049	0,056	0,025	0,063	0,393	CR =	0,0906
C5	0,107	0,055	0,047	0,049	0,056	0,148	0,077	0,526	Status <b>Consistente</b>	
C6	0,179	0,065	0,095	0,148	0,028	0,074	0,098	0,63		

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 14** - Comparação aos pares normalizada: Decisor 3

Comparação entre os critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	W1	W'1		
C1	0,219	0,222	0,37	0,198	0,15	0,214	0,229	1,561	$\lambda$ máx =	6,6195
C2	0,438	0,444	0,296	0,317	0,6	0,286	0,397	2,691	CI =	0,1239
C3	0,044	0,111	0,074	0,198	0,05	0,107	0,097	0,668	RI =	1,24
C4	0,044	0,056	0,015	0,04	0,025	0,143	0,054	0,325	CR =	0,0999
C5	0,219	0,111	0,222	0,238	0,15	0,214	0,192	1,321		
C6	0,037	0,056	0,025	0,01	0,025	0,036	0,031	0,197	Status	<b>Consistente</b>

Fonte: Autoria Própria.

Desse modo, temos como saída do AHP, os seguintes pesos dos critérios levados em consideração (provenientes da equação (4) do modelo matemático do método) apresentados na tabela 15. Os vetores peso (W) dos 3 tomadores de decisão, foram integrados via média geométrica.

**Tabela 15** - Saída do AHP

Critérios	W(Critérios) Não normalizado	W (Critérios)
Preço (C1)	0,1116	12,58%
Disponibilidade de Equipamentos e Serviços (C2)	0,3677	41,43%
Qualidade (C3)	0,1479	16,67%
Responsabilidade social e ambiental (C4)	0,0466	5,25%
Nível de ramificação e consolidação no mercado (C5)	0,1662	18,73%
Segurança (C6)	0,0475	5,35%

Fonte: Autoria Própria.

Usando como *input* os pesos encontrados para cada critério com o AHP, tem-se como entrada do modelo TOPSIS a tabela 16, analisando dez opções de fornecedores (F1, F2, ... e F10) usando as escalas quantitativas de cada critério que foram apresentadas anteriormente nas tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8, que representa o primeiro passo da utilização do método TOPSIS.

**Tabela 16** - Dados de entrada do modelo TOPSIS

Peso dos Critérios		12,58%	41,43%	16,67%	5,25%	18,73%	5,35%
Critérios		DADOS DE ENTRADA					
Fornecedores		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	F1	5	4	3	4	2	3
	F2	5	4	3	4	3	3
	F3	3	4	4	4	2	4
	F4	3	3	4	4	2	4
	F5	3	3	3	4	3	3
	F6	3	2	3	3	1	3
	F7	4	2	3	3	1	3
	F8	5	3	4	4	2	4
	F9	4	2	3	3	1	3
	F10	3	4	4	4	3	4

Fonte: Autoria Própria.

A fim de realizar a normalização dos valores da tabela 16, os dados de entrada apresentados foram elevados ao quadrado, de acordo com a tabela 17.

**Tabela 17** - Dados de entrada do modelo TOPSIS ao quadrado

Peso dos Critérios		12,58%	41,43%	16,67%	5,25%	18,73%	5,35%
Critérios		DADOS DE ENTRADA AO QUADRADO					
Fornecedores		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	F1	25	16	9	16	4	9
	F2	25	16	9	16	9	9
	F3	9	16	16	16	4	16
	F4	9	9	16	16	4	16
	F5	9	9	9	16	9	9
	F6	9	4	9	9	1	9
	F7	16	4	9	9	1	9
	F8	25	9	16	16	4	16
	F9	16	4	9	9	1	9
	F10	9	16	16	16	9	16

Fonte: Autoria Própria.

Através da fórmula (8), os dados de entrada ao quadrado foram normalizados, alcançando os valores apresentados na tabela 18.

**Tabela 18** - Dados de entrada do modelo TOPSIS normalizados

Peso dos Critérios		12,58%	41,43%	16,67%	5,25%	18,73%	5,35%
Critérios		DADOS DE ENTRADA NORMALIZADOS					
Fornecedores		C1	C2	C3	C4	C5	C6
F1		0,40555	0,39413	0,27617	0,33928	0,29488	0,27617
F2		0,40555	0,39413	0,27617	0,33928	0,44233	0,27617
F3		0,24333	0,39413	0,36823	0,33928	0,29488	0,36823
F4		0,24333	0,29560	0,36823	0,33928	0,29488	0,36823
F5		0,24333	0,29560	0,27617	0,33928	0,44233	0,27617
F6		0,24333	0,19707	0,27617	0,25446	0,14744	0,27617
F7		0,32444	0,19707	0,27617	0,25446	0,14744	0,27617
F8		0,40555	0,29560	0,36823	0,33928	0,29488	0,36823
F9		0,32444	0,19707	0,27617	0,25446	0,14744	0,27617
F10		0,24333	0,39413	0,36823	0,33928	0,44233	0,36823

Fonte: Autoria Própria.

Ainda seguindo os passos do modelo matemático do método TOPSIS apresentado no tópico 2.5, realizou-se o cálculo dos pesos normalizados (tabela 19). As soluções ideais positivas (V+) foram determinadas a partir da equação (9) e as soluções ideais negativas (V-) através da equação (10). Também apresentado na tabela 19, determinou-se, para cada alternativa de fornecedor avaliada, as distâncias positivas (coluna D+) e negativas (coluna D-) de acordo com as equações (11) e (12), respectivamente, entre os valores de desempenho da matriz já normalizada. Para encontrar o coeficiente correspondente ao desempenho global de cada alternativa, calculou-se os coeficientes de aproximação (coluna CC da tabela 19) utilizando da equação (13).

**Tabela 19** – Cálculos finais do modelo TOPSIS

CÁLCULO DOS PESOS NORMALIZADOS							D+	D-	CC
	C1	C2	C3	C4	C5	C6			
F1	0,25508	0,65311	0,13807	0,07128	0,11045	0,04431	0,24173	0,49777	0,67312
F2	0,25508	0,65311	0,13807	0,07128	0,24851	0,04431	0,19842	0,76124	0,79324
F3	0,09183	0,65311	0,24547	0,07128	0,11045	0,07877	0,13806	0,72023	0,83914
F4	0,09183	0,36738	0,24547	0,07128	0,11045	0,07877	0,31734	0,47659	0,60029
F5	0,09183	0,36738	0,13807	0,07128	0,24851	0,04431	0,30719	0,48090	0,61021
F6	0,09183	0,16328	0,13807	0,04010	0,02761	0,04431	0,54993	0,24185	0,30545
F7	0,16325	0,16328	0,13807	0,04010	0,02761	0,04431	0,55455	0,27696	0,33308
F8	0,25508	0,36738	0,24547	0,07128	0,11045	0,07877	0,35687	0,53270	0,59883
F9	0,16325	0,16328	0,13807	0,04010	0,02761	0,04431	0,55455	0,27696	0,33308
F10	0,09183	0,65311	0,24547	0,07128	0,24851	0,07877	0,00000	0,75385	1,00000
V+	0,09183	0,65311	0,24547	0,07128	0,24851	0,07877			
V-	0,25508	0,16328	0,13807	0,04010	0,02761	0,04431			

Fonte: Autoria Própria.

Por fim, temos como saída do TOPSIS a tabela 20, que representa em porcentagem os coeficientes de aproximação referentes à cada fornecedor:

**Tabela 20** – Resultado do modelo TOPSIS

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
<b>W (Fornecedores)</b>	11,06%	13,03%	13,79%	9,86%	10,03%	5,02%	5,47%	9,84%	5,47%	16,43%

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com os resultados apresentados, tem-se que a opção escolhida é o Fornecedor 10, representando a maior porcentagem (16,43%) entre as alternativas, sendo assim a solução mais próxima do ideal. A escolha une os fatores relevantes, que a empresa em questão acredita ser importante na hora incluir um parceiro em sua cadeia, e o julgamento dos tomadores de decisão que estão em contato com o setor logístico, a fim de que a organização alcance o seu melhor desempenho.



#### 4.1 VALIDAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A empresa que representa o objeto de estudo desta pesquisa, depende diariamente de uma frota alta de transportadoras rodoviárias para suas atividades logísticas. Como apresentado no tópico 3.2, atualmente a gestão desse tipo de fornecedor começa com o preenchimento de formulários e questionários a respeito de suas capacidades. Embora tenha uma análise de desempenho durante a execução dos serviços, geralmente após o fornecedor ser qualificado para o trabalho, o critério mais influente na hora de tomar uma decisão entre as diversas opções de transportadoras, é o preço. O processo de auditoria nessa multinacional requer uma justificativa muito plausível para o setor logístico ter escolhido uma transportadora que não seja a que oferece o mesmo trajeto mais barato.

Os presentes resultados discutidos no tópico 4, usa das análises dos profissionais do ramo e das vantagens e estudos dos modelos AHP e TOPSIS, para mostrar a influência que os demais critérios, além do preço, podem ter na tomada de decisão. A partir da tabela 15 (Saída do AHP) vemos que o critério que possui maior peso nessas decisões é o C2 – Disponibilidade de Equipamentos e Serviços, representando 41,43% dos pesos. Quando levado em consideração apenas o preço direto que se paga pelo serviço, muitos funcionários não enxergam que outros fatores podem acarretar em prejuízos financeiros muito altos ao longo da cadeia no decorrer do tempo. Selecionar uma transportadora apenas por ser a mais barata, e esta acabar não suprimindo a leva necessária de caminhões para cumprir com as entregas de um devido cliente, pode desencadear multas por não cumprimento de data contratual, insatisfação do cliente, consequências negativas nas obras que dependem das entregas, não renovações de futuros contratos e imagem ruim da empresa para com novos potenciais clientes. Todos esses temas acabam gerando perdas financeiras muito maiores do que pagar um valor maior pelo mesmo trajeto porém com mais equipamentos para se suprir uma alta demanda.

Nota-se o ranqueamento dos critérios na tabela 21, a partir dos resultados que foram apresentados previamente na tabela 15 (Saída do AHP).

**Tabela 21** – Ranking dos critérios de seleção

<b>Ranking</b>	<b>Crítérios</b>	<b>Peso W</b>
1°	Disponibilidade de Equipamentos e Serviços	41,43%
2°	Nível de ramificação e consolidação no mercado	18,73%
3°	Qualidade	16,67%
4°	Preço	12,58%
5°	Segurança	5,35%
6°	Responsabilidade social e ambiental	5,25%

Fonte: Autoria Própria.

O modelo em questão consegue apurar e ponderar todos os principais pontos e critérios para que a melhor solução seja alcançada pela tomada de decisão dos avaliadores. Os profissionais do setor logístico, com seus conhecimentos prévios, unem suas análises e através do modelo é possível enxergar e provar de forma numérica qual a importância que a empresa deveria dar para cada critério na hora de se selecionar uma transportadora de modal rodoviário que ingressará na sua cadeia de suprimentos, o que gera um impacto na multinacional como um todo. Embora no dia a dia das atividades logísticas aparentemente o preço pareça ser o fator mais importante da decisão, a tabela 21 mostra que dentre os seis critérios discutidos na pesquisa, o preço se encontra na 4ª posição, ou seja, antes há fatores que devem ter uma maior atenção, sendo eles: Disponibilidade de Equipamentos e Serviços, Nível de ramificação e consolidação no mercado, e Qualidade. Vale ressaltar que a seleção e peso dos critérios são em adequação aos valores estratégicos do setor da empresa, no caso o setor logístico, ou seja, caso as estratégias sejam revistas, isso impactaria os critérios de seleção.

Englobando todos os cálculos e discussões dos dois modelos apresentados na pesquisa, chegou-se na opção escolhida que foi o Fornecedor 10 (com 16,43%) sendo o mais próximo da solução ideal. O fornecedor que atualmente é o mais utilizado e preferido pela empresa é o Fornecedor 7, que apresentou 5,47% na tabela 20 de resultados, mostrando que seria necessário rever a preferência por essa transportadora, quais os impactos que essa decisão tem causado na cadeia até então e quais melhorias a troca da preferência pelo Fornecedor 10 trará na prática para o processo da cadeia como um todo.

Aplicou-se um questionário para um dos decisores da empresa, com o objetivo de comparar a situação antiga de tomada de decisão para seleção de fornecedor com o modelo atual proposto. Tem-se a análise apresentada no quadro 3.

**Quadro 3** - Questionário de comparação entre a situação antiga e a situação atual em relação à utilização do método proposto

QUESTÕES	SITUAÇÃO ANTIGA	SITUAÇÃO ATUAL
Apresenta embasamento teórico nas justificativas de escolha dos fornecedores?	Baseado em questionários de qualificação com atendimento de condições mínimas exigidas pela empresa, de acordo com seu histórico.	Além das condições mínimas exigidas pela empresa, utiliza-se de estudos e cálculos numéricos embasados em métodos de tomada de decisão para se alcançar a melhor solução naquela situação.
Apresenta rapidez na tomada de decisão?	A decisão é tomada de forma rápida pois não há muitos critérios a serem levados em consideração ou questionamentos.	A decisão acaba não sendo tomada de forma tão ágil quanto antes por depender de cálculos e apurações.
Engloba mais de uma opinião ou tomadores de decisão?	Geralmente, quando se trata de fornecedores já qualificados, não há alternativas por é considerado aquele que apresentar menor preço.	Podem ser levadas em consideração a opinião de quantos profissionais da área logística for preciso.
O método busca melhoria contínua?	Está sempre em análise o desempenho dos fornecedores para cumprir com as satisfações da empresa.	Além da análise de desempenho, antes da decisão ser tomada os pesos dos critérios relevantes são sempre questionados buscando melhor adequação à situação.
Após qualificação do fornecedor, quantos critérios são considerados para tomar a decisão?	Na rotina do setor, após qualificação o único critério considerado é o Preço.	Com o modelo novo proposto, são levados em consideração 6 métodos mais relevantes para os valores da empresa.

Fonte: Autoria Própria.

Em adição às respostas obtidas no questionário do quadro 3, é apresentado no quadro 4 um resumo de vantagens e desvantagens entre a situação antiga e a situação atual em relação à utilização do método proposto.

**Quadro 4** - Vantagens e Desvantagens entre a situação antiga e a situação atual em relação à utilização do método proposto

	Rapidez na tomada de decisão	Adequação de critérios à situação real	Importância dos resultados obtidos	Contribuição aos objetivos estratégicos da área	Facilidade na tomada de decisão
<b>ANTIGO</b>	+	-	-	-	+
<b>NOVO</b>	-	+	+	+	-

+: método é favorável neste aspecto; -: método é desfavorável neste aspecto

Fonte: Autoria Própria.

Embora da maneira antiga a decisão era feita de maneira mais rápida e fácil, são pontos negativos do método novo mas que trarão muitos outros pontos positivos e vantagens para a corporação como um todo, pois algumas escolhas de fornecedores no setor logístico podem não apresentar grandes lucros a curto prazo, porém ao longo do tempo podem evitar muitos prejuízos e desvantagens, tanto na cadeia de suprimentos quanto na credibilidade da empresa com seus clientes, cumprimento de valores de sua cultura e imagem corporativa.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo da pesquisa era sugerir um método híbrido de tomada de decisão, integrando os métodos AHP e TOPSIS para selecionar fornecedores dentre as transportadoras de modal rodoviário, que foi alcançado e se mostrou eficaz para se chegar em uma solução ótima que se encaixe nos valores e objetivos estratégicos da empresa, contribuindo positivamente para o fluxo da cadeia de suprimentos, principalmente no setor logístico da multinacional. Selecionou-se a melhor opção de transportadora dentre as dez opções presentes na pesquisa, que se mostrou não ser aquela que é mais utilizada pela empresa, assim como mostrou que o critério preço não é o mais importante para tal seleção, como vinha sendo considerado. Desse modo, conclui-se que o setor logístico da multinacional deverá rever a preferência de seus fornecedores, assim como dar maior relevância para os demais critérios, como a Disponibilidade de Equipamentos e Serviços. A atribuição de valores quantitativos em escala acabou sendo um desafio encontrado ao longo da pesquisa, por depender de certa forma do julgamento humano, o que tornou difícil alcançar coeficientes satisfatórios para que fosse possível dar continuidade nos cálculos dos métodos.

Além dos fornecedores rodoviários que foram considerados neste trabalho, a multinacional conta com outros grupos de fornecedores para realizar exportações, podendo ser de transporte aéreo ou marítimo. Aplicando tal técnica de seleção, seria possível estruturar uma escolha ideal também para os outros modais, acarretando em mais benefícios para a cadeia. O método híbrido AHP-TOPSIS traz facilidade para as tomadas de decisão, a fim de se alcançar melhores gerenciamentos de fluxos e cadeias de suprimentos, aumentando o desempenho de qualquer organização.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-BASSET, M. et al. An approach of TOPSIS technique for developing supplier selection with group decision making under type-2 neutrosophic number. **Applied Soft Computing Journal** 77, p. 438–452, 2019.

AL-HARBI, K. Application of the AHP in project management. **International Journal of Project Management** 19, p. 19-27, 2001.

ANP. **A retomada da Indústria do Petróleo e Gás no Brasil**. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/images/Palestras/PPT\\_ANP\\_Decio%20Oddone\\_Lide\\_Agosto\\_2018.pdf](http://www.anp.gov.br/images/Palestras/PPT_ANP_Decio%20Oddone_Lide_Agosto_2018.pdf). Acesso em: 17 de Abr. 2019.

BRUNO, G. et al. The Analytic Hierarchy Process in the Supplier Selection Problem. **The 10th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process**, 29 de Julho – 1 de Agosto, 2009, Pittsburgh, PA.

CAO, M. e ZHANG, Q. Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm Performance. **Journal of Operations Management** 29, p. 163–180, 2011.

CARGNIN-STIELER, M.; BISOGNIN, V. Contribuições da metodologia da modelagem matemática para os cursos de formação de professores. **Revista Iberoamericana de Educación**, volume 49, edição 3, p. 1–15, 2009.

CARTER, C. R. e EASTON, P. L. "Sustainable supply chain management: evolution and future directions", **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, volume 41, p. 46-62, 2011.

CHAI, J. et al. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications** 40, p. 3872–3885, 2013.

CHEN, C-T et al. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. **Int. J. Production Economics** 102, p. 289–301, 2006.

FAWCETT, S.; MAGNAN, G. Ten guiding principles for high-impact SCM. **Business Horizon**, 47 (5), p. 67–74, 2004.

GONÇALO, T.; ALENCAR, L. A Supplier selection model based on classifying its strategic impact for a company's business results. *Pesquisa Operacional*, 34(2): p. 347-369. **Brazilian Operations Research Society**, 2014.

HO, W. et al. Multi-criteria decision-making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research** 202, p. 16–24, 2010.

HONG, J. et al. The effect of supply chain quality management practices and capabilities on operational and innovation performance: Evidence from Chinese manufacturers. **International Journal of Production Economics** 212, p. 227–235, 2019.

HOSSEINI, S.; AL KHALED, A. A hybrid ensemble and AHP approach for resilient supplier selection. **J Intell Manuf**, 30: p. 207–228, 2019.

IBP. **Evolução do nível de produção industrial**. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/evolucao-do-nivel-de-producao-industrial/>. Acesso em: 17 de Abr. 2019.

IBP. **Maiores produtores mundiais de petróleo em 2017**. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/maiores-produtores-mundiais-de-petroleo-em-2017/>. Acesso em: 17 de Abr. 2019.

IBP. **Média de produção de petróleo dos poços onshore**. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/media-de-producao-de-petroleo-dos-pocos-onshore/>. Acesso em: 17 de Abr. 2019.

IBP. **Número de plataformas no Brasil (Jan/2019)**. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/numero-de-plataformas-no-brasil-jan-2019/> . Acesso em: 17 de Abr. 2019.

IBP. **Participação de petróleo e derivados no valor exportado total**. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/participacao-de-petroleo-e-derivados-no-valor-exportado-total/>. Acesso em: 17 de Abr. 2019.

JUNIOR, F.; CARPINETTI, L. A comparison between TOPSIS and Fuzzy TOPSIS methods to support multicriteria decision making for supplier selection. **Gest. Prod.**, São Carlos, volume 22, edição 1, p. 17-34, 2015.

KROHLING, R.; SOUZA, T. Two Examples of Application of TOPSIS to Decision Making Problems. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, edição 8, p. 31-35, 2011.

KUMAR, R. et al. Supplier selection of an Indian heavy locomotive manufacturer: An integrated approach using Taguchi loss function, TOPSIS, and AHP. **IIMB Management Review** 000, 1–13, 2019.



LAMBERT, D.; COOPER, M. Issues in Supply Chain Management. **Industrial Marketing Management** 29, p. 65–83, 2000.

LI, J. et al. Sustainable supplier selection based on SSCM practices: A rough cloud TOPSIS approach. **Journal of Cleaner Production** 222, p. 606–621, 2019.

LIU, F.-H. e HAI, H.L. The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. **Int. J. Production Economics** 97, p. 308–317, 2005.

MEMARI, A. et al. Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. **Journal of Manufacturing Systems** 50, p. 9–24, 2019.

MOREIRA, M. et al. O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. **Revista Fatec Zona Sul** volume 4, edição 4, 2018.

MULLINER, E. et al. Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability. **Omega** 59, p. 146–156, 2016.

NGUYEN, P. et al. The Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) in Engineering Project Management. **5th International Conference on Engineering Technologies & Applied Sciences**, 22-23 de Novembro 2018, Bangkok Thailand.

PATIL, S.; KANT, R. A fuzzy AHP-TOPSIS framework for ranking the solutions of Knowledge Management adoption in Supply Chain to overcome its barriers. **Expert Systems with Applications** 41, p. 679–693, 2014.

SOUZA, L. et al. Aplicação de método híbrido AHP-TOPSIS como modelo decisório para ordenação e priorização de portfólio de projetos por comitê de governança de TI. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional Vitória**, ES, 27 a 30 de setembro de 2016.

VAIDYA, O.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research** 169, p. 1–29, 2006.