



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Ciências Aplicadas

GERSON PEREIRA DE ARAUJO

GERENCIAMENTO DE RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE
COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DO PETRÓLEO UTILIZANDO ANÁLISE
DE REDES SOCIAIS

LIMEIRA

2019

GERSON PEREIRA DE ARAUJO

GERENCIAMENTO DE RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE
COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DO PETRÓLEO UTILIZANDO ANÁLISE
DE REDES SOCIAIS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura, na Área de Pesquisa Operacional e Gestão de Processos.

Orientador: PROF. DR. PAULO SÉRGIO DE ARRUDA IGNÁCIO

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO GERSON
PEREIRA DE ARAUJO, E ORIENTADO
PELO PROF. DR. PAULO SÉRGIO DE
ARRUDA IGNÁCIO

LIMEIRA

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

Araujo, Gerson Pereira de, 1990-
Ar15g Gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos de combustíveis derivados do petróleo utilizando análise de redes sociais / Gerson Pereira de Araujo. – Limeira, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Paulo Sergio de Arruda Ignácio.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Cadeia de suprimentos. 2. Avaliação de risco. 3. Modelagem. 4. Teoria dos grafos. I. Ignácio, Paulo Sergio de Arruda, 1963-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Risk management in the oil products supply chain using social network analysis

Palavras-chave em inglês:

Supply chain

Risk assessment

Modeling

Graph theory

Área de concentração: Pesquisa Operacional e Gestão de Processos

Titulação: Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura

Banca examinadora:

Paulo Sergio de Arruda Ignácio [Orientador]

Regina Meyer Branski

Alessandro Lucas da Silva

Data de defesa: 11-07-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia de Produção e de Manufatura

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-4746-5249>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/0091328000689424>

FOLHA DE APROVAÇÃO -DISSERTAÇÃO

AUTOR: GERSON PEREIRA DE ARAUJO

TÍTULO: GERENCIAMENTO DE RISCOS NA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DE COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DO PETRÓLEO
UTILIZANDO ANÁLISE DE REDES SOCIAIS

Área de concentração: Engenharia de Produção e de Manufatura /Pesquisa
Operacional e Gestão de Processos

Faculdade de Ciências Aplicadas –UNICAMP

Data da Defesa: Limeira, 11 de julho de 2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo Sérgio de Arruda Ignácio (Orientador)

Prof. Dra. Regina Meyer Branski

Prof. Dr. Alessandro Lucas da Silva

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação à Deus por ter me abençoado com a oportunidade de mais essa conquista. Aos meus Pais Albina e João Pereira (em memória) pelo cuidado, amor e por terem me tornado a pessoa que sou hoje. Aos meus irmãos Lucas e Bruno por tudo que enfrentamos e aprendemos juntos.

AGRADECIMENTOS

A conclusão do meu mestrado é a realização de um grande sonho, que não seria viável se eu tivesse que caminhar sozinho.

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Paulo Sérgio de Arruda Ignácio, por estar sempre presente, conduzir em cada etapa desse trabalho, contribuindo com ideias, correções, críticas, apoio e incentivo.

À Professora Doutora Regina Meyer Branski e Professor Doutor Alessandro Lucas da Silva, pelas críticas construtivas e sugestões na dissertação.

À FCA-Unicamp e seus professores.

Aos meus amigos Heloar Cristina, Lorryne Kalinka Gustavo Batista, Eliene Batista, Lincoln Ciosaki pelo apoio e estímulo.

Agradeço aos meus antigos professores e orientadores na graduação Prof. Ms Jose Aurélio Moura Resende e Prof. Marcos Rodrigo Sciarretta Segato pelo apoio ou incentivo mesmo após o término da graduação.

A todos os envolvidos diretamente ou indiretamente com a conclusão desse trabalho.

RESUMO

Atualmente, as cadeias de suprimentos possuem uma estrutura mais complexa, com maior vulnerabilidade à riscos do que costumavam ter no passado. O processo de gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos que leva em consideração apenas a relação direta entre uma empresa focal e seus fornecedores e clientes imediatos, não são suficientes para avaliar como os efeitos da estrutura da cadeia pode influenciar na maneira como os riscos afetam as empresas. Nesse sentido, a análise de redes sociais e suas medidas de centralidades, vem sendo aplicadas em cadeias de suprimentos com o objetivo de analisar vulnerabilidade, uma vez que cadeias de suprimentos são exemplos de redes de relacionamento complexas. Em particular, a cadeia de petróleo e seus combustíveis derivados possui uma grande relevância em relação ao fornecimento energético. Apesar de ser considerada como complexa e suscetível à vários riscos sistemáticos por muitos autores, a aplicação das medidas de análise de redes sociais na avaliação de riscos na cadeia de petróleo ainda é bastante escasso. Sendo assim, o objetivo principal desse trabalho é avaliar a como a aplicação da análise de redes sociais pode contribuir no processo de gerenciamento de riscos na cadeia de petróleo. Foi utilizado para estudo um segmento da cadeia de petróleo no setor *downstream* de distribuição do óleo diesel do Estado de São Paulo. A aplicação das medidas de centralidade permitiu concluir características dos agentes relacionados à vulnerabilidade da cadeia. Com as medidas de centralidade de grau, foi possível determinar os pontos mais críticos de vulnerabilidade da cadeia. A centralidade de proximidade foi utilizada para concluir pontos cuja ruptura possa afetar mais rapidamente os outros pontos da cadeia. A centralidade radial informou os fornecedores mais críticos quanto sua capacidade de propagar riscos pela cadeia. Com a centralidade de intermediação de fluxo foi possível encontrar os agentes que podem funcionar como gargalo ou controladores de fluxo na cadeia. A centralidade de Auto vetor informou os agentes mais influentes na cadeia. E as centralidades *Hub* e *Authority*, em particular, foi utilizada em grafos valorados com variáveis de risco para avaliar a vulnerabilidade no risco de acessibilidade de transporte. As medidas de centralidades demonstraram ser capaz de complementar o entendimento de propagação de riscos ou avaliar diretamente os riscos na cadeia e também permitem estabelecer um conjunto de ferramentas eficaz para o entendimento de riscos em cadeias complexas no ponto de vista sistêmico.

PALAVRAS-CHAVE. Gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos; Cadeia de petróleo; modelagem; medidas de centralidade; teoria dos grafos;

ABSTRACT

Nowadays, supply chains have a more complex structure, with more vulnerability to risks than they used to have in the past. The risk management process in a supply chain takes into consideration only the direct relationship between a focal company and its suppliers or immediate customers, which is not enough to assess how the effects of network structure can influence the way risks affect companies. In this sense, social network analysis and its measures of centrality have been applied to supply chains in order to analyze vulnerability, once supply chains can be considered as complex networks. In particular, the oil chain and its derived fuels have great relevance in relation to energy supply. Despite being considered as complex and susceptible to various systematic risks by many authors, the application of social network analysis measures to risk assessment in the oil supply chain is still quite scarce. Thus, this paper has the main objective to evaluate how the application of social network analysis can contribute to the risk management process in the oil supply chain. A segment of the downstream oil supply chain in diesel distribution sector at State of São Paulo was used for this study. The application of centrality measures allowed us to conclude characteristics of the agents related to supply chain vulnerability. With degree centrality measures, it was possible to determine the most critical points of supply chain vulnerability. Closeness centrality was used to conclude points whose disruption may affect the other points of the chain more quickly. Radiality centrality informed the most critical suppliers of their ability to propagate risks through the supply chain. With the flow betweenness centrality, it was possible to find the agents that can act as bottleneck or flow controllers in the chain. The eigenvector centrality informed the most influential agents in the chain. The Hub and Authority centralities, in particular, were used in graphs valued with risk variables to assess vulnerability in transport accessibility risk. Centrality measures have been shown to be able to complement the understanding of risk propagation or to directly assess risks in the chain and also allow for the establishment of an effective tools for understanding systemic risks in a complex supply chains.

Key words: Supply chain Risk management; oil supply chain; modeling; centrality measures; graph theory;

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica (A) e matricial (B) de um grafo valorado	17
Figura 2: Estrutura da cadeia de suprimentos de acordo com Solis <i>et al.</i> (2002)	27
Figura 3: Diferença estrutural entre o ponto de vista de cadeia (<i>Chain</i>) e rede (<i>Network</i>)	28
Figura 4: Estrutura de Rede de cadeia de suprimentos de acordo com Lambert <i>et al.</i> (1998).....	29
Figura 5: Diferentes níveis de complexidade da cadeia de suprimentos	31
Figura 6: Classificação das estruturas da cadeia de suprimentos	32
Figura 7: Fatores de complexidade de uma cadeia.....	33
Figura 8: Etapas do processo de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos	37
Figura 9: Matriz de tratamento de estratégia de riscos baseadas na probabilidade e impacto	40
Figura 10: Riscos Aceitáveis, toleráveis e inaceitáveis.....	41
Figura 11: Efeito das estratégias de mitigação sobre os riscos	43
Figura 12: Exemplo de Grafo.....	46
Figura 13: Representação de um grafo orientado.....	47
Figura 14: Representação matricial de um grafo.....	47
Figura 15: A Cadeia do Petróleo	63
Figura 16: Gráfico da Oferta Interna de Energia no Brasil em % (2017)	64
Figura 17: Gráfico da Participação dos principais países no consumo Mundial de Petróleo.....	65
Figura 18: Gráfico da Evolução da produção, exportação e importação de petróleo e preço médio do barril importado no ano de 2016	66
Figura 19: Evolução das vendas nacionais, pelas distribuidoras, dos principais derivados de petróleo – 2007-2016	67
Figura 20: Fluxo Logístico de distribuição dos Combustíveis derivados do Petróleo	69
Figura 21: Gráfico do Volume de petróleo refinado e capacidade de refino, segundo refinarias – 2016	70
Figura 22: Participação das distribuidoras nas vendas nacionais de óleo diesel e Gasolina - 2016.....	74
Figura 23: Gráfico da Distribuição percentual dos postos revendedores de combustíveis automotivos no Brasil, segundo a bandeira –2016	75
Figura 24: Classificação desta pesquisa	89
Figura 25: Representação esquemática da cadeia Estudada.....	91
Figura 26: Rota com 2 rodovias interligadas.....	93
Figura 27: Unidades de refino e processamento	97
Figura 28: Representação gráfica das medidas de Centralidade de Grau	104
Figura 29: Representação gráfica da Centralidade de Proximidade – Relações contratuais.....	110
Figura 30: Representação gráfica da Centralidade de Auto Vetor	111
Figura 31: Representação gráfica da centralidade radial.....	118
Figura 32: Representação Gráfica da centralidade de Intermediação de Fluxo	120
Figura 33: Método das potências para implementação no software Matlab	121
Figura 34: Centralidade <i>Hub</i> e <i>Authority</i> para implementação no software Matlab	122
Figura 35: Grafo de centralidade <i>Authority</i> para o risco de acessibilidade	124
Figura 36: Grafo da centralidade <i>Hub</i> para risco de acessibilidade	126
Figura 37: Gráfico de correlação entre centralidades de grau valorado e não valorado	128
Figura 38: Comparação entre distribuidoras com maior e menor centralidade de proximidade.....	130
Figura 39: Representação da Centralidade de auto vetor para a cadeia das distribuidoras de maior e menor centralidade	131
Figura 40: Grafo da cadeia imediata dos fornecedores com maior centralidade Radial	133
Figura 41: Cadeia Imediata dos Agentes com centralidade de Intermediação de fluxo não nula	134
Figura 42: Cadeia imediata do agente com maior centralidade de intermediação de fluxo	135
Figura 43: Cadeia Imediata do agente com menor Centralidade de Intermediação de Fluxo.....	136
Figura 44: Centralidade <i>Authority</i> para risco de transporte	137
Figura 45: Centralidade <i>Hub</i> para risco de transporte.....	139

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Estudos realizados em cadeias de suprimentos utilizando análise de redes sociais	20
Quadro 2: Etapas da dissertação.....	23
Quadro 3: Caracterização das medidas de centralidade em cadeias de suprimentos de acordo com Mizgier, Jüttner e Wagner (2013)	58
Quadro 4: Medidas de Centralidades e suas implicações em cadeias de Suprimentos	59
Quadro 5: Aplicação das medidas de centralidade na avaliação dos riscos em Cadeias de Suprimentos	60
Quadro 6: Quantidade e extensão de dutos em operação, por função, segundo produtos movimentados – 31/12/2016.....	73
Quadro 7: Riscos estudados no setor <i>Upstream</i>	77
Quadro 8: Riscos estudados no setor <i>Downstream</i>	79
Quadro 9: Riscos estudados na etapa <i>Upstream</i> e <i>Downstream</i>	80
Quadro 10: Classificação dos tipos de pesquisas	84
Quadro 11: Forma de Aplicação das medidas de centralidade na cadeia estudada.....	96
Quadro 12: Fluxo de diesel entre Refinarias para Terminais do estado de São Paulo	99
Quadro 13: Fluxo de diesel entre terminais para Refinarias do Estado de São Pulo	99
Quadro 14: Fluxo de diesel entre os terminais do estado de São Paulo: Fluxo de diesel entre os terminais do estado de São Paulo	100
Quadro 15: Regiões atendidas pela Refinaria	101
Quadro 16: Municípios de entrega das Refinarias	101
Quadro 17: Locais atendidos pelos terminais.....	102
Quadro 18: Municípios atendidos pelos terminais	103
Quadro 19: Empresas com maiores centralidades de grau e suas características.....	143
Quadro 20: Empresas com maiores centralidades de auto vetor, proximidade, radial e intermediação de fluxo e suas características	144
Quadro 21: Empresas com maior risco de acessibilidade de transporte de acordo com a centralidade <i>Hub</i> e <i>Authority</i>	145

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Importação e exportação nacional de Gasolina, Óleo Diesel e GLP em Mil Metros cúbicos – Ano 2016.....	66
Tabela 2: Consumo dos Principais Combustíveis derivados do petróleo por Região e Unidade de Federação em Mil metros Cúbicos no Ano de 2016	68
Tabela 3: Participação das refinarias no refino de petróleo – 2016	71
Tabela 4: Quantidade de Bases de Distribuição de Combustíveis por Grandes Regiões e unidade de Federação	72
Tabela 5: Frequência de incidentes nos dutos	94
Tabela 6: Correlação entre as medidas de centralidades	95
Tabela 7: As 10 distribuidoras com maior em menor centralidade de grau de entrada não valorada .	105
Tabela 8: As 10 distribuidoras com maior em menor centralidade de grau de entrada valorada.....	106
Tabela 9: Centralidades de Grau de para as Refinarias e Terminais	107
Tabela 10: Valores de Centralidade de Grau de Saída Para os Importadores	108
Tabela 11: Centralidade de Proximidade para as 10 distribuidoras de maior e menor valor	112
Tabela 12: Centralidade de proximidade para as refinarias e terminais.....	113
Tabela 13: Centralidade de proximidade para as importadoras	113
Tabela 14: As 10 maiores e menores distribuidoras com centralidade de auto vetor	114
Tabela 15: Centralidade de auto vetor para os importadores	115
Tabela 16: Centralidade de auto vetor para as refinarias e terminais.....	116
Tabela 17: Centralidade Radial para os Terminais e Refinaria e Importadoras	116
Tabela 18: Os 10 Agentes com Maior centralidade de Intermediação.....	119
Tabela 19: Agentes com as 10 Maiores e menores Centralidade <i>Authority</i> para risco de Acessibilidade	123
Tabela 20: Centralidade Hub dos agentes para o risco de acessibilidade	125
Tabela 21: Riscos de transporte das 10 empresas com maior e menor centralidade <i>Authority</i>	138
Tabela 22: Centralidade Hub e Authority dos Importadores	140
Tabela 23: Centralidade Hub e Authority das refinarias e terminais	141

SUMÁRIO

RESUMO	7
LISTAS DE FIGURAS	9
LISTAS DE QUADROS	10
LISTAS DE TABELAS	11
SUMÁRIO	12
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.2 OBJETIVO.....	21
1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVANCIA	21
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA E ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS	22
1.4.1 Descrição dos Capítulos	24
1.4.2 Obtenção de dados e ferramentas utilizadas	25
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	26
2.1.1 Conceito de cadeias e redes de suprimentos	26
2.1.2 Estrutura da Cadeia de Suprimentos	30
2.2 GERENCIAMENTO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS	34
2.2.1 Definição de Risco	34
2.2.2 Definição de gerenciamento de risco em cadeias de suprimentos	35
2.2.3 Etapas do processo gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos	37
2.2.3.1 <i>Identificação dos Riscos</i>	37
2.2.3.2 <i>Avaliação dos riscos</i>	38
2.2.3.3 <i>Tratamento dos Riscos</i>	39
2.2.3.4 <i>Monitoramento dos riscos</i>	45
2.3 MEDIDAS DE CENTRALIDADES EM REDES DE RELACIONAMENTOS E SUAS APLICAÇÕES EM CADEIA DE SUPRIMENTOS	45
2.3.1 Conceitos básicos em Teoria dos Grafos	45
2.3.2 Análise de redes Sociais e medidas de Centralidades	48
2.3.2.1 <i>Centralidade de grau</i>	48
2.3.2.2 <i>Centralidade de Intermediação e Intermediação de Fluxo</i>	50
2.3.2.3 <i>Centralidade de Proximidade</i>	53
2.3.2.4 <i>Centralidade de autovetor</i>	54
2.3.2.5 <i>Centralidade de Hub e Authority</i>	55
2.3.2.6 <i>Centralidade Radial</i>	57
2.3.3 Aplicação da Análise de Redes Sociais em Cadeia de Suprimentos	57
2.4 A CADEIA DO PETRÓLEO.....	61

2.4.1 Visão geral da Cadeia de Petróleo Brasileira	63
2.4.1.1 <i>Participação no consumo energético</i>	63
2.4.1.2 <i>Representatividade do Brasil nas reservas internacionais</i>	64
2.4.2.3 <i>Importação e exportação brasileira</i>	65
2.4.2.4 <i>Consumo de combustíveis nos Estados Brasileiros</i>	66
2.4.3 Logística do seguimento <i>downstream</i> cadeia de petróleo brasileira.....	68
2.4.3.1 <i>Produtores e Importadores</i>	69
2.4.3.2 <i>Bases de combustíveis</i>	71
2.4.3.3 <i>Transporte</i>	73
2.4.3.4 <i>Distribuição e Revenda</i>	74
2.4.4 Riscos em Cadeias de Petróleo	75
2.4.4.1 <i>Risco de acessibilidade de transporte</i>	81
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	83
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	85
3.1.1 Natureza da Pesquisa	85
3.1.2 Abordagem da Pesquisa	86
3.1.3 Propósitos da Pesquisa	86
3.1.4 Classificação quanto aos Procedimentos da Pesquisa	87
4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	90
4.1 DELIMITAÇÃO DA CADEIA DE PETRÓLEO ESTUDADA	90
4.2 RISCO AVALIADO NA CADEIA DE PETRÓLEO	91
4.2.1 <i>Risco de Acessibilidade de transporte</i>	91
4.2.2 <i>Avaliação da frequência de incidentes nos modais de transporte</i>	92
4.3 UTILIZAÇÃO DAS MEDIDAS DE CENTRALIDADE	94
4.4 COLETA DE DADOS	96
4.4.1 Refinarias do Estado de São Paulo	96
4.4.2 Dados de Fluxos entre os agentes da cadeia	99
4.5 RESULTADOS.....	103
4.5.1 Centralidade de grau	103
4.5.2 Centralidade de auto vetor e proximidade	109
4.5.3 Centralidade radial	116
4.5.4 Centralidade de intermediação de fluxo	119
4.5.5 Centralidade <i>Hub</i> e <i>Authority</i>	121
5 DISCUSSÕES	127
5. 1 CENTRALIDADE DE GRAU	127
5.2 CENTRALIDADE DE AUTO VETOR E PROXIMIDADE	129
5.3 CENTRALIDADE RADIAL	131

5.4 CENTRALIDADE DE INTERMEDIÇÃO DE FLUXO.....	134
5.5 AVALIAÇÃO DE RISCOS DE TRANSPORTE UTILIZANDO CENTRALIDADE <i>HUB</i> E <i>AUTHORITY</i>	136
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	142
6.1 OPORTUNIDADES FUTURAS	146
7. REFERÊNCIAS	147

1 INTRODUÇÃO

A cadeia de suprimentos pode ser definida como um sistema composto de fornecedores de materiais, fabricas, distribuidores e clientes, sendo esses componentes interligados através de um fluxo de material e de informações (BASOLE *et al.*, 2016). Dentro da cadeia, ocorre a agregação de valor pela transformação das mercadorias desde o estágio inicial de matéria prima, passando por várias etapas até chegar ao estado final de produto acabado o qual é entregue ao consumidor final (BALLOU, 2009).

Uma vez que qualquer cadeia está sujeita à vários riscos, que podem ser descritos como a probabilidade de ocorrer um evento adverso e inesperado e o impacto causado por esse evento (DUHADWAY; CARNOVALE; HAZEN, 2017), existem um conjunto de ações que buscam lidar com os riscos que fazem parte do processo chamado de “gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos”.

Nesse contexto, o gerenciamento de risco em cadeias de suprimentos é definido como um conjunto de atividades que envolvem identificar os riscos, avaliar, mitigar e monitorar esses riscos, sendo eles internos à empresa, ou externo que possam afetar qualquer parte de uma cadeia de suprimentos (HO *et al.*, 2015). Nesse processo, através da implementação de ferramentas, técnicas e estratégias, pela coordenação e colaboração dos membros da cadeia, busca-se garantir o andamento das atividades da cadeia alinhados à lucratividade e permitindo que as empresas ganhem vantagem competitiva (FAN; STEVENSON, 2018).

Nos últimos anos, o gerenciamento de risco da cadeia de suprimentos vem se tornando cada vez mais necessário. Várias tendências industriais como terceirização, globalização dos recursos de produção e vendas, aumento da competitividade, iniciativas *lean*, demandas mais exigentes para entregas mais rápidas, produtos com ciclo de vida mais curtos, têm aumentado a vulnerabilidade das cadeias de suprimentos, fazendo com que os efeitos dos riscos se tornem mais severos (AQLAN; LAM, 2015; TRKMAN; DE OLIVEIRA; MCCORMACK, 2016).

Desse modo, a necessidade de um processo de gerenciamento de riscos não se atribui apenas à maior frequência de ocorrência de eventos adversos, mas também devido às iniciativas das empresas em operarem com baixos níveis de folgas em capacidade, visando reduzir custos e tornarem-se mais enxutas, e conseqüentemente deixando-as mais vulneráveis (TRKMAN; de OLIVEIRA; MCCORMACK, 2016).

Ao analisar riscos em cadeia de suprimentos, um fator importante é a sua estrutura. Quanto mais complexa uma cadeia de suprimentos for, mais interfaces existirão resultando no aumento da vulnerabilidade e tornando os riscos envolvidos mais impactantes (THUN; HOENIG, 2011). Uma cadeia de suprimentos pode ser considerada complexa, quando as empresas estão conectadas com interações não triviais, sendo ela mais bem representada como *network* do que uma cadeia pois em sua estrutura, os componentes são altamente interconectados, havendo ciclos e *loops* de feedback (LEDWOCH *et al.*, 2018).

A necessidade de analisar os riscos do ponto de vista estrutural vem se tornando cada vez mais necessária, uma vez que os cenários de cadeias de suprimentos são marcados por uma maior frequência de eventos desastrosos e causadores de grandes rupturas (WAGNER; NESHAT, 2010). Esses riscos são caracterizados por estarem fora de controle de uma empresa focal ou de qualquer entidade de uma cadeia. Alguns exemplos são os riscos políticos como terrorismo ou crises econômicas, riscos regulatórios, como a falta de adequação à leis de segurança ambiental ou de saúde de países importadores ou exportadores, riscos de desastres naturais resultantes de eventos catastróficos, como furacões, terremotos e incêndios (BASOLE *et al.*, 2016).

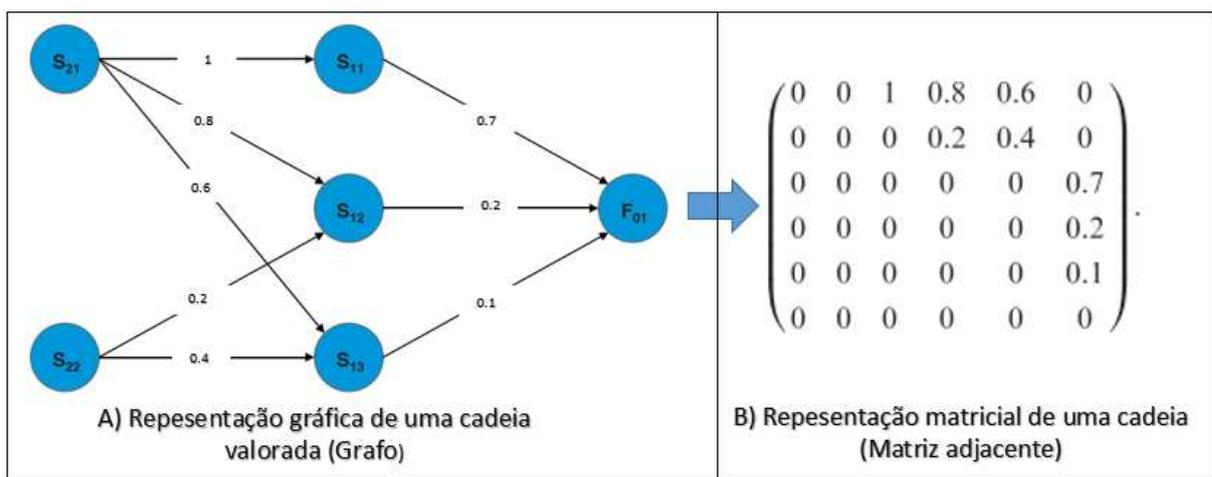
Uma vez que métodos tradicionais de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos focam no objetivo de avaliar os riscos das relações diretas entre uma empresa focal e seus fornecedores ou clientes, esses métodos não são capazes de avaliar os riscos do ponto de vista sistêmico, onde busca-se verificar o quanto a ruptura de uma empresa pode ser prejudicial para uma cadeia de suprimentos ou rede de suprimentos, ou como fenômenos que ocorrem na cadeia afetam uma determinada empresa baseando-se na posição que ela ocupa na cadeia (KIM *et al.*, 2011).

Com o objetivo de suprir essa lacuna, um conjunto de medidas que buscam avaliar aspectos estruturais de uma rede, chamado de análise de redes sociais, vem sendo também aplicados em cadeias de suprimentos. A análise de redes sociais é uma área de estudo da teoria dos grafos que busca avaliar certas características de centralidade dos agentes integrantes de uma rede (BORGATTI; LI, 2009).

Os grafos são diagramas utilizados para representar as redes e são formados pelos nós e pelas arestas. Os nós representam as entidades da rede, que podem ser empresas, pessoas e regiões; as arestas são as conexões entre essas entidades, como por exemplo, relações contratuais ou fluxos em empresas e amizades ou parentesco em redes sociais. Alguns dos

indicadores utilizados para estudo de centralidade em grafos são: Centralidade de grau, centralidade de proximidade, centralidade de intermediação, e centralidade de auto vetor. A Figura 1 representa um grafo valorado pela aresta (conexão entre os agentes) em A) e o mesmo grafo é representado na forma matricial em B). A medida de centralidade irá informar quais agentes são mais centrais e menos centrais em uma cadeia de acordo com a posição que ocupam junto com a grandeza das suas ligações, quando o grafo é valorado.

Figura 1: Representação gráfica (A) e matricial (B) de um grafo valorado



Fonte: Adaptado de Mizgier, Jüttner e Wagner (2013)

Essas medidas indicam características específicas em uma rede ou grafo. A centralidade de grau está associada a influência de vértice; a centralidade de proximidade representa a rapidez com que uma informação se espalha pelos vértices de uma rede; a centralidade de intermediação está associada à influência que um ponto possui na propagação e fluxo de informações, ou outra coisa que passe entre os pontos da rede; a centralidade de auto vetor estabelece a relevância que um ponto possui em função de seus vizinhos na rede (FREITAS, 2010).

As medidas de centralidade aplicadas ao processo de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos, contribuem na avaliação dos riscos de maneira sistemática, onde as complexidades da interdependência entre as empresas de uma rede exigem uma análise que vai além da interação de empresa com fornecedores e clientes diretos (LEDWOCH *et al.*, 2018).

Alguns trabalhos estudaram a aplicação de centralidade em grafos para análise de sua estrutura e avaliação de riscos em cadeia de suprimentos. Wagner e Neshat, (2010) através de

uma *survey* utilizaram teoria dos grafos para quantificar e estabelecer metas de mitigação de riscos em cadeias de suprimentos de vários segmentos. Kim *et al.* (2011) utilizam medidas de centralidades para investigar as características estruturais de cadeias automobilísticas através das relações contratuais e de fluxo existentes entre as empresas. Mizgier, Jüttner e Wagner, (2013) utilizam medidas de centralidade para avaliar propagação de perdas e identificar gargalos em cadeia de suprimentos. Mais recentemente Ledwoch *et al.* (2018) utilizaram em seu estudo cinco medidas de centralidade para avaliação riscos sistemáticos em redes de suprimentos complexas.

Um tipo de cadeia que merece uma atenção especial, devido ao seu tamanho e complexidade, além de sua importância social e econômica é a cadeia de petróleo (LIMA; RELVAS; BARBOSA-PÓVOA, 2016). A cadeia de petróleo pode ser dividida em duas etapas. O segmento *upstream* compreende à exploração, produção e transporte do óleo cru, e o segmento *downstream* corresponde aos processos refino, transporte, armazenamento e distribuição dos seus derivados (FERNANDES; BARBOSA-PÓVOA; RELVAS, 2009).

O setor petrolífero é caracterizado por possuir uma estrutura complexa, cujos riscos de ruptura podem causar sérios danos financeiros e ambientais. Além disso, a sua estrutura é bastante interconectada e interdependente, sendo que a ruptura em um determinado ponto pode se propagar pela cadeia afetando várias empresas pertencentes à cadeia (WAGNER; MIZGIER; ARNEZ, 2014).

Nesse sentido, torna-se oportuno estudos que envolvam o gerenciamento de riscos no ponto de vista sistêmico, na cadeia de petróleo com o auxílio de métricas de centralidades em redes pertencentes à área de análise de redes sociais. Esse trabalho se limitará a estudar uma etapa da cadeia de petróleo do segmento *downstream*, no Estado de São Paulo, utilizando o fluxo do óleo diesel, aplicando os conceitos da análise de redes sociais, no processo de gerenciamento de riscos.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A existência de trabalhos que utilizam técnicas de análise de redes em cadeias de suprimentos é bastante limitada em comparação com outros campos de estudo

(BEZUIDENHOUT *et al.*, 2012). Mesmo em cadeias de suprimentos, estudos que abordam a aplicação teoria dos grafos são bastante inferiores em relação à quantidade de estudos existentes em outras abordagens que exploram riscos na cadeia de suprimentos (HO *et al.*, 2015). Isso representa a necessidade de maior exploração dessas técnicas em estudos futuros, principalmente em diferentes cadeias de suprimentos.

O Quadro 1 representa os estudos realizados em cadeia de suprimentos com a aplicação de métodos de análise de redes. Através do levantamento dos trabalhos existentes em revistas internacionais, foi possível verificar que a quantidade de trabalho que abordam a aplicação da análise de redes sociais nesse campo é ainda bastante limitada.

De maneira geral esses trabalhos utilizam e interpretam das medidas de centralidade quando aplicadas em cadeias de suprimentos, seja para determinar as características que os agentes possuem devido à um maior ou menor grau de centralidade, ou para verificar os pontos de ruptura ou de maior ou menor risco. Nota-se a necessidade de existência de uma maior ênfase da aplicação da teoria da análise de redes sociais como parte integrante do processo de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos.

É possível observar no Quadro 1, somente dois estudos que abordam o setor petrolífero. O primeiro (DOUKAS *et al.*, 2011), utiliza em seu trabalho, uma ferramenta de teoria dos grafos para a análise de riscos de transporte, considerando a rede de abastecimento de petróleo e gás entre os países fornecedores e a Grécia (País estudado); nesse trabalho, foi aplicado um algoritmo de menor rota e de fluxo máximo.

O segundo estudo (AN *et al.*, 2018) faz utilização de algumas medidas de centralidade, aplicando-as em uma rede formada pelo fluxo de fornecimento de petróleo, a fim de avaliar os países com maior ou menor vulnerabilidade.

Ambos os trabalhos no setor petrolífero utilizam grandes regiões (países) como agentes de uma rede fornecimento de petróleo. No entanto, não foi identificado estudos que utilizam diretamente a análise de redes sociais na cadeia de petróleo, considerando os agentes que constituem a sua cadeia, seja *downstream* ou *upstream*.

Quadro 1: Estudos realizados em cadeias de suprimentos utilizando análise de redes sociais

Autores	Revista	Cadeia Analisada	Técnica	Fatores avaliados	Objetivo
KIM et al., (2011)	Journal of Operations Management	Três modelos de cadeias Automobilísticas	Análise de Redes Sociais	Centralidade dos Agentes	Introdução da Análise de Redes Sociais como um meio de avaliar cadeias de suprimentos e descrever as conclusões teóricas da utilização dessa análise
DOUKAS et al., (2011)	International Journal of Energy Sector Management	Países fornecedores de Petróleo e gás	Teoria dos grafos: Algoritmo de Menor Caminho	Risco do País de Origem	Avaliar a Aplicabilidade dos conceitos de teoria dos grafos em cadeias de Suprimentos energéticas, e sua utilização para representar corredores de energia para a Grécia.
BEZUIDENHOUT et al., (2012)	International Journal of Production Research	Produção e processamento de Cana-de-Açúcar	Análise de Redes Sociais	Centralidade dos Agentes	Demonstrar o uso da abordagem de análise de redes análise de Suprimentos
MIZGIER; JÜTTNER; WAGNER, (2013)	International Journal of Production Research	Modelo genérico de cadeia	Análise de Redes Sociais	Riscos de rupturas; Centralidade dos Agentes/ Modelo proposto	Revisa algumas medidas existentes para redes e compara-as com um novo modelo de para detecção de gargalos
ZENG; XIAO, (2014)	International Journal of Production Research	Conjunto de empresas de um Distrito Industrial	Análise de Redes Sociais	Centralidade dos Agentes	Utiliza a Análise de Redes sociais para obter a representação de sistemas de cadeias de suprimentos em cluster e explicar o fenômeno em cascata
Ledwoch et al. (2018)	IEEE Systems Journal	Honda-Acura	Análise de Redes Sociais	Vulnerabilidade; World Risk Index; Distancia entre empresas	Identificação de um novo método para avaliação de riscos sistemáticos
AN et al., (2018)	Energy	Países exportadores e importadores de Petróleo.	Análise de Redes Sociais	Centralidade valorada dos Agentes	Analisa a dependência internacional de petróleo, antes e depois da queda de preços, através da aplicação de Análise de redes

Fonte: Elaborado pelo autor

Como avaliação de riscos, destaca-se o estudo dos autores Ledwoch *et al.* (2018), onde interpretaram e demonstraram a utilização de medidas de centralidade, junto à indicadores de riscos sistêmicos relacionados aos países de origem de cada empresa referente à cadeia automobilística da Honda-Acura utilizada no estudo. Assim como Kim *et al.* (2011) o estudo foi aplicado na cadeia automobilística. Também há a aplicação no setor de cana-de-açúcar, empresas de um distrito industrial, (BEZUIDENHOUT *et al.*, 2012), e um modelo de cadeia fictício baseado em cadeias reais (MIZGIER; JÜTTNER; WAGNER, 2013). Nota-se a ausência de aplicação do modelo na cadeia de petróleo correspondendo ao segmento *downstream*.

Portanto, é possível verificar a necessidade de estudos que explorem o relacionamento entre o processo de gerenciamento de riscos e análise de redes sociais, na cadeia de petróleo, um modelo de cadeia de suprimento complexo e cujas rupturas podem causar danos graves,

seja ambientalmente, ou economicamente. Nesse sentido, o problema dessa pesquisa pode ser sintetizado na seguinte pergunta:

Como a análise de redes sociais pode contribuir no processo de gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos de petróleo no segmento *downstream*?

1.2 OBJETIVO

O objetivo principal desse trabalho é avaliar a como a aplicação da análise de redes sociais pode contribuir no processo de gerenciamento de riscos no setor *downstream* da cadeia de petróleo.

Os objetivos específicos incluem:

- Descrever a estrutura da cadeia de suprimentos;
- Descrever o processo de gerenciamento de riscos;
- Identificar os riscos na cadeia de petróleo;
- Descrever medidas de centralidade utilizadas em cadeias de suprimentos;
- Analisar a aplicação de medidas centralidades em grafos para avaliação de riscos em cadeia de suprimentos;
- Descrever o seguimento *downstream* da cadeia de Petróleo, seus agentes e funções;
- Escolher a região onde será aplicado o modelo estudado;
- Realizar a coleta de dados dessa região;
- Aplicar a análise de redes sociais para avaliação dos riscos na cadeia selecionada;
- Analisar os resultados e concluir a aplicabilidade da análise de redes sociais no seguimento *downstream* da cadeia de petróleo e sua contribuição no processo de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVANCIA

Pelo menos 3 motivos justificam a relevância da realização desse trabalho. O primeiro é a existência de poucos trabalhos relacionados à avaliação de riscos do ponto de vista sistêmico (BASOLE *et al.*, 2016), principalmente utilizando análise de redes sociais, isso representa a oportunidade de um maior aprofundamento nesse campo.

O segundo diz respeito à aplicação da análise de redes sociais no setor petrolífero, em especial, na parcela de cadeia correspondente ao seguimento *downstream*. A ocorrência de acidentes nas operações que envolvem o seguimento *downstream*, não leva apenas à perdas econômicas, mas também acarretam sérios problemas ambientais e de segurança (AMBITUUNI, 2016). Como enfatizado por Wagner, Mizgier e Arnez (2014), a cadeia de petróleo representa um sistema fortemente interligado, o que resulta na amplificação da exposição dos riscos, gerando a propagação da perda pela cadeia. Nesse contexto a exploração de uma abordagem de enfoque sistêmico, torna-se indispensável.

E o terceiro motivo diz respeito à importância da aplicação da análise de redes sociais no processo de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos com o objetivo de enfoque sistêmico, onde busca-se analisar os riscos e a maneira como eles afetam a cadeia de suprimentos como um todo. Esse enfoque, diferentemente de modelos tradicionais, é mais propício em um ambiente formado por cadeias complexas, com riscos mais severos e frequentes e a possibilidade de ruptura que pode afetar diferentes partes de uma cadeia, devido à alta dependência entre elas (LEDWOCH et al., 2018).

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA E ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

A fim de proporcionar um melhor entendimento a respeito das atividades a serem realizadas, o trabalho será dividido em 4 grandes etapas como mostra no Quadro 2.

Quadro 2: Etapas da dissertação

CAPÍTULO	OBJETIVO DA PESQUISA	ITEM
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	• Descrever a estrutura da cadeia de suprimentos e o processo de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos	2.1 e 2.2
	• Descrever medidas de Centralidade utilizadas em cadeias de suprimentos;	2.3
	• Analisar a aplicação de medidas Centralidades em grafos para avaliação de riscos em cadeia de suprimentos;	2.3.3
	• Descrever o setor <i>downstream</i> da cadeia de petróleo brasileira, seus agentes e funções;	2.4.1
	• Identificar os riscos existentes na cadeia de petróleo;	2.4.4
4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	• Escolher a região onde será aplicado o modelo estudado;	4.1
	• Realizar a coleta de dados dessa região;	4.4
	• Aplicar a Análise de redes sociais para avaliação dos riscos na cadeia selecionada;	4.3
5 DISCUSSÕES	• Analisar os resultados	5 ao 5.5
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	Aplicar a análise de redes sociais no seguimento <i>downstream</i> da cadeia de petróleo e concluir sua contribuição no processo de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos.	6

Fonte: Elaborado pelo autor

1.4.1 Descrição dos Capítulos

A primeira grande etapa é composta pela fundamentação teórica onde é fornecido o embasamento teórico para o cumprimento do objetivo proposto (Figura 1). Para tanto, o trabalho está dividido nos seguintes tópicos:

O item 2.1 aborda os conhecimentos da cadeia de suprimentos em relação aos seus aspectos estruturais. Nesse sentido, esse tópico buscará entender como uma cadeia pode se organizar estruturalmente, a definição de suas diferentes estruturas, o que faz uma cadeia ser complexa, e os diferentes níveis de análise das cadeias de suprimentos.

O item 2.2 tem como objetivo mostrar o processo de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos. Esse tópico aborda as etapas que fazem parte desse processo, além de contribuir no fornecimento de conhecimentos a respeito da aplicação de medidas de centralidade nesse processo.

O Item 2.3 trata do tema análise de redes sociais e suas aplicações na avaliação de riscos. Serão introduzidos os principais conceitos relacionados à teoria dos grafos, como aplicar as medidas de centralidades em cadeias de suprimentos, seus significados, e os riscos avaliados com cada uma dessas medidas.

No 2.4 estuda-se a cadeia de petróleo, sua estrutura, agentes e os estudos realizados do ponto de vista de gerenciamento de riscos. As informações fornecidas nesse tópico servirão de base para a escolha da parcela da cadeia onde o estudo prático será desenvolvido e a escolha dos riscos à serem avaliados.

O capítulo 3 aborda os procedimentos metodológicos e classificação desse estudo em relação à natureza, abordagem propósito e procedimentos.

O capítulo 4 tem apresenta o desenvolvimento prático desse trabalho. Nesse capítulo será definido a parcela da cadeia que será avaliada, seus agentes e os métodos de aquisição de dados e as ferramentas utilizadas. Também será definido os riscos estudados, a forma de mensurá-los e as medidas de centralidade aplicadas.

No capítulo 5 se faz uma análise dos resultados, onde será exposta as consequências da aplicação do processo de gerenciamento de riscos junto com análise de redes sociais, e as contribuições desse método para o estudo de uma cadeia de suprimentos com enfoque

sistêmico. Para tanto, serão confrontados os conceitos das medidas de centralidade aplicadas com os resultados encontrados.

Finalmente, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões a respeito do trabalho, e sugestões para trabalhos futuros.

1.4.2 Obtenção de dados e ferramentas utilizadas

Os dados para análise da cadeia de petróleo são retirados dos sites com dados abertos ao público tais como:

- ✓ ANP – Agencia Nacional de Petróleo
- ✓ TRANSPETRO
- ✓ MME - Ministério de Minas e Energia

Para a Modelagem de dados foram utilizados dos seguintes Softwares:

- ✓ EXCEL: tratamento de dados e montagem de matrizes adjacentes
- ✓ UCINET (BORGATTI; EVERETT; FREEMAN, 2002) : Cálculo das medidas de centralidade.
- ✓ Netdraw (BORGATTI, 2002): Representação gráfica da cadeia e cálculo de suas centralidades.
- ✓ Matlab: Cálculo de medidas de centralidade.

Sendo assim a modelagem se organizará nos seguintes passos:

- ✓ Delimitação da cadeia
- ✓ Coleta de dados relacionado a estrutura e riscos da cadeia
- ✓ Tratamento de dados: Avaliação de riscos das empresas ou arestas
- ✓ Montagem de Matrizes Adjacentes Valoradas
- ✓ Utilização do *Software* Ucinet ou Matlab para cálculo das medidas de centralidade
- ✓ Análise dos resultados frente ao conceito de gerenciamento de riscos

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo apresenta a fundamentação teórica a respeito dos conceitos necessários para o cumprimento dos objetivos desse trabalho. Sendo assim, são definidos o conceito de cadeia de suprimentos, sua estrutura e características que tornam complexas. Também são definidos o conceito de riscos aplicados à cadeia de suprimentos e o processo de gerenciamento de riscos. Em relação à análise de redes sociais, são abordados os índices de centralidades, e suas aplicações em cadeias de suprimentos para a análise de riscos. Em seguida são apresentadas as características e descrições da cadeia de petróleo, e também estudos anteriores a respeito de gerenciamento de riscos nesse tipo de cadeia. Nesse capítulo também há a apresentação das características que motivaram a escolha da parcela da cadeia de petróleo brasileira onde o estudo foi realizado.

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

Este tópico tem como objetivo descrever a cadeia de suprimentos, suas subdivisões, extensão e características estruturais que as tornam complexas. O entendimento dessas características é importante para entender a necessidade de estudar cadeias de suprimentos do ponto de vista estrutural, onde as propriedades estruturais são relevantes no entendimento da forma como os riscos podem afetá-las.

2.1.1 Conceito de cadeias e redes de suprimentos

Para uma compreensão mais holística do conceito de cadeia de suprimentos e suas características, são citadas a seguir algumas das principais definições encontradas em trabalhos anteriores.

A cadeia de suprimentos pode ser definida como um conjunto de empresas que compartilham produções e responsabilidades para entrega de materiais, que inclui desde a

aquisição de matérias-primas mais elementar até a finalização do produto acabado entregue ao cliente final (LA LONDE, BERNARD J.; MASTERS, 1994).

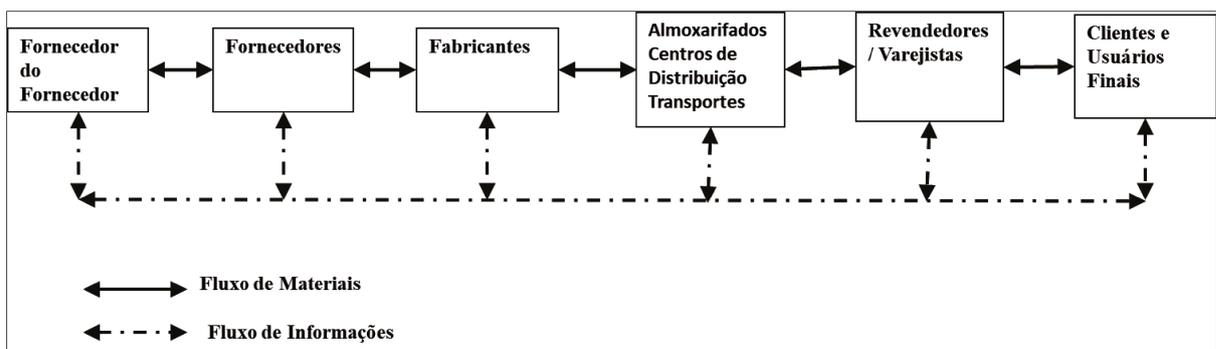
De acordo com Quinn (1997), a cadeia de suprimentos abrange todas as atividades envolvendo a movimentação de bens, desde o estágio de matéria prima até o usuário final, o que inclui o fornecimento e a aquisição, programação da produção, processamento de pedidos, gerenciamento de estoques, transporte, armazenamento e prestação de serviço ao cliente.

De acordo com Lummus e Vokurka (1999), a cadeia de suprimentos pode ser definida como todas as atividades envolvidas em entregar um produto ao cliente final, iniciando-se desde a fonte de matéria prima ou partes do produto, manufatura e montagem, estocagem e armazenamento e rastreamento de estoque, entrada de pedidos e gerenciamento de pedidos, distribuição em todos os canais, entrega ao cliente e os sistemas de informações necessários para monitorar todas essas atividades.

Para Mentzer *et al.* (2001), a cadeia de suprimentos podem ser definida como um conjunto de 3 ou mais organizações ou indivíduos, diretamente envolvidos nos fluxos *upstream* e *downstream* de produtos, serviços, finanças, e/ou informações de uma fonte para um consumidor.

Segundo Solis, Gemoets e Mahmood (2002), a cadeia de suprimentos, como é ilustrada na Figura 2, envolve todas as atividades associadas com o fluxo de transformação de produtos e serviços, e também considerando o atendimento dos fluxos de informações desde a origem dos materiais até o usuário final, onde são envolvidos as empresas de manufatura ou montagem, a cadeia de distribuição, da qual faz parte transportes, armazéns, centros de distribuição e varejistas e terminando no cliente final ou usuário final.

Figura 2: Estrutura da cadeia de suprimentos de acordo com Solis *et al.* (2002)

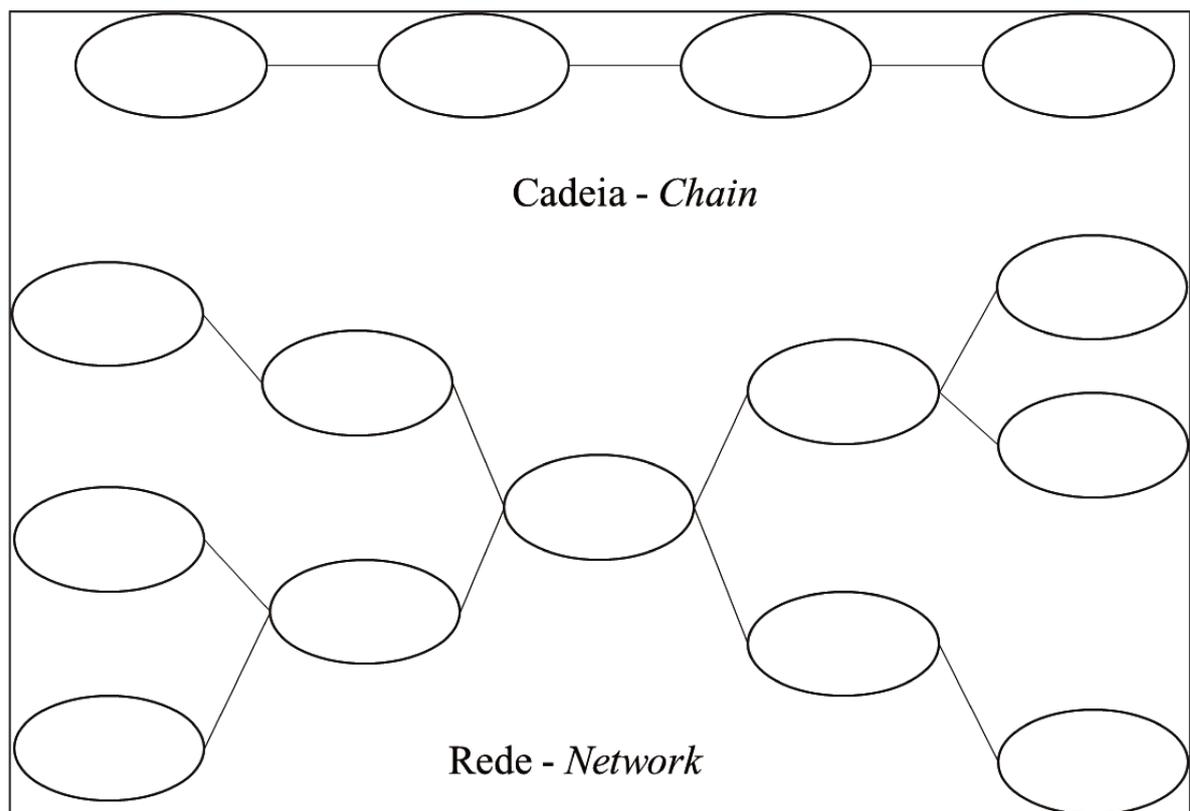


Fonte: Solis, Gemoets e Mahmood (2002)

A descrição de cadeias de suprimentos segundo Ballou (2006) inclui um ambiente composto pelas atividades relacionadas à agregação de valor, que envolve a transformação de mercadoria desde o estágio inicial de matéria prima, onde é passada por um fluxo de várias etapas, até chegar ao estágio final de produto acabado que é entregue ao consumidor final.

Um conjunto de autores na área de cadeias de suprimentos, preferem utilizar o conceito de redes de suprimentos ou “*supply networks*” ao invés de simplesmente “cadeia de suprimentos”, uma vez que justificam que o termo cadeia é uma metáfora imperfeita para utilizar em situações reais visto que raramente uma cadeia se comporta de maneira linear, e mais se assemelha o formato de uma rede, como é mostrado na Figura 3 (PIRES, 2009).

Figura 3: Diferença estrutural entre o ponto de vista de cadeia (*Chain*) e rede (*Network*)



Fonte: Pires (2009)

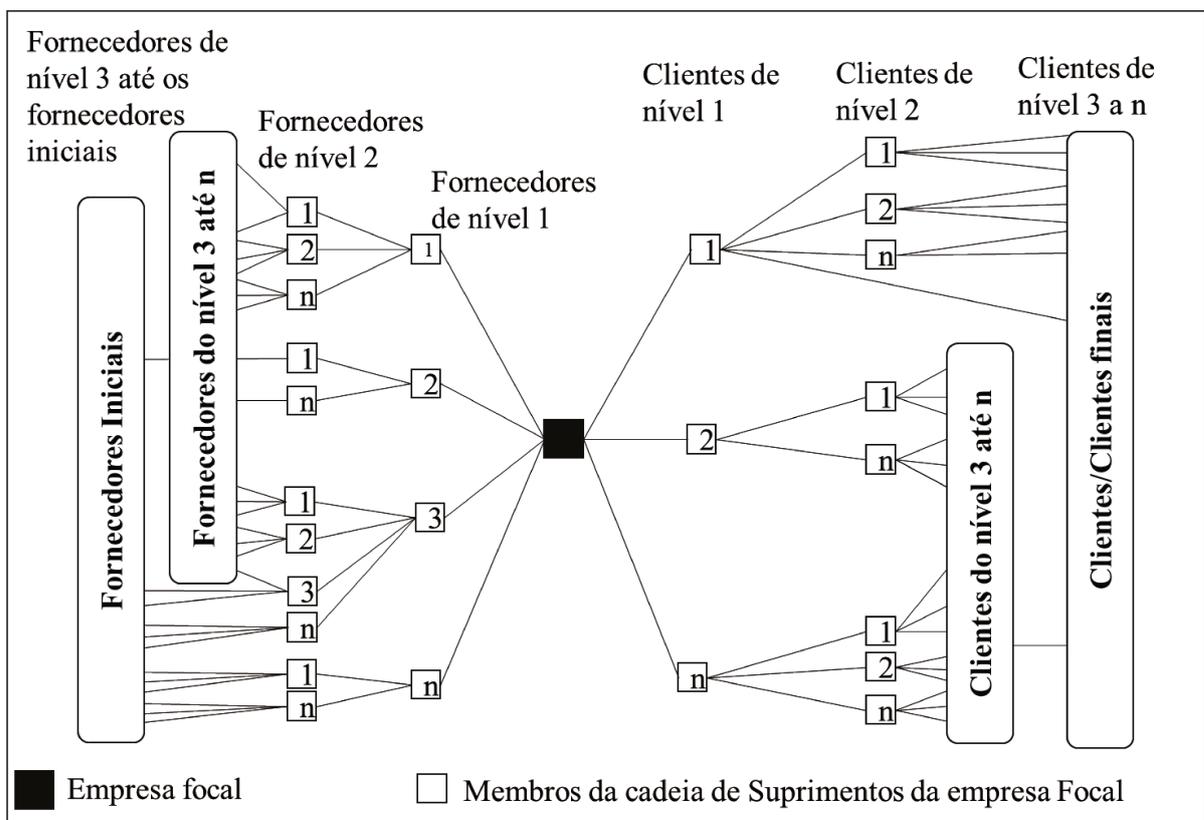
Nesse sentido, Lee e Billington, (1993) consideram a cadeia de suprimentos como uma rede ou “*network*” de instalações que realizam a função de aquisição de materiais, transformação

dos materiais em produtos intermediários e produtos acabados e a distribuição dos produtos acabados para os clientes.

A cadeia de suprimentos também pode ser entendida como uma rede de organizações mutuamente interconectadas e interdependentes e trabalhando junto de forma cooperativa para controlar, gerenciar e melhorar o fluxo de materiais e informações dos fornecedores para consumidores finais (AITKEN, 1998).

Lambert, Cooper e Pagh (1998), destaca que a cadeia de suprimentos não é apenas uma cadeia de negócios, com relações de um-a-um, mas uma rede ou *network* com múltiplos negócios e relacionamentos, como é ilustrado na Figura 4. Segundo eles, os membros da cadeia de suprimentos incluem todas as empresas e organizações com as quais as empresas uma empresa focal interage diretamente ou indiretamente através de seus fornecedores e clientes desde o ponto de origem da matéria prima até o consumo do produto final.

Figura 4: Estrutura de Rede de cadeia de suprimentos de acordo com Lambert *et al.* (1998)



Fonte: Lambert, Cooper e Pagh (1998)

Christopher (2011) define cadeia de suprimentos como uma rede de organizações envolvidas através de conexões envolvendo o *upstream* e *downstream* em diferentes processos e atividades para produzir valor na forma de produtos e serviços nas mãos dos clientes finais.

De acordo com o Pires (2009), a lógica de cadeia de suprimentos remete a ideia de processos acontecendo de maneira bem definida onde o contato com o cliente final é feito quase que exclusivamente pelo elo final da cadeia e o conceito de rede descreve melhor a complexidade que a estrutura dos relacionamentos das empresas acontecem, não sendo necessariamente o contato com o cliente final sendo necessariamente do cliente final, descrevendo ligações laterais, os *loops* reversos, trocas em duas direções e o posicionamento da empresa focal como um ponto de referência.

Com base nas definições citadas anteriormente, para esse trabalho a cadeia de suprimentos está definida como rede composta por várias empresas interligadas entre si, onde está incluso o seguimento *upstream*, compostas por fornecedores, e os fornecedores desses mesmos fornecedores, e o seguimento *downstream* que representam os clientes e os clientes desses clientes, onde estão envolvidas com o processo de agregação de valor do produto, que se origina desde o processamento da matéria prima mais elementar até o produto final de alto valor agregado entregue ao consumidor final. A cadeia de suprimentos envolve vários produtores de matérias primas e componentes, empresas montadoras, centros de distribuição, mercado atacadistas e mercados varejistas e consumidor final.

2.1.2 Estrutura da Cadeia de Suprimentos

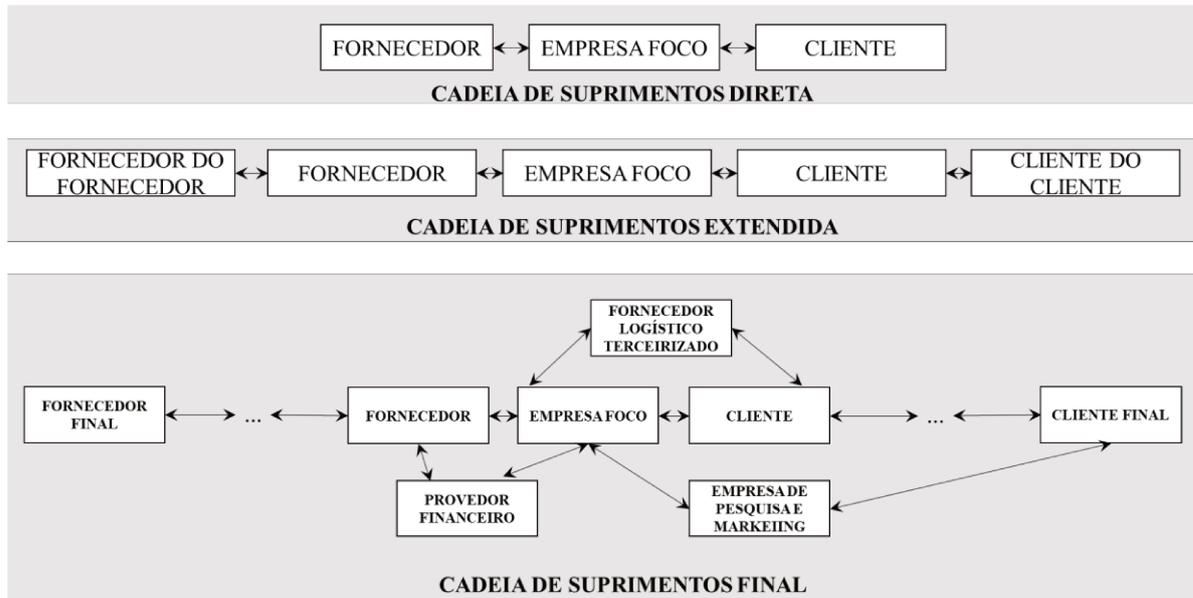
A cadeia de suprimentos pode ser dividida em duas partes principais, que são a etapa *upstream*, onde envolve a parte de suprimentos de materiais e *downstream* que envolve a distribuição ao consumidor final (CHRISTOPHER, 2011).

Para Mentzer *et al.* (2001), dependendo da extensão em que consideramos a cadeia de suprimentos, podemos definir três níveis principais de complexidade, que são a “cadeia de suprimentos direta”, “cadeia de suprimentos estendida” e “cadeia de suprimentos final”.

A cadeia de suprimentos direta consiste na empresa focal, seus fornecedores, seus clientes e o fluxo financeiros e de produtos envolvidos nessas duas etapas. A cadeia de suprimentos “estendida” inclui os fornecedores dos fornecedores imediatos da empresa em questão e os

clientes dos clientes imediato da mesma empresa. Já a “cadeia de suprimentos final” incluem todas as organizações envolvidas em todos os fluxos de produtos, serviços, finanças, e informações das etapas *upstream* e *downstream*. A Figura 5 ilustra os diferentes focos em que a cadeia de suprimentos pode ser abordada segundo Mentzer *et al.* (2001).

Figura 5: Diferentes níveis de complexidade da cadeia de suprimentos



Fonte: Adaptado de Mentzer *et al.* (2001)

Outras classificações das cadeias de suprimentos quanto a estrutura foram identificadas por Huang *et al.* (2003) e foi dividida em cinco perspectivas diferentes: *díade*, *serial*, *divergente*, *convergente* e *network* e a classificação conjugado por Beamon e Chen (2001).

A estrutura *díade* consiste em duas entidades de negócio, como exemplo uma empresa compradora e sua vendedora. A cadeia em série é adquirida quando se adicionam em formato de cascata várias estruturas de *díades*. Um tipo comum de cadeia de suprimentos em série envolve o varejista, o atacadista, a empresa fabricante e seu fornecedor.

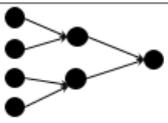
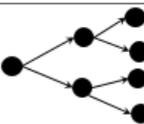
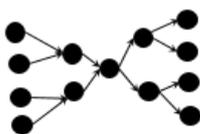
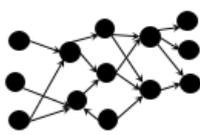
A estrutura *divergente* representa uma estrutura de cadeia mais completa do que a cadeia em série, porque retrata de maneira mais realista a distribuição de cadeia de suprimentos onde um fornecedor é responsável por suprir vários clientes (*downstream*).

Já a estrutura *convergente* é uma outra modificação da estrutura serial, onde consiste em retratar vários fornecedores responsáveis por suprir uma determinada empresa produtora.

O modelo conjugado, combina a estrutura *divergente* e *convergente* (BEAMON; CHEN, 2001). Finalmente, a estrutura de *network* de uma cadeia de suprimentos, que não se encaixa

em nenhuma estrutura estuda acima. Cadeias de suprimentos que possuem estrutura de *network*, não apresentam estritamente a forma da estrutura convergente, divergente ou conjugado. A Figura 6 ilustra cada tipo estrutural da cadeia de suprimentos.

Figura 6: Classificação das estruturas da cadeia de suprimentos

Tipo de Estrutura	Exemplo
Diade	
Convergente	
Divergente	
Conjugado	
Network	

Fonte: Huang et al. (2003) e Beamon and Chen (2001)

Uma cadeia pode ser considerada mais ou menos complexa de acordo com as características de sua estrutura, sendo elas o tamanho da cadeia, sua densidade, a existência e quantidade de ciclos, a variedade de percursos, e a quantidade de pontos de decisão (OLIVARES AGUILA; ELMARAGHY, 2018).

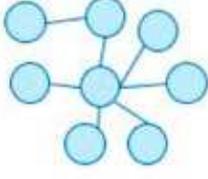
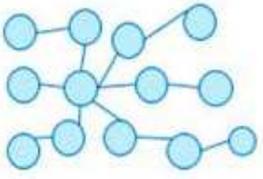
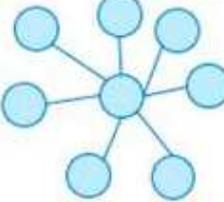
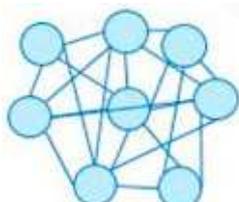
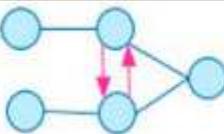
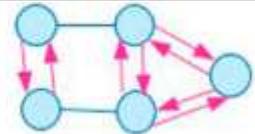
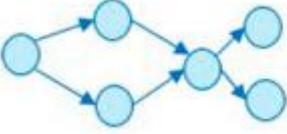
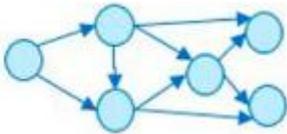
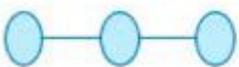
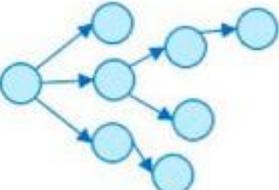
A definição de cada uma dessas características é dada a seguir de acordo com os autores Olivares, Aguila e ElMaraghy, (2018), como demonstrado na Figura 7, em cada uma dessas situações.

O tamanho da cadeia refere-se à quantidade de nós (empresas) e a inter-relação entre elas (*links* ou arestas). Quanto maior a quantidade de empresas, e a quantidade de conexões entre elas, maior será seu nível de complexidade.

A densidade refere-se ao nível de conexão entre os nós da cadeia. Quanto mais interconectados os pontos da cadeia, maior será sua densidade e consequentemente sua complexidade. Os percursos, referem-se à quantidade de diferentes caminhos existentes na rede para acessar dois

pontos distintos. Uma cadeia também é caracterizada como mais complexa, de acordo com a existência e quantidade de ciclos. Os ciclos são tipos de conexões em redes caracterizadas por gerarem percursos que começam e terminam no mesmo nó.

Figura 7: Fatores de complexidade de uma cadeia

Tamanho da cadeia	 
	Pequena Grande
Grau de densidade	 
	Baixa densidade Alta densidade
Número de Ciclos	 
	Poucos ciclos Muitos ciclos
Quantidade de Percursos	 
	Poucos percursos Muitos Percursos
Número de pontos de decisões	 
	Poucos pontos Muitos pontos

Fonte: Olivares Aguila, J. e ElMaraghy, W. (2018)

2.2 GERENCIAMENTO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Esse tópico possui como objetivo conceituar o processo de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos. Serão abordados o conceito de riscos e gerenciamento de riscos em cadeias e a descrição de suas principais etapas. Com base nos conceitos aqui expostos será verificado posteriormente como a análise de redes sociais pode ser utilizada no processo de gerenciamento de riscos do ponto de vista sistêmico em cadeias de suprimentos.

2.2.1 Definição de Risco

De maneira clássica, risco é definido como a variação na distribuição de possíveis resultados, suas probabilidades e seus valores subjetivos (MARCH; SHAPIRA, 1987; CHRISTOPHER; PECK, 2004). Desse modo, os riscos possuem 3 elementos que fazem parte da sua construção: potenciais perdas, a incerteza ou probabilidade associadas à essas perdas, e a significância ou magnitude dessas perdas.

As perdas em potenciais são todos os fenômenos adversos que podem ocorrer que causam um determinado transtorno, como por exemplo, perdas financeiras, perdas de performances, perdas físicas, perdas sociais, perdas psicológicas e perdas de tempo (HARLAND; BRENCHLEY; WALKER, 2003). Apesar de em processos de gerenciamento os riscos estarem associados às perdas, em seu conceito mais geral os riscos também incorporam variações positivas como, por exemplo, a possibilidade de uma ação no mercado financeiro ter um rendimento muito maior do que o esperado.

A significância ou magnitude das perdas medem o custo ou perda gerados caso um risco venha a ocorrer ou seja, a medida da perda de um determinado risco. Essas perdas nem sempre são conceitos tangíveis, como a perda financeira resultante de uma falha. Outros bens, tais como credibilidade, status, reputação, autoridade e confiança podem sofrer danos intangíveis (HARLAND; BRENCHLEY; WALKER, 2003).

A incerteza ou probabilidade de um determinado risco, informa a frequência com a qual um determinado evento de risco pode acontecer. A frequência de ocorrência de um risco é uma dimensão indispensável para sua mensuração.

Um risco pode gerar perdas baixas, no entanto, se for muito frequente, suas consequências podem ser bastante severas devido ao acúmulo de ocorrências. De maneira inversa, mesmo quando um risco traz graves efeitos e se a chance de ocorrência é muito pequena ou quase inexistente, o valor mensurado desse risco também é relativamente insignificante.

Além da probabilidade, o conceito de previsibilidade de um risco é também utilizado na mensuração de seu grau de importância. Um risco possui alta previsibilidade quando é possível verificar sua ocorrência antes que danos sejam causados, de modo que seja possível tomar ações que impeçam que o desastre resultante dele aconteça.

De acordo com Crockford (1986 *apud* TUMMALA, 2011) os riscos podem ser caracterizados de acordo com 4 tipos de consequências indesejadas considerando o grau de severidade, frequência e previsibilidade sendo eles triviais, pequenos, médios, e graves.(1) Riscos triviais ocorrem com muita frequência, baixa severidade, e alta previsibilidade; (2) Riscos pequenos, ocorrem com muita frequência, baixa severidade e previsibilidade razoável; (3) Riscos médios possuem baixas frequências, severidade média e previsibilidade razoável e, por fim, (4) Riscos graves podem ser caracterizados por frequências significativamente baixas, severidade alta e previsibilidade mínima.

Tendo em vista o papel da probabilidade e impacto na formação do conceito de gravidade do risco, é possível descrever matematicamente a medida de risco. Esse conceito pode ser expresso pelo produto entre a probabilidade P de um evento n e a significância ou impacto I desse evento (HARLAND; BRENCHLEY; WALKER, 2003), como mostra na equação 1:

$$Risco_n = P(perda_n) \times I(perda_n) \quad (1)$$

2.2.2 Definição de gerenciamento de risco em cadeias de suprimentos

De acordo com Fan e Stevenson (2018), existem diferentes definições de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos, onde cada uma delas enfatizam diferentes características desse processo. De modo geral, os autores definem o gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos como os processos que envolvem a identificação, avaliação, tratamento e monitoramento dos riscos em cadeias de suprimentos, com a implementação interna de

ferramentas técnicas e estratégias, e a coordenação e colaboração externa entre os membros da cadeia, com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade da cadeia a garantir a continuidade do negócio com lucratividade e competitividade.

HO *et al.* (2015) definem o gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos como um esforço entre várias organizações que fazem parte da cadeia, utilizando métodos quantitativos e qualitativos, para identificar, avaliar, mitigar e monitorar riscos em nível macro e micro que podem afetar negativamente qualquer parte da cadeia de suprimentos.

Wieland, Marcus e Wallenburg, (2012) definem esse termo como a implementação de estratégias para o gerenciamento dos riscos do dia a dia e riscos excepcionais que ocorrem na cadeia de suprimentos, baseada na contínua avaliação dos riscos, com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade e garantir a continuidade. Esse processo integra métodos tradicionais de abordagens de gerenciamento de riscos integrando os riscos aos parceiros do segmento *upstream* e *downstream* da cadeia.

Tummala e Schoenherr (2011) descrevem o processo de gerenciamento de riscos através de cinco etapas: (1) identificação dos riscos, que envolve encontrar os riscos potenciais associados a um determinado problema na cadeia; (2.1) avaliação, que envolve a medição das consequências e magnitude de impacto dos potenciais riscos; (2.2) avaliação da probabilidade dos fatores de riscos; (3) avaliação de *Ranking* e grau de aceitação de riscos, onde busca-se determinar um índice que expressa sua importância do risco como função da sua probabilidade e severidade, e classifica-los em aceitáveis e não-aceitáveis; (4) mitigação dos riscos, onde busca-se tomar ações para reduzi-los ou eliminá-los; (5) controle e monitoramento dos riscos que tem como objetivo fornecer *feedbacks* a respeito de ações tomadas e acompanhar a evolução das melhorias.

Os propósitos almejados pelo processo de gerenciamento de riscos da cadeia de suprimentos, de acordo com Tang, (2006 p. 453) é garantir a lucratividade e continuidade da cadeia e de acordo com os autores Jüttner, Peck, e Christopher (2003) é reduzir a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos como um todo.

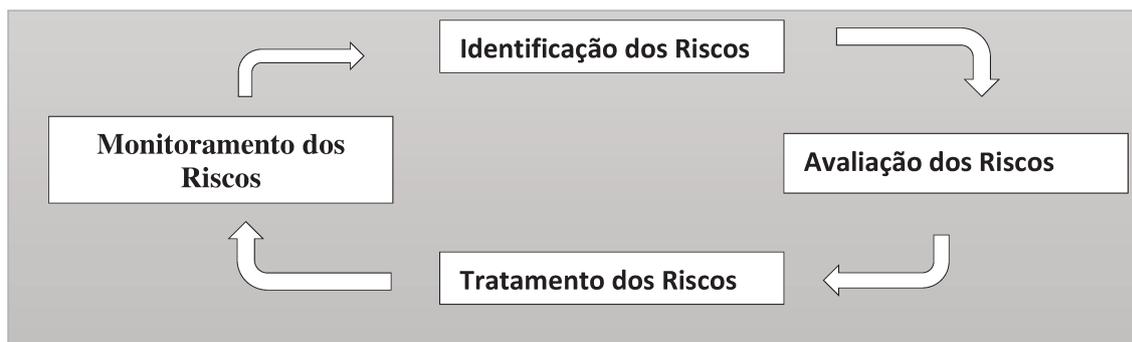
O termo vulnerabilidade em cadeias de suprimentos é descrito como propensão das fontes de riscos em prevalecer sobre as estratégias de mitigação de riscos provocando consequências adversas na cadeia de suprimentos. Cadeias mais vulneráveis, possuem mais dificuldade de mitigar seus riscos e suas consequências são mais severas (JÜTTNER; PECK; CHRISTOPHER, 2003).

Portanto, o termo gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos pode ser considerado da maneira mais genérica e engloba diferentes aspectos definidos pelos autores listados anteriormente: um processo que envolve uma série de etapas, desde a identificação dos riscos, medição de suas consequências e probabilidades, sua mitigação, controle e monitoramento. Esse processo conta com a implementação de ferramentas, técnicas e estratégias, bem como a colaboração entre os membros de uma cadeia que pode abranger vários níveis seja *upstream*, *downstream*, ou ambos. O objetivo final do gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos é reduzir sua vulnerabilidade e garantir a continuidade do negócio com lucratividade e competitividade.

2.2.3 Etapas do processo gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos

Nesse tópico serão conceituados de maneira geral, as etapas do processo de gerenciamento de riscos aplicados em cadeias de suprimentos. Seja em um ambiente de rede ou em uma cadeia simples, esse processo possui as mesmas etapas (HALLIKAS *et al.*, 2004): identificação, avaliação, tratamento e monitoramento dos riscos. A Figura 8 ilustra essas etapas.

Figura 8: Etapas do processo de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos



Fonte: Ho *et al.*, (2015)

2.2.3.1 Identificação dos Riscos

A primeira etapa do processo de gerenciamento de riscos é a identificação dos riscos. A identificação do risco é uma etapa fundamental no processo de gerenciamento de riscos, pois é onde os tomadores de decisão ganham consciência a respeito dos fenômenos futuros e incertos que venham causar qualquer tipo de perda em uma cadeia de suprimentos (HALLIKAS *et al.*,

2004). Nessa etapa são utilizados métodos qualitativos ou quantitativos para identificar os potenciais riscos na cadeia de suprimentos (HO *et al.*, 2015).

Segundo Prakash, Soni e Rathore (2017) é apenas a partir dessa etapa que é possível realizar um processo de gerenciamento de risco mais aprofundado. Um julgamento inicial dos riscos permite definir quais riscos são relevantes para serem estudados de uma maneira mais detalhada, onde os passos seguintes do processo de gerenciamento dos riscos serão aplicados.

Segundo Tummala e Schoenherr (2011), deve-se determinar os possíveis riscos na cadeia de suprimentos, analisar o impacto nos vários setores de uma cadeia, a frequência de ocorrência, a fim de determinar a gravidade de cada risco. Deve-se também analisar a inter-relação entre os riscos para que possa ser esclarecido o nível de interferência que um determinado risco ou fator de risco possa gerar na ocorrência de outros riscos.

2.2.3.2 Avaliação dos riscos

Nessa etapa, busca-se calcular e priorizar riscos baseando-se na probabilidade e sua significância (RANGEL; DE OLIVEIRA; LEITE, 2015).

O principal propósito da avaliação dos riscos é fornecer informações claras à respeito dos riscos identificados, para efetivamente decidir como tratá-lo, seja pela redução da probabilidade e impacto de ocorrência, ou aceitar, ou ainda preparar planos contingenciais (KERN *et al.*, 2012).

De acordo com Fan e Stevenson (2018), é importante que o processo de avaliação de riscos seja compreensivo e eficiente e de baixo custo. Podem ser avaliados utilizando dados, ou julgamento de especialistas. A avaliação dos riscos pode ser formal ou informal, qualitativo ou quantitativo.

Portanto, no processo de avaliação de riscos é necessário encontrar o impacto gerado por cada risco, definir sua probabilidade e calcular o risco para estabelecer um *ranking* entre mais severos e menos severos, e definir planos de tratamento.

Cada um dos passos que fazem parte da etapa de avaliação dos riscos é detalhado a seguir:

a) Medição do Impacto do risco: Essa etapa envolve a determinação do grau de impacto dos riscos na cadeia, que representa consequências financeiras negativas resultantes de custos excessivos ou perdas, tais como danos em ativos, perdas de lucros, interrupção de níveis de serviços, custo de excessos, atraso nas programações, performances fracas de processos, custos de reparos entre outros (TUMMALA; SCHOENHERR, 2011). Todos estes eventos indesejáveis são valorados pelos custos que representam para a empresa e representam as consequências da ocorrência dos riscos analisados. De maneira geral, segundo Harland, Brenchley e Walker (2003), as perdas relacionadas aos riscos podem estar situadas nas seguintes categorias: perdas financeiras, perdas de performance, perdas físicas, perdas psicológicas, perdas sociais e perdas de tempo.

b) Medição da probabilidade do risco: A medição da probabilidade de risco analisa as incertezas quanto à ocorrência dos fatores de riscos. Seu objetivo é saber com qual frequência um determinado risco pode acontecer. A avaliação da probabilidade pode ser realizada por informações objetivas, ou curvas de distribuição de probabilidade. Caso informações objetivas não estejam disponíveis, informações subjetivas podem ser utilizadas como crenças ou julgamentos de especialistas (TUMMALA; SCHOENHERR, 2011; RANGEL; DE OLIVEIRA; LEITE, 2015; FAN; STEVENSON, 2018).

c) Ordenação (*Ranking*) dos riscos: Como foi visto na equação 1, o risco pode ser definido pelo impacto vezes a probabilidade. Para a ordenação dos riscos, deve-se multiplicar os índices que representam o seu impacto ou consequência (a) e probabilidade (item b). Tummala e Schoenherr (2011) define-o como valor de exposição de riscos (Equação 2):

$$\text{Valor de exposição ao risco } Risco = \text{Consequencia} \times \text{Probabilidade} \quad (2)$$

2.2.3.3 Tratamento dos Riscos

O processo de tratamento de riscos envolve determinar as ações a serem tomadas para os riscos priorizados na etapa de avaliação. Uma vez que a empresa não possui recursos suficientes para atacar todos os riscos, estratégias de tratamento de riscos devem ser aplicadas nos mais ameaçadores para a empresa (TUMMALA; SCHOENHERR, 2011).

O processo de tratamento de riscos considera estratégias de acordo com certas características dos riscos, como por exemplo a relação entre a probabilidade e impacto do risco, como é mostrado na Figura 9 onde cada combinação de intensidade dessas variáveis, são

definidas as estratégias mais adequadas, tais como, evitar, mitigar, aceitar ou transferir riscos (FAN; STEVENSON, 2018).

Figura 9: Matriz de tratamento de estratégia de riscos baseadas na probabilidade e impacto

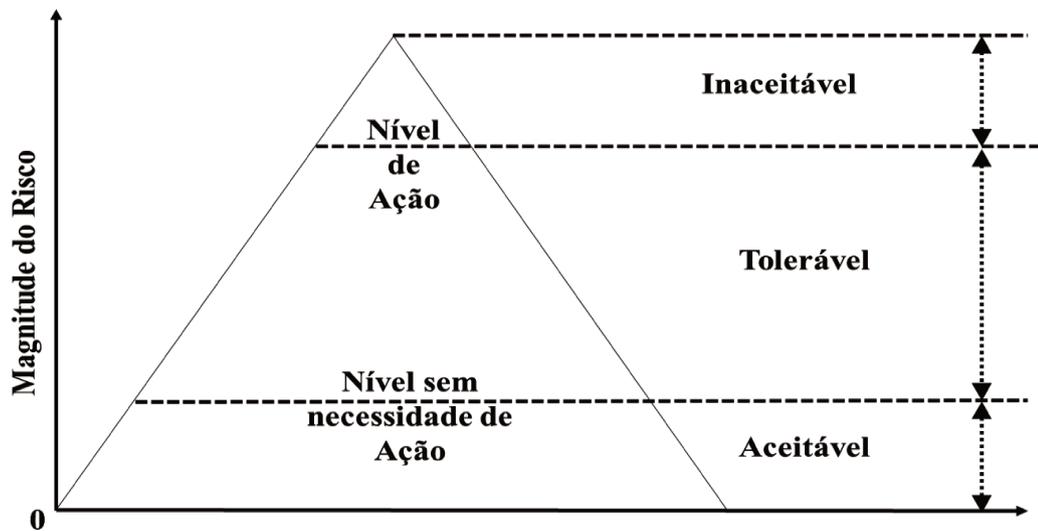
Probabilidade	Alta	Mitigação dos Riscos	Evitar Riscos
	Baixa	Aceitação do Risco	Transferência ou compartilhamento de Riscos
		Baixo	Alto

Impacto

Fonte: Adaptado de Fan e Stevenson (2018).

Os riscos podem ser inaceitáveis, toleráveis ou aceitáveis (Figura 10). Riscos podem ser aceitáveis, quando sua magnitude é muito pequena para justificar o gasto de tempo e recursos em seu tratamento. Riscos toleráveis não requerem ações imediatas, no entanto precisam ser constantemente monitorados para futuras melhorias. Riscos com grau de magnitude maior comprometem operações e que se justificam o gasto de tempo e recursos para eliminá-los (TUMMALA; SCHOENHERR, 2011).

Figura 10: Riscos Aceitáveis, toleráveis e inaceitáveis



Fonte: Adaptado de Tummala e Schoenherr (2011)

De maneira geral, existem na literatura uma série de tratamentos que os riscos podem receber de acordo com suas características, sendo algumas delas a estratégia de aceitação, eliminação dos riscos, controle, cooperação, compartilhamento, flexibilidade, transferência, compartilhamento e mitigação.

- a) **Eliminação dos riscos:** Busca eliminar totalmente os riscos (RITCHIE; BRINDLEY, 2007) atacando sua causa raiz para que impossibilite sua ocorrência. Aplicada quando o risco é considerado inaceitável (MILLER, 1992), deve preceder a estratégia de redução de riscos e é recomendada quando possui alta probabilidade e alto impacto e é crítico a ponto de interromper negócio. Envolve mudar métodos de operação ou redesenho da cadeia de suprimentos (AQLAN; LAM, 2015).
- b) **Controle:** Adotar a estratégia de controle para os riscos ou incertezas quando representam restrições com as quais elas precisam lidar (MILLER, 1992). De acordo com Jüttner, Peck e Christopher (2003) essa estratégia é a mais difundida nas empresas. Exemplos de estratégia de controle inclui integração vertical, aumento do nível de estoques, manutenção de excesso de capacidade produtiva, estoques intermediários, imposição de regras contratuais entre empresa e fornecedor.
- c) **Cooperação :** Envolve realização de acordo conjunto, ao invés de controle unilateral, como um meio de atingir redução de incertezas (MILLER, 1992). Isso envolve o acordo

entre as empresas da cadeia para buscar visibilidade, entendimento e compartilhamento de informações na exposição à certas fontes de riscos.

- d) **Compartilhamento:** Envolve o outro parceiro de negócio (cliente ou fornecedor) compartilhando alguns ou vários riscos. No ponto de vista do cliente, esse compartilhamento pode ser realizado através de cláusulas em contratos que considerem mudanças potenciais associados aos possíveis riscos e desenvolvimento do relacionamento. Em relação aos fornecedores pode-se compartilhar riscos de estoques através de pedidos programados considerando restrições financeiras (LAI; DEBO; SYCARA, 2009).
- e) **Flexibilidade:** Definida como a habilidade da organização de se adaptar a mudanças bruscas no ambiente de negócio que possuam impactos significativos no desempenho da organização (MILLER, 1992)). A flexibilidade aumenta quando a empresa reduz o custo de adaptação da organização para fatores ambientais incertos. Diferente da estratégia de controle e cooperação que focam na busca da previsibilidade, a flexibilidade aumenta a capacidade de resposta interna enquanto deixa a previsibilidade de fatores externos imutáveis (FAN; STEVENSON, 2018).
- f) **Aceitação do Risco:** Não há um padrão para definir até que ponto um risco deveria ser aceitado (FAN; STEVENSON, 2018). O nível de aceitação de risco depende do contexto de cada empresa e está ligado por exemplo, ao nível de propensão ao risco que cada empresa está disposta a se expor. Para Aqlan e Lam (2015) a aceitação do risco acontece quando há baixa probabilidade e baixo impacto para a empresa e o custo de aplicação de qualquer outra estratégia não compensa o impacto que o risco causa. No entanto, aceitar o risco não implica em ignorá-lo. Deve ser monitorado para que não ultrapasse o nível de aceitação definido pela empresa. Uma vez ultrapassado, uma estratégia deve ser tomada para chegar a um nível aceitação à sua eliminação.
- g) **Transferência:** Indica que a responsabilidade é passada à terceiros (FAN; STEVENSON, 2018). É apropriado para riscos de ruptura com baixa probabilidade e alto impacto tais como desastres naturais ou ataques terroristas. Os meios comuns de se realizar esse tipo de estratégia incluem seguros e contratos (AQLAN; LAM, 2015).
- h) **Mitigação dos riscos:** Busca reduzir os riscos para um nível aceitável reduzindo a probabilidade ou os efeitos da sua ocorrência (FAN; STEVENSON, 2018). É aplicada quando os riscos operacionais possuem alta probabilidade e baixo impacto. Antes de selecionar a estratégia de mitigação, as organizações devem verificar cuidadosamente

as estratégias de aceitar, evitar, compartilhar e transferir riscos. Na estratégia de mitigação, várias medidas podem ser tomadas para a redução, tanto da probabilidade quanto da magnitude dos riscos (AQLAN; LAM, 2015). Dentre elas Chopra e Sodhi (2004) descrevem oito estratégias utilizadas para mitigar os riscos de ruptura, -atrasos, -previsão, aquisição, contas a receber, capacidade e inventário. As estratégias são: adição de capacidade, adição de inventário, ter fornecedores redundantes, aumentar a capacidade de resposta, flexibilidade, agregar demanda, aumentar a capacidade e aumentar o número de clientes. A Figura 11 descreve os efeitos desses meios na mitigação dos riscos.

Figura 11: Efeito das estratégias de mitigação sobre os riscos

Estratégias de Mitigação	Rupturas	Atrasos	Riscos de Previsão	Riscos de Aquisição	Riscos de Pagamentos	Riscos de Capacidade	Riscos de Inventários
Adição de capacidade		↓		↓		↑	↓
Adição de Inventário	↓	↓		↓		↓	↑
Possuir Fornecedores Redundantes	↓			↓			↓
Aumento da Responsividade		↓	↓				↓
Aumento de Flexibilidade		↓		↓		↓	↓
Demanda Agregada			↓		↓	↓	↓
Aumento da Capabilidade		↓					↓
Contas à receber de diferentes Clientes					↓		

Grande Aumento do risco ↑ Aumento do risco ▲ Queda do risco ↓ Grande Queda do risco ▼

Fonte: Chopra e Sodhi (2004)

A adição da capacidade atende um eventual excesso de demanda e conseqüentemente reduz o risco de atraso tornando a empresa mais ágil, reduzindo o risco de aquisição com variações no preço de matérias primas e reduzindo o risco de estoques de produtos acabados. O aumento da capacidade deve ser adquirido através de processos flexíveis (mão-de-obra multifuncional) para evitar o risco de capacidade (excesso de recursos).

A **adição de inventário** permite a redução do risco de atraso, uma vez que os estoques irão cobrir possíveis flutuações na demanda também pode mitigar o risco de ruptura na cadeia por tornar a empresa autossuficiente por um período de tempo mais longo em caso de uma ruptura em seus parceiros de negócio. Porém essa estratégia pode aumentar significativamente os custos e os riscos relacionados com os estoques.

Fornecedores redundantes é uma estratégia que influencia bastante no risco de ruptura, desde que não ocorra simultaneamente para todos os fornecedores. A existência de fornecedores redundantes também ajuda na mitigação de riscos de aquisição por haver uma maior variedade de escolhas é possível obter preços mais competitivos e com menor flutuação; a existência de fornecedores redundantes reduz a necessidade de haver uma maior capacidade, já que há menor necessidade manter estoques pois a incerteza relacionada a disponibilidade para entrega diminui.

Aumento da responsividade que consiste na velocidade em que um sistema pode responder a mudanças bruscas e imprevisíveis em um mercado, e pode reduzir significativamente os riscos de atrasos, previsão e inventários (BAGCHI *et al.*, 2005).

A **flexibilidade** é resultado de uma forma de trabalho que permite o uso da mesma capacidade para uma variedade de produtos diferentes. Isso permite conseguir um nível de serviço maior sem a necessidade de investir no aumento de capacidade. Essa estratégia permite uma grande redução no risco de excesso ou falta de capacidade.

Agregação da demanda é útil quando se trabalha com demandas instáveis, o que reduz a margem de erro resulta numa diminuição dos riscos relacionados à previsão capacidade (capacidade mais previsível) e aos inventários (redução estoque de segurança relacionado à incerteza da demanda).

A **Capabilidade** é a habilidade de um processo em entregar um determinado resultado. Um maior nível de maturidade nos processos permite uma redução nos riscos de atrasos e de inventário.

Por fim, a estratégia de mitigação de riscos relacionado ter **maior número de clientes** permite minimizar o risco de pagamento, uma vez que recebíveis não estão concentrados em uma única fonte (CHOPRA; SODHI, 2004).

2.2.3.4 Monitoramento dos riscos

Os riscos são fenômenos dinâmicos e precisam ser continuamente monitorados a fim de verificar se os recursos gastos nas estratégias de tratamento estão fazendo efeito e se são necessárias mudanças. Os processos de monitoramento dos riscos devem ser formalizados, e não ser baseados apenas em julgamentos (FAN; STEVENSON, 2018).

Segundo Tummala e Schoenherr (2011), um sistema de gerenciamento de dados pode ajudar no processo de monitoramento dos riscos. Esse processo não deve ser utilizado apenas no monitoramento e na busca de ações corretivas, mas também como um meio de gerar um processo de melhoria contínua no gerenciamento dos riscos.

2.3 MEDIDAS DE CENTRALIDADES EM REDES DE RELACIONAMENTOS E SUAS APLICAÇÕES EM CADEIA DE SUPRIMENTOS

Esse capítulo tem como propósito introduzir o conceito de análise de redes sociais e suas aplicações nas cadeias de suprimentos realizadas em estudos anteriores. No 2.3.1 é exposto uma breve introdução dos conceitos básicos de teoria dos grafos necessários para a interpretação do conceito de análise de redes sociais. No item 2.3.2 é explicado a análise de redes sociais e as medidas de centralidade normalmente utilizadas nesse ramo de estudo para a avaliação de redes. Na descrição das medidas de centralidade, são indicados estudos anteriores em cadeias de suprimentos que fizeram uso dessas ferramentas, permitindo concluir para quais riscos cada medida de centralidade é mais adequada e quais características a utilização dessas medidas é evidenciada nos agentes da cadeia, e que interferem na maneira como os riscos afetam a cadeia como um todo.

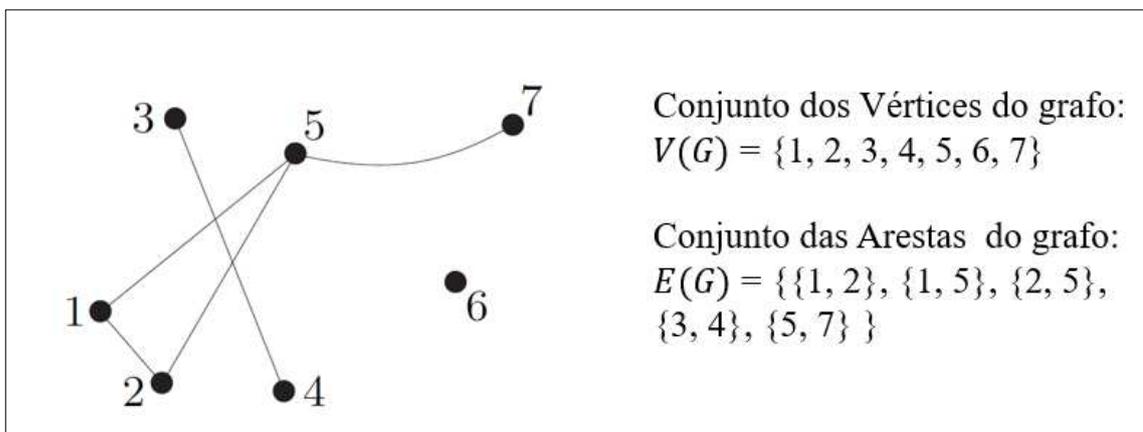
2.3.1 Conceitos básicos em Teoria dos Grafos

Um grafo G é uma estrutura composta por dois componentes: um conjunto finito não vazio de Vértices $V = V(G)$ e um conjunto formado por arestas que representam as ligações entre esses vértices $E = E(G)$ (FREITAS, 2010).

A relação binária entre dois vértices representada pelo conjunto de $E(G)$ é chamada de *relação de adjacência*. Nesse sentido, dado um par de vértices v_i e v_j , $\in V(G)$, considera-se que v_i e v_j são vértices adjacentes ou vizinhos se a aresta $e_{ij} = \{v_i, v_j\} \in E$. Pode-se afirmar que nesse caso e_{ij} incide em v_i e v_j , sendo v_i e v_j extremos de e_{ij} .

Na Figura 12, o gráfico possui 7 vértices e 5 arestas. Os vértices 1 e 2 $\in V(G)$ por exemplo, são adjacentes ou vizinhos, pois estão conectados pela aresta $e_{12} = \{1, 2\}$ onde a mesma pertence ao conjunto $E(G)$.

Figura 12: Exemplo de Grafo

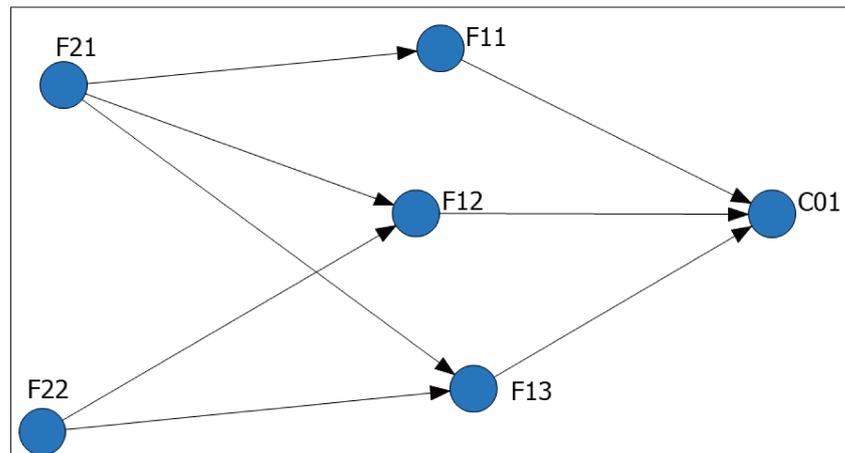


Fonte: Adaptado de Diestel (2017)

Um grafo pode ser orientado ou não-orientado. Em um grafo $E(G)$, o par de vértice denotado por $e_{ij} = \{v_i, v_j\} \in E$ é não-orientado quando não se define um direção de percurso ou de sentido entre cada par de vértice, o grafo da Figura 12 é um exemplo de grafo não-orientado. Em um grafo orientado, o par de vértice $e_{ij} = (v_i, v_j) \in E(G)$ possui sentido definido de v_i para v_j , nesse caso, a aresta orientada é chamada de *arco*.

Um exemplo de grafo orientado é mostrado na Figura 13, onde o mesmo representa uma cadeia de suprimentos composta por alguns fornecedores e um cliente final. Nesse caso, orientação das arestas representam o fluxo de material entre as empresas, é representado pelas setas. Para o grafo da Figura 13, o conjunto dos vértices pode ser representado por: $V = \{F21, F22, F11, F12, F13, C01\}$ e os arcos são representados pelo conjunto: $E = \{(F21, F11), (F21, F12), (F21, F13), (F22, F12), (F22, F13), (F11, C01), (F12, C01), (F13, C01)\}$.

Figura 13: Representação de um grafo orientado



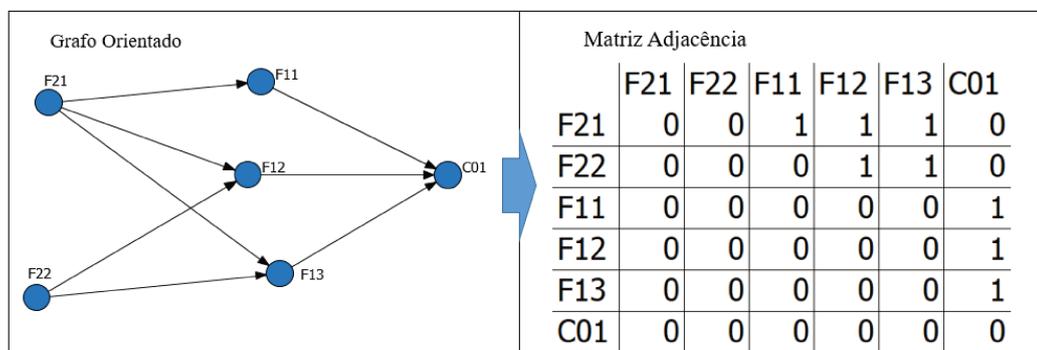
Fonte: Mizgier, Jüttner e Wagner, (2013)

Os grafos podem ser representados por matrizes, chamadas matrizes de adjacência. Essas matrizes são quadradas de ordem n , onde n representa a quantidade de vértices que o grafo possui. A construção de uma matriz de adjacência $A(G)$ de um grafo G se dá pela Equação 3 (FREITAS, 2010):

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } (v_i, v_j) \in E; \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

Dessa forma podemos escrever o exemplo da Figura 13, na forma matricial como mostra a Figura 14.

Figura 14: Representação matricial de um grafo



Fonte: Adaptado de Mizgier, Jüttner e Wagner, (2013)

Um grafo orientado ou não orientado também pode ser valorado. Os grafos valorados são utilizados quando busca-se avaliar não só as conexões, mas, também, a intensidade dessas conexões. Nesse caso, em uma matriz adjacente as conexões são representadas por valores que definem suas intensidades (FREITAS, 2010). Esses valores podem ser custos, distâncias, tempo gasto em um percurso, confiabilidade da transmissão, riscos, valores de fluxos, entre outros.

2.3.2 Análise de redes Sociais e medidas de Centralidades

Uma rede social pode ser descrita como um grafo composto por vértices que representam pessoas, e as suas arestas representam a existência de uma relação entre essas pessoas, por parentesco ou amizade, por exemplo (BORGATTI; LI, 2009).

Em 1948, Bavelas introduziu o conceito de centralidade em seu trabalho: “*A mathematical model for group structures*”, onde estudou a relação entre características estruturais de centralidade de cada pessoa e a influência que exercem sobre a rede à qual pertencem (FREEMAN, 1978). A partir daí, pesquisadores introduziram uma variedade de medidas de centralidade com o objetivo de medir a importância dos agentes das redes de acordo com características de cada medida (FREITAS, 2010).

Sendo assim, a análise de redes sociais através das medidas de centralidades propostas vem sendo aplicada em vários tipos de estudos como estruturas de comunidades ou amizades, padrões de comunicação, propagação de doenças e difusão de inovação e cadeias de suprimentos (KIM *et al.*, 2011).

A seguir, serão descritas as principais medidas de centralidades utilizadas na análise de redes sociais que também foram aplicadas em análise de cadeias de suprimentos. As medidas de centralidades são: centralidade de grau, centralidade de intermediação, centralidade de proximidade, centralidade de auto vetor, centralidade de *hub* e *authority* e centralidade radial.

2.3.2.1 Centralidade de grau

A centralidade de grau de um agente em um grafo é quantidade de agentes com os quais esse ponto está diretamente conectado. Em redes sociais, a centralidade de grau representa a quantidade de amigos que cada indivíduo da rede possui. Um agente que possui grande número

de contatos diretos com outros agentes, pode ser considerado como um canal de informação importante, pois ele é o acesso principal por outros agentes que fazem parte do grafo, tendo, por isso, maior facilidade no acesso às informações do que outros com menor centralidade (FREEMAN, 1977).

A ideia de utilizar a soma dos pontos com os quais um ponto está conectado para avaliar sua centralidade foi inicialmente introduzida por Shaw em 1954 e posteriormente Freeman (1977) que passou a chama-la de centralidade de Grau.

A centralidade de Grau pode ser descrita pela seguinte Equação 4:

$$C_G(p_k) = \sum_{j=1}^n a(p_i, p_k) \quad (4)$$

Onde $a(p_i, p_k)=1$ se e somente se p_i e p_k estão conectados diretamente por uma aresta, ou será 0 caso não esteja.

Uma variação da centralidade de grau é *centralidade relativa de grau* C'_G que é obtida dividindo o valor da fórmula (1) pelo termo $n-1$, onde n representa a quantidade total de vértices no grafo G.

$$C_G(p_k) = \frac{\sum_{j=1}^n a(p_i, p_k)}{n - 1} \quad (5)$$

Para grafos orientados, são definidos os conceitos *indegree* e *outdegree*. A centralidade de Grau denominada *indegree* ou de entrada, de um ator de uma cadeia representa o número de arestas que terminam nesse ator, enquanto a centralidade de grau “*outdegree*” ou de saída representa as arestas que originam nesse ator ((MUELLER; BUERGELT; SEIDEL-LASS, 2008). O primeiro é utilizado para analisar centralidade de grafos orientados destacando o número de fornecedores de um determinado cliente, e o segundo aborda o número de cliente que um determinado fornecedor possui (BORGATTI; LI, 2009, p. 13).

De acordo com Wang, Scaglione e Thomas (2010), a centralidade de grau indica a chance de um nó exercer influência para o resto de uma rede ou sua exposição ao que estiver fluindo na rede, seja perturbações, acesso à informação, fluxo de energia ou tráfegos, ou mesmo vírus.

A centralidade de Grau foi utilizada em sistemas de distribuição de energia elétrica (WANG; SCAGLIONE; THOMAS, 2010), em análise de centralidade e vulnerabilidade no tráfegos nos portos (DUCRUET; LEE; NG, 2010), em cadeia de suprimentos como medida auxiliar na identificação de gargalos em cadeias de suprimentos (MIZGIER; JÜTTNER; WAGNER, 2013), na análise da vulnerabilidade cadeia de suprimentos automotiva (KIM *et al.*, 2011) e avaliação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva (LEDWOCH *et al.*, 2016).

Mesmo sendo bastante útil e simples de utilizar, a centralidade de grau é bastante questionada devido à sua limitação em restringir apenas as ligações diretas de um nó. Mizgier, Jüttner e Wagner, (2013) afirmam que essa medida leva em consideração apenas parcialmente a estrutura de rede, uma vez que não é considerada nessa medida a importância das entidades com a qual um determinado nó está conectado.

2.3.2.2 Centralidade de Intermediação e Intermediação de Fluxo

O conceito de centralidade de intermediação foi introduzido em 1948 por Bavelas (FREEMAN, 1977) e percebido como a influência que um determinado nó possui por ser mais central em uma rede à medida que ele interliga o percurso entre 2 outros nós nessa mesma rede. Quanto mais pares de nós depender desse ponto para ter acesso a outros pontos, mais forte será a centralidade de intermediação. Em outras palavras, a centralidade de intermediação indica quanto uma determinada entidade é importante para uma rede à medida em que ela estabelece a união entre pontos extremos dentro dessa rede.

Inicialmente, pode-se descrever matematicamente o conceito de centralidade de intermediação parcial da seguinte forma:

Dado um ponto p_k em um grafo e outros pares de pontos $\{p_i, p_j\}$ sendo $i \neq j \neq k$, se p_i e p_j não são alcançáveis entre si, ou p_k não se encontra entre esses dois pontos, então a centralidade de intermediação parcial é zero.

$$b_{ij}(p_k) = 0, \text{ se não existir caminho entre } p_i \text{ e } p_j \quad (6)$$

Se se p_i e p_j são alcançáveis entre si por várias possíveis rotas geodésicas g_{ij} , então probabilidade de uma rota geodésica específica ser escolhida para o fluxo entre esses dois pontos será $1/g_{ij}$. Assim, a possibilidade de um ponto p_k intermediar os pontos p_i e p_j é

dada pelo número de geodésica $g_{ij}(p_k)$ em que p_k faz parte sobre a quantidade total de geodésicas.

$$b_{ij}(p_k) = \left(\frac{1}{g_{ij}} \right) (g_{ij}(p_k)) = \frac{g_{ij}(p_k)}{g_{ij}}, \text{ caso haja caminho entre } p_i \text{ e } p_j \text{ e que } p_k \quad (7)$$

seja intermediador

A partir da Equação 6 e equação 7, chega-se à centralidade de intermediação de p_k no grafo G denotada por $c_B(p_k)$ que é resultado da soma entre as intermediações parciais:

$$c_B(p_k) = \sum_{\substack{l \leq i < j \leq n \\ i, j \neq k}} b_{ij}(p_k) \quad (8)$$

Quando um grafo é estrela, ou seja, todos os vértices são ligados entre si, a centralidade de intermediação alcança um valor máximo dada pela fórmula abaixo

$$c_B(p_k) \leq \frac{n^2 - 3n + 2}{2} \quad (9)$$

Sendo assim, podemos definir a centralidade relativa de intermediação como sendo:

$$c'_B(p_k) = \frac{2c_B(p_k)}{n^2 - 3n + 2} \quad (10)$$

Em uma rede, um vértice com alto grau de centralidade de intermediação possui maior privilégio em relação aos outros vértices. O vértice pode influenciar o grupo retendo informações, distorcendo ou ampliando em uma transmissão. Nesse sentido, a centralidade de intermediação depende do número de posições para as quais um dado ponto serve como intermediador.

Uma outra medida de variante da centralidade de intermediação é a medida de centralidade de intermediação de fluxo, proposta por Freeman, Borgatti e White (1991), que

consiste em considerar as arestas valoradas em um grafo representando a intensidade do fluxo entre os vértices intermediadores.

Seja m_{jk} a quantidade de fluxos máximos existentes entre os pontos p_j e p_k e $m_{jk}(p_i)$ a quantidade de fluxo máximo entre os pontos p_j e p_k que passa pelo ponto p_i , a centralidade relativa de intermediação de fluxo pode ser descrita da seguinte maneira:

$$c'_F(p_k) = \frac{\sum_{\substack{i < j \\ i, j \neq k}}^n m_{jk}(p_i)}{\sum_{\substack{i < j \\ i, j \neq k}}^n m_{jk}} \quad (11)$$

No contexto de cadeia de suprimentos, se uma empresa possui maior centralidade de intermediação, o seu desaparecimento (ruptura) ou queda na produção irá afetar mais outras empresas do que se tivesse centralidade de intermediação mais baixas (BORGATTI; LI, 2009).

A centralidade de intermediação foi aplicada no tráfego de portos (DUCRUET; LEE; NG, 2010), na análise de vulnerabilidade no suprimento de energia elétrica (WANG; SCAGLIONE; THOMAS, 2010), na identificação de pontos de ruptura de cadeia de suprimentos (MIZGIER; JÜTTNER; WAGNER, 2013), (ZENG; XIAO, 2014) e na cadeia de suprimentos de indústrias eletrônicas (BASOLE; BELLAMY, 2014).

No contexto de cadeias de suprimentos, essa métrica pode ser utilizada na visualização de empresas intermediadoras no fluxo de materiais de fornecedores para clientes, que representam empresas de alto risco entre seus intermediários. Essa métrica pode ser usada com informações relacionadas ao fornecimento, como volume de fluxo de material ou variação de custo, o que pode ajudar a identificar as empresas da cadeia localizadas nos percursos com as mais altas flutuações. (LEDWOCH *et al.* 2016)

Uma crítica à eficiência dessa medida de centralidade é a incapacidade de capturar a importância de fornecedores que ocupam as extremidades de uma rede de suprimentos, pois eles não são penalizados mesmo quando são cruciais para a cadeia (MIZGIER; JÜTTNER; WAGNER, 2013).

2.3.2.3 Centralidade de Proximidade

De acordo com Freeman, (1978) a ideia de centralidade de proximidade foi desenvolvida por vários autores entre 1950 e 1974. De maneira geral, a centralidade de proximidade de um ator em um grafo está relacionada com a distância que esse ator possui em relação a todos os outros vértices, e é dada pela inversa da soma das distâncias geodésicas desse ponto em relação à vértice do grafo.

Desse modo, se considerar $d(p_i, p_k)$: número de arestas na ligação geodésica entre p_i e p_k , então a centralidade de proximidade $C_c(p_k)$ um ponto p_k é dada por:

$$C_c(p_k) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)} \quad (12)$$

Podemos notar que p_k pode estar no mínimo com a distância igual à 1 de um ponto no grafo e no máximo com distância igual à $(n - 1)$. Nesse sentido, podemos considerar a centralidade relativa de grau escrita da seguinte maneira:

$$C_c'(p_k) = \frac{n - 1}{\sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)} = (n - 1) C_c(p_k) \quad (13)$$

Essa medida de centralidade só possui significado para grafos conexos, uma vez que grafos com pontos isolados possuem distâncias infinitas.

Esse modelo de centralidade está associado com a autonomia ou independência em redes sociais. Um nó com alto grau de proximidade possui maior liberdade em relação à influência de outros e alta capacidade para tomadas de decisões independente (FREEMAN, 1978).

No contexto de cadeia de suprimentos, essa medida pode representar a liberdade de uma empresa em agir de maneira independente e interagir livremente em busca de recursos em curto prazo de tempo (LEDWOCH *et al.*, 2018). O acesso à informação de qualidade também permite o aumento da capacidade para atender a demanda, resultando em baixos níveis de inventário e custo operacional (KIM *et al.*, 2011).

Para Borgatti e Li (2009) o conceito de centralidade de proximidade possui um importante significado quando aplicado em cadeias de suprimentos. Mesmo havendo pontos (empresas) desconexas, sentido é possível rejeitá-las uma vez que não influenciarão no desempenho da cadeia em estudo. Em cadeias de suprimentos, a centralidade de proximidade,

representa a velocidade da ruptura através da rede. Pode ser calculada por exemplo, utilizando as distancias entre as empresas como pesos em suas ligações. Nesse caso, a centralidade de proximidade irá informar as empresas com sistemas de transportes que podem acarretar em maior ou menor custo e com maior ou menor probabilidade de ruptura (LEDWOCH *et al.*, 2018).

A Centralidade de proximidade também foi aplicada em estudos envolvendo o setor de distribuição elétrica (WANG; SCAGLIONE; THOMAS, 2010) e na cadeia automobilística (KIM *et al.*, 2011) (LEDWOCH *et al.*, 2018).

2.3.2.4 Centralidade de autovetor

A centralidade de autovetor busca medir a importância de um vértice em uma rede não só pelas ligações diretas como também pela importância dos vértices com os quais esse ponto está conectado. Dessa maneira, um vértice será mais importante em uma rede por estar conectado à muitos outros (importância capturada por uma centralidade de grau simples) e ao mesmo tempo por esses outros vértices serem altamente centrais na rede (parceiros importantes).

Essa medida de centralidade foi introduzida por Bonacich em 1972 e é representada pelo autovetor da matriz adjacente da rede. Considerando A uma matriz de relacionamentos, que pode ser ou não simétrica, os valores da diagonal principal são zeros. Segundo Ledwoch *et al.* (2018) a centralidade de da unidade i pode ser dada da seguinte maneira:

$$C'_{EI_i} = k_1^{-1} \sum_j A_{ij} C_{EI_j} \quad (14)$$

Onde:

A_{ij} é a matriz adjacente;

$C_{EI_{ij}}$ é a centralidade de autovetor do nó i ,

k_1 é o maior autovalor da Matriz adjacente.

A centralidade de auto vetor foi aplicada na área de distribuição de energia elétrica para análise de vulnerabilidade (WANG; SCAGLIONE; THOMAS, 2010), e também na cadeia de suprimentos automobilística na avaliação de riscos (LEDWOCH *et al.*, 2018).

Aplicando no contexto de cadeia de Suprimentos, essa medida informa o quanto uma determinada empresa é importante, baseando-se na importância de seus parceiros. De acordo com Ledwoch *et al.* (2018), as características do nó ou ligação pode ser substituída por um fator de risco, sendo possível avaliar como os riscos de uma empresa local pode influenciar os vizinhos dessa empresa. Os mesmos autores citam como exemplo índices de desastres, terrorismos e riscos de inventários.

Uma forma de calcular a centralidade de Auto vetor, é através da aplicação do método das potências, que consiste em determinar o auto vetor e auto valor de maior valor absoluto de uma matriz, descrito por Freitas, (2010) da seguinte maneira:

Seja a sequência de y_k definida por:

$$y_{k+1} = Ay_k, k = 0, 1, 2 \dots \quad (15)$$

onde y_0 sendo um vetor qualquer não nulo e que permite a expansão:

$$y_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (16)$$

com c_j escalares quaisquer e $c_1 \neq 0$. O auto vetor λ_1 é dado de maneira aproximada por:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{(y_{k+1})_r}{(y_k)_r} = \lambda_1 \quad (17)$$

Onde r corresponde às coordenadas dos vetores y_k e y_{k+1} .

2.3.2.5 Centralidade de Hub e Authority

Um determinado ator em uma rede é chamado de *Hub* quando este é o centro dessa rede; *Authority* refere-se a atores das redes que possuem autoridade. De acordo com Kleinberg (1999) *Hub* e *Authority* executam um relacionamento mutuamente reforçado, de maneira que os atores

com auto grau de centralidade *Hub* possui ligações com atores com auto grau de *Authority* e vice-versa.

De acordo com Ledwoch *et al.* (2018), as centralidades *Hub* e *Authority* podem ser descritas da seguinte forma:

$$C_{H_i} = \beta \sum_j A_{ji} C_{A_j} \quad (18)$$

$$C_{A_i} = \alpha \sum_j A_{ij} C_{H_j} \quad (19)$$

Onde α e β são constantes positivas, A é a matriz adjacente e C_A é a centralidade de *Authority*, e C_H é a centralidade *Hub*.

Para o cálculo das centralidades *Hub* e *Authority*, pode-se utilizar a seguinte notação definida por Kleinberg, (1999):

Seja x a centralidade *Authority* e y a centralidade *Hub*,

- x é o auto vetor principal de $A^T A$ (a matriz adjacente Transposta A , multiplicada pela matriz adjacente A).
- y é o auto vetor principal de AA^T (a matriz adjacente A , multiplicada pela matriz adjacente transposta A).

Ambas as medidas de centralidade *Hub* e *Authority* podem ser encontradas aplicando-se o método das potencias descrito no tópico 2.3.2.4 da centralidade de Auto vetor.

Essas medidas de centralidade foram utilizadas em bancos para a identificar a necessidade de investimentos com o objetivo de evitar possíveis falhas (HU, ZHAO e HUA; 2012) e para a avaliação de riscos na cadeia de suprimentos automobilística (LEDWOCH *et al.*, 2016).

No contexto de Cadeia de Suprimentos Ledwoch *et al.* (2018) afirmam que essas medidas para identificar empresas com muitos clientes ou empresas que possuem muitos fornecedores, seja direto ou indireto. As ligações entre as empresas podem ser associadas aos volumes, variância de custos ou *lead-time* e os nós, os índices de desastres e riscos de estoques.

2.3.2.6 Centralidade Radial

A centralidade Radial indica o quanto um determinado ponto está conectado com a rede (VALENTE, FOREMAN; 1998). Esse indicador pode ser descrito pela seguinte fórmula (LEDWOCH et al. 2018):

$$C'_{R_i} = \frac{\sum_j d - d_{ij} + 1}{n - 1} \quad (20)$$

Onde d é o diâmetro da rede, d_{ij} é a distância do menor caminho entre os nós i e j , e n é o número de nós. A diferença entre o diâmetro e a distância entre os nós é chamada de distância reversa (MIZGIER; JÜTTNER; WAGNER, 2013). Alta centralidade radial significa que são necessários poucos passos, em média, para um fornecedor realizar entregas para os outros membros da cadeia, através dos canais de distribuição existentes na cadeia (MIZGIER; JÜTTNER; WAGNER, 2013). Segundo Ledwoch *et al.* (2018), sua aplicação em cadeia de suprimentos envolve atribuição de pesos tais como lead-time ou distâncias, e mostra o quanto uma empresa está próxima de seus parceiros.

2.3.3 Aplicação da Análise de Redes Sociais em Cadeia de Suprimentos

A aplicação das medidas de centralidade em cadeias de suprimentos envolve encontrar o *ranking* e identificar as empresas que se destacam em cada tipo de medida e conseqüentemente possuem as características que cada medida busca avaliar.

O Quadro 3 descreve as características das medidas de centralidade de grau, intermediação e radial de acordo com Mizgier, Jüttner e Wagner (2013). Nela os autores descrevem a interpretação dessas medidas aplicadas à cadeias de suprimentos e suas vantagens e desvantagens na utilização dessas medidas. Os mesmos autores concordam que existe a necessidade da análise em conjunto dessas medidas para um melhor entendimento das características da cadeia relacionada à sua vulnerabilidade.

Quadro 3: Caracterização das medidas de centralidade em cadeias de suprimentos de acordo com Mizgier, Jüttner e Wagner (2013)

Medida de Centralidade	Definição	Vantagens	Desvantagens
Centralidade de grau de Saída (<i>Out-degree</i>)	Um fornecedor é crítico quando o mesmo é conectado com um grande número de outros fornecedores	Fácil de Calcular e pode ser utilizada como primeira medida de criticidade de fornecedores	Apenas o Impacto das firmas diretamente conectadas é mensurado
Centralidade de Intermediação	Um fornecedor é crítico quanto o mesmo é um canal de passagem entre vários outros fornecedores	Leva em consideração a estrutura inteira da rede	Os fornecedores de matérias-primas não são penalizados, mesmo sendo críticos para sua posição na cadeia
Radial	Um fornecedor é crítico quando a acessibilidade com outros fornecedores é alta	Leva em consideração a estrutura inteira da rede	Os fornecedores de matérias-primas são penalizados, mesmo não sendo críticos em sua posição na cadeia

Fonte: Adaptado de Mizgier, Jüttner e Wagner (2013)

No Quadro 4 são expostas de maneira mais detalhada as características de centralidade de grau (entrada e saída), intermediação e proximidade de acordo com KIM *et al*, (2011) para cadeias formadas por fluxos de materiais e de relações contratuais.

Quadro 4: Medidas de Centralidades e suas implicações em cadeias de Suprimentos

Tipo de Rede	Medidas de Centralidade	Construções de rede de suprimento	Definições	Implicação para os nós centrais		
				Papel	Descrição	Principais habilidades
Fluxo de Material	Centralidade de Grau de entrada	Suprimento	Grau de dificuldade enfrentado pelas empresas em gerenciar fluxos de materiais dos seus fornecedores	Integrador	Unir ou transformar diferentes partes de um produto adicionando valor	Integração de Sistema; Design desenvolvimento; Inovação arquitetônica
	Centralidade de Grau de Saída	Demanda	Grau de dificuldade enfrentado pelas empresas em lidar com a demanda	Alocadores	Distribuição de recursos para múltiplos clientes	Gestão da qualidade; Inovação de componentes
	Centralidade de Intermediação	Criticidade operacional	Impacto pela empresa em criticidade no desempenho operacional do produtor final em termos de qualidade, custo de coordenação e lead-time.	Pivô	Facilitar ou controlar o fluxo de suprimentos em toda a cadeia	Gerenciamento de riscos; Logística de recebimento e distribuição; Integração interfuncional
Relações de Contrato	Centralidade de grau	Extensão da Influência	Empresa com maior impacto nas decisões operacionais ou em comportamentos estratégicos das empresas da cadeia	Coordenador	Concilia diferenças de membros alinha suas opiniões às metas da cadeia.	Gestão de contrato; gestão de relacionamento com fornecedores/clientes
	Centralidade de Proximidade	Independência de Informação	Em que nível a empresa tem liberdade das ações de controle de outros em termos de acesso à informação na rede de suprimentos	Navegador	Explorar, acessar e coletar várias informações com maior autonomia na rede de suprimentos	Aquisição de informação; Alinhamento estratégico com o fabricante original
	Centralidade de Intermediação	Intermediador de Relações	O nível em que a empresa pode intervir ou possui controle sobre as interações com outras empresas na cadeia de suprimentos	<i>Broker</i>	Mediador de negociações entre os membros da rede visando vantagens próprias	Processamento de informações/ Alinhamento estratégico com o fabricante original

Fonte: Adaptado de KIM et al. (2011)

O Quadro 5 traz um resumo das medidas de centralidade, conceito e da descrição de como pode ser utilizado as medidas de centralidades para a avaliação da vulnerabilidade em cadeias de suprimentos.

Quadro 5: Aplicação das medidas de centralidade na avaliação dos riscos em Cadeias de Suprimentos

GRAU	INTERMEDIACÃO	PROXIMIDADE
$C_G(p_k) = \frac{\sum_{j=1}^n a(p_i, p_k)}{n - 1}$	$c'_B(p_k) = \frac{2c_B(p_k)}{n^2 - 3n + 2}$	$C_c'(p_k) = \frac{n - 1}{\sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)}$
Descrição: Um nó possui maior centralidade, se está conectado à muitos nós.	Descrição: Um nó possui maior centralidade, se por ele passam muitos caminhos.	Descrição: Um nó possui maior centralidade, se está mais próximo (relacionamento) dos outros nós.
<ul style="list-style-type: none"> • Maior influência sobre a rede e exposição ao que estiver fluindo na rede. • Integrador/Alocador/Coordenador • Gargalos. • Pontos de Vulnerabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia na cadeia e controle de fluxo. • Pivô/ <i>Broker</i> • Gargalos • Ponto de Vulnerabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Liberdade e independência • Acesso à informação de maneira privilegiada (Navegadores) • Propagação de ruptura com maior velocidade.
AUTOVETOR	HUB E AUTHORITY	CENTRALIDADE RADIAL
$C'_{EI_i} = k_1^{-1} \sum_j A_{ij} C_{EI_j}$	$C_{H_i} = \beta \sum_j A_{ji} C_{A_j} \quad C_{A_i} = \alpha \sum_j A_{ij} C_{H_j}$	$C'_{R_i} = \frac{\sum_j d - d_{ij} + 1}{n - 1}$
Descrição: Um nó possui maior centralidade, se está conectado à muitos nós importantes.	Descrição: Um nó fornecedor ou receptor é mais central, se está conectado à muitos receptores ou fornecedores importantes, respectivamente.	Descrição: Um nó fornecedor é mais central se possui maior alcance sobre os outros nós.
<ul style="list-style-type: none"> • Poder e Influência • Pontos de Vulnerabilidade • Riscos Locais 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedores/Clientes Importantes e Influentes • Riscos Sistêmicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior velocidade na propagação de ruptura no fornecimento. • Pontos de Vulnerabilidade de fornecimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.4 A CADEIA DO PETRÓLEO

A indústria do petróleo pode ser definida como empresas e pessoas envolvidas com o processo de produção, refino e comercialização de petróleo e seus derivados, tais como gasolina, óleo diesel, gás natural entre outros. (BRIGGS, 2010). Nesse sentido, a interação entre as várias entidades que fazem parte da indústria do petróleo, onde estão envolvidos o fluxo de materiais e informações, formam a cadeia de suprimentos do petróleo.

Considerando as várias entidades dessa cadeia, que inclui desde o processo de produção de petróleo nas bacias, até a entrega dos produtos finais aos clientes, tem-se uma cadeia que é considerada como uma rede ou *network* complexa por vários autores (KAZEMI, 2016); (KAZEMI; SZMEREKOVSKY, 2015); (TONG; FENG; RONG, 2012); (RIBAS; LEIRAS; HAMACHER, 2011); (GUYONNET; GRANT; BAGAJEWICZ, 2009);

Dentro dessa complexa cadeia ou rede, a indústria de petróleo é classificada em dois diferentes segmentos chamados *Upstream* e *Downstream* (CARNEIRO; RIBAS; HAMACHER, 2010). O setor *Upstream* compreende a exploração, produção, e transporte para as refinarias. O segmento *Downstream* compreende a etapa de refino, armazenamento dos derivados do petróleo e distribuição para o setor atacadista que, por sua vez, entrega para o comércio varejista onde são comprados pelos consumidores finais.

A atividade da cadeia de petróleo tem início no processo de exploração. Essa etapa é considerada essencialmente arriscada e de alto custo devido aos grandes gastos, bem como o alto nível de conhecimento necessário para o levantamento geológico e estudos para comprovar a existência de petróleo (KIMURA, 2005)

A produção de petróleo realizada na terra é chamada de *onshore* e as reservas encontradas na água de *offshore*. A produção em água, ou *offshore* tem maior complexidade devido à localização do petróleo em lugares de maior profundidade. Por esse motivo, a perfuração necessita de alta tecnologia, assim como um sistema de segurança mais robusto a fim de evitar derramamento em água.

A exploração do petróleo é dividida em duas fases. A primeira envolve estudos geológicos e geofísicos. A segunda é chamada de desenvolvimento e envolve a perfuração de um ou mais poços de prospecção. Na fase de exploração, costuma demandar muito tempo, e levar, em média oito anos para realização de todas as etapas.

A atividade de exploração costuma ser bastante onerosa e arriscada, no entanto, uma vez que o poço de petróleo é encontrado, os rendimentos com a produção costumam ser bastante altos.

A fase de produção tem início após a fase de desenvolvimento. O custo do petróleo costuma variar muito dependendo das condições geológicas de cada campo, bem como da qualidade do petróleo produzido.

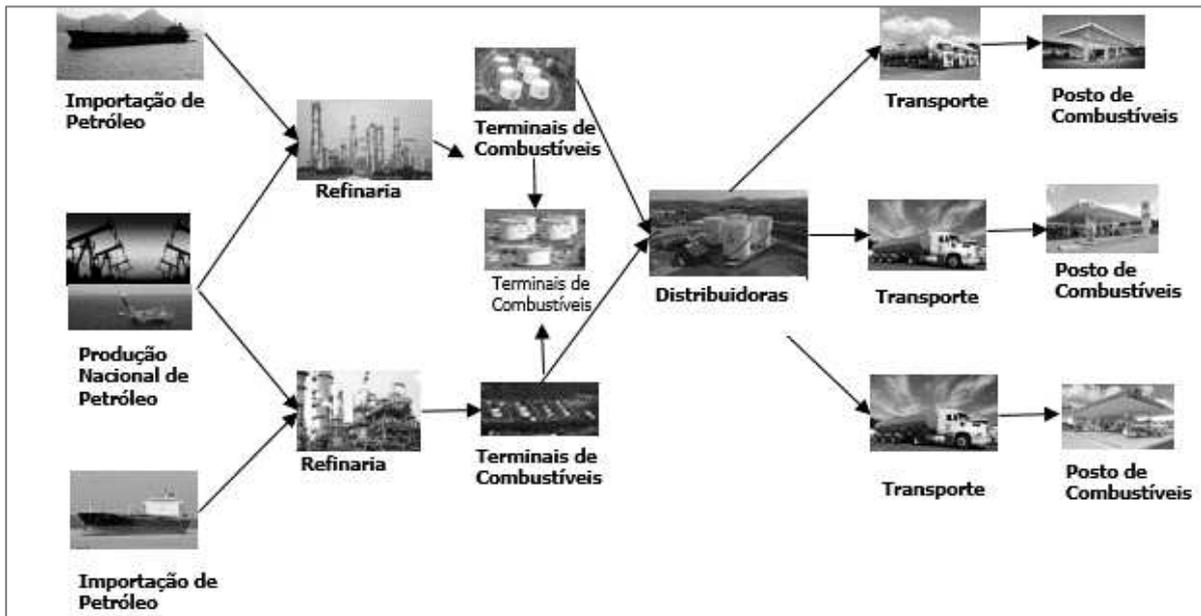
O processo de refino, é responsável pela obtenção de diversos derivados do petróleo, dentre os quais, temos os combustíveis como grande destaque. O processo utilizado em cada refinaria depende do tipo de petróleo. A fase do refino, é marcada pela utilização de uma complexa tecnologia, para atender não só a demanda, mas também as exigências ambientais da região. No entanto, devido às particularidades dessas atividades, o custo é muito elevado, destacando-se como a mais baixa rentabilidade de toda a cadeia produtiva (KIMURA,2005).

A quantidade e qualidade de derivados do petróleo obtidos pelas refinarias dependerá muito das características específicas do óleo processado. Quanto à localização de cada refinaria, é determinada por diversos fatores que influenciam na logística e distribuição, tais como: grande região de consumo de derivados e a proximidade das áreas produtoras de petróleo.

Após o refino, tem-se a etapa de distribuição e revenda de derivados. Essa etapa é caracterizada por possuir menores riscos de investimentos de toda a cadeia produtiva de petróleo.

A Figura 15 a seguir, identifica cada etapa da cadeia de suprimentos do petróleo, bem como as atividades realizadas em cada uma delas.

Figura 15: A Cadeia do Petróleo



Fonte: Adaptado de Fernandes, Barbosa-Póvoa e Relvas (2009)

2.4.1 Visão geral da Cadeia de Petróleo Brasileira

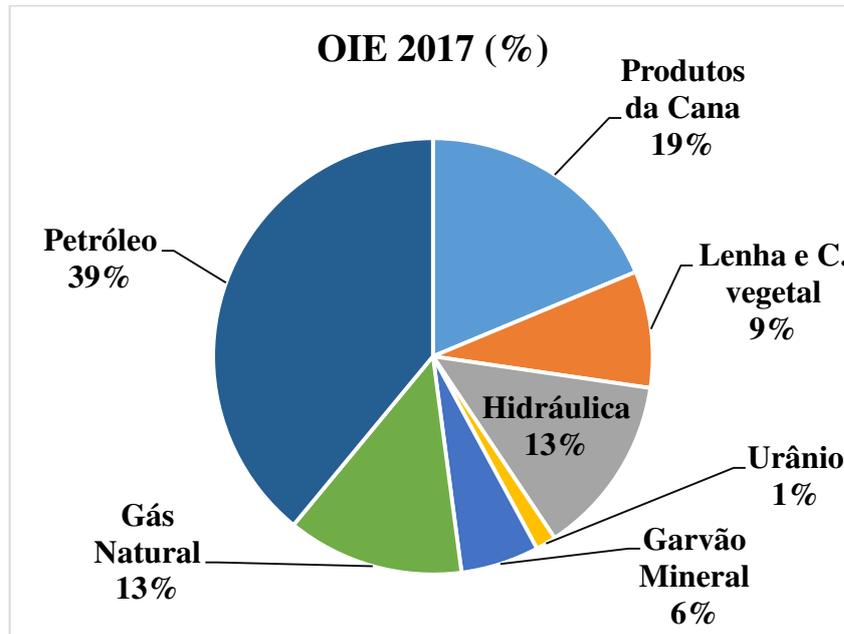
O objetivo desse tópico é expor as características da cadeia brasileira de petróleo quanto ao consumo, produção, exportação e importação de petróleo e os seus principais combustíveis derivados. As informações aqui expostas serão relevantes para a escolha da região a ser estudada e os componentes que serão considerados na etapa de modelagem desse estudo.

2.4.1.1 Participação no consumo energético

Os combustíveis derivados petróleo é a maior fonte de suprimento da oferta interna de energia no Brasil, correspondendo 39% da oferta interna de energia (OIE), seguido pelos produtos derivados da cana-de-açúcar (19%) e hidráulica (13%).

A Figura 16 mostra o percentual de contribuição de cada fonte, convertidos em TEP (tonelada equivalente de Petróleo). Como pode ser observado, o petróleo é a maior fonte de energia consumida no Brasil sendo o dobro da segunda maior fonte que são os produtos da cana de açúcar.

Figura 16: Gráfico da Oferta Interna de Energia no Brasil em % (2017)



Fonte: Boletim Mensal de Energia (MME, 2017a)

2.4.1.2 Representatividade do Brasil nas reservas internacionais

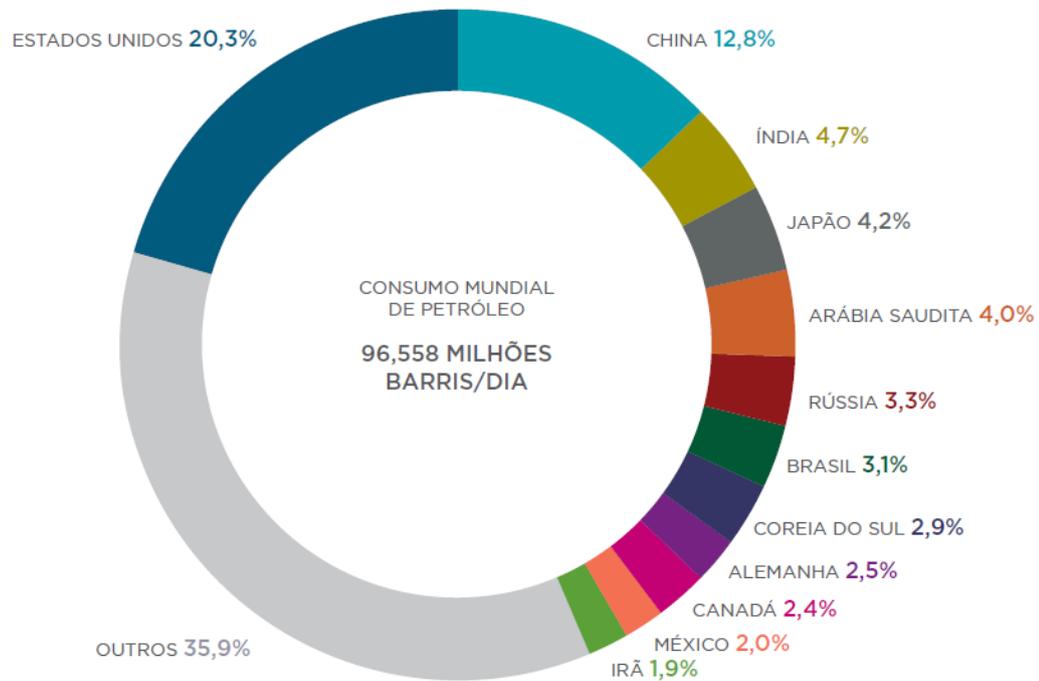
Segundo a ANP (2017), as reservas provadas de petróleo no mundo em 2016 atingiram 1,7 trilhão de barris. O oriente médio é a região que concentra a maior parte das reservas mundiais de petróleo, correspondendo à 47.7% do total; a América Central e do Sul possuíam uma reserva provada de 327.9 bilhões de barris de petróleo correspondendo à 19.21%. A Venezuela é o país detentor da maior reserva de petróleo mundial, com 300.9 bilhões de barris, correspondendo à 17.6% do total no mundo. Já o Brasil conta com uma reserva de 12.6 bilhões de barris, correspondendo a 0.74% das reservas mundiais.

Em relação à produção de petróleo, em 2016 foram uma média de 92.2 milhões de barris por dia. Os Estados Unidos, é responsável pela maior produção mundial de petróleo, corresponde à 13.4% do total produzido no mundo. O Brasil se situou na nona posição, totalizando 2.6 milhões de barris por dia e representando 2.8% do total mundial.

A Figura 17 representa a distribuição do consumo mundial de petróleo por países, como pode ser observado, o Brasil é o 7º maior consumidor de petróleo do mundo. Quanto ao consumo, foram 96.6 milhões de barris/dia em 2016. No *ranking* de países que mais

consumiram petróleo, os Estados Unidos tiveram a primeira posição com 20,3% do total mundial. O Brasil ocupou a sétima posição com 3,1% do total mundial.

Figura 17: Gráfico da Participação dos principais países no consumo Mundial de Petróleo

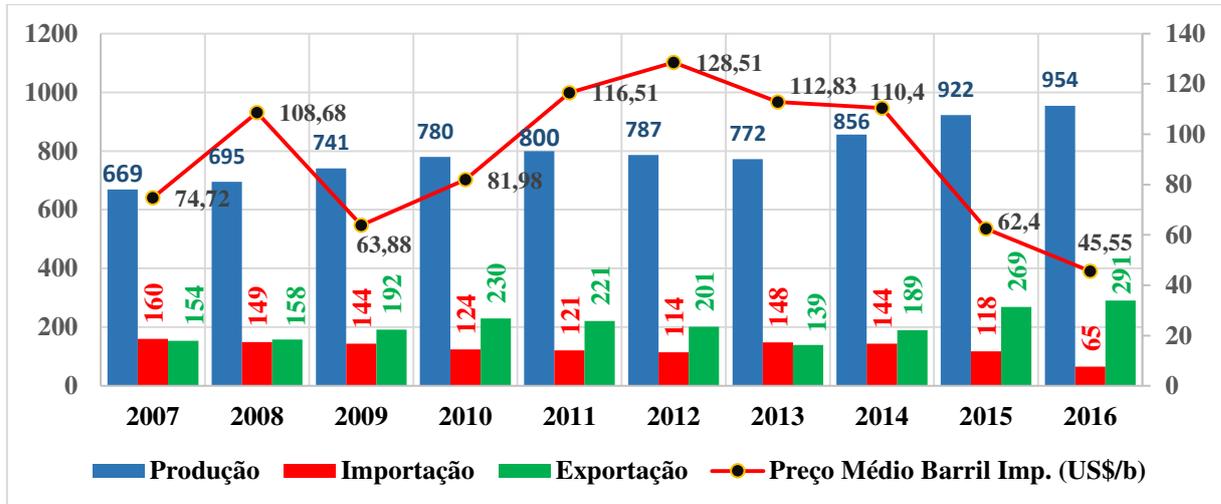


Fonte: Anuário Estatístico (2017)

2.4.2.3 Importação e exportação brasileira

O Brasil importa petróleo do tipo leve para misturar ao petróleo nacional de modo a atender as especificações de seu refino (MME, 2017b). O país vem importando menos do que exportando. A Figura 18 ilustra o volume importado, exportado, produzido, e o preço médio do barril mensalmente no ano de 2016.

Figura 18: Gráfico da Evolução da produção, exportação e importação de petróleo e preço médio do barril importado no ano de 2016



Fonte: Boletim Anual de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural - 2016 (MME, 2017b)

Em relação aos combustíveis derivados do petróleo, o volume importado é significativamente superior à quantidade de combustíveis exportados, como é mostrado na Tabela 1. O diesel possui maior representatividade no consumo nacional aparente de combustível (Produção + Importação - Exportação) seguido da Gasolina e GLP.

Tabela 1: Importação e exportação nacional de Gasolina, Óleo Diesel e GLP em Mil Metros cúbicos – Ano 2016

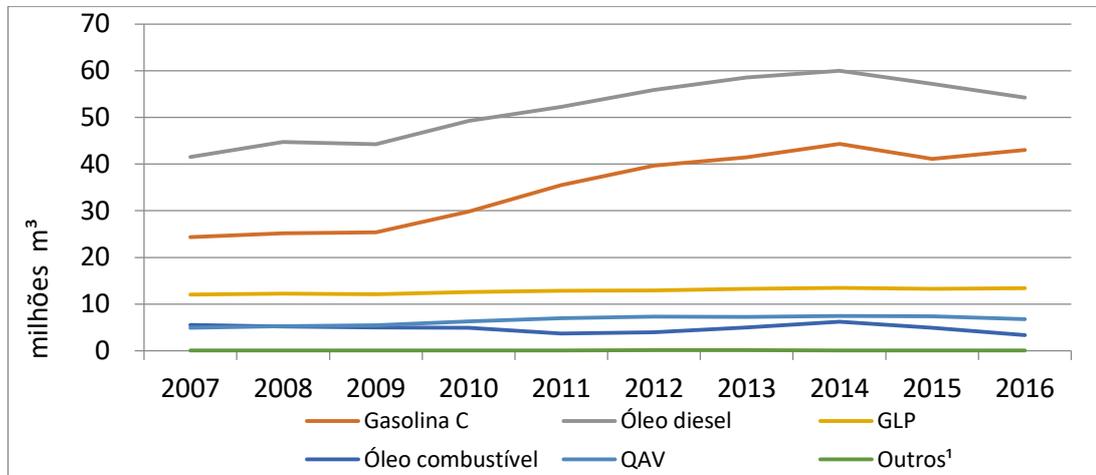
Derivado	Importação	Exportação	Produção Nacional	Consumo Aparente	Participação em relação ao consumo Aparente	
					Importação	Exportação
Óleo diesel	7.918,32	476,4	45.369,81	52.811,73	14,99%	0,90%
Gasolina A	2.926,20	721,693	27.719,57	29.924,08	9,78%	2,41%
GLP	4.149,60	0,6	9.663,12	13.812,12	30,04%	0,00%

Fonte: Adaptado de Anuário Estatístico (ANP, 2017)

2.4.2.4 Consumo de combustíveis nos Estados Brasileiros

Dos combustíveis derivados do petróleo, o diesel é o mais consumido nacionalmente, seguido pela gasolina e GLP. A Figura 19 mostra a participação de cada combustível nas vendas nacionais das distribuidoras.

Figura 19: Evolução das vendas nacionais, pelas distribuidoras, dos principais derivados de petróleo – 2007-2016



Fonte: Anuário Estatístico (ANP, 2017)

A Tabela 2 informa a evolução do consumo nacional de combustíveis entre 2007 e 2016 e a Tabela 2 informa o consumo dos principais combustíveis derivados do petróleo por estado e por grande região. A região Sudeste é a maior consumidora nas três modalidades de combustíveis, sendo o estado de São Paulo o maior consumidor de combustíveis na modalidade de diesel, gasolina e GLP.

Tabela 2: Consumo dos Principais Combustíveis derivados do petróleo por Região e Unidade de Federação em Mil metros Cúbicos no Ano de 2016

Grandes regiões e unidades da Federação	Gasolina C		Óleo Diesel		GLP	
	Volume (Mil M3)	%	Volume (Mil M3)	%	Volume (Mil M3)	%
Brasil	43.019	100,00%	54.279	100,00%	13.397,60	100,00%
Região Norte	3.002	6,98%	5.154	9,50%	807,96	6,03%
Rondônia	432	1,00%	775	1,43%	91,14	0,68%
Acre	137	0,32%	158	0,29%	36,07	0,27%
Amazonas	634	1,47%	1.005	1,85%	173,19	1,29%
Roraima	130	0,30%	118	0,22%	22,37	0,17%
Pará	1.155	2,68%	2.140	3,94%	377,58	2,82%
Amapá	152	0,35%	120	0,22%	30,18	0,23%
Tocantins	364	0,85%	839	1,55%	77,43	0,58%
Região Nordeste	8.747	20,33%	8.716	16,06%	3.178,79	23,73%
Maranhão	928	2,16%	1.242	2,29%	276,35	2,06%
Piauí	596	1,39%	500	0,92%	165,48	1,24%
Ceará	1.372	3,19%	1.032	1,90%	543,80	4,06%
Rio Grande do Norte	652	1,51%	482	0,89%	202,78	1,51%
Paraíba	695	1,61%	467	0,86%	242,87	1,81%
Pernambuco	1.441	3,35%	1.318	2,43%	562,92	4,20%
Alagoas	454	1,06%	381	0,70%	170,68	1,27%
Sergipe	398	0,93%	321	0,59%	129,55	0,97%
Bahia	2.211	5,14%	2.973	5,48%	884,36	6,60%
Região Sudeste	18.135	42,16%	22.410	41,29%	5.946,14	44,38%
Minas Gerais	4.513	10,49%	6.794	12,52%	1.433,59	10,70%
Espírito Santo	947	2,20%	987	1,82%	256,30	1,91%
Rio de Janeiro	2.685	6,24%	2.693	4,96%	1.005,06	7,50%
São Paulo	9.991	23,22%	11.935	21,99%	3.251,21	24,27%
Região Sul	9.046	21,03%	11.111	20,47%	2.365,36	17,66%
Paraná	2.882	6,70%	5.154	9,50%	948,19	7,08%
Santa Catarina	2.701	6,28%	2.418	4,45%	557,04	4,16%
Rio Grande do Sul	3.463	8,05%	3.539	6,52%	860,14	6,42%
Região Centro-Oeste	4.089	9,51%	6.889	12,69%	1.099,34	8,21%
Mato Grosso do Sul	742	1,72%	1.340	2,47%	177,04	1,32%
Mato Grosso	617	1,43%	2.585	4,76%	214,45	1,60%
Goiás	1.531	3,56%	2.577	4,75%	532,60	3,98%
Distrito Federal	1.200	2,79%	387	0,71%	175,25	1,31%

Fonte: Adaptado do Anuário estatístico (ANP, 2017)

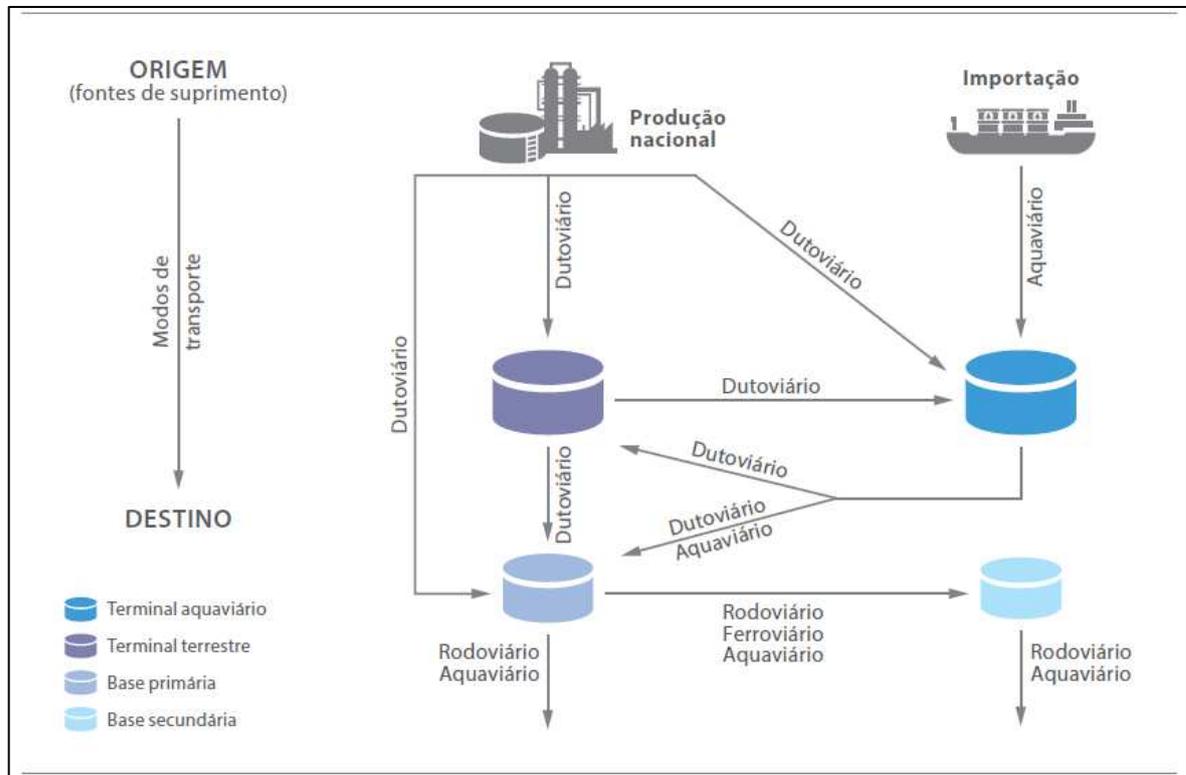
2.4.3 Logística do seguimento *downstream* cadeia de petróleo brasileira

Nesse tópico serão apresentadas logística da cadeia de distribuição de combustível brasileira, descrevendo os agentes participantes da cadeia e sua.

A Figura 20 representa o fluxo logístico da cadeia brasileira de distribuição de combustíveis derivados do petróleo.

Para que os derivados cheguem até o consumidor final, saem das refinarias para os terminais de combustíveis ou para as bases primárias onde agentes de armazenamento intermediários recebem os derivados diretamente das refinarias (SOARES, 2012).

Figura 20: Fluxo Logístico de distribuição dos Combustíveis derivados do Petróleo



Fonte:(ANP, 2015)

O transporte dos derivados da refinaria até as bases primárias e terminais são realizados exclusivamente pelo modal dutoviário (SOARES, 2012).

Das bases primárias, os combustíveis são levados às bases secundárias. As bases secundárias são abastecidas pelas próprias distribuidoras recebendo combustíveis de outras bases (primária ou secundária), porém não recebem combustíveis direto das refinarias (ARAÚJO; GOMES, 2004).

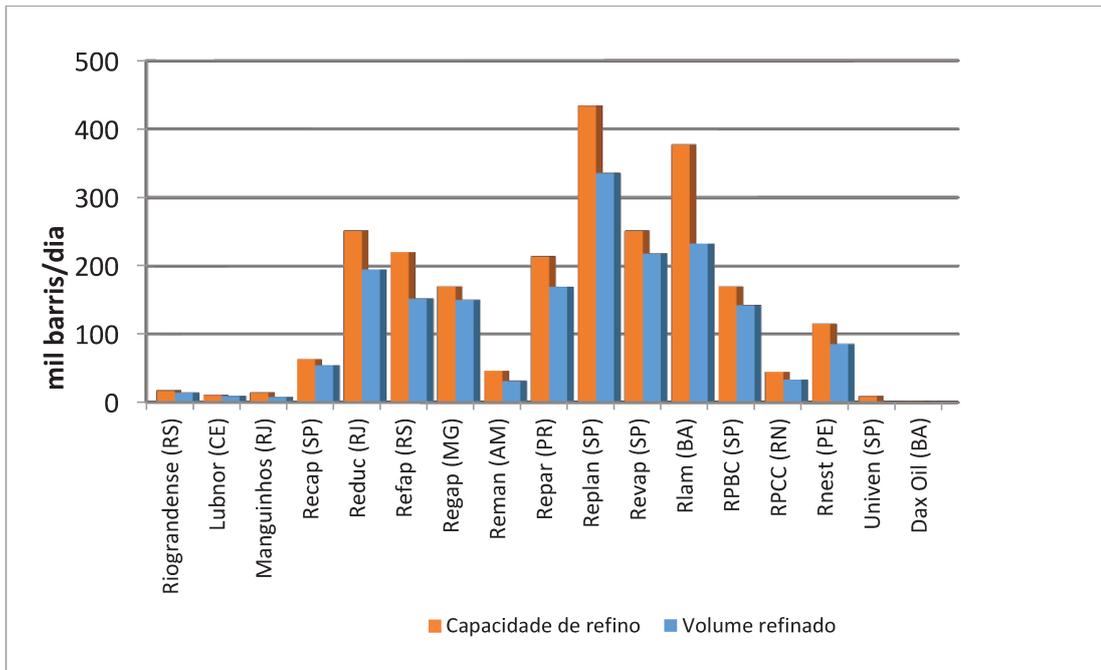
As bases secundárias podem receber combustíveis pelos modais rodoviários, ferroviários e aquaviários. Das bases secundárias, os combustíveis derivados do petróleo seguem ao consumidor final, nos postos de combustíveis

2.4.3.1 Produtores e Importadores

As refinarias e petroquímicas são responsáveis pela transformação do óleo bruto (Petróleo) nos diversos derivados, sendo que em menor escala, os derivados de petróleo também são importados por agentes autorizados pela Agência Nacional do Petróleo (PETROBRAS). Em 2016 eram 225 empresas autorizadas a importar os derivados gasolina A óleo diesel e GLP (ANP, 2017).

O Brasil conta com 17 refinarias com a capacidade de processar 2,4 milhões de barris por dia. Treze das refinarias pertencem à Petrobras, que correspondendo à 98,2% da capacidade total de refino. A Figura 21 a indica o volume refinado e capacidade em 2016.

Figura 21: Gráfico do Volume de petróleo refinado e capacidade de refino, segundo refinarias – 2016



Fonte: Anuário estatístico (ANP, 2017)

A Tabela 3 mostra refinarias pertencentes à Petrobrás. Quatro estão localizadas no Estado de São Paulo, representando aproximadamente 38% da capacidade nacional de refino sendo que a Replan, é responsável pelo maior volume de carga processada no País (18,3% do total). Além do Estado de São Paulo ser o maior consumidor de combustível, é nele que está instalada a maior capacidade de processamento de petróleo do Brasil, (ANP, 2017).

Tabela 3: Participação das refinarias no refino de petróleo – 2016

Refinaria	Volume médio	
	Barris/Dia	Participação em %
Replan (SP)	335.757,96	18,34%
Rlam (BA)	232.799,17	12,72%
Revap (SP)	218.092,29	11,91%
Reduc (RJ)	194.891,33	10,65%
Repar (PR)	169.420,67	9,25%
Refap (RS)	151.837,78	8,29%
Regap (MG)	150.018,64	8,19%
RPBC (SP)	142.421,04	7,78%
Rnest (PE)	85.582,87	4,67%
Recap (SP)	54.172,71	2,96%
RPCC (RN)	33.384,06	1,82%
Reman (AM)	30.994,84	1,69%
Riograndense (RS)	13.912,09	0,76%
Lubnor (CE)	8.978,10	0,49%
Manguinhos (RJ)	7.663,99	0,42%
Dax Oil (BA)	863,44	0,05%
Univen (SP)	0,00	0,00%
TOTAL	1.830.790,99	100,00%

Fonte: Adaptado do Anuário estatístico (ANP, 2017)

2.4.3.2 Bases de combustíveis

As Bases de distribuição são agentes da cadeia de petróleo que intermediam o comércio de combustíveis entre as refinarias e os postos de combustíveis.

As bases de distribuição de combustíveis são equivalentes a um centro de distribuição de bens de consumo (CD) e podem receber combustíveis e óleos vegetais, sempre visando minimizar os custos (VALERETTO; LOSCHI; PAVAN, 2017).

As Bases primárias têm como característica receber produtos diretamente das refinarias ou de importação. Já as bases secundárias são caracterizadas por receberem produtos de outras bases, seja elas primárias ou secundárias.

Segundo a ANP (2017) haviam 271 bases de combustíveis líquidos autorizadas a operar, sendo São Paulo a Unidade de Federação com o maior número (51 Bases) representando 19% do volume total (Tabela 4).

Tabela 4: Quantidade de Bases de Distribuição de Combustíveis por Grandes Regiões e unidade de Federação

Grandes regiões e unidades da Federação	Quantidade de bases de distribuição (Exceto GLP)	Quantidade de bases de distribuição de GLP	Derivados de petróleo (exceto GLP)	
			Metros Cúbicos	Representação em %
Brasil	271	182	2.740.713	100,00%
Região Norte	39	11	447.583	16,33%
Acre	5	1	16.016	0,58%
Amazonas	5	2	91.743	3,35%
Amapá	1	0	30.469	1,11%
Pará	17	4	221.565	8,08%
Rondônia	7	2	53.498	1,95%
Roraima	2	1	7.487	0,27%
Tocantins	2	1	26.804	0,98%
Região Nordeste	41	37	556.921	20,32%
Alagoas	2	2	35.817	1,31%
Bahia	18	12	165.906	6,05%
Ceará	4	4	86.963	3,17%
Maranhão	6	3	100.828	3,68%
Paraíba	2	3	27.060	0,99%
Pernambuco	4	7	84.261	3,07%
Piauí	1	1	12.332	0,45%
Rio Grande do Norte	2	3	23.661	0,86%
Sergipe	2	2	20.092	0,73%
Região Sudeste	86	79	1.017.434	37,12%
Espírito Santo	2	5	98.230	3,58%
Minas Gerais	20	14	221.102	8,07%
Rio de Janeiro	13	10	172.749	6,30%
São Paulo	51	50	525.352	19,17%
Região Sul	56	42	491.663	17,94%
Paraná	29	16	280.618	10,24%
Rio Grande do Sul	14	14	175.662	6,41%
Santa Catarina	13	12	35.382	1,29%
Região Centro-Oeste	49	13	227.112	8,29%
Distrito Federal	4	3	47.589	1,74%
Goiás	9	5	68.941	2,52%
Mato Grosso do Sul	11	2	35.636	1,30%
Mato Grosso	25	3	74.947	2,73%

Fonte: Adaptado do Anuário estatístico (ANP, 2017)

2.4.3.3 Transporte

Os dutos fazem ligação entre as refinarias, terminais e bases primárias. Os dutos são sistemas eficientes de transporte. Apesar do investimento inicial ser alto, os custos de operações são baixos, as perdas são pequenas e possuem maior confiabilidade se comparados com outros meios (SASIKUMAR *et al.*, 1997).

Como pode ser visto no Quadro 6 o transporte de gás natural é responsável pela maior ocupação de dutos, seguido pelos derivados e petróleo.

Os dutos podem ser de transporte ou transferência. Os oleodutos de transporte são aqueles que movimentam petróleo, seus derivados e biocombustíveis em meio ou percurso considerado de interesse geral. Os dutos de transferência são aqueles em que a movimentação de petróleo, seus derivados e biocombustíveis ocorre em meio ou percurso considerado de interesse específico e exclusivo do proprietário ou explorador das facilidades (ANP, 2018).

Quadro 6: Quantidade e extensão de dutos em operação, por função, segundo produtos movimentados – 31/12/2016

Produtos movimentados	Dutos em operação		
	Função	Quantidade	Extensão (km)
Derivados	Transferência	331	1.165
	Transporte	98	4.794
Gás natural	Transferência	63	2.274
	Transporte	47	9.422
Petróleo	Transferência	32	1.985
	Transporte	-	-
Outros ¹	Transferência	34	37
	Transporte	5	40
Total		610	19.717

Fonte: Adaptado do Anuário estatístico (ANP, 2017)

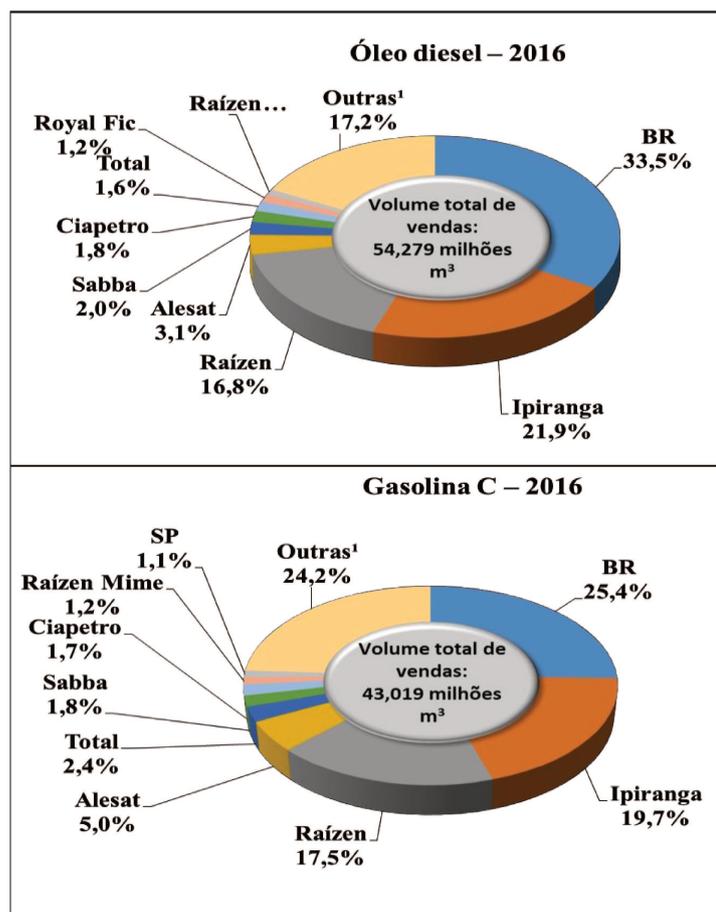
As transferências entre as instalações das bases primárias e secundárias costumam ser feitas pelo modal rodoviário (caminhões tanques) ou ferroviário (DUMIT, 2006).

2.4.3.4 Distribuição e Revenda

As distribuidoras são as empresas que adquirem os combustíveis derivados de petróleo das refinarias e etanol das usinas e distribuem aos postos de abastecimento dos municípios, os TRR's (transportador revendedor retalhista) e grandes consumidores tais como empresas de transporte (ARAÚJO; GOMES, 2004).

Segundo a ANP (2016), existem 133 distribuidoras no Brasil responsáveis pela comercialização de diesel e 130 distribuidoras responsáveis pela comercialização de gasolina. Dessas distribuidoras destacam-se a BR como detentora de maior participação, seguido da Ipiranga e Raízen, tanto na comercialização de diesel como de gasolina. A Figura 22 traz mais detalhes dessa distribuição.

Figura 22: Participação das distribuidoras nas vendas nacionais de óleo diesel e Gasolina - 2016



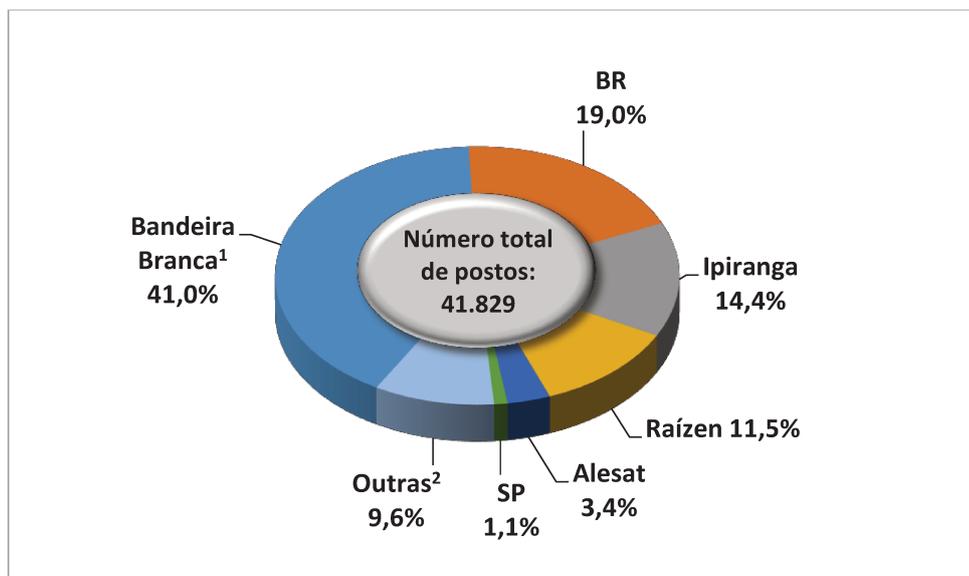
Fonte: Anuário estatístico (ANP, 2017)

Os combustíveis são entregues das distribuidoras para os postos de combustíveis que podem possuir a bandeira da distribuidora, e por isso só comercializam os combustíveis da distribuidora da mesma bandeira, ou podem ser de bandeira branca, e comercializar combustíveis recebidos da distribuidora de qualquer bandeira(ANP, 2017).

Segundo a ANP (2017), existem 41.820 postos distribuídos no Brasil, o Estado de São Paulo contava com 9102 em 2016, sendo o estado com o maior número de postos do País.

Assim como acontece com as distribuidoras, a distribuição da participação dos postos por bandeira segue o mesmo *ranking* das distribuidoras, sendo a BR detentora do primeiro lugar, seguida pela Ipiranga e Raízen. O gráfico da Figura 23 informa a proporção de distribuição dos postos segundo suas bandeiras.

Figura 23: Gráfico da Distribuição percentual dos postos revendedores de combustíveis automotivos no Brasil, segundo a bandeira –2016



Fonte: Anuário estatístico (ANP, 2017)

2.4.4 Riscos em Cadeias de Petróleo

Nesse tópico, uma pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de fornecer uma visão geral a respeito dos trabalhos realizados no processo de gerenciamento de riscos na cadeia de petróleo. Nesse sentido, busca-se com essa revisão, identificar os riscos existentes na cadeia de petróleo, o setor estudado, a metodologia e os objetivos de cada estudo. Para essa pesquisa, foram utilizadas as bases de dados *Web of Science*, *Google Scholar*, e *ScienceDirect*. Foram

combinadas palavras chaves que segmentassem a pesquisa em trabalhos que abordassem riscos na cadeia de suprimentos ou redes de suprimentos do setor de petróleo.

No setor *upstream* foram identificados 13 trabalhos relacionados aos riscos descritos no Quadro 7. Nos estudos, os riscos foram abordados de diferentes maneiras, sendo elas: identificação, avaliação, revisão bibliográfica e minimização.

Pongsakdi *at al.* (2006) utiliza um modelo estocástico para otimização do lucro e simultaneamente a minimização dos riscos financeiros através do *Value-at-Risk* (VaR) e *Ratio Area Risk* (RAR), os autores consideram a lucratividade, custos do petróleo bruto, custos de inventários e custos de não atendimento da demanda. O modelo foi aplicado no segmento *upstream*, em uma refinaria da Tailândia.

Briggs (2010) em sua tese de doutorado aplica o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) de 3 estágios para a avaliação de riscos no nível *Upstream* da cadeia de petróleo. Vários experts de diferentes empresas ao redor do mundo foram entrevistados resultando na identificação dos 6 principais riscos que são exploração e produção de petróleo, adequação ambiental e regulatório, no transporte, e acessibilidade do petróleo, geopolíticos e reputação (BRIGGS, 2010).

Outra abordagem no contexto da cadeia *upstream* do petróleo foi proposto pelos autores Vosooghi, Fazli, e Mavi (2012) com identificação dos principais riscos relacionados com a cadeia. Foi utilizado o modelo Fuzzy-AHP para priorização dos principais riscos, sendo eles: demanda, suprimentos regulatórios, infraestrutura e catastróficos.

Sun, Gao, e Shen (2014) analisaram os riscos de importação de petróleo na China. O trabalho consistiu em utilizar a abordagem de regressão multilinear para relacionar os riscos dos países exportadores de petróleo aos riscos de transportes.

Fazli, Kiani e Vosooghidizaji, (2015) utilizaram as técnicas DEMATEL (*decision making trial and evaluation laboratory*) e ANP (*Analytic Network Process*) para, respectivamente, determinar a interdependência entre os riscos e a importância de cada risco para avaliar a melhor estratégia de resposta.

Quadro 7: Riscos estudados no setor *Upstream*

Tipo de Risco	Referência	Metodologia	Objetivo
Dependência	(AN <i>et al.</i> , 2018)	Índices de Centralidade	Estuda a rede de dependência internacional do petróleo antes e depois da queda dos preços
Disponibilidade, Acessibilidade de transporte, Aceitabilidade, Acessibilidade Econômica	(SUN <i>et al.</i> , 2017)	Matrizes de duas dimensões	Identificar Classificar e avaliar os Riscos de importação na cadeia do petróleo chinês na perspectiva de cadeia global através de um modelo proposto.
Demanda; Suprimentos; Regulatórios; Ambientais; Maquinários; Infraestrutura; Catastróficos.	(FAZLI; KIANI MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015)	Analytic network process (ANP); DEMATEL	Propor uma estrutura de gerenciamento de riscos na cadeia de petróleo bruto e análise de interdependências entre os riscos.
Fluxo energético: Disponibilidade de reservas Geopolíticos Transportes Tecnologia da refinaria Demanda	(ZHAO; CHEN, 2014)	Revisão de literatura	Revisar dos trabalhos realizados na China sobre segurança energética, identificação dos fatores que afetam a segurança energética do ponto de vista da cadeia e examinar as principais políticas para melhoria da segurança energética de petróleo
Desastres naturais (tornado, furacão)	(WAGNER; MIZGIER; ARNEZ, 2014)	Simulação Monte-Carlo	Quantificar as possíveis perdas com a ruptura da cadeia de suprimentos no setor offshore dos EUA na Indústria de Petróleo.
Suprimentos econômicos transportes dependência	(ZHANG; JI; FAN, 2013)	Modelo DEA de duas fases	Construir um uma estrutura para avaliar a segurança da importação de petróleo chinês durante os anos de 1993 até 2011
Demanda, Suprimentos, regulatórios Infraestrutura Catastróficos	(VOSOOGHI, A. M., FAZLI, S., MAVI, 2012)	Fuzzy-AHP	Estabelecer uma estrutura de avaliação de riscos na cadeia de petróleo.
Flutuação da Produção; Incerteza da demanda	(TONG; FENG; RONG, 2012)	Programação estocástica de dois estágios utilizando <i>C-var</i>	Planejamento da cadeia de suprimentos das refinarias com o objetivo de minimização dos custos totais com demanda e lucratividade da produção incertos
Geológicos Regulatórios Transportes Disponibilidade de recursos Reputação	(ENYINDA <i>et al.</i> , 2011)	Método AHP	Realizar uma análise de riscos na cadeia <i>Upstream</i> de várias indústrias da Nigéria a fim de identificar, analisar e estabelecer planos de mitigação de risco.
Risco do País de Origem	(DOUKAS <i>et al.</i> , 2011)	Algoritmo de menor caminho	Avaliar a aplicabilidade dos conceitos de teoria dos grafos em cadeias de Suprimentos energéticas e sua utilização na representação dos corredores de energia para a Grécia.
Exploração e produção de petróleo Ambiental Regulatório Transporte Acessibilidade Geopolíticos Reputação	(BRIGGS, 2010)	Método AHP de 3 estágios.	Identificar e avaliar os riscos no segmento <i>upstream</i> da cadeia.
Perfuração Estagio primário de transporte Estagio de refino.	(CIGOLINI; ROSSI, 2010)	Modelo Eni's Dupply chain	Propor um modelo para analisar e avaliar riscos operacionais da cadeia de Petróleo.
Risco financeiro	(pongsakdi <i>et al.</i> , 2006)	Programação linear estocástica de 2 estágios utilizando <i>var</i> e <i>ratio area risk (rar)</i> .	Otimizar a lucratividade e minimizar os riscos financeiros.

Fonte: Elaborado pelo Autor

SUN et al. (2017) baseou-se em 4 fatores de riscos sendo eles: (1) a disponibilidade, que se refere à incerteza de disponibilidade do fornecimento de petróleo e envolve a capacidade de produção dos fornecedores, a proporção de volume exportado e de consumo doméstico e o tamanho das reservas;(2) a acessibilidade de transporte que envolve a incerteza no processo de transporte e é mensurada através da distância, parcela de cada rota de transporte, o volume importado pelo País estudado e a probabilidade de incidentes para cada rota; (3) a aceitabilidade que envolve a incerteza da infraestrutura dos portos, a e capacidade de gerenciamento de emergência entre outros; (4) a acessibilidade econômica, que envolve variações no preço internacional do petróleo ou custo de importação. Com base nesses fatores, os autores propõem um modelo de análise através de uma estrutura de matriz de risco bidimensional. Os autores concluem que as dominâncias dos fatores de riscos variam em diferentes períodos analisados.

No trabalho dos AN et al, (2018) são utilizadas as medidas de Centralidade de Grau (de entrada e saída) valorado e não valorado, e centralidade de intermediação para verificar a interdependência entre os países importadores e exportadores de petróleo.

No Quadro 8 estão listados 3 trabalhos que estudam riscos no seguimento *downstream* da cadeia de suprimentos de petróleo. De maneira geral esses trabalhos abordam riscos no aspecto de identificação avaliação e otimização.

Yeletaysi *et al.* (2008) focaram seus estudos na busca de um modelo de análise multidisciplinar para verificar a continuidade operacional da cadeia de petróleo no setor *downstream*. A principal meta desse trabalho é a busca de estabelecimento de uma estrutura de abordagem multidisciplinar combinando o sistema de informações geográficas (GIS) e simulação de sistemas para aumentar o entendimento dos potenciais impactos dos furacões na ruptura da cadeia de petróleo que se estende da região do golfo do México nos Estados Unidos até a costa Leste do país (YELETAYSI, FIEDRICH, HARRALD, 2008).

Ambituuni (2016) estudou o setor *downstream* da cadeia de petróleo da Nigéria para desenvolver uma estrutura de gerenciamento de riscos para o transporte e distribuição de derivados do petróleo. O autor estudou, os riscos relacionados ao transporte e relacionados à normas regulatórias através de análise de dados históricos de incidentes e da análise das leis relacionadas às exigências para o transporte de combustíveis. Nesse sentido, foi proposto e

discutido uma estrutura de gerenciamento de riscos tanto para o transporte rodoviário como para o transporte em oleodutos.

Kazemi (2016) desenvolveu um modelo de otimização para a cadeia de petróleo no setor *downstream* com o objetivo de reduzir os custos totais associados com todos os componentes de decisão considerados no modelo. Como segundo objetivo, foi desenvolver um modelo estocástico de otimização para estudar os efeitos das rupturas randômicas e intencionais nas refinarias, propondo tanto estratégias proativas e reativas.

Quadro 8: Riscos estudados no setor *Downstream*

Tipo de Risco	Autores	Metodologia	Objetivo
Ruptura Aleatórios; Ruptura Intencionais	(KAZEMI, 2016)	Programação Linear Inteira Mista (MILP) e Programação Linear Estocástica Inteira Mista de dois estágios	Desenvolver um modelo de otimização da cadeia de petróleo <i>Downstream</i> para minimizar os custos totais.
Logísticos (transportes por caminhões e oleodutos) Regulatórios	(Ambituuni, 2016)	Revisão de literatura. Entrevistas e coleta dados históricos	Desenvolver uma estrutura de gerenciamento de riscos de transportes para o setor <i>downstream</i> da cadeia de suprimentos de Petróleo
Ruptura	(YELETAYSI, S., FIEDRICH, F., & HARRALD, 2008)	Abordagem multidisciplinar combinando o sistema de informações geográficas (GIS) e simulação de sistemas	Aumentar o entendimento dos impactos de ruptura na cadeia

Fonte: Elaborado pelo Autor

Em relação aos trabalhos que abordam o setor *downstream e upstream* simultaneamente foram identificados 5 estudos. Os estudos abordam identificação, avaliação, otimização da cadeia e minimização de riscos (Quadro 9).

Na tese de doutorado de Janczak-Hogarth, (2015) o autor tem como objetivo avaliar os riscos na cadeia de petróleo da Arábia Saudita aplicando a metodologia de Bayes. A tese buscou

identificar uma série de riscos causadores de ruptura estimando a probabilidade e magnitude através da metodologia aplicada.

Quadro 9: Riscos estudados na etapa *Upstream e Downstream*

Tipo de Risco	Referencia	Metodologia	Objetivo
Ruptura (guerras, conflitos, terrorismo, geopolítica)	(JANCZAK-HOGARTH, 2015)	Teoria de Bayes	Identificar, avaliar e quantificar os riscos de curto médio e longo prazo na cadeia de petróleo
Flutuação da demanda; Volatilidade nos preços	(TONG et al., 2014)	Programação linear estocástica de 2 estágios.	Determinar o design e planos estratégicos ótimos da cadeia integrada de petróleo e bioenergia e investigar o impacto das incertezas
Financeiro	(CARNEIRO; RIBAS; HAMACHER, 2010)	Modelo Estocástico de 2 estágios e CVaR como medida de risco	Planejamento estratégico da cadeia com maximização do Valor Presente Líquido (VPL)
Faltas de Produtos Produto sem Especificação Excesso de Demanda Ruptura em dutos Segurança das Instalações Queda de energia das instalações Falha em sistemas de Informações Falha de Comunicação	(FERNANDES; BARBOSA-PÓVOA; RELVAS, 2009)	Revisão de literatura	Identificar aspectos importantes no processo de modelagem de riscos na cadeia de petróleo
Risco Financeiro	(LAKKHANAWAT; BAGAJEWICZ, 2008)	Modelagem Estocástica e Determinística	Comparação entre modelo determinístico e estocástico na determinação da quantidade de petróleo de cada tipo a ser comprada, e a quantidade de cada produto a ser fabricado considerando a lucratividade..

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tong *et al.* (2014) utilizaram um modelo de programação estocástica com o objetivo de determinar o plano ótimo para a cadeia integrada de petróleo e bioenergia reduzindo as incertezas de flutuação da demanda e volatilidade dos preços.

Carneiro, Ribas e Hamacher (2010) buscaram maximizar o valor presente líquido (VPL) de seis refinarias de petróleo considerando a cadeia desde a exploração até a entrega nos centros

de distribuição. Em seu modelo estocástico de dois estágios foi incorporado o gerenciamento de riscos utilizando o indicador CVaR (*Conditional-Value-at-Risk*) para a mensuração dos riscos.

No trabalho de Fernandes, Barbosa-Póvoa e Relvas (2009) foi abordado o gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos de petróleo com o objetivo de discutir e identificar os aspectos relevantes quando riscos são modelados dentro da cadeia de suprimentos de petróleo.

Lakkhanawat e Bagajewicz (2008) realizaram uma comparação entre os modelos estocástico e determinístico de otimização na cadeia de petróleo com redução de riscos financeiros.

2.4.4.1 Risco de acessibilidade de transporte

Para a análise de risco será utilizado na etapa de modelagem desse trabalho o risco de acessibilidade, citado no Quadro 7. Para tanto, será detalhado a seguir o método de cálculo.

O Risco de acessibilidade de acordo com os trabalhos de Sun, Gao e Shen (2014) e Sun *et al.* (2017) referem à incerteza do processo de transporte de petróleo. Para a análise desse risco, são utilizadas distância do importador até o fornecedor, a quantidade de petróleo importado em um período por uma determinada rota e a probabilidade de ruptura. Foram assumidos os seguintes pressupostos:

- (1) Quanto maior a distância, maior o risco
- (2) Quanto maior a parcela de petróleo importado de uma determinada origem, maior o risco
- (3) Quanto maior a dependência de petróleo em uma determinada rota, maior são as incertezas e o risco potencial enfrentado
- (4) Quanto maior a frequência de ocorrência de incidentes em uma determinada rota, maior o risco.

Assim, o risco de acessibilidade pode ser formulado da seguinte maneira:

$$R(ac)_{n,i} = a_i \times \sum_{r=1}^m tr_{n,ir} \quad (21)$$

$$tr_{n,ir} = s_{n,ir}d_{n,ir}P_{n,ir}, \quad d_{n,ir} = \frac{D_{n,r}}{D_{n,max}}, n = 1, 2 \quad (22)$$

Onde:

n : Tipo de transporte

$R(ac)_{n,i}$: Risco de acessibilidade do modal n no período i .

$tr_{n,ir}$: Refere-se ao risco de transporte na rota r .

$s_{n,ir}$: Representa a parcela de volume transportado em uma determinada rota r .

$d_{n,ir}$: variável substituída representante da distância a rota r .

a_i : total de petróleo importado no ano i .

$p_{n,ir}$: Representa a distribuição de probabilidade de ruptura de diferentes meios de transporte.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Ciência pode ser definida como uma série de atividades racionais voltados para o conhecimento sistemático, com um objetivo específico, e capaz de ser submetido à testes. Desse modo, a ciência é uma sistematização de conhecimentos e um conjunto de proposições logicamente correlacionadas sobre o comportamento dos fenômenos que são objetos de estudos (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

Para que um conhecimento seja científico, o mesmo deve possuir as seguintes características: ser resultado de estudos onde o objeto estudado é bem definido e de natureza empírica, procura conhecer a realidade de maneira objetiva, tem coerência no questionamento evitando cair em contradição, busca ter controle sobre a observação de fenômenos, possui originalidade e sistematização, ter consistência, linguagem precisa e relevância (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

O conhecimento científico é resultado da realização da pesquisa científica, onde é necessário aplicar um método. O método científico é um conjunto de processos e operações mentais que devem ser empregadas em uma pesquisa.

De acordo com Gil (2002), a pesquisa busca encontrar soluções para problemas propostos através da aplicação de um procedimento racional e sistemático. A pesquisa é necessária quando não há informações suficientes para responder um problema ou a informação existente se encontra em um estado desordenado de tal forma que não é possível relacioná-la ao problema.

Existem uma série de métodos que podem ser aplicados em uma pesquisa sendo que, as escolhas desses métodos, dependem do tipo de objeto a investigar e da classe de proposições a descobrir (PROVDANOV; FREITAS, 2013). O Quadro 10 resume os tipos de métodos existentes.

Quadro 10: Classificação dos tipos de pesquisas

Tipo de Pesquisa			Características		
Quanto à Natureza	Quanto à Forma de Abordagem do Problema	Quanto a finalidade Pesquisa	Quanto aos Procedimentos	Gerais	Tipos de instrumento
BÁSICA	QUANTITATIVA	EXPLORATÓRIA	Bibliográfica	Base em material já elaborado	Fontes Bibliográficas
			Documental	Materiais que não receberam tratamento analítico ou podem ser reelaborados - Efeitos de variável - formas de controle	Fontes Secundárias de dados
APLICADA	QUALITATIVA	DESCRITIVA	Experimental	- Verificar a relação entre variáveis	Plano da pesquisa Manipulação de condições e observação dos efeitos produzidos
			Ex-Post-Facto	- Conhecer Comportamento Interrogação Direta	Observação, questionário e entrevistas
			Levantamento	Idem levantamento – um grupo ou uma comunidade - Estudo aprofundado de um ou poucos objetos	Questionário, entrevista e formulário
		EXPLICATIVA	Estudo de Campo		Variados - Questionário, entrevistas, formulários e observação
			Estudo de caso		Várias técnicas

Fonte: Provdanov e Freitas (2013)

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Provdanov e Freitas (2013), uma pesquisa busca conhecer de maneira científica um ou mais aspectos de um determinado assunto tendo por isso que ser sistemática, metódica e crítica. De acordo com Kauark, Manhães e Medeiros (2010), conhecer os tipos de pesquisas existentes é necessário para definição de instrumentos e procedimentos que o pesquisador irá utilizar no planejamento de seu trabalho. A classificação de uma pesquisa, permite um melhor entendimento quanto suas características e particularidades permitindo um melhor direcionamento para que seus objetivos sejam atingidos com o máximo de rigor científico.

Para tanto, nesse tópico será realizado a classificação desse trabalho de acordo com as formas clássicas de classificação de trabalhos científicos.

3.1.1 Natureza da Pesquisa

Segundo Kauark, Manhães e Medeiros (2010), existem dois tipos principais de pesquisa quanto a sua natureza: a básica e aplicada.

A pesquisa básica tem como objetivo gerar novos conhecimentos que sejam úteis para o avanço científico, mas não necessariamente precisam possuir aplicação prática imediata e envolvem verdades e interesses universais. A pesquisa aplicada possui o objetivo de gerar entendimentos para a aplicação prática, buscando solucionar problemas específicos e envolvem verdades e interesses locais.

Considerando esses dois modelos de classificação, pode-se afirmar que o atual estudo se trata de uma pesquisa aplicada. Esse trabalho visa uma aplicação prática de conhecimentos - gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos e análise de redes sociais com o objetivo de solucionar problemas específicos e avaliar sua aplicação no processo de gerenciamento de riscos na etapa *downstream*. Os resultados da pesquisados são de aplicação imediata envolvendo interesses locais (um segmento específico da cadeia do petróleo).

3.1.2 Abordagem da Pesquisa

A abordagem de uma pesquisa pode ser classificada como quantitativa ou qualitativa. A pesquisa quantitativa considera estudos que podem ser quantificáveis, ou seja, o objeto em estudo pode ser traduzido em números, o que permite classificá-lo e analisá-lo. Muitas vezes requer o uso de técnicas estatísticas. A pesquisa qualitativa, de acordo com Kauark, Manhães e Medeiros (2010), considera que existe uma relação dinâmica entre o objeto de pesquisa e o sujeito pesquisador, dessa maneira as conclusões a respeito do objeto de estudo estão sujeitas à subjetividade do pesquisador.

Esse trabalho fará uma abordagem quantitativa, uma vez que suas conclusões são baseadas na coleta de dados relacionados à estrutura da cadeia estudada, fluxos e variáveis de riscos, sendo que as conclusões terão como base a análise desses dados.

3.1.3 Propósitos da Pesquisa

Baseando-se nos propósitos gerais da pesquisa, ela pode ser classificada em três grupos: **Exploratória Descritiva e Explicativa** (GIL, 2002)

O propósito das pesquisas **exploratórias** é ganhar uma maior familiaridade com o problema em estudo, tornando-o mais claro e contribuindo para a evolução das ideias acerca da situação-problema para construção de hipóteses sobre o fenômeno. Esse tipo de pesquisa possui um planejamento mais flexível para que seja possível a consideração dos mais variados aspectos sobre o fato.

As pesquisas **descritivas** visam descrever as características de determinado fenômeno ou ambiente, ou ainda estabelecer relações entre as variáveis. Essa pesquisa se destaca pela utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados. Seu objetivo é estudar as características de um grupo. As pesquisas descritivas são habitualmente realizadas por pesquisadores sociais focando em situações práticas.

Já a pesquisa **explicativa** possui o objetivo central de identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Esse tipo de pesquisa que mais foca no entendimento da realidade buscando explicar porque um determinado fenômeno ocorre.

É o tipo mais complexo e delicado de pesquisa, já que o risco de cometer erros ao buscar a razão pela qual um determinado fenômeno ocorre é consideravelmente mais alto.

Este trabalho pode ser classificado como **Exploratório**, pois ao estudar a aplicação de métodos da teoria de redes sociais no processo de gerenciamento de riscos em um setor específico, esse trabalho busca maior familiaridade com a situação problema para que haja um maior entendimento.

3.1.4 Classificação quanto aos Procedimentos da Pesquisa

De acordo com Provdanov e Freitas (2013) as pesquisas podem ser classificadas quanto aos seus procedimentos em bibliográfica, documental pesquisa experimental, levantamento (*Survey*), estudo de caso, ex-post-facto, pesquisa ação e pesquisa participante.

As características de cada uma delas serão descritas a seguir:

Pesquisa bibliográfica: desenvolvida com base em material já publicado, como livros e artigos científicos. Nesse tipo de pesquisa é importante que o pesquisador examine de forma minuciosa as referências consultadas a fim de não gerar equívocos e reproduzir ou ampliar erros (Gil, 2002)

Pesquisa documental muito semelhante à pesquisa Bibliográfica com a diferença de que a pesquisa está restrita a documento e ainda não recebeu um tratamento analítico.

Pesquisa experimental: A pesquisa Experimental consiste determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que poderiam influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Nessa forma de pesquisa, o pesquisador é um agente ativo, pois há a manipulação das variáveis independentes a fim de verificar os efeitos sobre as variáveis dependentes. Serve para testar hipóteses e estabelecer a relação de causa e efeito entre as variáveis.

Pesquisa *Ex-Post-Facto*: Significa pesquisar a partir de fatos passado. Nesse tipo de pesquisa o estudo foi realizado após a ocorrência e variações na variável dependente no curso natural dos acontecimentos. O propósito dessa pesquisa é verificar a relação entre as variáveis, no entanto

o contexto de ocorrência é passado e o o pesquisador não possui controle sobre as variáveis independentes.

Levantamento: Esse tipo de pesquisa se caracteriza pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. É realizado através da solicitação de informações à um grupo de pessoas a respeito do problema que se deseja estudar. Com base nessas informações é realizado uma análise quantitativa obtendo-se as conclusões correspondentes aos dados coletados.

Estudo de campo: semelhante ao levantamento, com a diferença que o estudo de campo não exige precisão estatística, e apresenta maior flexibilidade na forma de ser realizada.

Estudo de caso: O estudo de caso é caracterizado pelo foco em um ou poucos objetos onde busca-se um conhecimento detalhado e amplo.

Pesquisa ação: Essa pesquisa consiste no envolvimento ativo do pesquisador, bem como dos participantes na situação de estudo. Tem como objetivo a resolução de problemas do grupo em estudo de maneira participativa e colaborativa.

Pesquisa participante: Esse tipo de pesquisa é bastante parecido com a pesquisa-ação muitas vezes tidas como sinônimos. A pesquisa participante envolve a interação de um pesquisador em um determinado grupo a fim de conhecê-lo através da interação com o ambiente.

Modelagem: Além das pesquisas citadas acima, existe a pesquisa por modelagem ou modelamento que consiste em aplicar técnicas de modelagem matemática e elaborar um modelo para descrever o funcionamento de um sistema. (MIGUEL, 2012; BERTO, NAKANO, 2012)

Essa pesquisa fará o uso do procedimento de modelagem uma vez que se baseando em métodos matemáticos (centralidades em grafos) busca avaliar riscos na cadeia de suprimentos do petróleo.

A Figura 24 resume as classificações da pesquisa, bem como a classificação da seguinte pesquisa (em destaque).

Figura 24: Classificação desta pesquisa

Natureza	Abrordagem	Propósitos	Procedimentos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Pura	<input checked="" type="checkbox"/> Quantitativa	<input checked="" type="checkbox"/> Exploratória	<input type="checkbox"/> Bibliográfica
<input checked="" type="checkbox"/> Aplicada	<input type="checkbox"/> Qualitativa	<input type="checkbox"/> Descritiva	<input type="checkbox"/> documental
		<input type="checkbox"/> Explicativa	<input type="checkbox"/> Experimental
			<input type="checkbox"/> Levantamento
			<input type="checkbox"/> Estudo de Caso
			<input type="checkbox"/> Ex-post-facto
			<input type="checkbox"/> Pesquisa ação
			<input type="checkbox"/> Pesquisa Participante
			<input checked="" type="checkbox"/> Modelagem

Fonte: Elaborado pelo Autor

4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 DELIMITAÇÃO DA CADEIA DE PETRÓLEO ESTUDADA

Esse trabalho utiliza uma parte da cadeia de petróleo no segmento *downstream* considerando o fluxo de um de seus derivados.

O petróleo é setor que tem a maior representante nas fontes de energia consumida no país. Dos derivados do petróleo, o Óleo diesel é o combustível mais consumido no país.

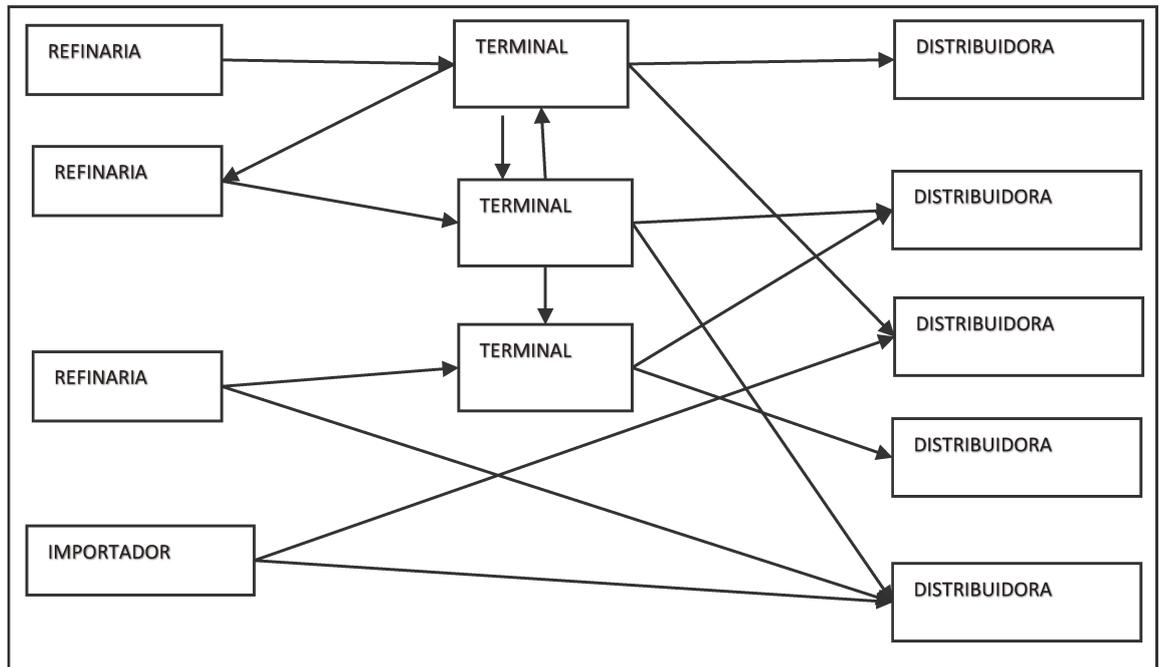
Quanto ao consumo de combustível, São Paulo fica em primeiro lugar O estado também é o que possui a maior concentração de refinarias, com maior produção de derivados (Tabela 3), e também, a maior quantidade e bases de distribuição. Portanto o setor *dowstream* do Estado de São Paulo, considerando o fluxo de óleo diesel foi o escolhido para esse trabalho pela sua representatividade.

Uma condição para o estudo utilizando análise de redes sociais é que a cadeia fosse complexa o suficiente para a aplicação de medidas de centralidade. Para tanto, a cadeia deve possuir no mínimo 3 níveis (menos que isso, se tornaria uma cadeia simples, ou dídade como é mostrado na Figura 6). Considerando as limitações de dados, foi possível a análise de uma parcela da cadeia com 3 níveis, onde possui os agentes representando os produtores (Refinarias e Importadoras), distribuidores ou intermediadores (Terminais) e clientes finais (Bases das distribuidoras).

Como foi concluído pelos autores *Ledwoch et al.* (2018) mesmo em cadeias mais simples é possível a aplicação e conclusões importantes da análise de redes sociais. É possível verificar também que a cadeia escolhida possui um ou mais componentes de complexidade como tamanho significativo (3 níveis), ciclos (resultantes de transferências entre terminais da Petrobrás) e muitos pontos de decisões percursos. Todas essas características adicionam complexidade à cadeia.

Portanto, foi delimitada a cadeia do Estado de São Paulo, considerando as refinarias, importadores, terminais e distribuidoras primárias como é indicado na Figura 25 a seguir.

Figura 25: Representação esquemática da cadeia Estudada



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 RISCO AVALIADO NA CADEIA DE PETRÓLEO

Baseados nos dados disponíveis, foi escolhido um risco para avaliação junto à Análise de Redes Sociais. Uma vez que são disponibilizados pela ANP dados de volumes transferidos entre os agentes, localização dos agentes da cadeia, e, dentro de algumas limitações, é possível verificar os diferentes modais que representam os transportes, foi escolhido o risco relacionado ao transporte de volumes de diesel entre os agentes da cadeia. Para tanto, utilizou-se um modelo de análise de risco de acessibilidade de transporte baseado no trabalho de Sun *et al.*, (2017).

4.2.1 Risco de Acessibilidade de transporte

Para o estudo do risco de acessibilidade de transporte, nesse trabalho a medida do risco se restringirá em 3 fatores que caracterizam o sistema de transporte utilizado, que são a distância, volume transportado por um período de tempo e a frequência de incidentes em cada tipo de modal.

- (1) Quanto maior a distância, maior o risco (D)
- (2) Quanto maior a quantidade de Combustível carregado, maior o risco (V)

- (3) Quanto maior a frequência de ocorrência de incidentes em uma determinada rota, maior o risco (Freq.)

Sendo assim, o risco de transporte pode ser medido da seguinte maneira:

$$R_{ij} = D_{ij} \times Freq_{ij} \times V_{ij} \quad (17)$$

Onde,

R_{ij} é o risco da rota entre o fornecedor i e cliente j .

$Freq_{i,j}$: frequência média de acidentes por ano na rota que interliga os pontos i e j .

V_{ij} : é o volume transportado anualmente.

4.2.2 Avaliação da frequência de incidentes nos modais de transporte

a) Modal rodoviário

Para calcular a frequência do risco de transporte de uma determinada rota para o transporte do combustível entre 2 pontos, será considerada a frequência média de acidentes das rodovias que fazem parte da rota utilizada. Isso se deve ao fato de que na prática, o risco de uma rodovia pode afetar outra rodovia, se em algum momento elas se cruzam como é mostrado na Figura 26.

Também, serão levados em consideração o sentido da rodovia, pois quando a rodovia conta com faixas de rolamento, os riscos ocorridos em um sentido, não afetará o sentido oposto no mesmo momento. Assim o cálculo da frequência média de risco de uma rota particular será dada da seguinte maneira:

$$Freq_{i,j} = \frac{\sum_k f_k}{d_k} \quad (18)$$

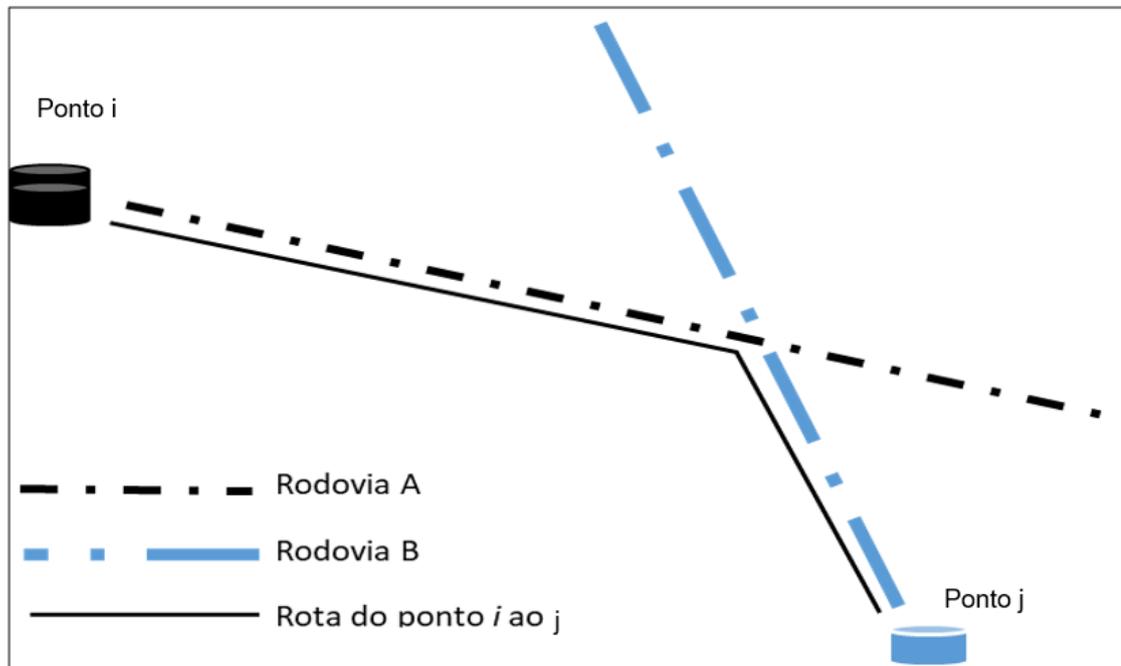
Onde:

$Freq_{i,j}$: frequência média de acidentes na rota que interliga os pontos i e j

f_k : Frequência de acidentes ocorridos na rodovia k que faz parte da rota i,j .

d_k : extensão da rodovia k , onde os históricos de acidentes aconteceram.

Figura 26: Rota com 2 rodovias interligadas.



Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados da frequência dos riscos foram obtidos da Polícia Rodoviária Federal (PRF), que disponibiliza o histórico de acidentes nas rodovias, junto com informações sobre o evento, entre elas dados do local e sentido da via.

b) Modal oleoduto

Existe uma escassez de dados nacionais a respeito de acidentes em oleodutos. Para contornar a falta de dados, serão considerados os dados internacionais desse modal. Nesse caso supõe-se que as frequências de ocorrência de ruptura nos dutos sejam semelhantes entre países diferentes. Baseando-se nos dados do EGIG (*European Gas Pipeline Incident Data Group*), uma instituição gerada pela cooperação entre várias empresas que utilizam o sistema de dutos para transmissão de gás. A frequência de ocorrência de acidentes entre 1970 e 2016 foi de 0.207 ocorrências por 1000 quilômetros por ano, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5: Frequência de incidentes nos dutos

Causa	Frequência de Falha			
	1970-2016 por 1000 km.ano	1997-2016 por 1000 km.ano	2007-2016 por 1000 km.ano	2012-2016 por 1000 km.ano
Interferência Externa	0,144	0,064	0,043	0,032
Corrosão	0,052	0,034	0,037	0,037
Defeito de Construção/ Falhas de Materiais	0,051	0,022	0,027	0,021
Trepanação	0,014	0,006	0,006	0,003
Movimentação do Chão	0,026	0,023	0,022	0,031

Fonte: Adaptado de EGIG (2018)

4.3 UTILIZAÇÃO DAS MEDIDAS DE CENTRALIDADE

Para esse estudo buscou-se aplicar as medidas de centralidade comumente utilizadas em cadeias de suprimentos na literatura consultada. Nesse sentido, foram aplicadas as centralidades de Grau, Intermediação, Proximidade, Auto vetor, *Hub* e *Authority* e Radial.

Devido a características específicas de cada rede, a aplicação de diferentes medidas de centralidade pode permitir concluir diferentes características de centralidade, porém pontos de uma rede, podem apresentar similaridade entre as medidas de centralidade, como por exemplo, vários atores podem ter simultaneamente características de grau e intermediação, pois ocupam posições onde ambas as características aparecem simultaneamente na mesma proporção. Nesse caso, torna-se redundante analisar as duas características ao mesmo tempo, sendo mais sensato escolher apenas uma delas para avaliar. Por isso, através da matriz adjacente binária e não orientada da cadeia em estudo foram calculadas as medidas de centralidade e após isso, realizado uma análise de correlação entre os resultados das diferentes medidas para determinar quais medidas, e de que maneira serão estudadas. Os dados das centralidades com os quais foram feitas as correlações encontram-se no Apêndice 2. Os resultados dessa correlação são mostrados na tabela abaixo:

Tabela 6: Correlação entre as medidas de centralidades

	Grau de Saída	Grau de Entrada	Hub	Authority	Auto Vetor	Proximidade	Radial	Intermediação	Intermediação de Fluxo
Grau de Saída	1,000								
Grau de Entrada	-0,251	1,000							
Hub	0,965	-0,258	1,000						
Authority	-0,269	0,940	-0,258	1,000					
Auto Vetor	0,722	0,400	0,757	0,435	1,000				
Proximidade	0,276	0,550	0,262	0,558	0,629	1,000			
Radial	0,767	-0,209	0,686	-0,245	0,490	0,239	1,000		
Intermediação	0,447	-0,006	0,309	-0,109	0,238	0,177	0,647	1,000	
Intermediação de Fluxo	0,447	-0,005	0,312	-0,107	0,242	0,177	0,641	0,999	1,000

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como pode ser visto na Tabela 6, as centralidades de Grau de saída e entrada são fortemente correlacionadas com as centralidades de *Hub* e *Authority* respectivamente.

Por isso, foi julgado conveniente a utilização da centralidade de grau de duas maneiras: para análise puramente estrutural (Não-Valorada), e com o peso do fluxo de volume nas arestas como centralidade valorada, uma vez que o resultado representará para a centralidade valorada, a importância em volume fornecido ou recebido de cada agente com medida de centralidade.

Para a Centralidade de *Hub* e *Authority* foi atribuído uma medida de risco (Risco de acessibilidade de transporte definida no item 4.2) uma vez que essas medidas de centralidade indicam a importância que o risco terá não só nas ligações diretas entre os agentes, mas também nas ligações indiretas.

Desse modo, as centralidades de Grau e os pares *Hub* e *Authority* serão utilizadas de formas diferentes, mesmo possuindo características de centralidade semelhantes.

A medida de centralidade de intermediação e intermediação de fluxo obtiveram correlações quase idênticas, portanto, para esse trabalho, a centralidade de intermediação de fluxo será utilizada por caracterizar melhor a situação estudada.

As medidas de centralidade de Proximidade e Auto Vetor serão utilizadas para a avaliação estrutural da cadeia sem importar a direção dos fluxos, já a medida de centralidade radial levará em consideração a direção do fluxo. O Quadro 11 resume o método de utilização escolhido para cada medida de centralidade.

Quadro 11: Forma de Aplicação das medidas de centralidade na cadeia estudada

Centralidade	Direção	Tipo de Grafo	Atributo da Aresta
Grau de Saída	Orientado	Valorado/Não valorado	Volume
Grau de Entrada	Orientado	Valorado/Não valorado	Volume
Hub	Orientado	Valorado	Risco de Transporte
Authority	Orientado	Valorado	Risco de Transporte
Auto Vetor	Não-Orientado	Não valorado	-
Proximidade	Não-Orientado	Não valorado	-
Radial	Orientado	Não valorado	-
Intermediação de Fluxo	Orientado	Valorado	Volume

Fonte: Elaborado pelo autor

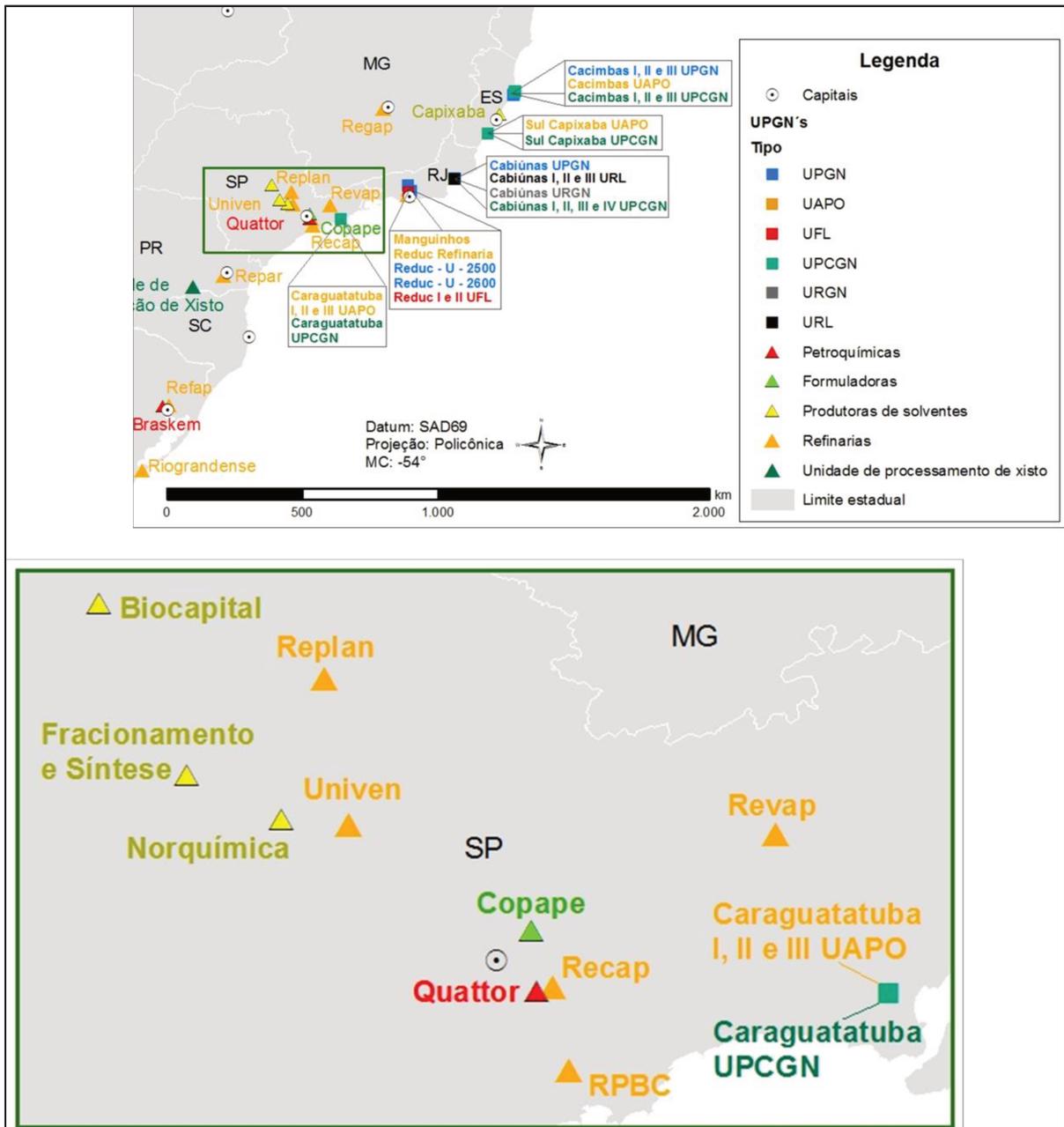
4.4 COLETA DE DADOS

Para esse estudo coletados dados para a construção da matriz adjacente da cadeia, sendo necessário saber quais são ligações entre as empresas da cadeia, volume, modal utilizado, distancias das conexões e os riscos dos modais utilizados. Sendo assim, serão descritas as refinarias do Estado de São Paulo, informando, de maneira geral, as regiões, terminais ou cidades que elas atendem. Também será detalhado as conclusões dos fluxos entre cada agente da cadeia.

4.4.1 Refinarias do Estado de São Paulo

É possível verificar na Figura 27 as refinarias da Petrobrás localizadas no Estado de São Paulo, sendo elas RPBC, RECAP, REVAP e REPLAN. A seguir são informados mais detalhes sobre essas refinarias.

Figura 27: Unidades de refino e processamento



Fonte: Adaptado de ANP (2017)

a) **RPBC – Refinaria Presidente Bernardes – Município de Cubatão – SP**

Nessa Refinaria são produzidos os combustíveis que alimentam a Base de distribuição Primária de Cubatão. A partir dessa base são carregados os caminhões tanques para atender os clientes (bases secundárias) na área de cobertura dessa base (ARAÚJO *et al.*, 2013).

b) RECAP – Refinaria de Capuava – Município de Capuava – SP

Os combustíveis dessa refinaria são enviados através de dutos para o terminal de Utinga localizado no município de São Caetano e pertencente à Transpetro. Este terminal também pode receber produtos de outras refinarias e transferir para diversas bases de distribuição primária localizadas no município de São Caetano e São Paulo. A partir dessas bases são carregados caminhões tanques para o atendimento dos clientes localizados na área de influência destas bases primárias (ARAÚJO *et al.*, 2013).

c) REVAP – Refinaria do Vale do Paraíba – Município de São José dos Campos– SP

Os combustíveis produzidos são bombeados para a Base de Distribuição Primária de Propriedade da Petrobras Distribuidora e para o Pool da propriedade das Distribuidoras Shell, Ipiranga e Texaco localizadas no município de São José dos Campos. A partir desta base e do Pool são carregados caminhões-tanques para o atendimento dos clientes localizados na área de influência destas Bases Primárias. Os combustíveis produzidos na REVAP também podem ser bombeados para o Terminal de Utinga (PETROBRAS, 2018).

d) REPLAN – Refinaria do Planalto – Município de Paulínia – SP

Os combustíveis produzidos são bombeados para as diversas Bases de Distribuição Primárias e para o Pool de Paulínia de propriedade das Distribuidoras Ipiranga, Repsol, Esso, Shell Texaco e Petrobras Distribuidora. A partir das bases são carregados caminhões-tanques para o atendimento dos clientes localizados na área de influência destas Bases Primárias e, a partir do Pool, são carregados vagões-tanques que transferem os combustíveis para as Bases de Distribuição Secundárias localizadas nos municípios de Bauru, Ourinhos, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Campo Grande e Alto Taquari. Os combustíveis produzidos na REPLAN também podem ser bombeados para o Terminal de Utinga. A REPLAN também abastece o interior de São Paulo, o Triângulo Mineiro, o Estado de Goiás e Distrito Federal através de um poliduto o que transfere os produtos para os Terminais localizados nos municípios de Ribeirão Preto, Uberaba, Uberlândia, Senador Canedo, Goiânia e Brasília. Nesses terminais os produtos recebidos por bombeiros são armazenados em tanques e são carregados caminhões-tanques para o atendimento dos clientes localizados nas áreas de influência (PETROBRAS, 2018).

4.4.2 Dados de Fluxos entre os agentes da cadeia

a) Fluxo entre Refinarias – Terminais, Terminais-Refinarias, Terminais-Terminais

Os fluxos entre Refinarias- Terminais, Terminais-Terminais e Terminais- Refinaria são estabelecidos de acordo com as informações descritas no histórico de transporte por dutos longos disponíveis no site da Transpetro (TRANSPETRO, 2018). O Quadro 12 representa as informações anualizadas de transferências entre refinarias e terminais. De acordo com o histórico, houve a transferência de diesel apenas entre as refinarias Replan e Revap para os terminais e para a estação de Suzano.

Quadro 12: Fluxo de diesel entre Refinarias para Terminais do estado de São Paulo

Ponto de Fornecimento	Ponto de Recebimento	Diesel (M3 por ano-2017)
REPLAN	TT BARUERI	1,443,437
REPLAN	TT GUARAREMA	1,346,384
REVAP	TT GUARAREMA	1,382,799
REVAP	TT SÃO CAETANO DO SUL	230,687
REVAP	SUZANO	1,423,535
REPLAN	TT RIBEIRAO PRETO	606,372

Fonte: Transpetro (2018)

Segundo a Transpetro (2018), em 2017 houve fluxo para a Refinaria Replan originados dos terminais de Barueri e Guararema, como é mostrado no Quadro 13.

Quadro 13: Fluxo de diesel entre terminais para Refinarias do Estado de São Pulo

Ponto de Fornecimento	Ponto de Recebimento	Diesel (M3 por ano-2017)
TT BARUERI	REPLAN	163,193
TT GUARAREMA	REPLAN	197,305

Fonte: Transpetro (2018)

Os terminais também transferem combustíveis entre si, sendo que e os volumes transferidos no ano de 2017 podem ser vistos no Quadro 14:

Quadro 14: Fluxo de diesel entre os terminais do estado de São Paulo: Fluxo de diesel entre os terminais do estado de São Paulo

Ponto de Fornecimento	Ponto de Recebimento	Diesel (M3 por ano-2017)
TT BARUERI	TT SÃO CAETANO DO SUL	160,167
TT SÃO CAETANO DO SUL	TT CUBATÃO	84,390
TT CUBATÃO	TT SÃO CAETANO DO SUL	1,275,183
TT GUARAREMA	TT GUARULHOS	3,918
TT GUARULHOS	TT SÃO CAETANO DO SUL	2,016
TA SÃO SEBASTIÃO	TT GUARAREMA	2,978,210
SUZANO	TT GUARULHOS	747.898

Fonte: Transpetro (TRANSPETRO)

b) Fluxos entre Importadores e Distribuidoras

No site da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2018) estão disponíveis os volumes mensais de combustíveis entregues originados da Petrobras (terminal ou refinaria) para os distribuidores, ou dos importadores para os distribuidores. Nesse mesmo histórico de dados, estão descritas as razões sociais das Importadoras e das Distribuidoras para quem o volume se destina, bem como o município onde o combustível será entregue.

Não há informação da origem do combustível importado, no entanto, nesse trabalho, serão considerados os portos próximos à sede administrativa da Importadora como ponto de origem dos combustíveis. A não existência de dados que liguem as importadoras aos países de origem, não permite considerar os países como parte da cadeia. Portanto, para os pontos de origens e destinos serão considerados:

Endereço de origem: Endereço do porto de importação de Combustível mais próximo da Sede administrativa da Importadora (ANP, 2018).

Endereço de Destino: Endereço da Filial que realizou o pedido (ANP, 2018).

c) Fluxo entre Refinarias e Distribuidoras

As conexões serão feitas de acordo com informações de área de cobertura de cada refinaria (Quadro 15). De modo geral, as refinarias buscam entregar para os distribuidores mais próximos de suas instalações já que o objetivo é minimizar os custos de transporte de distribuição.

Quadro 15: Regiões atendidas pela Refinaria

Refinaria	Regiões atendidas no estado de São Paulo
Replan	<ul style="list-style-type: none"> • Ligação com os terminais das distribuidoras do pool de Paulínia • Interior de São Paulo
Revap	<ul style="list-style-type: none"> • Vale do Paraíba (Litoral norte de São Paulo) • Grande São Paulo
RPBC	<ul style="list-style-type: none"> • Capital Paulista • Baixada Santista

Fonte: Petrobras (PETROBRAS, 2018)

No Estado de São Paulo, existem 18 municípios que sediam as filiais de distribuidoras. Relacionando no Quadro 16 os municípios das distribuidoras com os municípios das refinarias, baseando-se nas regiões de entrega de cada refinaria, é possível estimar para quais distribuidoras as refinarias entregam, seja diretamente ou por intermédio de um terminal de combustível. O resultado dessa associação é demonstrado no Quadro 16 a seguir:

Quadro 16: Municípios de entrega das Refinarias

Município das distribuidoras	LOCALIZAÇÃO DAS REFINARIAS		
	REVAP	REPLAN	RPBC
	São José dos Campos – SP	Paulínia	Cubatão
Araçatuba		X	
Arujá	X		
Assis		X	
Barueri	X		
Bauru		X	
Cubatão			X
Guararapes		X	
Guarulhos	X		
Jardinópolis		X	
Ourinhos		X	
Paulínia		X	
Presidente Prudente		X	
Ribeirão Preto		X	
Santos			X

Continua

Continuação

São Caetano do Sul			x
São José do Rio Preto		x	
São José dos Campos	x		
São Paulo			x

Fonte: Elaborado Autor

d) Fluxo entre Terminais e Distribuidoras

Como nas Refinarias, a ligação entre as filiais das distribuidoras e os terminais é estimada levando em consideração os locais de cobertura dos terminais descritos no Site da Petrobras, bem como a distribuidora mais próxima do terminal (Quadro 17).

Quadro 17: Locais atendidos pelos terminais

TERMINAL	REGIÕES ATENDIDAS
TT BARUERI	Recebe, armazena e transfere derivados procedentes da Replan, Revap) e Refinaria de Capuava Recap e dos terminais de São Caetano do Sul, Guarulhos, Guararema e Cubatão para distribuição por meio da associação das companhias distribuidoras da região (bases da Petrobras Distribuidora e da Shell).
TT CUBATÃO	Interliga o Planalto Paulista, a Baixada Santista e a Refinaria RPBC é utilizado como armazenamento intermediário. Derivados em geral são levados para o Terminal de São Caetano do Sul.
TT GUARAREMA	Abastece as refinarias Replan, Revap e Recap. Transfere derivados pelo sistema de oleodutos Guararema-Paulínia (Osplan) e São Sebastião-Guararema (Osvat), no estado de São Paulo.
TT GUARULHOS	Recebe derivados dos terminais de Guararema, São Caetano do Sul e São Sebastião e das refinarias Revap, Replan e Recap. O terminal armazena e realiza o carregamento rodoviário de alguns derivados, pela base operadora da Petrobras Distribuidora, visando o mercado consumidor da região.
TT RIBEIRÃO PRETO	Atende as distribuidoras da Região
TT SÃO CAETANO DO SUL	Recebe, armazena e transfere derivados para os terminais de Barueri, Guarulhos, Guararema, Cubatão Santos e São Sebastião; para as refinarias Revap, Recap, RPBC e Replan; para a Usina Piratininga, para a Petroquímica União, para a Utingás e para as empresas distribuidoras da região.

Fonte: Transpetro, (2018)

A distinção entre terminal e refinaria é dada através da ordem de prioridade de entregador. O terminal é o entregador padrão para as distribuidoras, mas quando não há nenhum terminal da Petrobras disponível no município de entrega ou o terminal não realiza entrega às distribuidoras, é considerada a refinaria com entregador, ou vice-versa.

Comparando os municípios das distribuidoras com os municípios dos terminais, onde é considerada a entrega de cada terminal para a filial distribuidora mais próxima, foi construído Quadro 18.

Quadro 18: Municípios atendidos pelos terminais

Local das distribuidoras	LOCALIZAÇÃO DOS TERMINAIS						
	São Sebastião	Barueri	Cubatão	Guararema	Guarulhos	São Caetano do Sul	Ribeirão Preto
Assis							
Barueri		X					
Guarulhos					X		
Jardinópolis							X
Paulínia					X		
Presidente Prudente					X		
Ribeirão Preto							X
São Caetano do Sul						X	
São José dos Campos						X	
São Paulo						X	

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.5 RESULTADOS

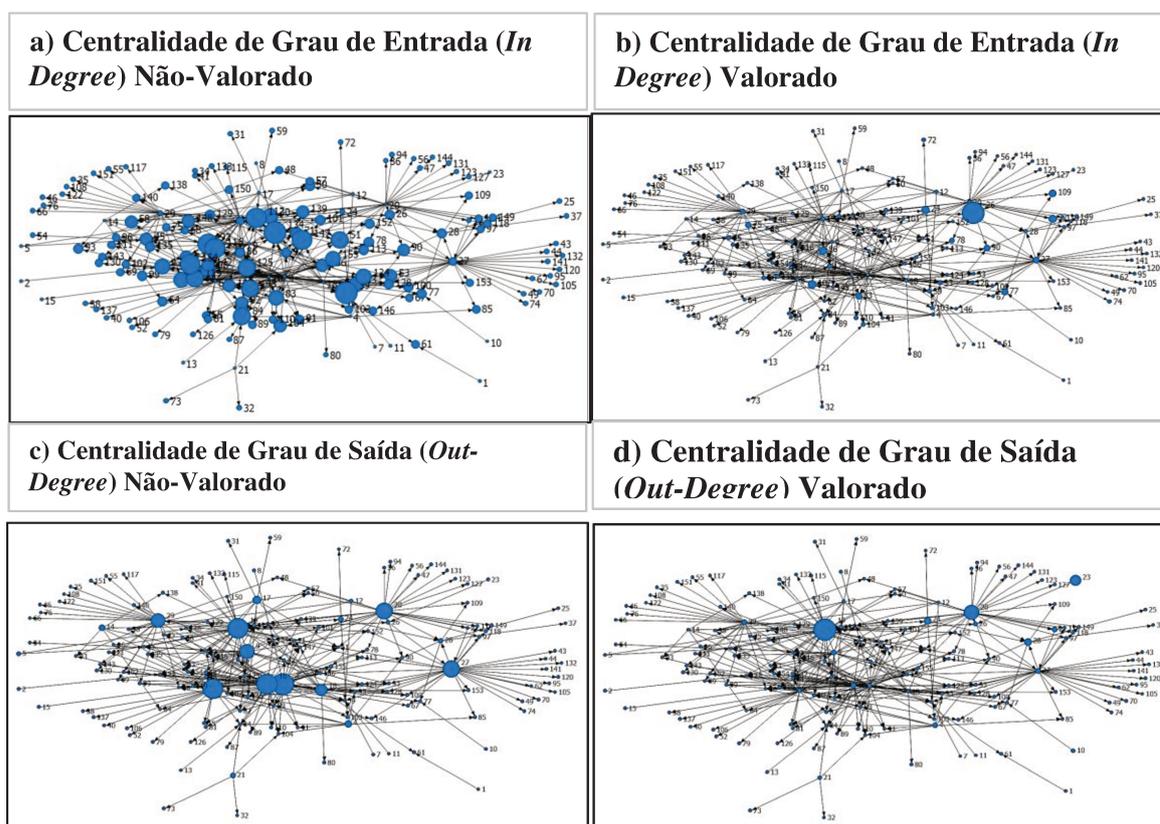
4.5.1 Centralidade de grau

A centralidade de grau foi calculada considerando o volume de diesel como peso das arestas ou apenas as relações entre os componentes da cadeia. Em ambas as situações foi

considerada a direção das ligações entre os agentes da cadeia, levando aos tipos de centralidade de entrada e saída.

Para o grafo da cadeia não valorado foram calculadas as medidas de centralidade de grau de saída e de entrada através do software UCINET conforme a fórmula 5 no item 2.3.2.1. Para a centralidade de grau de saída tem-se a soma dos volumes recebidos pelos clientes de cada nó e para a centralidade de grau de entrada, tem-se a soma dos volumes entregues pelos fornecedores desses nós. Para a normalização, os resultados dessas somas são divididos pela quantidade máxima de agentes menos 1. No caso dos grafos valorados, o método normalização utilizado pelo *software* UCINET consiste em dividir a centralidade de cada vértice pelo total da soma das centralidades de todos os vértices.

Figura 28: Representação gráfica das medidas de Centralidade de Grau



Fonte: Elaborada pelo Autor

A intensidade das centralidades de cada agente é representada graficamente pelo tamanho dos círculos. Como pode ser visualizado na Figura 28, os grafos tiveram significativas diferenças entre as medidas de centralidade de grau. A primeira razão dessas diferenças é

resultado das características de cada agente da cadeia: a centralidade de grau de saída destaca os agentes com perfil de fornecedores e a centralidade de grau de entrada destaca os agentes com perfil de clientes. A segunda diz respeito à utilização de medidas de centralidade valorada considerando os volumes de diesel (em metros cúbicos) para cada aresta como peso das medidas e não-valorada, considerando apenas as conexões entre os agentes sem atribuição de pesos.

Um fator importante a ser verificado é a da diferença da centralidade de grau valorado e não valorado. Na Figura 28 é possível perceber que as centralidades não valoradas possuem uma distribuição mais uniforme do que as centralidades de grau valorada, o que pode significar uma grande concentração de combustíveis entregues para, ou recebidos por poucos agentes. Uma cadeia com essas características representa alta vulnerabilidade e grande propensão à riscos sistêmicos, uma vez que o fluxo fica concentrado em poucos agentes.

A centralidade de grau de entrada destaca os agentes que possuem papel de consumidores. Os agentes que possuem características puramente de fornecedores, terão essa medida de centralidade zerada. Como pode ser verificado na Tabela 7, Tabela 8, e Tabela 9, as distribuidoras e terminais foram os agentes que tiveram centralidade de grau de entrada com maior destaque, em particular as distribuidoras que possuíram os maiores valores de centralidade de grau de entrada de aresta não valorada. Essas medidas são capazes de caracterizar os papéis dos agentes na cadeia de suprimentos como consumidores (Distribuidoras) e integradores (Terminais).

Tabela 7: As 10 distribuidoras com maior em menor centralidade de grau de entrada não valorada

COD	EMPRESA	Grau de Entrada (<i>In-degree</i>) não valorado	
		Valor	Ranking
39	ASTER - GUARULHOS	0,051948	1°
134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	0,051948	1°
116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	0,045455	3°
154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	0,045455	3°
92	PETROEXPRESS - PAULINIA	0,045455	3°

Continua.

Continuação da Tabela 7

COD	EMPRESA	Grau de Entrada (<i>In-degree</i>) não valorado	
		Valor	Ranking
112	REDE - JARDINOPOLIS	0,045455	3°
147	TOWER - PAULINIA	0,045455	3°
84	PETROBRAS - CUBATAO	0,038961	8°
125	ROYAL - PAULINIA	0,038961	8°
119	RM - PAULINIA	0,038961	8°
(...)	(...)	(...)	(...)
80	MONTE CABRAL -PAULINIA	0,006494	82°
41	ATLANTA-PAULINIA	0,006494	82°
49	CRUZ DE MALTA-GUARULHOS	0,006494	82°
120	ROYAL FIC -GUARULHOS	0,006494	82°
95	PETROLUZ - GUARULHOS	0,006494	82°
137	SMALL - PRESIDENTE PRUDENTE	0,006494	82°
38	ASPEN - ASSIS	0,006494	82°
59	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	0,006494	82°
126	ROYAL - RIBEIRAO PRETO	0,006494	82°
94	PETROEXPRESS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,006494	82°

Fonte: Elaborado pelo Autor

A Aster de Guarulhos e Rumos de Ribeirão Preto foram as distribuidoras com maior centralidade de grau de entrada não valorada, ambas com valor 0,052. No caso da centralidade de grau de entrada valorada, as distribuidoras Petrobras de Paulínia e Raizen de Paulínia tiveram as maiores centralidades com os valores de 0,0033 e 0,0031 respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8: As 10 distribuidoras com maior em menor centralidade de grau de entrada valorada

COD	EMPRESA	Grau de Entrada (<i>In-degree</i>) valorado (<i>diesel</i>)	
		Valor	Ranking
86	PETROBRAS - PAULINIA	0,003304709	2°
107	RAIZEN - PAULINIA	0,003150395	3°
109	RAIZEN - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,002227536	6°
75	IPIRANGA - PAULINIA	0,002001666	7°

Continua

Continuação da Tabela 8

COD	EMPRESA	Grau de Entrada (<i>In-degree</i>) valorado (<i>diesel</i>)	
		Valor	Ranking
90	PETROBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,001896264	8°
77	IPIRANGA - SAO CAETANO DO SUL	0,001640214	9°
83	PETROBRAS - BARUERI	0,001568625	11°
78	IPIRANGA - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,001077807	13°
104	RAIZEN - CUBATAO	0,000840318	15°
103	RAIZEN - BARUERI	0,00083706	16°
(...)	(...)	(...)	(...)
41	ATLANTA - PAULINIA	1,02476E-06	125°
49	CRUZ DE MALTA - GUARULHOS	8,89578E-07	126°
120	ROYAL FIC - GUARULHOS	6,62823E-07	127°
95	PETROLUZ - GUARULHOS	5,7779E-07	128°
146	TOWER - GUARULHOS	4,55691E-07	129°
137	SMALL - PRESIDENTE PRUDENTE	4,05543E-07	130°
38	ASPEN - ASSIS	2,76903E-07	131°
59	TABOÇÃO - GUARULHOS	1,85329E-07	132°
126	ROYAL FIC - RIBEIRAO PRETO	8,9394E-08	133°
94	PETROEXPRESS - SAO JOSE DOS CAMPOS	1,0902E-08	134°

Fonte: Elaborado pelo Autor

Comparando as tabelas 7 e 8 é possível perceber que os agentes possuem diferentes destaques entre as centralidades de grau valorada e não valorada, como exemplo, a Aster de Guarulhos é a distribuidora de maior centralidade de grau de entrada não valorada (Tabela 7), porém não está classificada entre as 10 distribuidoras de maior centralidade de grau de entrada valorado (Tabela 8).

Tabela 9: Centralidades de Grau de para as Refinarias e Terminais

COD	EMPRESA	Grau de Saída (<i>Out-degree</i>)				Grau de Entrada (<i>In-degree</i>)			
		Não valorado	Ranking	Valorado	Ranking	Não valorado	Ranking	Valorado	Ranking
19	REPLAN	0,240	3°	0,01657	1°	0,0130	52°	0,00079	17°
20	REVAP	0,195	5°	0,00994	2°	0,0000	134°	0	135°
21	RPBC	0,026	15°	0,00071	14°	0,0000	134°	0	135°
22	SUZANO	0,006	19°	0,00163	8°	0,0065	82°	0,00310	5°

Continua

Continuação da Tabela 9

COD	EMPRESA	Grau de Saída (<i>Out-degree</i>)				Grau de Entrada (<i>In-degree</i>)			
		Não valorado	Ranking	Valorado	Ranking	Não valorado	Ranking	Valorado	Ranking
23	TA SÃO SEBASTIÃO	0,006	19°	0,00649	3°	0,0000	134°	0	135°
24	TT BARUERI	0,032	13°	0,00350	4°	0,0065	82°	0,00315	4°
25	TT CUBATÃO	0	29°	0,00000	29°	0,0065	82°	0,00018	35°
26	TT GUARAREMA	0,013	17°	0,00044	15°	0,0195	34°	0,01244	1°
27	TT GUARULHOS	0,195	5°	0,00154	9°	0,0130	52°	0,00164	10°
28	TT SÃO CAETANO DO SUL	0,032	13°	0,00345	5°	0,0195	34°	0,00086	14°

Fonte: Elaborado pelo Autor

A medida de centralidade de grau de saída, identifica os agentes que possuem características predominantemente de fornecedores. Para as distribuidoras, a centralidade de grau de saída é zerada, uma vez que nessa parcela da cadeia, elas se comportam como consumidores finais.

As empresas com maior grau de saída não valorado são as importadoras (Tabela 10) uma vez que as mesmas entregam combustíveis para vários clientes dentro da cadeia. Porém, uma vez que o volume de combustível importado é baixo, essa característica não se reflete de maneira predominante na centralidade de grau de saída valorado.

Tabela 10: Valores de Centralidade de Grau de Saída Para os Importadores

COD	EMPRESA	Grau de Saída (<i>Out-Degree</i>)			
		Não valorado	Ranking	Valorado	Ranking
3	BCI BRASIL CHINA	0,272727281	1°	0,00041985037	16°
6	FLAMMA OLEOS	0,246753246	2°	0,00079638831	13°
16	TRICON	0,240259737	3°	0,00179843919	6°
9	GREENERGY	0,162337661	7°	0,00128927780	11°
18	VARO ENERGY	0,123376623	9°	0,00010401305	17°
17	TRIUMPH BRAZIL	0,071428575	10°	0,00004608364	19°
4	BLUEWAY TRADING	0,064935000	11°	0,00176662812	7°
14	SUL PLATA	0,038961038	12°	0,00001422235	22°
12	SAVIXX	0,019480519	16°	0,00000483817	24°
5	CIAPETRO TRADING	0,012987013	17°	0,00006346530	18°
1	AXA OIL	0,006493506	19°	0,00001026722	23°
2	BCI BALPEX	0,006493506	19°	0,00000210403	27°
7	FUNCHAL	0,006493506	19°	0,00000218034	26°
8	G R B	0,006493506	19°	0,00000018751	28°
10	OIL TRADING	0,006493506	19°	0,00112869369	12°
11	OKTANA	0,006493506	19°	0,00001960560	21°
13	SERTRADING	0,006493506	19°	0,00002180339	20°
15	TGV	0,006493506	19°	0,00000333374	25°

Fonte: Elaborado pelo Autor

A Tabela 9 informa as medidas de centralidade de grau para as refinarias e terminais. Para a centralidade de grau de saída não valorado, a Replan possui a maior centralidade de grau não valorado desse grupo (3º lugar da cadeia), seguida da Revap e terminal de Guarulhos (5º lugar). Para a centralidade de grau de saída valorado, a Replan ocupa o primeiro lugar da cadeia seguida da Revap (2º) e o Terminal de São Sebastião (3º). Para a centralidade de grau de entrada houve o destaque desses agentes na cadeia para a sua versão valorada, destacando o terminal Guararema que ocupou o 1º lugar, terminal de Barueri (4º lugar) e a estação de Suzano (5º lugar).

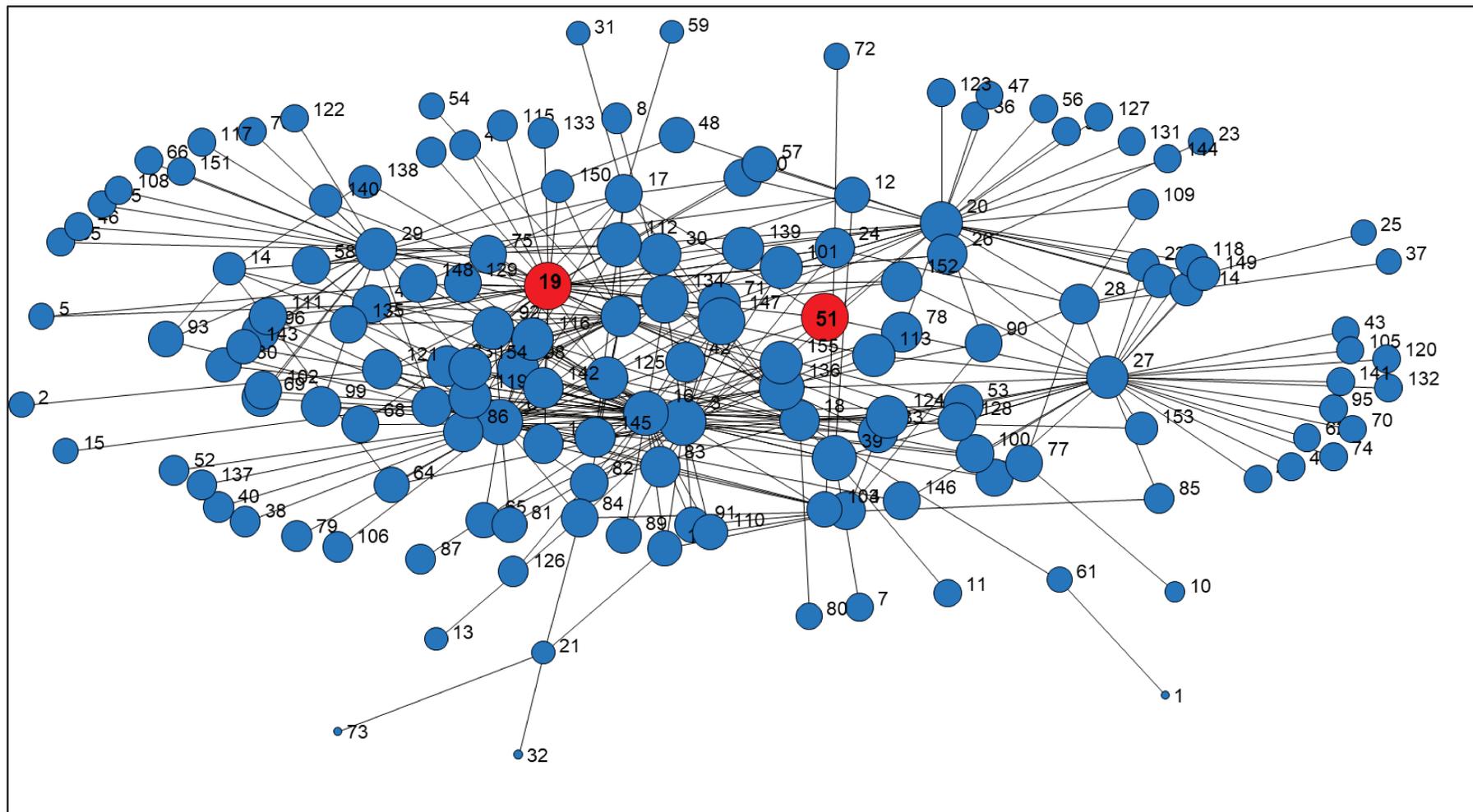
4.5.2 Centralidade de auto vetor e proximidade

A Centralidade de proximidade e de auto vetor, foi calculada levando em consideração a cadeia de suprimentos estudada e as ligações entre os agentes da cadeia. Essas ligações são não-orientadas e visam analisar a cadeia pelo ponto de vista das relações contratuais entre os agentes

A centralidade de proximidade considera as distâncias da relação entre as empresas. Nesse sentido, se uma empresa está conectada diretamente com outra, a distância do relacionamento será 1, se ela está conectada com uma empresa por intermédio de uma outra empresa com a qual está conectada diretamente, então a distância será 2 (2º nível da cadeia), e assim por diante. A empresa com maior centralidade de proximidade é mais conectada com a cadeia.

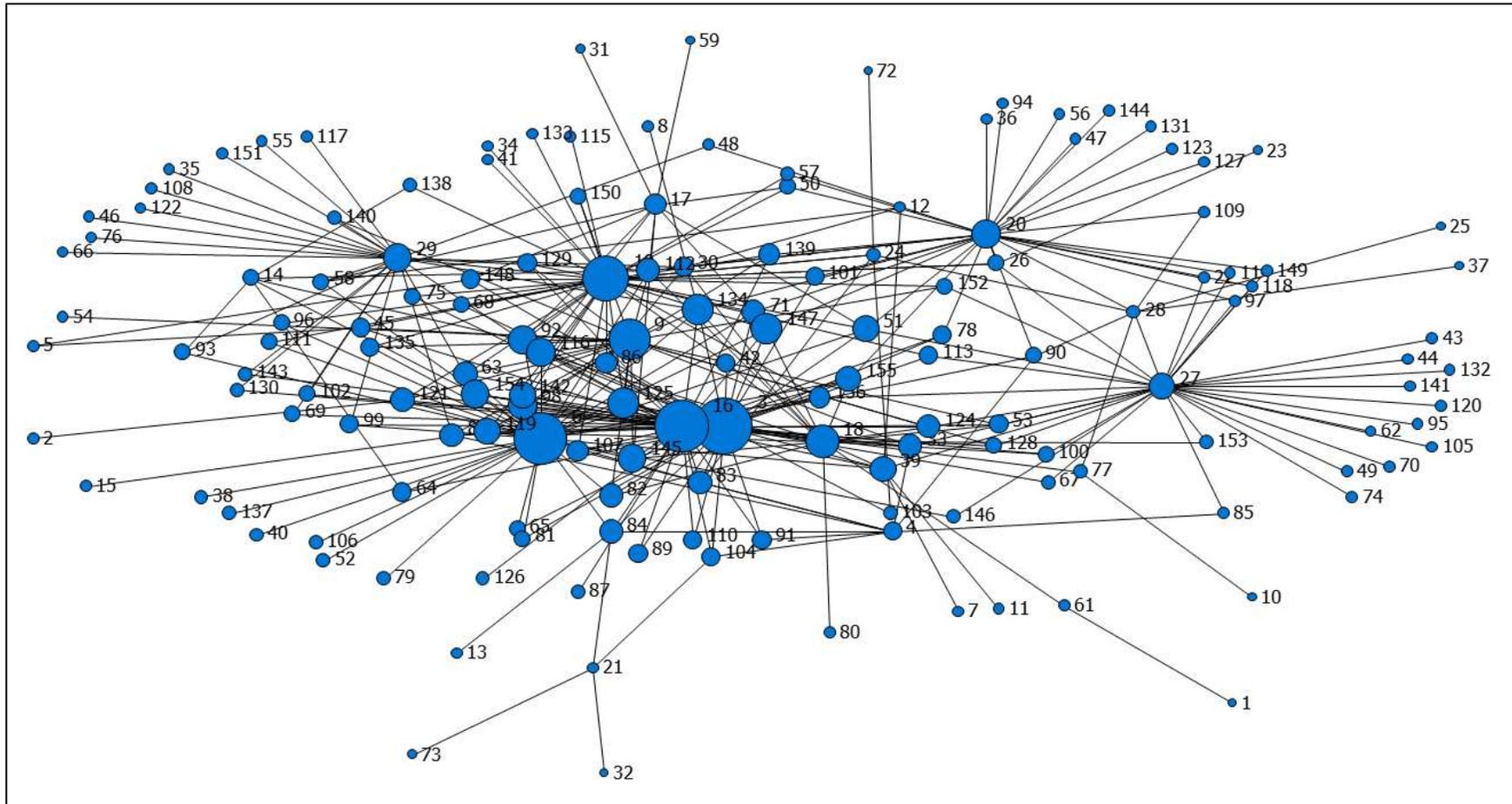
Como pode ser verificado na Figura 29 e Figura 30 a representação gráfica da centralidade de auto vetor e de proximidade são bastante diferentes, o que confirma a correlação mostrada na Tabela 6 do item 4.3 ser 0,629, um índice de correlação relativamente baixo. Isso confirma que ambas as medidas de centralidade mostram propriedades distintas para as empresas que compõem a cadeia de suprimentos estudada.

Figura 29: Representação gráfica da Centralidade de Proximidade – Relações contratuais



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 30: Representação gráfica da Centralidade de Auto Vetor



Fonte: Elaborado pelo auto

Na tabela 11 são listadas as 10 distribuidoras com as maiores centralidades de proximidade e as 10 com as menores medidas. A D'Mais de Paulínia é o agente com a maior centralidade de proximidade da cadeia e a distribuidora Ipiranga de Cubatão possui a menor centralidade entre as distribuidoras.

Tabela 11: Centralidade de Proximidade para as 10 distribuidoras de maior e menor valor

COD	EMPRESA	Proximidade	Ranking
51	D'MAIS - PAULINIA	81,261597	1°
134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	80,612244	3°
147	TOWER - PAULINIA	80,333954	4°
136	SMALL - PAULINIA	78,942482	8°
112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	78,756958	9°
39	ASTER - GUARULHOS	77,922081	10°
71	IDAZA - PAULINIA	77,736549	12°
116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	77,643784	13°
154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	77,272728	14°
113	REDE SOL - PAULINIA	77,087196	15°
(...)	(...)	(...)	(...)
141	TOBRAS - GUARULHOS	62,615952	126°
54	DISTRIBUIDORA- PAULINIA	61,502785	139°
61	FERA - ARUJA	60,76067	142°
37	ALESAT - SAO PAULO	60,667904	143°
72	IPIRANGA - BARUERI	60,575138	145°
80	MONTE CABRAL - PAULINIA	60,575138	145°
31	AGILE LOGISTICA - PAULINIA	58,348793	149°
59	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	58,348793	149°
32	ALESAT - CUBATAO	45,640072	153°
73	IPIRANGA - CUBATAO	45,640072	153°

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 12 Informa as medidas de centralidade de proximidade para as refinarias e terminais. A Replan possui a segunda maior centralidade de proximidade da cadeia e a maior entre as refinarias e o terminal de Ribeirão Preto possui a maior centralidade de proximidade entre os terminais.

Tabela 12: Centralidade de proximidade para as refinarias e terminais

COD	EMPRESA	Proximidade	Ranking
19	REPLAN	80,797775	2°
29	TT RIBEIRAO PRETO	77,829315	11°
20	REVAP	77,087196	15°
27	TT GUARULHOS	76,716141	21°
26	TT GUARAREMA	75,695732	27°
28	TT SÃO CAETANO DO SUL	74,768089	33°
24	TT BARUERI	74,675323	36°
22	SUZANO	67,996292	84°
23	TA SÃO SEBASTIÃO	61,595551	138°
25	TT CUBATÃO	60,667904	143°
21	RPBC	59,740257	147°

Fonte: Elaborado pelo autor

Para as importadoras de diesel, a centralidade de proximidade teve destaque para 3 empresas, sendo elas: BCI (4° lugar) TRICON (6° lugar) e FLAMMA OLEOS (7° lugar) (Tabela 13).

Tabela 13: Centralidade de proximidade para as importadoras

COD	EMPRESA	Proximidade	Ranking
3	BCI BRASIL CHINA	80,333954	4°
16	TRICON	79,591843	6°
6	FLAMMA OLEOS	79,313545	7°
9	GREENERGY	75,602966	29°
17	TRIUMPH BRAZIL	72,448982	56°
4	BLUEWAY TRADING	71,614105	63°
12	SAVIXX	69,758812	76°
14	SUL PLATA	68,738403	83°
8	G R B	66,512062	96°
7	FUNCHAL	63,821896	107°
11	OKTANA	63,821896	107°
15	TGV	62,152134	137°
5	CIAPETRO TRADING	61,317253	140°
2	BCI BALPEX	61,038963	141°
13	SERTRADING	59,183674	148°
10	OIL TRADING	57,235622	151°
1	AXA OIL	46,66048	152°

Fonte: Elaborado pelo autor

A centralidade de auto vetor mede o quanto uma empresa é importante baseando-se nas relações que ela possui direta e indiretamente com os outros agentes da cadeia.

Entre as distribuidoras as maiores medidas de centralidade de auto vetor foram das empresas a Rumos de Ribeirão Preto (0.1481, 7º lugar) Tower de Paulínia (0.1458, 8º lugar).

Tabela 14: As 10 maiores e menores distribuidoras com centralidade de auto vetor

COD	DISTRIBUIDORA	Auto Vetor	Ranking
134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	0,148170292	7º
147	TOWER - PAULINIA	0,145856202	8º
125	ROYAL FIC - PAULINIA	0,145393804	9º
116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	0,142440453	10º
92	PETROEXPRESS - PAULINIA	0,142324522	11º
154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	0,138801545	12º
29	TT RIBEIRAO PRETO	0,133009702	14º
145	TOBRAS - SAO PAULO	0,130215868	15º
98	PETRONAC - PAULINIA	0,129977152	16º
39	ASTER - GUARULHOS	0,116918735	17º
(...)	(...)	(...)	(...)
105	RAIZEN - GUARULHOS	0,01072788	131º
120	ROYAL FIC - GUARULHOS	0,01072788	131º
132	RUMOS - GUARULHOS	0,01072788	131º
141	TOBRAS - GUARULHOS	0,01072788	131º
31	AGILE LOGISTICA - PAULINIA	0,007993135	145º
59	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	0,007993135	145º
72	IPIRANGA - BARUERI	0,00357248	148º
37	ALESAT - SAO PAULO	0,003364809	149º
32	ALESAT - CUBATAO	0,001383498	153º
73	IPIRANGA - CUBATAO	0,001383498	153º

Fonte: Elaborado pelo autor

Os importadores foram os agentes que tiveram maior centralidade de auto vetor pois realizam o fornecimento de diesel para uma grande quantidade de distribuidoras. As maiores medidas de centralidade foram para os importadores BCI (0,337), TRICON (0,308) e FLAMMA ÓLEOS (0,299) (Tabela 15: Centralidade de auto vetor para os importadores Tabela 15).

Tabela 15: Centralidade de auto vetor para os importadores

COD	IMPORTADOR	Auto Vetor	Ranking
3	BCI BRASIL CHINA	0,337573498	1°
16	TRICON	0,308054894	2°
6	FLAMMA OLEOS	0,298837334	3°
9	GREENERGY	0,217630059	5°
18	VARO ENERGY	0,167739451	6°
17	TRIUMPH BRAZIL	0,086968787	35°
4	BLUEWAY TRADING	0,061516754	52°
14	SUL PLATA	0,047375765	66°
12	SAVIXX	0,021705946	103°
8	G R B	0,01361804	110°
5	CIAPETRO TRADING	0,012497027	111°
7	FUNCHAL	0,010745779	129°
11	OKTANA	0,010745779	129°
15	TGV	0,010600902	142°
2	BCI BALPEX	0,009171914	143°
13	SERTRADING	0,008698261	144°
10	OIL TRADING	0,003187698	151°
1	AXA OIL	0,001428983	152°

Fonte: Elaborado pelo autor

A refinaria e REPLAN (0,252) possui a maior medida de centralidade de auto vetor entre as refinarias e ficou em quarto lugar entre todos os agentes. Em relação aos terminais, o terminal de Ribeirão Preto teve a maior centralidade de auto vetor (0,133) e na 14ª posição dos agentes da cadeia (Tabela 16)

Tabela 16: Centralidade de auto vetor para as refinarias e terminais

COD	EMPRESA	Auto Vetor	Ranking
19	REPLAN	0,25211224	4°
20	REVAP	0,135692835	13°
29	TT RIBEIRAO PRETO	0,133009702	14°
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	0,116723962	18°
26	TT GUARAREMA	0,046765301	67°
24	TT BARUERI	0,038870133	76°
28	TT SÃO CAETANO DO SUL	0,036610577	78°
22	SUZANO	0,02319915	94°
21	RPBC	0,015053057	109°
23	TA SÃO SEBASTIÃO	0,004298111	147°
25	TT CUBATÃO	0,003364809	149°

Fonte: Elaborado pelo autor

4.5.3 Centralidade radial

A centralidade radial mede o quanto cada empresa fornecedora está próxima de seus parceiros em sua região. Na Tabela 17, é informada a centralidade radial para as refinarias, terminais e importadoras.

Tabela 17: Centralidade Radial para os Terminais e Refinaria e Importadoras

COD	EMPRESA	Centralidade Radial	Ranking
19	REPLAN	1,915584	1°
20	REVAP	1,701299	2°
26	TT GUARAREMA	1,675325	3°
24	TT BARUERI	1,415584	4°
3	BCI BRASIL CHINA	1,090909	5°
23	TA SÃO SEBASTIÃO	1,077922	6°
6	FLAMMA OLEOS	1,012987	7°
16	TRICON	0,961039	8°
27	TT GUARULHOS	0,876623	9°
22	SUZANO	0,675325	10°

Continua.

Continuação da Tabela 17

COD	EMPRESA	Centralidade Radial	Ranking
9	GREENERGY	0,649351	11°
29	TT RIBEIRAO PRETO	0,623377	12°
18	VARO ENERGY	0,493506	13°
17	TRIUMPH BRAZIL	0,285714	14°
4	BLUEWAY TRADING	0,25974	15°
14	SUL PLATA	0,155844	16°
28	TT SÃO CAETANO DO SUL	0,12987	17°
21	RPBC	0,103896	18°
12	SAVIXX	0,077922	19°
5	CIAPETRO TRADING	0,051948	20°
1	AXA OIL	0,025974	21°
2	BCI BALPEX	0,025974	21°
7	FUNCHAL	0,025974	21°
8	G R B	0,025974	21°
10	OIL TRADING	0,025974	21°
11	OKTANA	0,025974	21°
13	SERTRADING	0,025974	21°
15	TGV	0,025974	21°
25	TT CUBATÃO	0	29°

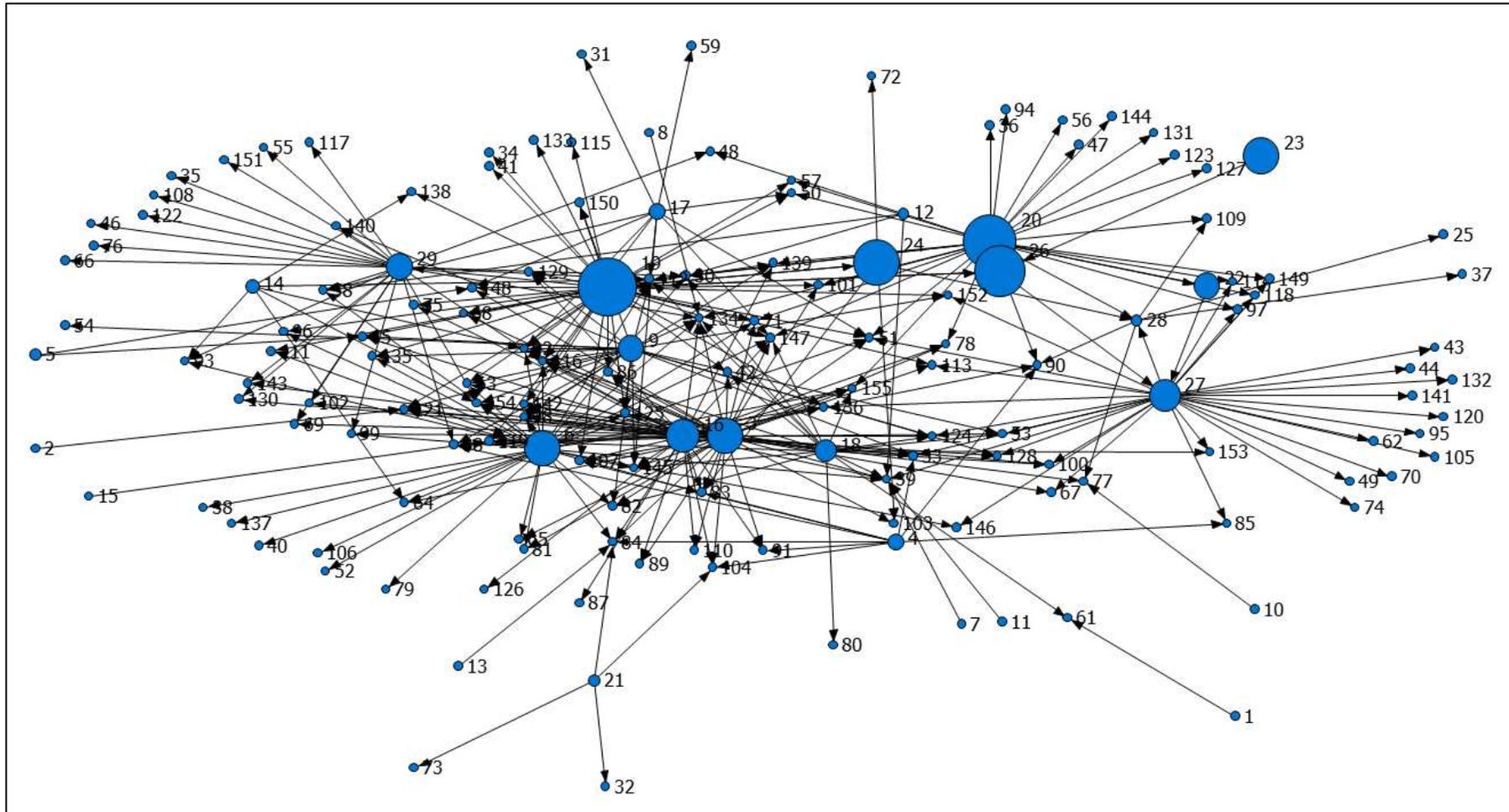
Fonte: Elaborado pelo autor

Entre as refinarias, a Replan ocupa o 1° lugar, seguida da Revap (2° lugar) e Rpbc (3°) com os valores de 1.91, 1.70 e 1.77 respectivamente. O terminal de Guararema é o de maior centralidade entre os terminais (3°) seguido dos terminais Barueri (4°), São Sebastião (6°) Guarulhos (9°) Ribeirão Preto (12°), São Caetano do Sul (17°) e o terminal de Cubatão possui a centralidade Radial nula, uma vez que na cadeia considerada, o terminal não possui a função de fornecedor.

A centralidade radial de um nó é resultado da média da soma da diferença entre a maior distância relacional que pode existir entre dois pontos (chamada de diâmetro da rede) e a distância entre os nós calculados, chamada de distância reversa. Uma vez que esse método está baseado no fluxo de fornecimento, a centralidade radial mostra o quanto um fornecedor está conectado com os outros membros.

Quando um determinado fornecedor possui uma centralidade radial alta, o mesmo pode afetar mais empresas caso a ruptura aconteça. Portanto a centralidade radial terá valor nulo para os clientes finais, uma vez que eles não fornecem a mais ninguém. Na Figura 31 é possível verificar que poucos agentes possuem alto grau de centralidade radial, esses agentes são aqueles responsáveis pelo fornecimento de combustíveis para os outros.

Figura 31: Representação gráfica da centralidade radial



4.5.4 Centralidade de intermediação de fluxo

A medida de centralidade de intermediação de fluxo indica os agentes de maior importância em relação ao fluxo que passa pela cadeia. Essa importância está associada ao quanto as empresas da cadeia são dependentes de agentes que são responsáveis pela intermediação do fluxo, como também à existência de gargalo na cadeia como um todo.

A Figura traz a representação gráfica dos agentes com a centralidade de intermediação de fluxo. É possível verificar que poucos agentes possuem algum nível de centralidade de intermediação de fluxo, o que significa uma grande dependência da cadeia inteira com esses agentes.

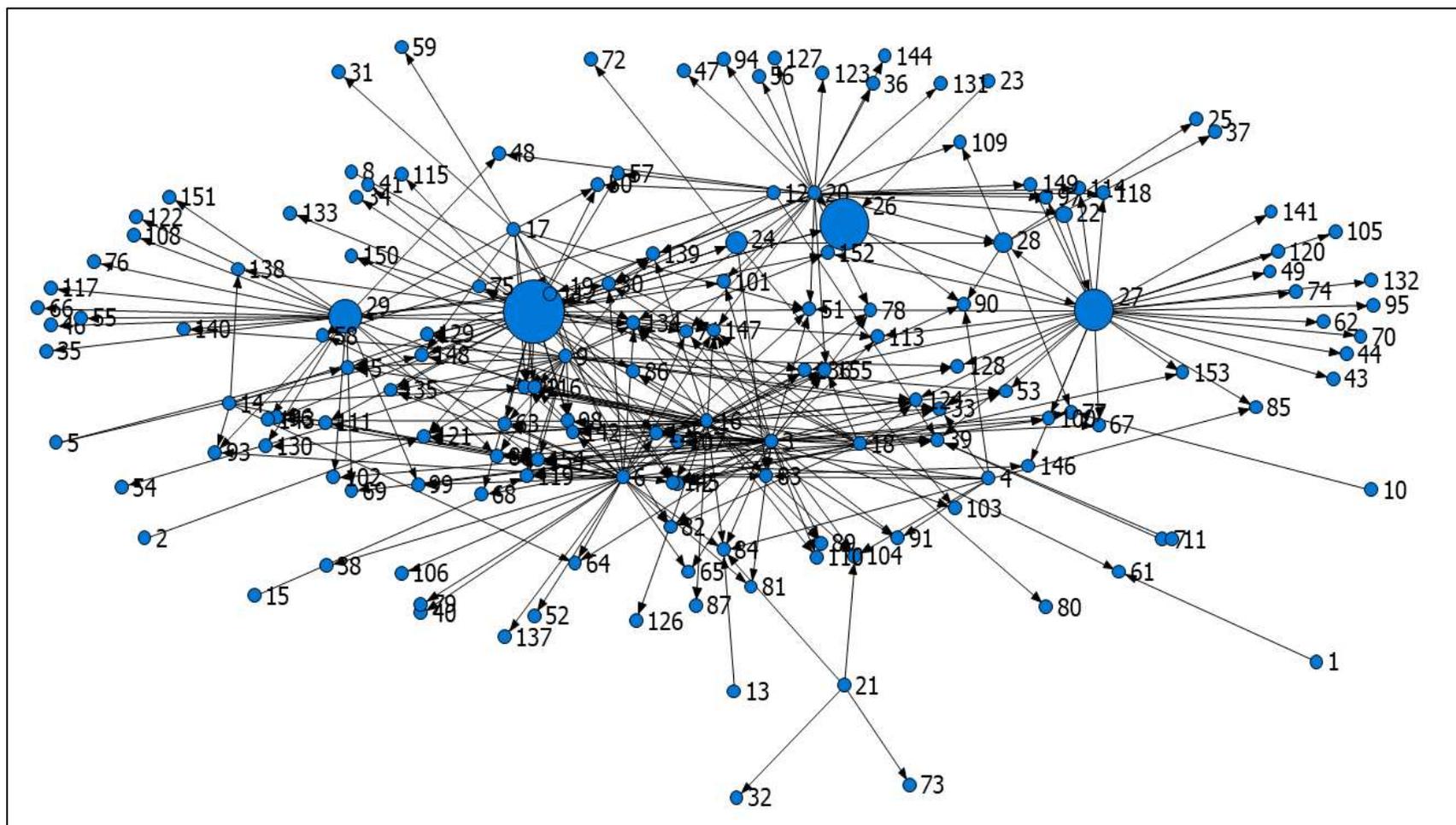
Os agentes de maior centralidade de intermediação de fluxo são a refinaria Replan, terminal Guararema e Terminal de Guarulhos (Tabela 18) tendo os valores 1.24, 0.95 e 0.69 respectivamente.

Tabela 18: Os 10 Agentes com Maior centralidade de Intermediação

COD	EMPRESA	Intermediação de Fluxo	
		Centralidade	Ranking
19	REPLAN	1,244319	1°
26	TT GUARAREMA	0,952954	2°
27	TT GUARULHOS	0,692015	3°
24	TT BARUERI	0,179559	5°
28	TT SÃO CAETANO DO SUL	0,140056	6°
22	SUZANO	0,048404	7°
20	REVAP	0	8°
21	RPBC	0	8°
23	TA SÃO SEBASTIÃO	0	8°
25	TT CUBATÃO	0	8°

Fonte: Elaborado Pelos Autores

Figura 32: Representação Gráfica da centralidade de Intermediação de Fluxo



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.5.5 Centralidade *Hub* e *Authority*

Para a análise dos riscos de transporte foi utilizado a centralidade *Hub* e *Authority* para determinar quais são os fornecedores de alto risco e clientes de alto risco respectivamente. O grafo foi analisado levando em consideração a direção do fluxo de entrega do diesel, e para o risco, distância, volume e históricos de ocorrências nas rodovias levantadas pela polícia federal.

Para o cálculo dessas duas centralidades foi utilizado o *software* Matlab, baseando-se na formulação definida por Kleinberg (1999), em que a centralidade *hub* e *authority* é definida como o autovetor principal, da matrix adjacente vezes sua transposta, ou a matriz adjacente transposta vezes a própria matriz adjacente. O autovetor foi calculado através do método das potências.

O *software* Matlab foi usado devido à limitação do *software* Ucinet em trabalhar com números de apenas 3 casas decimais para esse tipo de centralidade. A Figura descreve o código utilizado para o cálculo do autovetor através do método das potências com 1000 iterações.

Figura 33: Método das potências para implementação no software Matlab

```
function [x,l]=potencia(A,v)
% Método das potências aplicado à uma matriz A, a partir de um vetor v.
% Retorna um autovetor x e um autovalor l de modulo maximo
numiter=1000;
x=v(:);
for k=1:numiter
    x=A*x;
    [m,p]=max(abs(x));
    l=x(p);
    x=l/l*x;
end
return
```

Fonte: elaborado pelo Autor

A função da Figura 34 utiliza o método das potências para retornar a centralidade *Hub* e *Authority* de uma matriz adjacente. Para esse cálculo, as medidas de centralidades foram normalizadas dividindo-se a centralidade de cada agente pela centralidade de maior valor.

Figura 34: Centralidade *Hub* e *Authority* para implementação no software Matlab

```
function [Auth,Hub]=HubAuth(A)
% Calcula a Centralidade Authority e Hub através do Método das potências.
[nl,~]=size(A);
Auth=potencia(A'*A,ones(nl,1));
Hub=potencia(A*A',ones(nl,1));
end
```

Fonte: elaborado pelo Autor

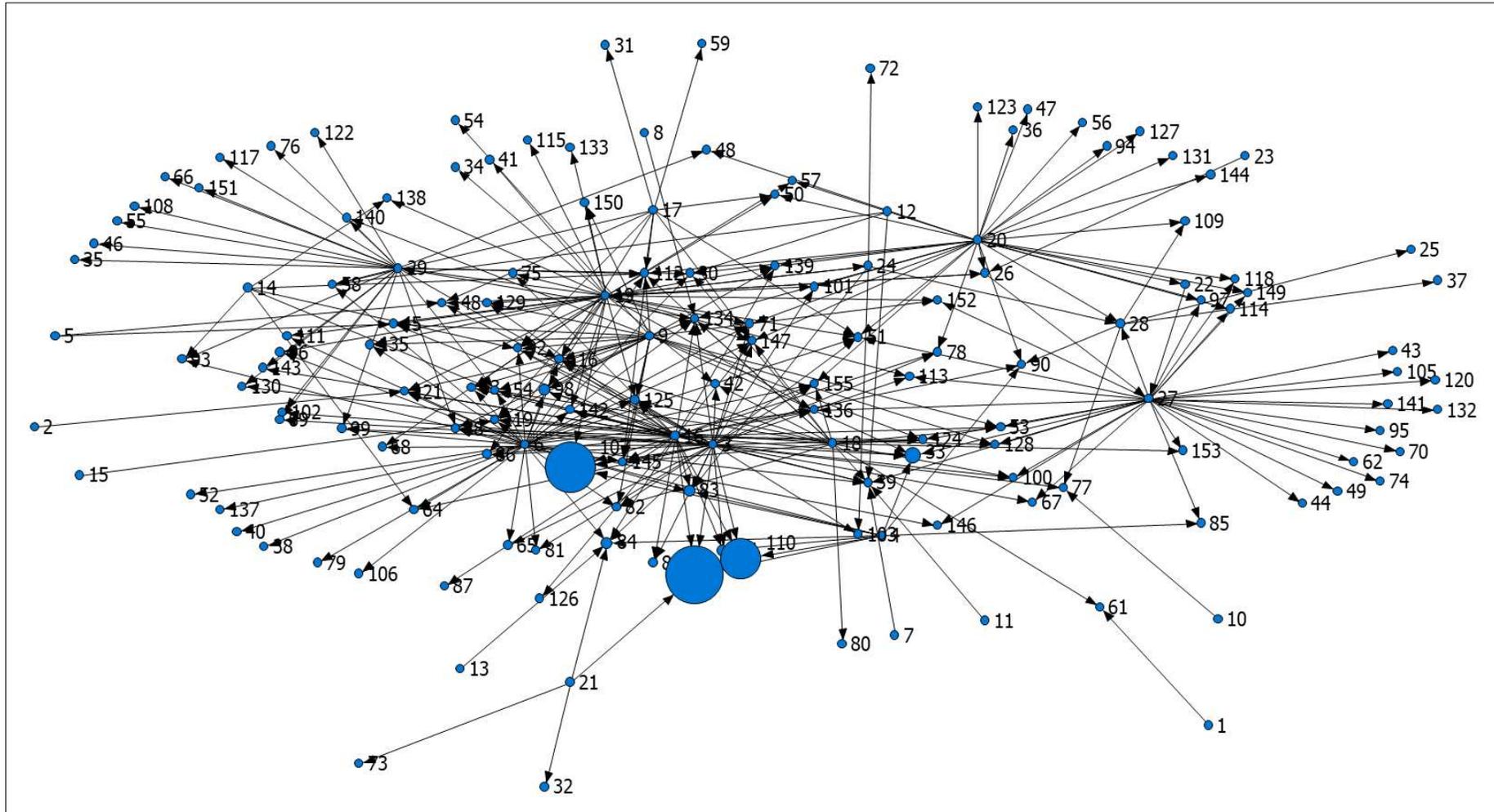
Uma vez que existem empresas distintas, com diferentes características, tais como a refinaria, que funciona como fábrica, os terminais que representam os distribuidores e os distribuidores, que nesse estudo (recorte da cadeia), representam os consumidores finais, existem uma grande variação de volume entre as empresas, o que leva a necessidade de estudar por grupos cada um dos segmentos da cadeia.

Na Figura 35 e Figura 36 são representados os grafos valorados da cadeia completa estudada com suas centralidades em relação ao risco relacionado ao transporte ou risco de acessibilidade. Na Tabela 19 e Tabela 20 são informados os valores das centralidades *Authority* e *Hub*. Os agentes com maiores centralidades *Authority* as distribuidoras RAIZEN de Cubatão, RAIZEN de Paulínia, e RAIZEN de São Paulo, assumindo os valores 1, 0.84, e 0.65 respectivamente.

Tabela 19: Agentes com as 10 Maiores e menores Centralidade *Authority* para risco de Acessibilidade

CÓDIGO	EMPRESA	Authority	Ranking
104	RAIZEN_CUBATAO	1	1°
107	RAIZEN_PAULINIA	0,84871583	2°
110	RAIZEN_SAO PAULO	0,654812772	3°
33	ALESAT_GUARULHOS	0,139907808	4°
84	PETROBRAS_CUBATAO	0,058936421	5°
91	PETROBRAS_SAO PAULO	0,045316745	6°
83	PETROBRAS_BARUERI	0,032630492	7°
98	PETRONAC_PAULINIA	0,032605742	8°
85	PETROBRAS_GUARULHOS	0,016654805	9°
86	PETROBRAS_PAULINIA	0,01529713	10°
(...)	(...)	(...)	(...)
70	IDAZA_GUARULHOS	7,00E-15	115°
76	IPIRANGA_RIBEIRAO PRETO	6,00E-15	116°
62	FLEXPETRO_GUARULHOS	6,00E-15	116°
108	RAIZEN_RIBEIRAO PRETO	5,00E-15	118°
43	CARBOPETRO_GUARULHOS	3,00E-15	119°
151	VIRALCOOL_RIBEIRAO PRETO	1,00E-15	120°
95	PETROLUZ_GUARULHOS	1,00E-15	120°
94	PETROEXPRESS_SAO JOSE DOS CAMPOS	1,00E-15	120°
35	ALESAT_RIBEIRAO PRETO	1,00E-15	120°
46	CIAPETRO_RIBEIRAO PRETO	1,00E-15	120°

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 35: Grafo de centralidade *Authority* para o risco de acessibilidade

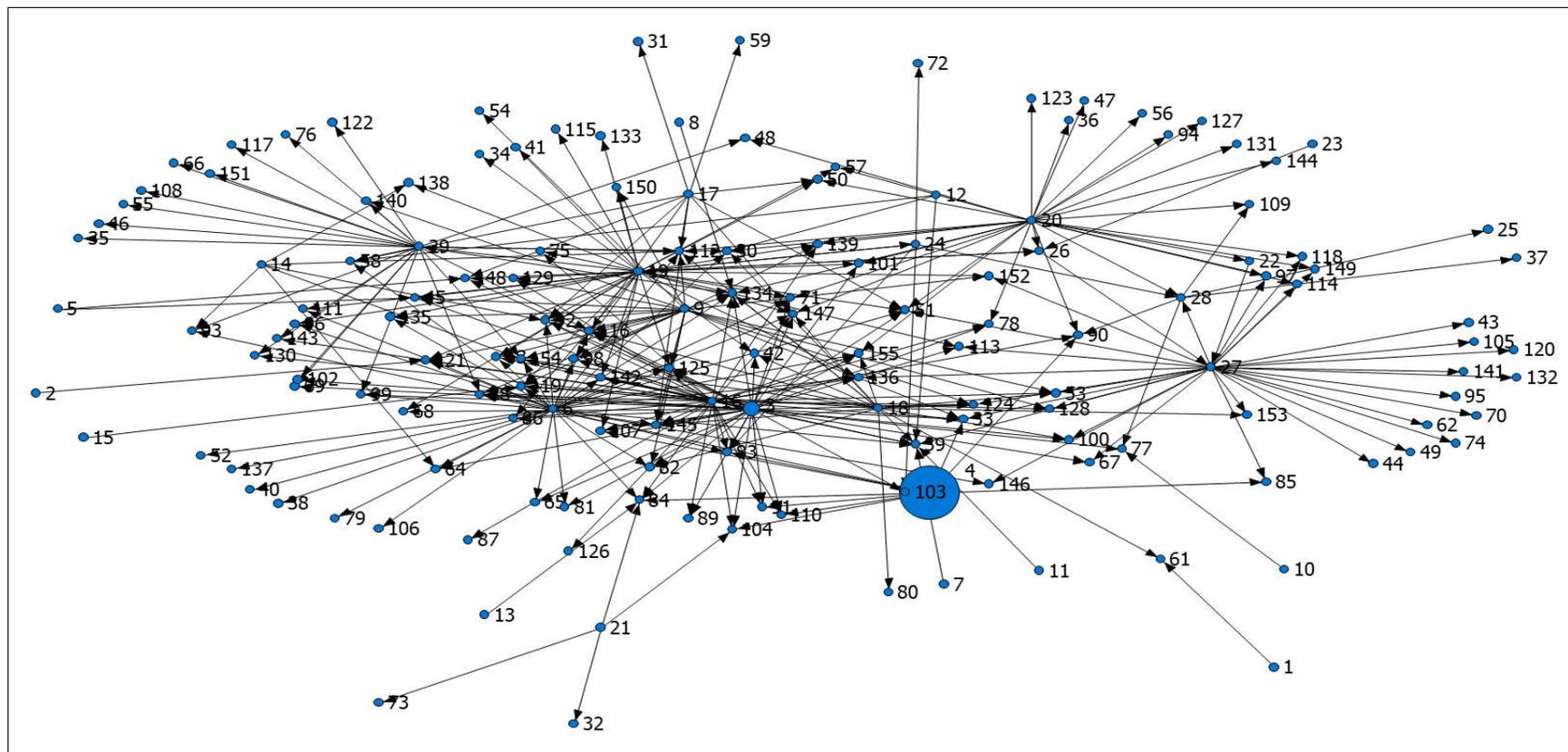
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 20: Centralidade Hub dos agentes para o risco de acessibilidade

COD	EMPRESA	Hub	Ranking
4	BLUEWAY TRADING	1	1°
3	BCI BRASIL CHINA	0,166535508	2°
16	TRICON	0,008864451	3°
6	FLAMMA OLEOS	0,004775855	4°
9	GREENERGY	0,00179326	5°
28	TT SÃO CAETANO DO SUL	0,001213073	6°
13	SERTRADING	0,000939204	7°
20	REVAP	8,83628E-05	8°
10	OIL TRADING	5,77022E-05	9°
14	SUL PLATA	5,31176E-05	10°
18	VARO ENERGY	4,38012E-05	11°
5	CIAPETRO TRADING	2,64676E-05	12°
17	TRIUMPH BRAZIL	1,05247E-05	13°
12	SAVIXX	8,22326E-06	14°
11	OKTANA	7,57415E-06	15°
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	1,36289E-06	16°
15	TGV	8,62388E-07	17°
7	FUNCHAL	8,42321E-07	18°
2	BCI BALPEX	7,21957E-07	19°
8	G R B	1,76459E-07	20°
19	REPLAN	8,57701E-08	21°
21	RPBC	6,78747E-08	22°
29	TT RIBEIRAO PRETO	1,22147E-08	23°
1	AXA OIL	5,05707E-09	24°
24	TT BARUERI	1,22988E-09	25°
23	TA SÃO SEBASTIÃO	2,19432E-13	26°
26	TT GUARAREMA	1,25087E-19	27°
22	SUZANO	1,30783E-31	28°

Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 36: Grafo da centralidade Hub para risco de acessibilidade



Fonte: Elaborado pelo autor

Como na centralidade *Authority*, no *Hub* algumas empresas se destacaram, sendo elas importadoras, como a BLUWAY (1,00), BCI (0,166) e TRICON (0,0088).

5 DISCUSSÕES

No referencial teórico foram abordados os conceitos necessários para a compreensão da aplicabilidade das medidas de centralidade da análise de redes sociais no processo de gerenciamento de riscos. Para tanto, foi definido a cadeia de suprimentos como um conceito amplo, composto por vários níveis de relação entre os seus componentes e formando uma estrutura complexa denominada *network* ou rede.

Nessa rede foram abordadas as características de complexidade e essas mesmas características foram verificadas na cadeia de petróleo. Uma vez que a estrutura de cadeias de suprimentos influencia sua vulnerabilidade, é fundamental conhecer os pontos cuja ruptura pode trazer resultados mais impactantes para a cadeia como um todo.

Nesse sentido, o processo de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos é atividade cuja análise de riscos se dá de maneira sistêmica, pois o foco é entender como rupturas locais podem afetar para toda a cadeia.

Sendo assim, foram estudadas e aplicadas as medidas de centralidade em um segmento de cadeia do segmento *downstream* da cadeia de petróleo no Estado de São Paulo para o fluxo de óleo diesel. Nesse tópico, a análise dos resultados será ampliada tendo como foco avaliar a aplicabilidade dessas medidas na avaliação dos riscos no gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos.

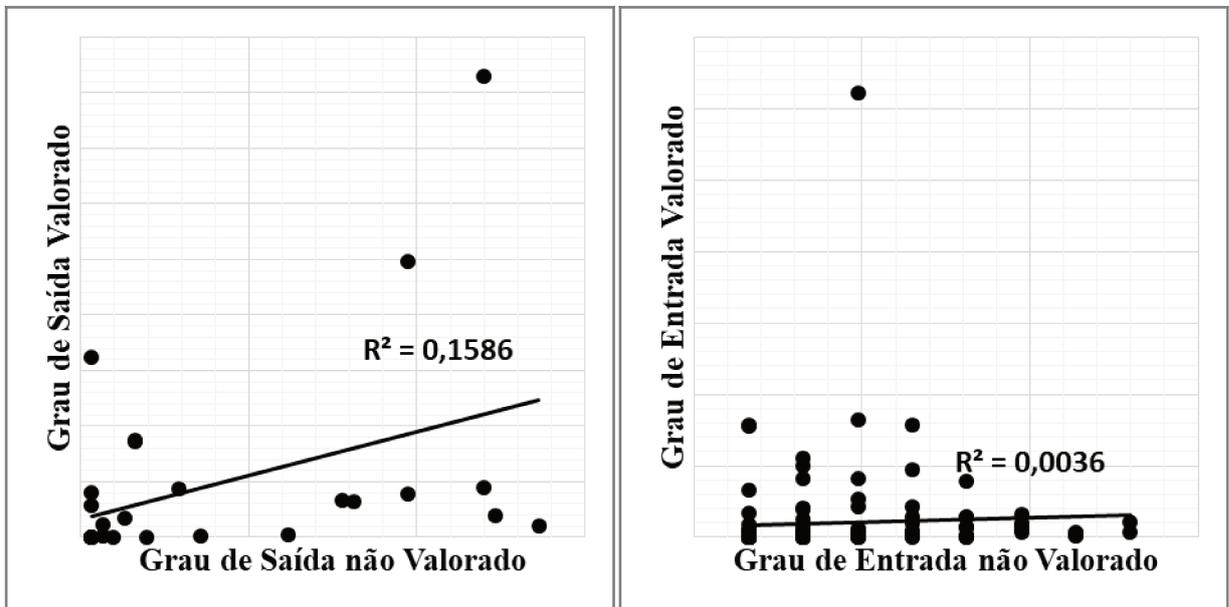
5.1 CENTRALIDADE DE GRAU

Como foi descrito no item 2.3.3, a centralidade de grau indica os agentes mais críticos de acordo com o número de conexões diretas que possuem com os outros agentes da cadeia, sendo que o mesmo pode ser um indício de gargalo, pois havendo uma ruptura nesse agente,

uma grande quantidade de agentes será prejudicada ao mesmo tempo que informa às empresas que, por suas posições, possuem mais dependentes dentro da cadeia.

Ao analisar as centralidades de grau é possível notar que o volume recebido ou enviado pelas empresas da cadeia tem pouca correlação com a quantidade de fornecedores ou clientes que essa empresa possui. Ou seja, existem empresas com poucos parceiros recebendo ou entregando grande volume, ou empresas com muitos parceiros recebendo ou entregando pouco volume.

Figura 37: Gráfico de correlação entre centralidades de grau valorado e não valorado



Fonte: Elaborado pelo autor

Essa característica visualizada na Figura 37 pode representar a diversificação quanto ao número de fornecedores ou clientes. Como foi visto nas etapas do processo de gerenciamento de riscos, no item 2.2.3, um dos meios de mitigação dos riscos é possuir fornecedores redundantes, onde os efeitos incluem a queda no risco de ruptura, aquisição inventário. A centralidade de grau, portanto, pode ser vista um indicador de estratégia de diversificação de fornecedores e clientes adotada pela empresa.

Outra característica importante é que tanto as medidas de centralidades de grau de saída como de entrada, não valoradas e valoradas, possuem significativas variações em seus respectivos *rankings* mesmo comparando empresas ou agentes com mesma função. A TRICON

por exemplo, possui o 3º lugar de centralidade de grau de saída não valorado, mas a mesma centralidade fica em 6ª posição no grafo valorado. Mesmo a BCI possuindo o primeiro lugar na centralidade de grau de saída não valorada, a mesma perde para a TRICON na centralidade de grau valorada. Nesse exemplo, é possível concluir que a BCI possui maior diversificação de clientes do que a TRICON, sendo assim mais influente e imune à ruptura que a TRICON, no entanto menos impactante em volume.

5.2 CENTRALIDADE DE AUTO VETOR E PROXIMIDADE

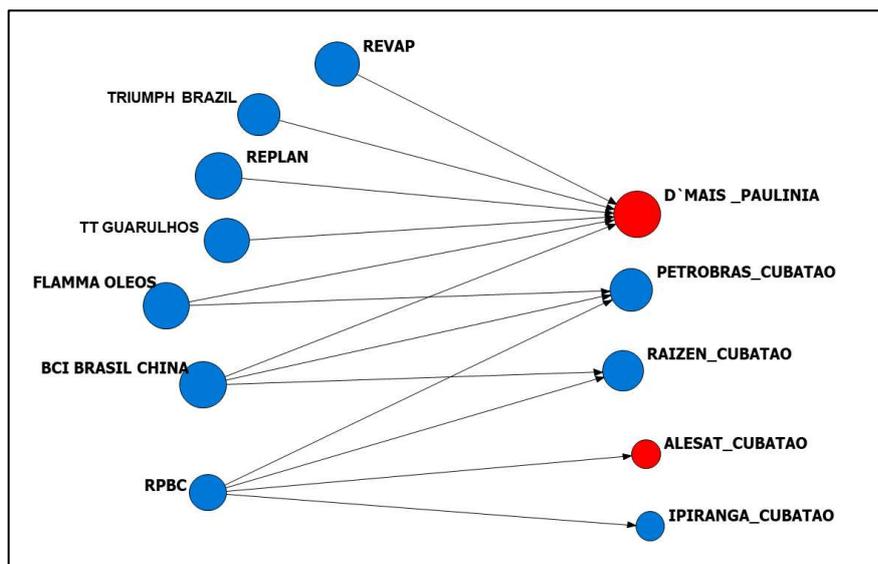
As medidas de centralidade de Auto vetor e proximidade, diferentemente das centralidades de grau, avaliam a cadeia considerando as conexões diretas e as indiretas entre os componentes das redes. A centralidade de proximidade considera as distâncias entre um ponto e os outros pontos da rede e a centralidade de auto vetor leva em consideração a quantidade de conexões que um componente possui e a importância dessas conexões.

Ao mesmo tempo que a centralidade de proximidade está ligada à liberdade de uma empresa, sua independência na cadeia, e o acesso à informação de maneira mais privilegiada, empresas com essa centralidade elevada também exercem bastante influência na cadeia e sua ruptura se propaga com maior velocidade.

É possível verificar essas características na centralidade de proximidade considerando, por exemplo, duas empresas do mesmo segmento com características diferentes de centralidade de proximidade.

Considerando a distribuidora D`MAIS de Paulínia e ALESAT de Cubatão, cuja centralidade de proximidade é respectivamente 81,261597 e 45,640072, ocupando as respectivas posições de 1º e 153º lugar no *ranking* da centralidade de grau tem-se os seguintes recortes da cadeia (Figura 38):

Figura 38: Comparação entre distribuidoras com maior e menor centralidade de proximidade



Fonte: Elaborado pelo Autor

Como pode ser visto na Figura 38, a D'MAIS de Paulínia possui uma grande variedade de fornecedores, sendo que eles possuem papéis importantes na centralidade proximidade na cadeia. Os fornecedores da D'MAIS são as empresas REVAP, TRIUMPH, REPLAN Terminal de Guarulhos, FLAMMA, BCI, e RPBC, cujas centralidades de proximidade são bastante elevadas para a maioria desses fornecedores.

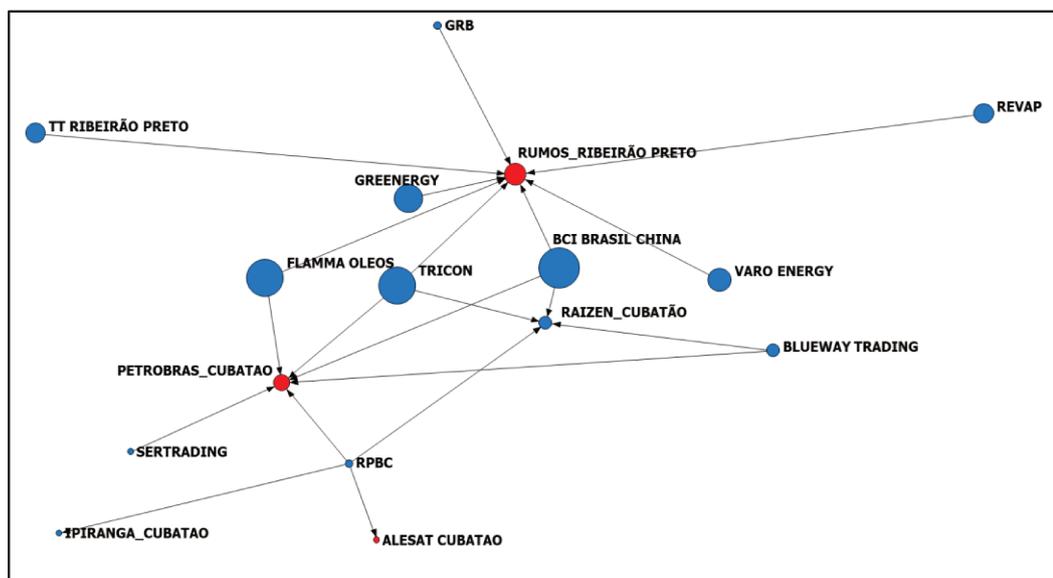
Sendo a maioria desses fornecedores os pontos centrais da cadeia em várias medidas de centralidade, ao tê-los como fornecedores, torna a empresa com maior acesso aos pontos mais importantes da cadeia, e por isso, a distribuidora possui maior proximidade com todos os agentes. No entanto, a distribuidora ALESAT de Cubatão, depende de apenas um fornecedor, sendo ele a refinaria RPBC, assim, nessa situação que a distribuidora ALESAT, assim como a distribuidora IPIRANGA de Cubatão possuem menor proximidade com a cadeia.

A centralidade de auto vetor considera a quantidade e importância das conexões do agente da cadeia analisado. Diferente da centralidade de proximidade, a distribuidora com maior centralidade foi a RUMOS de Ribeirão Preto.

No grafo da Figura 39 é possível verificar que sua importância é destacada pela quantidade de conexões que a mesma possui e também pela importância dessas conexões. A distribuidora RUMOS e PETROBRAS possuem centralidade de Auto Vetor muito diferentes, 0.148 e 0.0946 ocupando 7º e 30º lugar respectivamente. Mesmo o número de conexões sendo

parecidos, diferindo apenas por 2 conexões, a RUMOS possui ligações com fornecedores mais “importantes” do que a PETROBRAS.

Figura 39: Representação da Centralidade de auto vetor para a cadeia das distribuidoras de maior e menor centralidade



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 CENTRALIDADE RADIAL

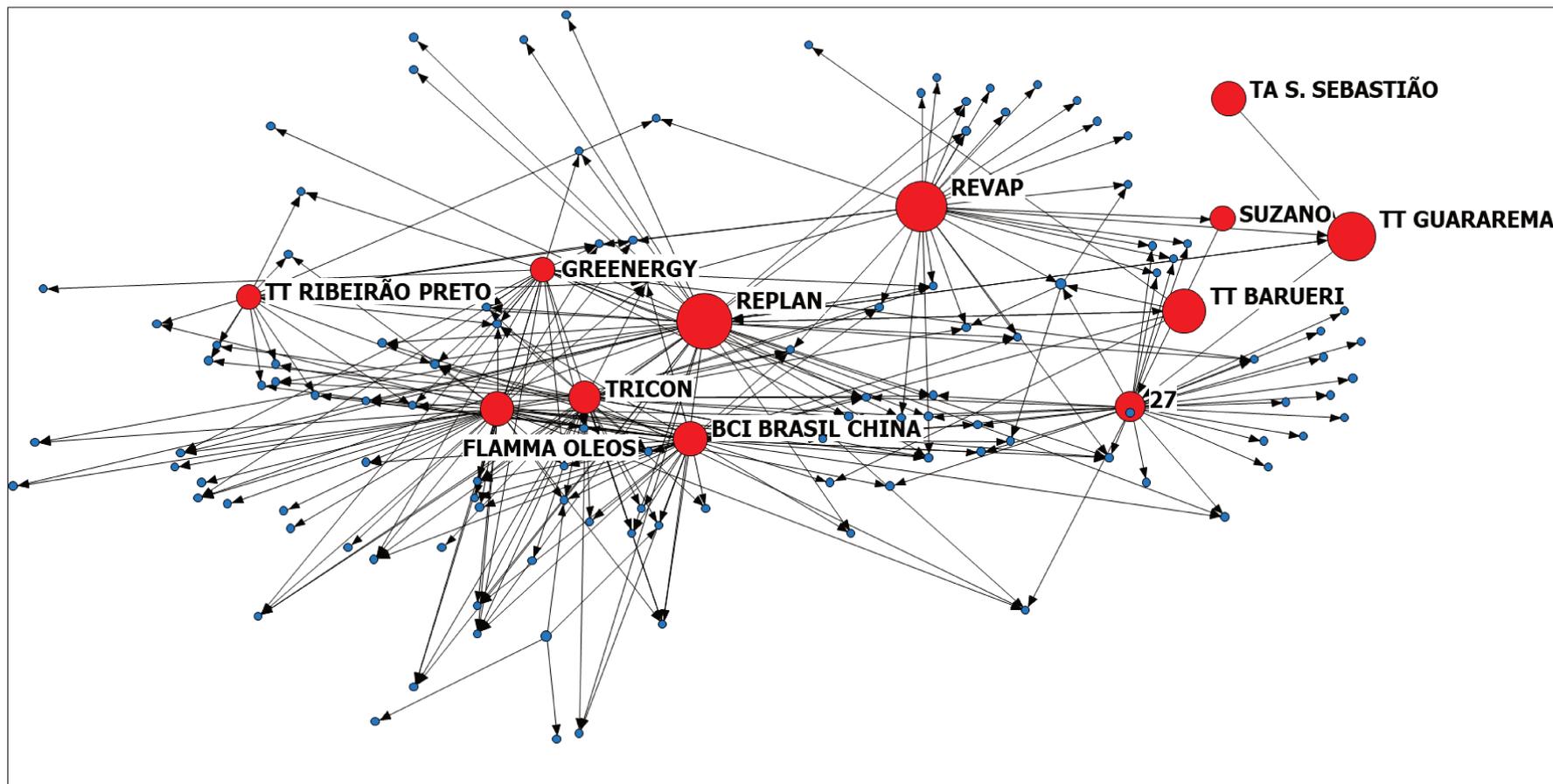
A Figura 40 destaca os principais fornecedores, com sua cadeia imediata, que possuem maiores centralidades radiais. É possível verificar que essa medida destaca os fornecedores mais conectados com os outros agentes da cadeia.

A centralidade radial também possui características bastante próxima à centralidade de grau de saída. Como foi visto na Tabela de Correlação (Tabela 6), o coeficiente de correlação R^2 teve o valor de aproximadamente 0,77 entre a centralidade radial e de grau de saída. Isso acontece, devido ao fato de que as distâncias entre fornecedores e clientes imediatos serem de menor valor possível. Assim o fornecedor de uma centralidade de grau de saída elevada também terá a centralidade radial afetada por essa característica sendo essa mesma também elevada.

No entanto, a centralidade de grau de saída leva em consideração apenas as conexões entre fornecedores e clientes diretos, e a centralidade radial leva em consideração os clientes indiretos também, o que faz a centralidade radial uma medida mais adequada quando analisa a cadeia como um todo. No entanto, o uso de ambas as centralidades permite uma avaliação mais assertiva dos fornecedores de maior e menor importância. No exemplo do terminal Aquaviário de São Sebastião, a centralidade de grau de saída Tabela 9 fica na 19ª posição, ao mesmo tempo que sua centralidade Radial possui a 6ª posição.

Uma vez que a centralidade Radial avalia o quão próximo um agente está dos outros agentes, no contexto de ruptura essa medida mostrará quais agentes afetarão mais firmas dentro da cadeia e de maneira mais rápida, mensurado de acordo a importância desse índice.

Figura 40: Grafo da cadeia imediata dos fornecedores com maior centralidade Radial



Fonte: Elaborado pelo autor

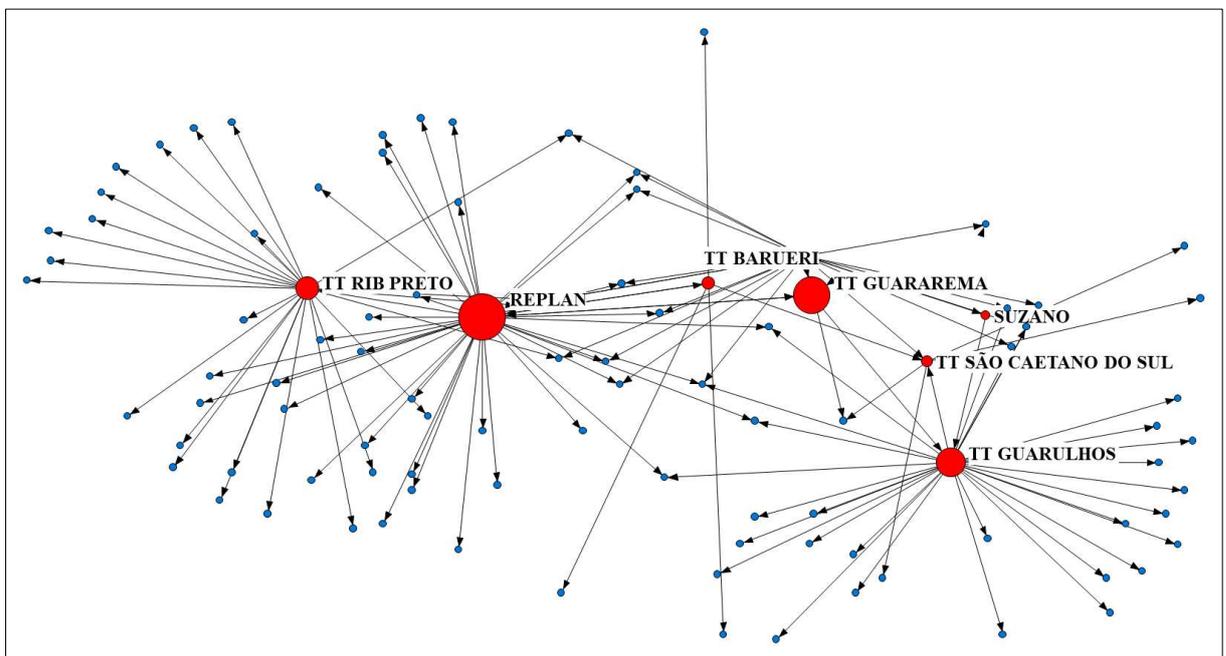
5.4 CENTRALIDADE DE INTERMEDIACÃO DE FLUXO

Utilizando a centralidade de intermediação de fluxo com grafo valorado e orientado, foi possível encontrar os pontos que funcionam como intermediadores de fluxo e possíveis gargalos para a cadeia em caso de ruptura.

Apenas 7 membros da cadeia possuem característica de intermediadores de fluxo na cadeia estudada. Essas empresas possuem pelo menos uma conexão de entrada e de saída.

Os agentes com maiores quantidades de conexões de entrada e saída possui consequentemente maior importância como intermediadores. A Figura 41 representa o grafo com os agentes que tiveram centralidade de intermediação de fluxo não nula destacados vermelho, junto à sua cadeia imediata (seus fornecedores e clientes imediatos, pontos em azul), é possível verificar intensidades dessa medida de centralidade, em especial a refinaria REPLAN, cuja medida de centralidade é a maior.

Figura 41: Cadeia Imediata dos Agentes com centralidade de Intermediação de fluxo não nula

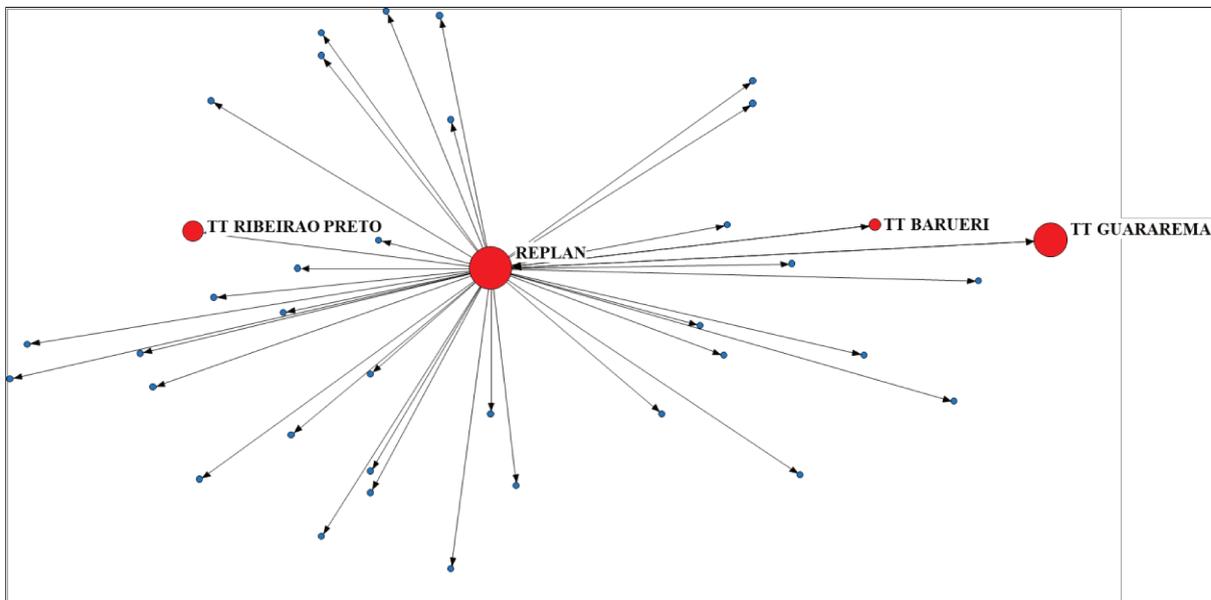


Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 42, é possível ver com mais destaque as características da REPLAN, a refinaria de maior centralidade de intermediação de fluxo verificada na cadeia. A REPLAN

recebe e envia combustíveis para terminais e refinarias, ao mesmo tempo que é responsável por abastecer diretamente muitas distribuidoras e terminais.

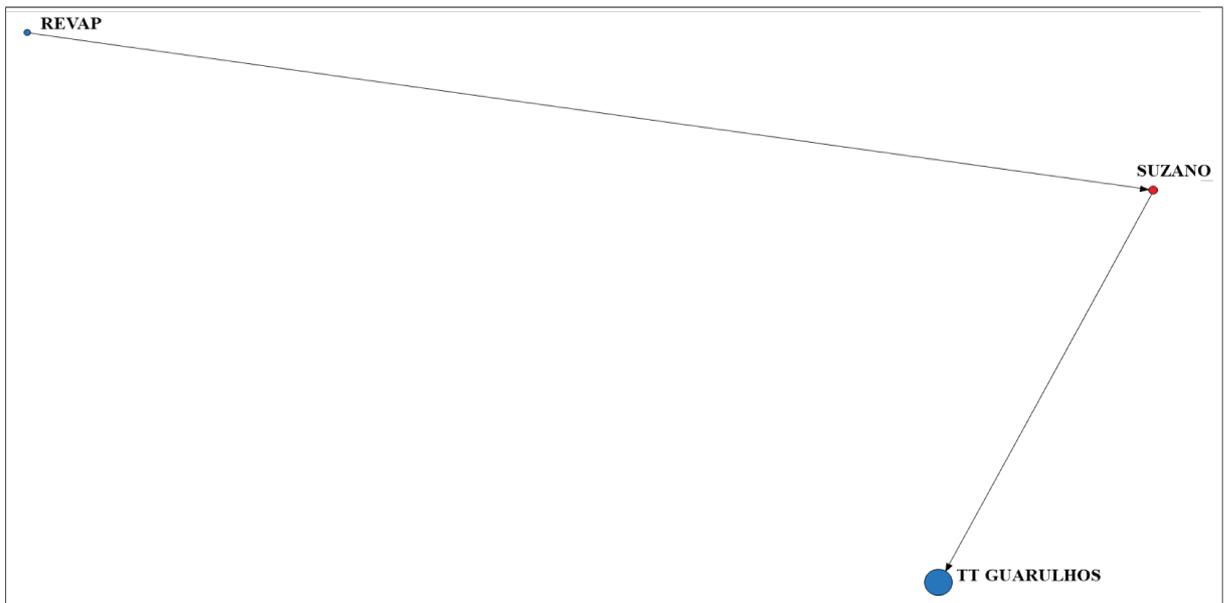
Figura 42: Cadeia imediata do agente com maior centralidade de intermediação de fluxo



Fonte: Elaborado Pelo autor

Na Figura 43, é possível verificar o ponto com menor centralidade de intermediação. A estação de SUZANO recebe o combustível da REVAP e também envia combustível para o terminal de Guarulhos. A estação de SUZANO é o local que intermedia menor fluxo máximo, e o menor número de empresas dentro da cadeia.

Figura 43: Cadeia Imediata do agente com menor Centralidade de Intermediação de Fluxo



Fonte: Elaborado pelo Autor

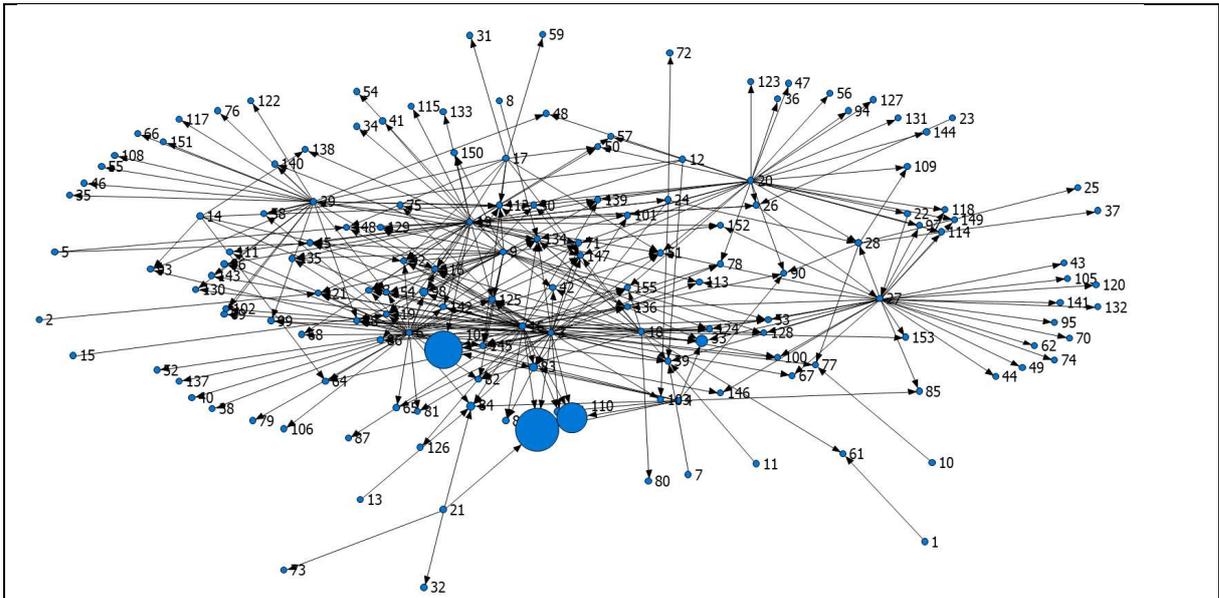
É perceptível que em ambas as situações, os agentes com centralidade de intermediação de fluxo possuem papel intermediadores, onde as centralidades de intermediação de fluxo são maiores para as empresas mais conectadas com a cadeia, recebendo e entregando para muitos agentes.

5.5 AVALIAÇÃO DE RISCOS DE TRANSPORTE UTILIZANDO CENTRALIDADE HUB E AUTHORITY

A centralidade de *Hub* e *Authority*, como foi visto anteriormente é útil para análise de diferentes tipos de riscos que possuem como característica o contágio ou propagação pela cadeia e que sejam atribuídos aos *links* (ligações entre pares de empresas). Riscos de transportes em um fornecedor pode comprometer a empresa recebedora bem como os clientes dessa mesma empresa.

Das 155 empresas consideradas, 134 empresas possuíam centralidade *Authority* não nula, o que significa que essas empresas são compradoras de alguma outra empresa dentro da cadeia considerada. A Figura 44 informa o desenho da cadeia cuja centralidade é refletida no tamanho das esferas que representam as empresas.

Figura 44: Centralidade *Authority* para risco de transporte



Média: 0,0175 (Baseado em 134 empresas com valores não nulos)
 Desvio Padrão:0,1137
 Mínimo: 2,83 x 10⁻²⁶ (TERMINAL GUARULHOS)
 Máximo: 1 (RAIZEN – CUBATAO)

Os 10 Maiores Agentes com centralidade <i>Authority</i>		
Número da empresa	Centralidade <i>Authority</i>	Descrição da Empresa
104	RAIZEN_CUBATAO	1
107	RAIZEN_PAULINIA	0,84871583
110	RAIZEN_SAO PAULO	0,654812772
33	ALESAT_GUARULHOS	0,139907808
84	PETROBRAS_CUBATAO	0,058936421
91	PETROBRAS_SAO PAULO	0,045316745
83	PETROBRAS_BARUERI	0,032630492
98	PETRONAC_PAULINIA	0,032605742
85	PETROBRAS_GUARULHOS	0,016654805
86	PETROBRAS_PAULINIA	0,01529713

Fonte: Elaborado pelo autor

A

Tabela 21 Tabela 21 informa com mais detalhe os dados que compõem os riscos das empresas com maior e menor centralidade *Authority* entre as 10 empresas listadas na tabela anterior.

Tabela 21: Riscos de transporte das 10 empresas com maior e menor centralidade *Authority*

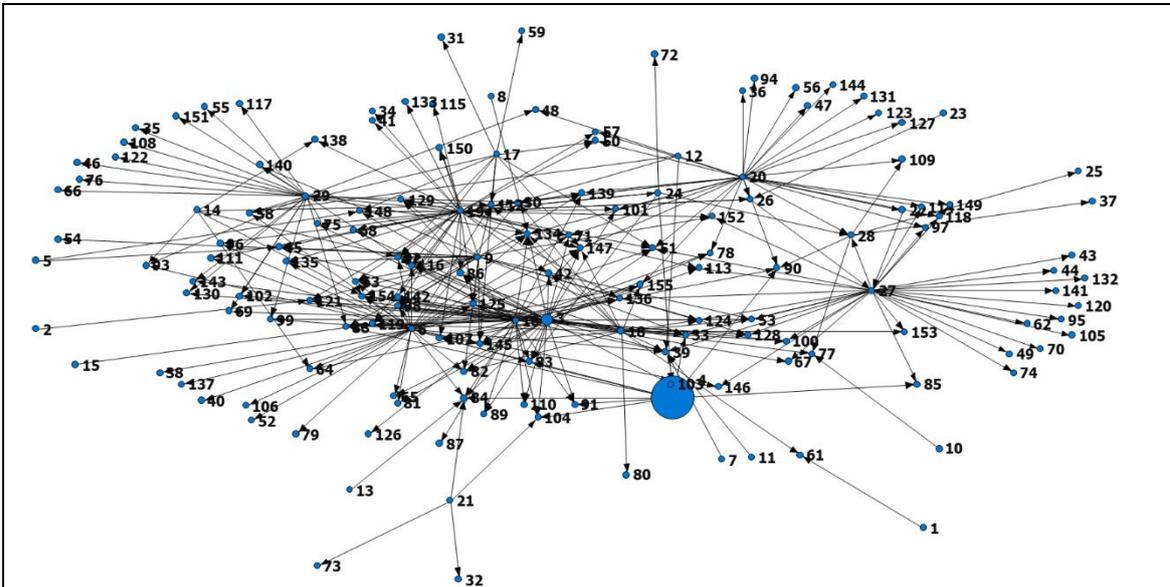
Cod. Origem	Empresa Origem	Cod. Destino	Empresa Destino	Tipo de Transporte	Distância (km)	Volume (M3/Ano)	Incidentes / KM / Ano	Risco Geral
3	BCI BRASIL CHINA	86	PETROBRAS PAULINIA	- Rodoviário	2691,00	11.431,00	1,16810	35.931.715,0 1
16	TRICON	86	PETROBRAS PAULINIA	- Rodoviário	206,00	133.223,00	2,55110	70.012.230,23 1.371.032,0
19	REPLAN	86	PETROBRAS-PAULINIA	Dutoviário	0,25	0	0,00029	98,37
3	BCI BRASIL CHINA	104	RAIZEN -CUBATAO	Rodoviário	2739,00	8.400,00	2,16810	49.882.777,5 6
4	BLUEWAY TRADING	104	RAIZEN -CUBATAO	Rodoviário	494,00	290.467,00	2,95100	423.441.049, 80
16	TRICON	104	RAIZEN -CUBATAO	Rodoviário	19,40	2.500,00	2,52570	122.496,45
21	RPBC	104	RAIZEN - CUBATAO	Dutoviário	2,30	84.040,00	0,00029	55,47

Fonte: Elaborado pelos autores

É possível verificar na Tabela 21, que a empresa RAIZEN de Cubatão possui um grande volume recebido da empresa importadora BLUEWAY TRADING cuja distância, bem como o risco do modal rodoviário, é bastante elevado. Isso explica a superioridade dessa empresa na centralidade *Authority* como cliente de maior risco. Um raciocínio semelhante, pode ser aplicado igualmente na empresa PETROBRAS de Paulínia. Nesse caso, sua dependência maior é da refinaria REPLAN, cujo risco é significativamente baixo devido à distância baixo riscos associados ao modal dutoviário.

Para as empresas que não apresentam centralidade *Authority*, temos a centralidade *Hub*, (Figura 45) que representa os fornecedores com clientes de maior risco de transporte. Nesse caso, 28 entidades representam valores não nulos, o que significa que essas empresas executam o papel de fornecedores. Uma vez que a soma das empresas com centralidade *hub* e *authority* não nulas é maior do que a quantidade total das empresas ($134+28 \neq 155$), o que representa as empresas intermediadoras funcionando tanto como receptoras quanto entregadora.

Figura 45: Centralidade Hub para risco de transporte



Média: 0,04159 (Baseado em 28 empresas com valores não nulos)
 Desvio Padrão: 0,1898
 Mínimo: 2,39E-31 (ESTAÇÃO SUZANO)
 Máximo: 1 (BLUEWAY TRADING)

Os 10 Maiores Agentes com centralidade <i>Hub</i>		
Número da empresa	Centralidade <i>Hub</i>	Descrição da Empresa
4	1	BLUEWAY TRADING
3	0,166535508	BCI BRASIL CHINA
16	0,008864451	TRICON
6	0,004775855	FLAMMA OLEOS
9	0,00179326	GREENERGY
28	0,001213073	TT SÃO CAETANO DO SUL
13	0,000939204	SERTRADING
20	8,83628E-05	REVAP
10	5,77022E-05	OIL TRADING
14	5,31176E-05	SUL PLATA

Fonte: Elaborado pelos autores

Como fornecedores de maior risco de transporte, é possível verificar que as importadoras de combustível são as mais arriscadas devido principalmente à distância que as mesmas possuem do ponto de entrega, quando comparada com os terminais e refinarias, cujos riscos são menores. Desse modo, o modal rodoviário, apresenta-se como uma opção de alto risco para a cadeia de suprimento de petróleo.

Na Tabela 22 são mostradas as centralidades *Authority* (nulas) e *Hub* para os importadores. Para normalização, foi utilizado o valor máximo de centralidade igual a 1. Como

é notado na tabela, o agente BLUEWAY TRADING é o fornecedor de maior risco da cadeia de petróleo do Estado de São Paulo devido principalmente à distância dos seus clientes e o alto risco do modal rodoviário em comparação com o modal dutoviário.

Tabela 22: Centralidade Hub e Authority dos Importadores

CODIGO	IMPORTADOR	Centralidade Authority	Centralidade Hub
4	BLUEWAY TRADING	0	1,00000000000000000000
3	BCI BRASIL CHINA	0	0,16653550759042900000
16	TRICON	0	0,00886445082052743000
6	FLAMMA OLEOS	0	0,00477585493513455000
9	GREENERGY	0	0,00179325951111077000
13	SERTRADING	0	0,00093920373376953700
10	OIL TRADING	0	0,00005770223873480310
14	SUL PLATA	0	0,00005311760218989080
18	VARO ENERGY	0	0,00004380122517276460
5	CIAPETRO TRADING	0	0,00002646761621592330
17	TRIUMPH BRAZIL	0	0,00001052474523638460
12	SAVIXX	0	0,00000822325901364115
11	OKTANA	0	0,00000757414633245404
15	TGV	0	0,00000086238772451346
2	BCI BALPEX	0	0,00000084232054408964
7	FUNCHAL	0	0,00000072195670780891
8	G R B	0	0,00000017645904367438
1	AXA OIL	0	0,00000000505707048373

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 23 são informadas as centralidades *Hub* e *Authority* para os terminais e refinarias. Devido à troca de fluxo entre si (reversão de fluxo, transbordo) esses agentes representam características simultâneas de recebedores e entregadores. Devido à grande Amplitude do indicador de risco calculado para cada entidade da cadeia, essa centralidade adota valores muito baixos para algumas empresas, pois a normalização dos dados utilizada adota a centralidade máxima igual à 1.

Tabela 23: Centralidade Hub e Authority das refinarias e terminais

Código	Agente	Centralidade Authority	Centralidade Hub
	TT SÃO CAETANO DO		
28	SUL	1,6261E-09	1,2131E-03
20	REVAP	-	8,8363E-05
27	TT GUARULHOS	1,9221E-26	1,3629E-06
19	REPLAN	1,3208E-14	8,5770E-08
21	RPBC	-	6,7875E-08
29	TT RIBEIRAO PRETO	2,2199E-08	1,2215E-08
24	TT BARUERI	8,1474E-12	1,2299E-09
23	TA SÃO SEBASTIÃO	-	2,1943E-13
26	TT GUARAREMA	2,9358E-09	1,2509E-19
22	ESTAÇÃO SUZANO	5,6023E-09	1,3078E-31
25	TT CUBATÃO	2,5859E-09	-

Fonte: Elaborado pelos Autores

As distribuidoras representaram os maiores níveis de centralidade *Authority* e com centralidade *Hub* anuladas. Devido a elas serem o último estágio da cadeia na amplitude considerada (consumidor final), as suas centralidades representam não só os riscos diretos entre seus fornecedores, mas também os riscos dos níveis da cadeia anterior aos seus fornecedores.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho avaliou a cadeia de distribuição de óleo diesel do estado de São Paulo onde faz parte 155 agentes entre elas, refinarias, terminais, importadores e distribuidores do estado. Nesse sentido, foram avaliados o quanto cada componente da cadeia é central de acordo com as medidas de centralidades aplicadas. Essas medidas foram baseadas no grafo da cadeia valorado com o risco de transporte ou com o volume da conexão, e também considerando o grafo de arestas não valoradas. As medidas de centralidade mostraram características importantes à serem consideradas no gerenciamento de riscos, sendo possível verificar quais empresas merecem mais atenção de acordo com o valor de centralidade e sua consequente representatividade para a ruptura da cadeia.

Foram utilizadas na análise as centralidades de grau, proximidade, radial, intermediação de fluxo, auto-vetor e de *Hub* e *Authority*. As aplicações dessas medidas evidenciam a necessidade de sua utilização em conjunto, uma vez que cada medida destaca uma característica específica da cadeia, e com agentes específicos.

Com as medidas de centralidade de grau foi possível determinar os pontos mais críticos de vulnerabilidade da cadeia sendo estrutural ou baseado no volume recebido ou entregue. Com a centralidade de proximidade foi possível verificar os pontos mais interconectados com a cadeia onde a velocidade de ruptura ou de propagação de qualquer fenômeno pode acontecer pela cadeia. A centralidade radial informou os fornecedores mais críticos quanto sua capacidade de propagar riscos pela cadeia afetando o máximo de agentes, de acordo com a intensidade de sua centralidade. Com a centralidade de intermediação de fluxo foi possível encontrar os agentes que podem funcionar como gargalo ou controladores de fluxo na cadeia. A centralidade de auto vetor informou os agentes mais influentes na cadeia. As centralidades *Hub* e *Authority*, em particular foram utilizadas em grafos valorados para avaliar o risco de acessibilidade de transporte.

A Aster de Guarulhos e Rumos de Ribeirão Preto foram as distribuidoras com maior centralidade de grau de entrada não valorada, ambas com valor 0.052. No caso da centralidade de grau de entrada valorada, o terminal terrestre de Guararema e as distribuidoras Petrobras de Paulínia e Raizen de Paulínia tiveram as maiores centralidades com os valores de 0.0124, 0.0033 e 0.0031 respectivamente. Para as centralidades de grau de saída, a importadora BCI obteve o maior índice (0,2727), e para centralidade de grau de saída valorado, o primeiro lugar

ficou para a REPLAN. O Quadro 19 informa as empresas com maiores centralidades de grau e suas características.

Quadro 19: Empresas com maiores centralidades de grau e suas características

Tipo	Maiores Medidas	Características
Grau de entrada Não-Valorado	RUMOS-RIBEIRÃO PRETO (1°) ASTER - GUARULHOS (1°) POWER PAULÍNIA (3°) REDEPETRO-RIBEIRÃO PRETO (3°) PETROEXPRESS - PAULÍNIA (3°)	<ul style="list-style-type: none"> • Clientes influentes na cadeia. • Mais opções de fornecedores e consequentemente acesso a melhores preços e prazos e mitigação de riscos de falta de estoque. • Integrador: unir diferentes partes e agregar valor. • Pontos de ruptura na demanda da cadeia.
Grau de entrada valorado	TT GUARAREMA (1°) PETROBRAS - PAULÍNIA (2°) RAIZEN - PAULÍNIA (3°) TT BAURUERI (4°) SUZANO (5°)	
Grau de Saída Não-Valorado	BCI BRASIL CHINA (1°) FLAMMA OLEOS/TRICON (2°) REPLAN (3°) REVAP (4°) TT GUARULHOS (5°)	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedores mais influentes. • Mitigação de riscos de recebíveis. • Pontos de vulnerabilidade no fornecimento da cadeia. • Pontos de gargalos da cadeia.
Grau de entrada valorado	REPLAN (1°) REVAP (2°) TA SÃO SEBASTIÃO (3°) TT BARUERI (4°) TT SÃO CAETANO DO SUL (5°)	

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a centralidade de Proximidade, a distribuidora D'Mais (81,26) teve o maior valor, e para a centralidade de auto vetor a importadora BCI obteve o maior valor (0,337). Na centralidade Radial, e intermediação de fluxo a refinaria REPLAN é o agente de maior medida de centralidade com o valor de 1,91 e 1,244 respectivamente. As empresas com maior destaque nas centralidades de auto vetor, proximidade, radial e intermediação de fluxo bem como as suas consequências são descritas no w

Quadro 20: Empresas com maiores centralidades de auto vetor, proximidade, radial e intermediação de fluxo e suas características

Tipo	Maiores Medidas	Características
Centralidade de auto vetor	BCI BRASIL CHINA (1°) TRICON (2°) FLAMMA OLEOS (3°) REPLAN (4°) GREENERGY (5°)	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da empresa na cadeia, em relação a parceria e influência.
Centralidade de proximidade	D`MAIS - PAULINIA (1°) REPLAN (2°) RUMOS - RIBEIRAO PRETO (3°) BCI BRASIL CHINA (4°) TT RIBEIRAO PRETO (11°)	<ul style="list-style-type: none"> • Liberdade e independência. Acesso à informação de maneira privilegiada (Navegadores). • Propagação dos efeitos da ruptura mais rápido
Centralidade radial	REPLAN (1°) REVAP (2°) TT GUARAREMA (3°) TT BARUERI (4°) BCI BRASIL CHINA (5°)	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedores cuja ruptura gera maior impacto no abastecimento da cadeia. • Pontos de vulnerabilidade na cadeia.
Centralidade de Intermediação de Fluxo	REPLAN (1°) TT GUARAREMA (2°) TT GUARULHOS (3) TT RIBEIRAO PRETO (4°) TT BARUERI (5°)	<ul style="list-style-type: none"> • Influência na cadeia e controle de fluxo. • Pivô/ <i>Broker</i> • Gargalos. • Ponto de Vulnerabilidade da cadeia.

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas centralidades *Hub e Authority* (Quadro 21) utilizadas na análise de riscos de transportes, verificou-se as empresas que possuem maior risco como clientes e como fornecedores. Utilizando essas medidas em conjunto é possível comparar as empresas que ocupam a mesma função na cadeia e verificar o quanto cada uma se difere quanto sua vulnerabilidade ao risco estudado. Isso permite concluir um nível de aceitação de vulnerabilidade com base no *benchmarking* entre as empresas, definindo planos para mitigação desses riscos, que envolvem adotar planos de minimização de riscos, ou escolhas de clientes/fornecedores cujas características de riscos sejam minimizadas. Para a centralidade *Hub e Authority* os fornecedores e cliente de maior risco para a cadeia formam as distribuidoras RAIZEN de Cubatão e a BLUWAY respectivamente, assumindo seus valores máximo nas suas respectivas centralidades.

Quadro 21: Empresas com maior risco de acessibilidade de transporte de acordo com a centralidade *Hub* e *Authority*

Tipo	Maiores Medidas	Características
<i>Hub</i>	BLUEWAY TRADING (1°) BCI BRASIL CHINA (2°) TRICON (3°) FLAMMA OLEOS (4°) GREENERGY (5°)	Fornecedores com maior risco de acessibilidade de transporte.
<i>Authority</i>	RAIZEN - CUBATAO (1°) RAIZEN - PAULINIA (2°) RAIZEN - SAO PAULO (3°) ALESAT_GUARULHOS (4°) PETROBRAS - CUBATAO (5°)	Clientes com maior risco de transporte. Possuem acesso à fornecedores cujas rotas de transporte fornecem maior risco.

Fonte: Elaborado pelo autor

Além do risco de transporte, outros riscos podem ser combinados com outras modalidades de centralidade permitindo uma análise mais abrangente para o gerenciamento de risco na cadeia. A medida de centralidade demonstrou ser eficaz para complementar o entendimento de propagação de riscos ou avaliar diretamente os riscos na cadeia pois oferece um conjunto de ferramentas eficaz para o entendimento de riscos em cadeias complexas no ponto de vista sistêmico. Desse modo, é possível responder à questão dessa pesquisa, confirmando que a análise de redes sociais contribui para o gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos permitindo um enfoque holístico onde uma cadeia de suprimentos é analisada como um sistema.

Foi também possível verificar que a aplicação da análise de redes sociais no processo de gerenciamento de riscos na parcela da cadeia de suprimentos *downstream* permite a avaliação dos riscos de maneira sistêmica, identificando os pontos que possam causar maior danos em caso de ruptura, devido à intensidade das medidas de centralidade de cada agente. Essas medidas de centralidades podem resultar de um grafo valorado ou não, orientado ou não. Para grafos valorados, é possível atribuir medidas de riscos ou pesos que representam a importância das conexões ou dos agentes, sendo assim possível estudar os diferentes fatores de riscos existentes no segmento *downstream* da cadeia de petróleo.

Por fim, esse trabalho contribui no enriquecimento de estudos de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos com enfoque sistêmico, onde a análise de redes sociais, mostra-se bastante oportuna. A aplicação desses conceitos no setor *downstream* da cadeia de petróleo

é igualmente oportuno pelas características do setor e dos riscos associados à distribuição de combustível.

6.1 OPORTUNIDADES FUTURAS

Como trabalhos futuros, pode-se realizar esse mesmo estudo considerando mais níveis da cadeia (bases secundárias e revendedores finais), bem como aumentar a abrangência da região (estudar essas medidas grandes região ou escala nacional). Tem-se também a oportunidade de aplicar essas medidas de centralidade com outros riscos ainda não explorados, ou aplicação de outras medidas de centralidade não estudadas nesse trabalho, como por exemplo, centralidade de conectividade algébrica, ou *page-ranking*.

7. REFERÊNCIAS

- AITKEN, J. M. **Supply chain integration within the context of a supplier association: case studies of four supplier associations**. 1998. Cranfield University, 1998. Disponível em: <<http://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/9990>>.
- AMBITUONI, A. A risk management framework for downstream petroleum product transportation and distribution in Nigeria. 2016.
- AN, Q.; WANG, L.; QU, D.; ZHANG, H. Dependency network of international oil trade before and after oil price drop. **Energy**, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544218318620>>.
- ANP. Fluxos Logísticos de Produção, Transporte e Armazenamento de Gasolina A e de Óleo Diesel A no Brasil. **Agência Nacional do Petróleo**, 2015. Disponível em: <www.anp.gov.br/>. Acesso em: 1 nov. 2018.
- ANP. Anuário Estatístico - 2017. **Agência Nacional do Petróleo**, 2017. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 1 nov. 2018.
- ANP. **Agência Nacional do Petróleo**. Disponível em: <www.anp.gov.br/>. Acesso em: 1 nov. 2018.
- AQLAN, F.; LAM, S. S. Supply chain risk modelling and mitigation. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 18, p. 5640–5656, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2015.1047975>>.
- ARAÚJO, E.; GOMES, L. Fatores críticos de sucesso no setor de distribuição de combustíveis: a percepção das empresas distribuidoras. **Revista de Administração Pública**, v. 38, n. 5, p. 729–748, 2004. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/viewArticle/6751>>.
- ARAÚJO, S.; GOMES, C.; MICCUCI, S.; PIZZOLATO, D.; SECUND, B.; PRIM, B. Dimensionamento de tancagem de combustível em bases secundárias : decisões de investimento para superar ineficiências do sistema de transporte ferroviário Sizing fuel ' s tankage in secondary bases : investment decisions to overcome inefficiencies of the. **Latin American Journal of Business Management**, v. 4, n. 1, 2013.
- BAGCHI, P. K.; CHUN HA, B.; SKJOETT-LARSEN, T.; BOEGE SOERENSEN, L. Supply chain integration: A European survey. **The International Journal of Logistics Management**, v. 16, n. 2, p. 275–294, 2005.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. [s.l.] Bookman, 2009.
- BASOLE, R. C.; BELLAMY, M. A. Visual analysis of supply network risks: Insights from the electronics industry. **Decision Support Systems**, v. 67, p. 109–120, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2014.08.008>>.
- BASOLE, R. C.; BELLAMY, M. A.; PARK, H.; PUTREVU, J. Computational Analysis and Visualization of Global Supply Network Risks. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 12, n. 3, p. 1206–1213, jun. 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7445240/>>.
- BEAMON, B. M.; CHEN, V. C. P. Performance analysis of conjoined supply chains. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 14, p. 3195–3218, 2001.
- BEZUIDENHOUT, C. N.; BODHANYA, S.; SANJIKA, T.; SIBOMANA, M.; BOOTE, G. L. N. Network-analysis approaches to deal with causal complexity in a supply network. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 7, p. 1840–1849, 2012.
- BONACICH, P. Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. **The Journal of Mathematical Sociology**, v. 2, n. 1, p. 113–120, 1972.

- BORGATTI, S. P. **Netdraw Network Visualization** Analytic Technologies: Harvard, MA, , 2002. .
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. **Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis** Harvard, MA: Analytic Technologies, , 2002. .
- BORGATTI, S. P.; LI, X. U. N. On social network analysis in a supply chain context. **Journal of Supply Chain Management**, v. 45, n. 2, p. 5–22, 2009. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-63349111669&partnerID=40&md5=9a9e42d869634cf37c115ec9d55572d1%5Cnhttp://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-493X.2009.03166.x>>.
- BRIGGS, C. A. **RISK ASSESSMENT IN THE UPSTREAM CRUDE OIL SUPPLY CHAIN: LEVERAGING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS**. 2010. North Dakota State University, 2010.
- CARNEIRO, M. C.; RIBAS, G.; HAMACHER, S. Risk management in the oil supply chain: a CVaR approach. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 49, p. 3286–3294, 2010.
- CHOPRA, S.; SODHI, M. S. Managing risk to avoid supply-chain breakdown. **MIT Sloan management review**, v. 46, n. 46109, p. 53–61, 2004.
- CHRISTOPHER, M. **Logistics & Supply Chain Management**. [s.l: s.n.]v. 48
- CHRISTOPHER, M.; PECK, H. Building the Resilient Supply Chain. **The International Journal of Logistics Management**, v. 15, n. 2, p. 1–14, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/09574090410700275>>.
- CIGOLINI, R.; ROSSI, T. Managing operational risks along the oil supply chain. **Production Planning and Control**, v. 21, n. 5, p. 452–467, 2010.
- CROCKFORD, N. **An Introduction to Risk Management**. 2. ed. [s.l: s.n.]
- DIESTEL, R. **Graph Theory**. 2000. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017. v. 173
- DOUKAS, H.; KARAKOSTA, C.; FLAMOS, A.; FLOURI, M.; PSARRAS, J. Graph theory-based approach for energy corridors network to Greece. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 5, n. 1, p. 60–80, 12 abr. 2011. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17506221111120901>>.
- DUCRUET, C.; LEE, S. W.; NG, A. K. Y. Centrality and vulnerability in liner shipping networks: Revisiting the northeast asian port hierarchy. **Maritime Policy and Management**, v. 37, n. 1, p. 17–36, 2010.
- DUHADWAY, S.; CARNOVALE, S.; HAZEN, B. Understanding risk management for intentional supply chain disruptions: risk detection, risk mitigation, and risk recovery. **Annals of Operations Research**, p. 1–20, 2 mar. 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10479-017-2452-0>>.
- DUMIT, C. **O TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGA NO BRASIL: ESTUDO DE CASO DO TRANSPORTE DE COMBUSTÍVEIS NA REGIÃO SUL**. 2006. PUC-RJ, 2006. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=8177@1>.
- EGIG. **European Gas pipeline Incident data Group**. Disponível em: <<https://www.egig.eu/>>. Acesso em: 1 nov. 2018.
- ENYINDA, C. I.; BRIGGS, C.; OBUAH, E.; MBAH, C. Petroleum Supply Chain Risk Analysis in a Multinational Oil Firm in Nigeria. [GS], **Journal of Marketing Development and Competitiveness**, v. 5, n. 7, p. 37–44, 2011.
- FAN, Y.; STEVENSON, M. A review of supply chain risk management: definition, theory, and research agenda. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 48, n. 3, p. 205–230, 3 abr. 2018. Disponível em: <

0043>.

FAZLI, S.; KIANI MAVI, R.; VOSOOGHIDIZAJI, M. Crude oil supply chain risk management with DEMATEL–ANP. **Operational Research**, v. 15, n. 3, p. 453–480, 16 out. 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12351-015-0182-0>>.

FERNANDES, L. J.; BARBOSA-PÓVOA, A. P.; RELVAS, S. Risk management in petroleum supply chain. **In Proc. 14th Congress of APDIO**, n. September, p. 157–164, 2009.

FREEMAN, L. C. A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness Author (s): Linton C . Freeman Published by: American Sociological Association Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/3033543> Accessed : 18-04-2016 12 : 00 UTC Your use of the JSTOR archive indicat. **Sociometry**, v. 40, n. 1, p. 35–41, 1977.

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. **Social Networks**, v. 1, n. 3, p. 215–239, 1978.

FREEMAN, L. C.; BORGATTI, S. P.; WHITE, D. R. Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow. **Social Networks**, v. 13, n. 2, p. 141–154, 1991.

FREITAS, L. Q. Medidas de centralidade em grafos. p. 103, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. [s.l: s.n.]

GUYONNET, P.; GRANT, F. H.; BAGAJEWICZ, M. J. Integrated Model for Refinery Planning , Oil Procuring , and Product Distribution Integrated Model for Refinery Planning , Oil Procuring , and Product Distribution. p. 463–482, 2009.

HALLIKAS, J.; KARVONEN, I.; PULKKINEN, U.; VIROLAINEN, V. M.; TUOMINEN, M. Risk management processes in supplier networks. **International Journal of Production Economics**, v. 90, n. 1, p. 47–58, 2004.

HARLAND, C.; BRENCHLEY, R.; WALKER, H. Risk in supply networks. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 9, n. 2, p. 51–62, 2003.

HO, W.; ZHENG, T.; YILDIZ, H.; TALLURI, S. Supply chain risk management: A literature review. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 16, p. 5031–5069, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2015.1030467>>.

JANCZAK-HOGARTH, D. S. A Bayesian Risk Assessment of the Saudi Arabian Oil Supply Chain, 2001-2010. n. January, p. 2001–2010, 2015.

JÜTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, M. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 6, n. 4, p. 197–210, 12 dez. 2003. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=11715031&site=ehost-live>>.

KAUARK, F.; MANHÃES, F.; MEDEIROS, C. Metodologia da pesquisa - Um guia prático. p. 89, 2010.

KAZEMI, Y. MODELING THE PETROLEUM SUPPLY CHAIN: MULTIMODAL TRANSPORTATION , DISRUPTIONS AND MITIGATION STRATEGIES A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the North Dakota State University of Agriculture and Applied Science By Yasaman Kazemi In Partial F. n. July, 2016.

KAZEMI, Y.; SZMEREKOVSKY, J. Modeling downstream petroleum supply chain: The importance of multi-mode transportation to strategic planning. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 83, p. 111–125, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2015.09.004>>.

KERN, D.; MOSER, R.; HARTMANN, E.; MODER, M. Supply risk management: Model development

and empirical analysis. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 42, n. 1, p. 60–82, 2012.

KIM, Y.; CHOI, T. Y.; YAN, T.; DOOLEY, K. Structural investigation of supply networks: A social network analysis approach. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 3, p. 194–211, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.001>>.

KIMURA, R. M. **Indústria brasileira de petróleo: uma análise da cadeia de valor agregado**. Monografia de Bacharelado em Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro., , 2005.

KLEINBERG, J. O. N. M. Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment. v. 46, n. 5, p. 604–632, 1999. Disponível em: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=324133.324140>>.

LA LONDE, BERNARD J.; MASTERS, J. M. Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 24, n. 7, p. 35–47, 1994.

LAI, G.; DEBO, L. G.; SYCARA, K. Sharing inventory risk in supply chain: The implication of financial constraint. **Omega**, v. 37, n. 4, p. 811–825, 2009.

LAKKHANAWAT, H.; BAGAJEWICZ, M. J. Financial Risk Management with Product Pricing in the Planning of Refinery Operations. **2**, v. 47, n. 17, p. 6622–6639, 3 set. 2008. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie0710770>>.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **The international journal of logistics management**, v. 9, n. 2, p. 1–20, 1998.

LEDWOCH, A.; BRINTRUP, A.; MEHNEN, J.; TIWARI, A. Systemic Risk Assessment in Complex Supply Networks. **Ieee Systems Journal**, v. PP, n. 99, p. 1–12, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7549087/>>.

LEDWOCH, A.; BRINTRUP, A.; MEHNEN, J.; TIWARI, A. Systemic Risk Assessment in Complex Supply Networks. **IEEE Systems Journal**, v. 12, n. 2, p. 1826–1837, jun. 2018. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7549087/>>.

LEE, H. L.; BILLINGTON, C. Material Management in Decentralized Supply Chains. **Operations Research**, v. 41, n. 5, p. 835–847, 1993. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/171650>>.

LIMA, C.; RELVAS, S.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. F. D. Downstream oil supply chain management: A critical review and future directions. **Computers & Chemical Engineering**, v. 92, p. 78–92, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135416301508>>.

LUMMUS, R. R.; VOKURKA, R. J. Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines. **Industrial Management & Data Systems**, v. 99, n. 1, p. 11–17, 1999.

MARCH, J. G.; SHAPIRA, Z. Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking. **Management Science**, v. 33, n. 11, p. 1404–1418, nov. 1987. Disponível em: <<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.33.11.1404>>.

MENTZER, J. J. T.; DEWITT, W.; KEEBLER, J. J. S.; MIN, S.; NIX, N. W.; SMITH, C. D.; ZACHARIA, Z. G. Defining supply chain management. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2, p. 1–25, 2001. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x/abstract>>.

MILLER, K. D. A Framework for Integrated Risk Management in International Business. **Journal of International Business Studies**, v. 23, n. 2, p. 311–331, 1992. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/154903>>.

MIZGIER, K. J.; JÜTTNER, M. P.; WAGNER, S. M. Bottleneck identification in supply chain

networks. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 5, p. 1477–1490, 2013.

MME. **Ministério de Minas e Energia**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

MME. Boletim Mensal de Energia. **Ministério de Minas e Energia**, 2017a. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em: 1 nov. 2018.

MME. Boletim Anual de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural - 2016. **Ministério de Minas e Energia**, 2017b. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

MUELLER, R. A. E.; BUERGELT, D.; SEIDEL-LASS, L. Supply Chains and Social Network Analysis. **Analysis**, 2008.

OLIVARES AGUILA, J.; ELMARAGHY, W. Structural complexity and robustness of supply chain networks based on product architecture. **International Journal of Production Research**, v. 0, n. 0, p. 1–18, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1489158>>.

PETROBRAS. **Petróleo Brasileiro S.A.** Disponível em: <www.petrobras.com.br>. Acesso em: 1 nov. 2018.

PIRES, S. R. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos. Estratégias, práticas e casos—Supply chain management**. [s.l: s.n.]

PONGSAKDI, A.; RANGSUNVIGIT, P.; SIEMANONDA, K.; BAGAJEWICZ, M. J. Financial risk management in the planning of refinery operations. **International Journal of Production Economics**, v. 103, n. 1, p. 64–86, 2006.

PRAKASH, S.; SONI, G.; RATHORE, A. P. S. A critical analysis of supply chain risk management content: a structured literature review. **Journal of Advances in Management Research**, v. 14, n. 1, p. 69–90, 6 fev. 2017. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/JAMR-10-2015-0073>>.

PRF. **Polícia Rodoviária Federal**. Disponível em: <www.prf.gov.br>. Acesso em: 1 nov. 2018.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. [s.l: s.n.]

QUINN, F. J. What ' s the buzz ? **Logistics Management**, v. 36, n. 2, p. 43–46, 1997.

RANGEL, D. A.; DE OLIVEIRA, T. K.; LEITE, M. S. A. Supply chain risk classification: discussion and proposal. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 22, p. 6868–6887, 17 nov. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.910620>>.

RIBAS, G.; LEIRAS, A.; HAMACHER, S. Tactical Planning of the Oil Supply Chain: Optimization under Uncertainty. **Anais do XLIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 2258–2269, 2011.

RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. An emergent framework for supply chain risk management and performance measurement. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, n. 11, p. 1398–1411, 2007.

SASIKUMAR, M.; RAVI PRAKASH, P.; PATIL, S. M.; RAMANI, S. PIPES: A heuristic search model for pipeline schedule generation. **Knowledge-Based Systems**, v. 10, n. 3, p. 169–175, out. 1997. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950705197000269>>.

SOARES, S. de S. S. **Distribuição de combustíveis no estado de São Paulo: estruturas de governança e oportunismo**. 2012. 2012.

SOLIS, A.; GEMOETS, L.; MAHMOOD, M. A. Supply Chain Management. **Encyclopedia of Information Systems**, v. 4, p. 315–327, 2002. Disponível em:

<[http://farshadfaezy3.persianguig.com/production management/Supply Chain Management Optimierung logistischer Prozesse 3 Auflage \(Lehrbuch\)Holger Arndt.pdf](http://farshadfaezy3.persianguig.com/production_management/Supply_Chain_Management_Optimierung_logistischer_Prozesse_3_Auflage_(Lehrbuch)Holger_Arndt.pdf)>.

SUN, M.; GAO, C.; SHEN, B. Quantifying China's oil import risks and the impact on the national economy. **Energy Policy**, v. 67, n. September 2015, p. 605–611, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.061>>.

SUN, X.; LIU, C.; CHEN, X.; LI, J. Modeling systemic risk of crude oil imports : Case of China ' s global oil supply chain. **Energy**, v. 121, p. 449–465, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.018>>.

TANG, C. S. Perspectives in supply chain risk management. **International Journal of Production Economics**, v. 103, n. 2, p. 451–488, out. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527306000405>>.

THUN, J.-H.; HOENIG, D. An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 242–249, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527309003715>>.

TONG, K.; FENG, Y.; RONG, G. Planning under demand and yield uncertainties in an oil supply chain. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 51, n. 2, p. 814–834, 2012.

TONG, K.; GONG, J.; YUE, D.; YOU, F. Stochastic Programming Approach to Optimal Design and Operations of Integrated Hydrocarbon Biofuel and Petroleum Supply Chains. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 2, n. 1, p. 49–61, 2014. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/sc400267t>>.

TRANSPETRO. **Petrobras Transporte S.A.** Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

TRKMAN, P.; DE OLIVEIRA, M. P. V.; MCCORMACK, K. Value-oriented supply chain risk management: You get what you expect. **Industrial Management and Data Systems**, v. 116, n. 5, p. 1061–1083, 2016.

TUMMALA, R.; SCHOENHERR, T. Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 6, p. 474–483, 27 set. 2011. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/13598541111171165>>.

VALERETTO, C. A.; LOSCHI, R.; PAVAN, G. O uso da roteirização na busca pela eficiência logística na distribuição de combustíveis líquidos. v. 05, p. 72–79, 2017.

VOSOOGHI, A. M., FAZLI, S., & MAVI, K. R. Crude Oil Supply Chain Risk Management with Fuzzy Analytic Hierarchy Process. **American Journal of Scientific Research**, v. 46, n. 46, p. 34–42, 2012.

WAGNER, S. M.; MIZGIER, K. J.; ARNEZ, P. Disruptions in tightly coupled supply chain networks: the case of the US offshore oil industry. **Production Planning & Control**, v. 25, n. 6, p. 494–508, 2014. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2012.705355>>.

WAGNER, S. M.; NESHAT, N. Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. **International Journal of Production Economics**, v. 126, n. 1, p. 121–129, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527309003661>>.

WANG, Z.; SCAGLIONE, A.; THOMAS, R. J. Electrical centrality measures for electric power grid vulnerability analysis. **Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control**, n. January, p. 5792–5797, 2010.

WIELAND, A.; MARCUS WALLENBURG, C. Dealing with supply chain risks: Linking risk management practices and strategies to performance. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 42, n. 10, p. 887–905, 2012.

YELETAYSI, S., FIEDRICH, F., & HARRALD, J. R. A Framework for integrating GIS and Systems Simulation to analyze Operational Continuity of the Petroleum Supply Chain. **In 5th International ISCRAM Conference, Washington, DC, USA.**, n. May, p. 586–595, 2008.

ZENG, Y.; XIAO, R. Modelling of cluster supply network with cascading failure spread and its vulnerability analysis. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 23, p. 6938–6953, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.917769>>.

ZHANG, H. Y.; JI, Q.; FAN, Y. An evaluation framework for oil import security based on the supply chain with a case study focused on China. **Energy Economics**, v. 38, n. July, p. 87–95, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2013.03.014>>.

ZHAO, C.; CHEN, B. China's oil security from the supply chain perspective: A review. **Applied Energy**, v. 136, p. 269–279, dez. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.016>>.

APÊNDICE 1

Tabela 1: Volume transportado, incidentes por quilômetro, distancia total e risco de acessibilidade para as rotas entre importadores e distribuidores

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco Geral
1	AXA OIL	61	FERA - ARUJA	4709	1,99	2690	25207747,9
2	BCI BALPEX	121	ROYAL FIC - PAULINIA	965	2,98	577	1658722,1
3	BCI BRASIL CHINA	33	ALESAT - GUARULHOS	22228	1,91	2677	113855634,8
3	BCI BRASIL CHINA	39	ASTER - GUARULHOS	3329	1,91	2677	17051709,9
3	BCI BRASIL CHINA	42	BIOPETRÓLEO - PAULINIA	2682	1,91	2677	13737664,8
3	BCI BRASIL CHINA	51	D'MAIS - PAULINIA	976	1,91	2677	4999239,7
3	BCI BRASIL CHINA	63	FLEXPETRO - PAULINIA	4302	1,91	2677	22035583,1
3	BCI BRASIL CHINA	64	FLORIDA - GUARULHOS	1881	1,91	2677	9634805,2
3	BCI BRASIL CHINA	65	GOL - PAULINIA	297	1,91	2696	1532082,3
3	BCI BRASIL CHINA	67	GRAN PETRO - GUARULHOS	1372	1,91	2677	7027619,7
3	BCI BRASIL CHINA	68	GRAN PETRO - PAULINIA	513	1,91	2691	2641416,2
3	BCI BRASIL CHINA	69	GRAN PETRO - RIBEIRAO PRETO	3068	1,91	2515	14763832,7
3	BCI BRASIL CHINA	71	IDAZA - PAULINIA	4692	1,91	2691	24158917,5
3	BCI BRASIL CHINA	77	IPIRANGA - SAO CAETANO DO SUL	967	1,91	2680	4958690,9
3	BCI BRASIL CHINA	78	IPIRANGA - SAO JOSE DOS CAMPOS	873	1,91	2638	4406510,5
3	BCI BRASIL CHINA	81	MONTE CABRAL - SAO PAULO	457	1,91	2685	2347827,9
3	BCI BRASIL CHINA	82	PETROBALL - RIBEIRAO PRETO	3818	2,03	2521	19558361,7
3	BCI BRASIL CHINA	83	PETROBRAS - BARUERI	10083	1,17	2691	31694469,6
3	BCI BRASIL CHINA	84	PETROBRAS - CUBATAO	11371	2,17	2739	67522726,4
3	BCI BRASIL CHINA	86	PETROBRAS - PAULINIA	11431	1,17	2691	35931715,0
3	BCI BRASIL CHINA	88	PETROBRAS - RIBEIRAO PRETO	999	1,72	2515	4308911,8
3	BCI BRASIL CHINA	89	PETROBRAS - SAO JOSE DO RIO PRETO	875	1,55	2600	3526250,0
3	BCI BRASIL CHINA	91	PETROBRAS DISTRIBUIDORA - SAO PAULO	9482	1,85	2678	46951279,8
3	BCI BRASIL CHINA	92	PETROEXPRESS - PAULINIA	4938	1,17	2691	15521897,4
3	BCI BRASIL CHINA	98	PETRONAC - PAULINIA	26185	1,17	2691	82308805,7
3	BCI BRASIL CHINA	99	PETRONAC - RIBEIRAO PRETO	380	1,72	2515	1639025,5
3	BCI BRASIL CHINA	100	POTENCIAL - GUARULHOS	1454	1,91	2677	7447637,8
3	BCI BRASIL CHINA	101	POTENCIAL - PAULINIA	2566	1,17	2691	8065854,3
3	BCI BRASIL CHINA	102	POTENCIAL - RIBEIRAO PRETO	2389	1,72	2515	10304294,5
3	BCI BRASIL CHINA	103	RAIZEN - BARUERI	1000	1,17	2691	3143357,1
3	BCI BRASIL CHINA	104	RAIZEN - CUBATAO	8400	2,17	2739	49882777,6
3	BCI BRASIL CHINA	107	RAIZEN - PAULINIA	10650	1,17	2691	33476753,1
3	BCI BRASIL CHINA	110	RAIZEN - SAO PAULO	11950	2,17	2679	69409661,8

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco Geral
3	BCI BRASIL CHINA	113	REDE SOL - PAULINIA	232	1,17	2691	729258,8
3	BCI BRASIL CHINA	116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	76	1,72	2515	327805,1
3	BCI BRASIL CHINA	124	ROYAL FIC - GUARULHOS	975	1,91	2677	4994117,5
3	BCI BRASIL CHINA	125	ROYAL FIC - PAULINIA	10116	1,17	2691	31798200,4
3	BCI BRASIL CHINA	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	3082	1,72	2515	13293359,5
3	BCI BRASIL CHINA	142	TOBRAS - PAULINIA	290	1,17	2691	911573,6
3	BCI BRASIL CHINA	145	TOBRAS - SAO PAULO	506	1,91	2680	2594994,7
3	BCI BRASIL CHINA	147	TOWER - PAULINIA	351	1,17	2691	1103318,3
3	BCI BRASIL CHINA	148	TRANSO - PAULINIA	979	1,17	2691	3077346,6
3	BCI BRASIL CHINA	154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	8547	1,72	2515	36865134,1
3	BCI BRASIL CHINA	155	ZEMA - SAO JOSE DOS CAMPOS	1800	2,87	2511	12962786,4
4	BLUEWAY TRADING	33	ALESAT - GUARULHOS	33945	2,95	413	41370910,0
4	BLUEWAY TRADING	83	PETROBRAS - BARUERI	5500	2,95	509	8261324,5
4	BLUEWAY TRADING	84	PETROBRAS - CUBATAO	9700	2,95	494	14140601,8
4	BLUEWAY TRADING	85	PETROBRAS - GUARULHOS	5900	2,95	413	7190701,7
4	BLUEWAY TRADING	88	PETROBRAS - RIBEIRAO PRETO	2500	2,72	720	4899600,0
4	BLUEWAY TRADING	90	PETROBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	1000	2,95	333	982683,0
4	BLUEWAY TRADING	91	PETROBRAS DISTRIBUIDORA - SAO PAULO	9800	2,72	432	11523859,2
4	BLUEWAY TRADING	104	RAIZEN - CUBATAO	290467	2,95	494	423441049,8
4	BLUEWAY TRADING	107	RAIZEN - PAULINIA	240238	2,95	509	360851650,0
4	BLUEWAY TRADING	110	RAIZEN - SAO PAULO	211204	2,95	435	271140537,7
5	CIAPETRO TRADING	45	CIAPETRO - PAULINIA	28062	3,08	542	46804514,4
5	CIAPETRO TRADING	148	TRANSO - PAULINIA	1046	3,08	542	1744619,8
6	FLAMMA OLEOS	30	ACOL - RIBEIRAO PRETO	469	2,72	720	919401,3
6	FLAMMA OLEOS	31	AGILE LOGISTICA - PAULINIA	885	2,9512	511	1334635,9
6	FLAMMA OLEOS	38	ASPEN - ASSIS	127	2,95	854	320081,2
6	FLAMMA OLEOS	39	ASTER - GUARULHOS	121650	2,95	413	148272567,2
6	FLAMMA OLEOS	40	ASTER - PAULINIA	4948	2,95	513	7490594,1
6	FLAMMA OLEOS	51	D'MAIS - PAULINIA	1650	2,95	509	2478565,3
6	FLAMMA OLEOS	52	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	3483	2,95	513	5273142,2
6	FLAMMA OLEOS	58	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	5498	2,72	720	10777971,3
6	FLAMMA OLEOS	63	FLEXPETRO - PAULINIA	1845	2,95	509	2771486,7
6	FLAMMA OLEOS	64	FLORIDA - GUARULHOS	4597	2,95	414	5616599,9
6	FLAMMA OLEOS	65	GOL - PAULINIA	6971	2,95	514	10574427,0
6	FLAMMA OLEOS	71	IDAZA - PAULINIA	83	2,95	509	124679,3
6	FLAMMA OLEOS	79	MONTE CABRAL - ASSIS	952	2,95	854	2399349,2
6	FLAMMA OLEOS	81	MONTE CABRAL - SAO PAULO	5624	2,95	439	7286323,9

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco Geral
6	FLAMMA OLEOS	82	PETROBALL - RIBEIRAO PRETO	116	2,95	726	248538,3
6	FLAMMA OLEOS	83	PETROBRAS - BARUERI	751	2,95	509	1128122,8
6	FLAMMA OLEOS	84	PETROBRAS - CUBATAO	779	2,95	494	1135698,5
6	FLAMMA OLEOS	92	PETROEXPRESS - PAULINIA	775	2,95	509	1164174,6
6	FLAMMA OLEOS	93	PETROEXPRESS - RIBEIRAO PRETO	728	2,72	720	1427130,4
6	FLAMMA OLEOS	96	PETROLUZ - PAULINIA	10216	2,95	509	15346074,7
6	FLAMMA OLEOS	98	PETRONAC - PAULINIA	41281	2,95	509	62010700,0
6	FLAMMA OLEOS	99	PETRONAC - RIBEIRAO PRETO	130	2,72	720	254844,7
6	FLAMMA OLEOS	106	RAIZEN - OURINHOS	8460	2,50	797	16841042,0
6	FLAMMA OLEOS	111	REALCOOL - PAULINIA	7402	2,95	509	11118994,2
6	FLAMMA OLEOS	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	8016	2,55	726	14846422,4
6	FLAMMA OLEOS	116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	2406	2,72	720	4716587,7
6	FLAMMA OLEOS	119	RM PETRÓLEO - PAULINIA	30676	2,95	509	46080284,7
6	FLAMMA OLEOS	121	ROYAL FIC - PAULINIA	5027	2,95	509	7551362,3
6	FLAMMA OLEOS	125	ROYAL FIC - PAULINIA	8729	2,95	509	13112361,6
6	FLAMMA OLEOS	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	19289	2,72	720	37813075,4
6	FLAMMA OLEOS	135	SIMARELLI - PAULINIA	20588	2,95	509	30926486,6
6	FLAMMA OLEOS	136	SMALL - PAULINIA	203	2,95	509	304938,6
6	FLAMMA OLEOS	137	SMALL - PRESIDENTE PRUDENTE	186	2,95	509	279401,9
6	FLAMMA OLEOS	142	TOBRAS - PAULINIA	4530	2,95	509	6804788,4
6	FLAMMA OLEOS	145	TOBRAS - SAO PAULO	11660	2,95	434	14934370,5
6	FLAMMA OLEOS	146	TOWER - GUARULHOS	108	2,95	413	131635,3
6	FLAMMA OLEOS	147	TOWER - PAULINIA	5856	2,95	509	8796653,6
6	FLAMMA OLEOS	154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	15896	2,72	720	31161628,2
6	FLAMMA OLEOS	155	ZEMA - SAO JOSE DOS CAMPOS	2669	2,95	333	2622958,7
7	FUNCHAL	39	ASTER - GUARULHOS	1000	0,80	117	93600,0
8	G R B	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	86	0,80	420	28989,9
9	GREENERGY	33	ALESAT - GUARULHOS	48736	0,80	117	4561689,6
9	GREENERGY	45	CIAPETRO - PAULINIA	156037	2,55	206	82001594,1
9	GREENERGY	53	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	28058	0,80	117	2626228,8
9	GREENERGY	54	DISTRIBUIDORA-PAULINIA	1500	0,80	426	512861,4
9	GREENERGY	63	FLEXPETRO - PAULINIA	993	2,55	206	521847,9
9	GREENERGY	82	PETROBALL - RIBEIRAO PRETO	900	0,80	426	307716,8
9	GREENERGY	83	PETROBRAS - BARUERI	0	2,55	206	0,0
9	GREENERGY	156	#N/D	0	0,80	414	0,0
9	GREENERGY	88	PETROBRAS - RIBEIRAO PRETO	59	0,80	420	19888,4

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco Geral
9	GREENERGY	91	PETROBRAS DISTRIBUIDORA - SAO PAULO	0	2,55	96,3	0,0
9	GREENERGY	92	PETROEXPRESS - PAULINIA	2350	2,55	206	1234987,5
9	GREENERGY	98	PETRONAC - PAULINIA	7323	2,55	206	3848431,3
9	GREENERGY	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	6535	0,80	426	2234366,2
9	GREENERGY	116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	11866	0,80	420	3999933,7
9	GREENERGY	119	RM PETRÓLEO - PAULINIA	10000	2,55	206	5255266,0
9	GREENERGY	121	ROYAL FIC - PAULINIA	61212	2,55	206	32168534,2
9	GREENERGY	124	ROYAL FIC - GUARULHOS	2700	0,80	117	252720,0
9	GREENERGY	125	ROYAL FIC - PAULINIA	108578	2,55	206	57060627,2
9	GREENERGY	128	RUFF CJ - GUARULHOS	450	0,80	117	42120,0
9	GREENERGY	129	RUFF CJ - PAULINIA	39245	2,55	206	20624291,4
9	GREENERGY	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	8574	0,80	420	2890226,8
9	GREENERGY	135	SIMARELLI - PAULINIA	1500	2,55	206	788289,9
9	GREENERGY	139	TAURUS - PAULINIA	28229	2,55	206	14835090,4
9	GREENERGY	140	TAURUS - RIBEIRAO PRETO	2030	0,80	420	684296,8
9	GREENERGY	145	TOBRAS - SAO PAULO	27100	0,80	74,6	1622584,3
9	GREENERGY	150	TRIANGULO - PAULINIA	29955	2,55	206	15742149,3
9	GREENERGY	152	WATT - PAULINIA	390	2,55	206	204955,4
9	GREENERGY	154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	7000	0,80	420	2359644,0
10	OIL TRADING	77	IPIRANGA - SAO CAETANO DO SUL	517669	0,80	66,3	27546399,5
11	OKTANA	39	ASTER - GUARULHOS	8992	0,80	117	841651,2
12	SAVIXX	30	ACOL -RIBEIRAO PRETO	231	2,55	720	424315,6
12	SAVIXX	39	ASTER - GUARULHOS	789	2,70	413	881345,4
12	SAVIXX	58	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	1199	2,55	720	2202399,9
13	SERTRADING	84	PETROBRAS - CUBATAO	10000	2,95	494	14578928,0
14	SUL PLATA	64	FLORIDA - GUARULHOS	864	3,08	470	1249630,0
14	SUL PLATA	92	PETROEXPRESS - PAULINIA	3414	3,08	542	5693643,9
14	SUL PLATA	93	PETROEXPRESS - RIBEIRAO PRETO	1010	2,68	738	1998587,4
14	SUL PLATA	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	417	2,68	744	831868,0
14	SUL PLATA	138	TAG - PAULINIA	511	3,08	542	852212,1
14	SUL PLATA	154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	307	2,68	738	607491,4
15	TGV	119	RM PETRÓLEO - PAULINIA	1529	2,55	206	803530,2
16	TRICON	33	ALESAT - GUARULHOS	78358	0,80	117	7334308,8
16	TRICON	39	ASTER - GUARULHOS	8025	0,80	117	751140,0
16	TRICON	45	CIAPETRO - PAULINIA	12014	2,55	206	6313676,6
16	TRICON	52	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	0	2,55	197	0,0
16	TRICON	53	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	10720	0,80	117	1003392,0

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco Geral
16	TRICON	75	IPIRANGA - PAULINIA	2991	2,55	206	1571850,1
16	TRICON	78	IPIRANGA - SAO JOSE DOS CAMPOS	2005	2,55	175	895117,2
16	TRICON	83	PETROBRAS - BARUERI	116610	2,55	206	61281656,8
16	TRICON	156	#N/D	0	0,80	414	0,0
16	TRICON	84	PETROBRAS - CUBATAO	94657	2,53	19,4	4638058,6
16	TRICON	86	PETROBRAS - PAULINIA	133223	2,55	206	70012230,2
16	TRICON	87	PETROBRAS - PRESIDENTE PRUDENTE	822	0,80	118	77849,0
16	TRICON	88	PETROBRAS - RIBEIRAO PRETO	43023	0,80	420	14502709,1
16	TRICON	89	PETROBRAS - SAO JOSE DO RIO PRETO	6324	0,72	0,71	3219,4
16	TRICON	90	PETROBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	7745	2,55	175	3457697,2
16	TRICON	91	PETROBRAS DISTRIBUIDORA - SAO PAULO	102199	2,55	96,3	25107323,4
16	TRICON	92	PETROEXPRESS - PAULINIA	10171	2,55	206	5345131,0
16	TRICON	98	PETRONAC - PAULINIA	14407	2,55	206	7571261,7
16	TRICON	104	RAIZEN - CUBATAO	2500	2,53	19,4	122496,5
16	TRICON	105	RAIZEN - GUARULHOS	0	0,80	117	0,0
16	TRICON	107	RAIZEN - PAULINIA	1250	2,55	206	656908,3
16	TRICON	110	RAIZEN - SAO PAULO	3250	8,00	66,4	1726400,0
16	TRICON	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	0	0,80	426	0,0
16	TRICON	116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	4176	0,80	420	1407696,2
16	TRICON	119	RM PETRÓLEO - PAULINIA	41705	2,55	206	21917086,9
16	TRICON	121	ROYAL FIC - PAULINIA	16779	2,55	206	8817810,8
16	TRICON	124	ROYAL FIC - GUARULHOS	748	0,80	117	70012,8
16	TRICON	125	ROYAL FIC - PAULINIA	34437	2,55	206	18097559,5
16	TRICON	126	ROYAL FIC - RIBEIRAO PRETO	41	0,80	426	14018,2
16	TRICON	128	RUFF CJ - GUARULHOS	891	0,80	117	83397,6
16	TRICON	129	RUFF CJ - PAULINIA	10620	2,55	206	5581092,5
16	TRICON	130	RUFF CJ - RIBEIRAO PRETO	1061	0,80	420	357654,6
16	TRICON	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	1406	0,80	420	473951,4
16	TRICON	136	SMALL - PAULINIA	12600	2,55	206	6621635,2
16	TRICON	139	TAURUS - PAULINIA	11976	2,55	206	6293706,6
16	TRICON	142	TOBRAS - PAULINIA	4932	2,55	206	2591897,2
16	TRICON	143	TOBRAS - RIBEIRAO PRETO	1235	0,80	420	416308,6
16	TRICON	145	TOBRAS - SAO PAULO	20415	0,80	74,6	1222326,9
16	TRICON	147	TOWER - PAULINIA	6203	2,55	206	3259841,5
16	TRICON	154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	4954	0,80	420	1669953,8
16	TRICON	155	ZEMA - SAO JOSE DOS CAMPOS	371	2,55	175	165630,2
17	TRIUMPH BRAZIL	31	AGILE LOGISTICA - PAULINIA	73	0,80	219	12789,6

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco Geral
17	TRIUMPH BRAZIL	50	CRUZ DE MALTA - PAULINIA	5645	2,55	206	2966597,7
17	TRIUMPH BRAZIL	51	D' MAIS - PAULINIA	4361	2,55	206	2291821,5
17	TRIUMPH BRAZIL	58	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	705	0,80	420	237649,9
17	TRIUMPH BRAZIL	59	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	85	0,80	90,5	6174,0
17	TRIUMPH BRAZIL	92	PETROEXPRESS - PAULINIA	658	2,55	206	345796,5
17	TRIUMPH BRAZIL	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	2028	0,80	426	693388,6
17	TRIUMPH BRAZIL	116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	2280	0,80	420	768569,8
17	TRIUMPH BRAZIL	145	TOBRAS - SAO PAULO	750	0,80	74,6	44905,5
17	TRIUMPH BRAZIL	147	TOWER - PAULINIA	616	2,55	206	323724,4
17	TRIUMPH BRAZIL	148	TRANSO - PAULINIA	3935	2,55	206	2067947,2
18	VARO ENERGY	30	ACOL - RIBEIRAO PRETO	490	0,80	420	165175,1
18	VARO ENERGY	39	ASTER - GUARULHOS	4775	0,80	117	446940,0
18	VARO ENERGY	42	BIOPETRÓLEO - PAULINIA	1600	2,55	206	840842,6
18	VARO ENERGY	53	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	5111	0,80	117	478389,6
18	VARO ENERGY	61	FERA - ARUJA	6000	2,55	118	1806178,8
18	VARO ENERGY	80	MONTE CABRAL - PAULINIA	700	0,80	219	122640,0
18	VARO ENERGY	82	PETROBALL - RIBEIRAO PRETO	300	0,80	426	102572,3
18	VARO ENERGY	100	POTENCIAL - GUARULHOS	4187	0,80	117	391903,2
18	VARO ENERGY	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	5894	0,80	426	2015203,4
18	VARO ENERGY	116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	225	0,80	420	75845,7
18	VARO ENERGY	119	RM PETRÓLEO - PAULINIA	5967	2,55	206	3135817,2
18	VARO ENERGY	124	ROYAL FIC - GUARULHOS	2000	0,80	117	187200,0
18	VARO ENERGY	125	ROYAL FIC - PAULINIA	2000	2,55	206	1051053,2
18	VARO ENERGY	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	355	0,80	420	119667,7
18	VARO ENERGY	145	TOBRAS - SAO PAULO	4355	0,80	74,6	260751,1
18	VARO ENERGY	147	TOWER - PAULINIA	988	2,55	206	519220,3
18	VARO ENERGY	153	ZEMA - GUARULHOS	258	0,80	117	24148,8
18	VARO ENERGY	154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	2100	0,80	420	707893,2
18	VARO ENERGY	155	ZEMA - SAO JOSE DOS CAMPOS	400	2,55	175	178577,0

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2: Volume transportado, incidentes por quilômetro, distancia total e risco de acessibilidade para as rotas entre refinarias e terminais para os distribuidores

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Tipo de Rota	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco geral
29	TT RIBEIRAO PRETO	30	ACOL -RIBEIRAO PRETO	DUTO	1213	0,000287	8,85	3,0809594
20	REVAP	30	ACOL -RIBEIRAO PRETO	RODOVIARIO	409	2,55112	413	430927,54
21	RPBC	32	ALESAT - CUBATAO	DUTO	3292	0,000287	2,6	2,4564904
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	33	ALESAT - GUARULHOS	DUTO	84823	0,000287	3,3	80,335863
19	REPLAN	34	ALESAT - PAULINIA	DUTO	41200	0,000287	13,2	156,08208
29	TT RIBEIRAO PRETO	35	ALESAT- RIBEIRAO PRETO	DUTO	8151	0,000287	8,85	20,703132
28	TT SAO CAETANO DO SUL	37	ALESAT - SAO PAULO	DUTO	5135	0,000287	5,5	8,1055975
20	REVAP	36	ALESAT - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	6210	0,000287	4	7,12908
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	39	ASTER - GUARULHOS	DUTO	43885	0,000287	1	12,594995
19	REPLAN	42	BIOPETRÓLEO - PAULINIA	DUTO	2212	0,000287	0,48	0,3047251
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	43	CARBOPETRO - GUARULHOS	DUTO	3600	0,000287	1	1,0332
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	44	CIAPETRO - GUARULHOS	DUTO	14473	0,000287	0,6	2,4922506
19	REPLAN	45	CIAPETRO - PAULINIA	DUTO	65462	0,000287	1,21	22,732989
29	TT RIBEIRAO PRETO	46	CIAPETRO - RIBEIRAO PRETO	DUTO	12907	0,000287	8,85	32,783135
20	REVAP	47	CIAPETRO - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	93707	0,000287	4	107,57564
29	TT RIBEIRAO PRETO	48	COPERCANA - RIBEIRAO PRETO	DUTO	16196	0,000287	8,85	41,13703
20	REVAP	48	COPERCANA - RIBEIRAO PRETO	RODOVIARIO	2573	0,80264	413	852924,59
19	REPLAN	50	CRUZ DE MALTA - PAULINIA	DUTO	2257	0,000287	0,7	0,4534313
20	REVAP	50	CRUZ DE MALTA - PAULINIA	RODOVIARIO	945	2,9792	183	515207,95
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	51	D'MAIS - PAULINIA	DUTO	26241	0,000287	7,5	56,483753
19	REPLAN	51	D'MAIS - PAULINIA	DUTO	23947	0,000287	3,33	22,886387
20	REVAP	51	D'MAIS - PAULINIA	RODOVIARIO	35260	2,9792	183	19223526
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	62	FLEXPETRO - GUARULHOS	DUTO	6708	0,000287	1	1,925196
19	REPLAN	63	FLEXPETRO - PAULINIA	DUTO	24836	0,000287	1,21	8,6247977
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	67	GRAN PETRO - GUARULHOS	DUTO	755	0,000287	0,982	0,2127847
19	REPLAN	68	GRAN PETRO - PAULINIA	DUTO	2930	0,000287	1,21	1,0175011
29	TT RIBEIRAO PRETO	69	GRAN PETRO - RIBEIRAO PRETO	DUTO	1815	0,000287	8,85	4,6100093
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	70	IDAZA - GUARULHOS	DUTO	2731	0,000287	3	2,351391
19	REPLAN	71	IDAZA - PAULINIA	DUTO	5188	0,000287	1,5	2,233434
20	REVAP	71	IDAZA - PAULINIA	RODOVIARIO	2827	2,5511	182	1312576,7

Continua.

Continuação da Tabela 2

'Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Tipo de Rota	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco geral
24	TT BARUERI	72	IPIRANGA - BARUERI	DUTO	313187	0,000287	0,2	17,976934
21	RPBC	73	IPIRANGA - CUBATAO	DUTO	67178	0,000287	3,4	65,552292
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	74	IPIRANGA - GUARULHOS	DUTO	159089	0,000287	0,9	41,092689
19	REPLAN	75	IPIRANGA - PAULINIA	DUTO	915062	0,000287	0,25	65,655699
29	TT RIBEIRAO PRETO	76	IPIRANGA - RIBEIRAO PRETO	DUTO	77509	0,000287	8,85	196,86898
28	TT SAO CAETANO DO SUL	77	IPIRANGA - SAO CAETANO DO SUL	DUTO	233639	0,000287	2	134,10879
20	REVAP	78	IPIRANGA - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	491452	0,000287	4	564,1869
24	TT BARUERI	83	PETROBRAS - BARUERI	DUTO	586497	0,000287	0,2	33,664928
21	RPBC	84	PETROBRAS - CUBATAO	DUTO	170172	0,000287	2,3	112,33054
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	85	PETROBRAS - GUARULHOS	DUTO	126020	0,000287	0,9	32,550966
19	REPLAN	86	PETROBRAS - PAULINIA	DUTO	1371032	0,000287	0,25	98,371546
29	TT RIBEIRAO PRETO	88	PETROBRAS - RIBEIRAO PRETO	DUTO	218980	0,000287	8,85	556,19825
28	TT SAO CAETANO DO SUL	90	PETROBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	RODOVIARIO	533375	2,9792	190	301915852
20	REVAP	90	PETROBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	327591	0,000287	4	376,07447
19	REPLAN	92	PETROEXPRESS - PAULINIA	DUTO	15657	0,000287	0,48	2,1569083
20	REVAP	94	PETROEXPRESS - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	5	0,000287	4	0,00574
19	REPLAN	96	PETROLUZ - PAULINIA	DUTO	2413	0,000287	1,21	0,8379625
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	97	PETRONAC - GUARULHOS	DUTO	2888	0,000287	0,9	0,7459704
19	REPLAN	98	PETRONAC - PAULINIA	DUTO	49485	0,000287	3,33	47,293309
29	TT RIBEIRAO PRETO	99	PETRONAC - RIBEIRAO PRETO	DUTO	13553	0,000287	8,85	34,423942
20	REVAP	97	PETRONAC - GUARULHOS	DUTO	11104	0,000287	0,9	2,8681632
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	100	POTENCIAL - GUARULHOS	DUTO	30218	0,000287	0,9	7,8053094
19	REPLAN	101	POTENCIAL - PAULINIA	DUTO	30194	0,000287	0,7	6,0659746
29	TT RIBEIRAO PRETO	102	POTENCIAL - RIBEIRAO PRETO	DUTO	16133	0,000287	8,85	40,977013
20	REVAP	101	POTENCIAL - PAULINIA	RODOVIARIO	910	2,5511	182	422513,18
24	TT BARUERI	103	RAIZEN - BARUERI	DUTO	382913	0,000287	0,2	21,979206
21	RPBC	104	RAIZEN - CUBATAO	DUTO	84040	0,000287	2,3	55,474804
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	105	RAIZEN - GUARULHOS	DUTO	32667	0,000287	3,3	30,938916
19	REPLAN	107	RAIZEN - PAULINIA	DUTO	1192773	0,000287	0,25	85,581463
29	TT RIBEIRAO PRETO	108	RAIZEN - RIBEIRAO PRETO	DUTO	63704	0,000287	8,85	161,80497

Continua.

Continuação da Tabela 2

'Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Tipo de Rota	Volume (m³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco geral
28	TT SAO CAETANO DO SUL	109	RAIZEN - SAO JOSE DOS CAMPOS	RODOVIARIO	726368	2,9792	105	227219532
20	REVAP	109	RAIZEN - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	295279	0,000287	4	338,98029
19	REPLAN	111	REALCOOL - PAULINIA	DUTO	4386	0,000287	3,33	4,1917441
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	113	REDE SOL - PAULINIA	RODOVIARIO	6243	2,9792	142	2641078,7
19	REPLAN	113	REDE SOL - PAULINIA	DUTO	4509	0,000287	0,48	0,6211598
29	TT RIBEIRAO PRETO	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	RODOVIARIO	4055	0,388	11,1	17464,074
20	REVAP	112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	RODOVIARIO	7203	2,5511	397	7295102,6
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	114	REDEPETRO - GUARULHOS	DUTO	5006	0,000287	2,1	3,0171162
19	REPLAN	115	REDEPETRO - PAULINIA	DUTO	5104	0,000287	0,927	1,3579141
29	TT RIBEIRAO PRETO	116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	DUTO	38484	0,000287	8,85	97,747436
20	REVAP	114	REDEPETRO - GUARULHOS	DUTO	15441	0,000287	2,1	9,3062907
19	REPLAN	57	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	DUTO	53	0,000287	0,927	0,0141006
29	TT RIBEIRAO PRETO	58	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	DUTO	7663	0,000287	8,85	19,463637
20	REVAP	57	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	RODOVIARIO	4026	2,5511	182	1869272,6
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	118	RM PETRÓLEO - GUARULHOS	DUTO	11444	0,000287	1	3,284428
19	REPLAN	119	RM PETRÓLEO - PAULINIA	DUTO	54504	0,000287	1,5	23,463972
29	TT RIBEIRAO PRETO	117	RM PETRÓLEO - BAURU	RODOVIARIO	3688	0,73377	220	595351,63
20	REVAP	118	RM PETRÓLEO - GUARULHOS	DUTO	11209	0,000287	1	3,216983
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	120	ROYAL FIC - GUARULHOS	DUTO	304	0,000287	1	0,087248
19	REPLAN	121	ROYAL FIC - PAULINIA	DUTO	45428	0,000287	1,5	19,556754
29	TT RIBEIRAO PRETO	122	ROYAL FIC - RIBEIRAO PRETO	DUTO	1143	0,000287	8,85	2,9031629
20	REVAP	123	ROYAL FIC - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	38009	0,000287	4	43,634332
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	128	RUFF CJ - GUARULHOS	DUTO	5987	0,000287	1	1,718269
19	REPLAN	129	RUFF CJ - PAULINIA	DUTO	28216	0,000287	1,5	12,146988
29	TT RIBEIRAO PRETO	130	RUFF CJ - RIBEIRAO PRETO	DUTO	7495	0,000287	8,85	19,036925
20	REVAP	131	RUFF CJ - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	80721	0,000287	4	92,667708
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	132	RUMOS - GUARULHOS	DUTO	3548	0,000287	5,2	5,2950352

Continua.

Continuação da Tabela 2

'Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Tipo de Rota	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco geral
19	REPLAN	133	RUMOS - PAULINIA	RODOVIARIO	1215	1,49	156	282414,6
29	TT RIBEIRAO PRETO	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	DUTO	24544	0,000287	8,85	62,340533
20	REVAP	134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	RODOVIARIO	4995	2,5511	397	5058869,6
19	REPLAN	135	SIMARELLI - PAULINIA	DUTO	29893	0,000287	0,75	6,4344683
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	136	SMALL - PAULINIA	RODOVIARIO	8574	2,9792	138	3525025,2
19	REPLAN	136	SMALL - PAULINIA	DUTO	40963	0,000287	1,5	17,634572
19	REPLAN	138	TAG - PAULINIA	DUTO	4216	0,000287	1,5	1,814988
19	REPLAN	139	TAURUS - PAULINIA	DUTO	135719	0,000287	1,5	58,42703
29	TT RIBEIRAO PRETO	140	TAURUS - RIBEIRAO PRETO	DUTO	62434	0,000287	8,85	158,57924
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	141	TOBRAS - GUARULHOS	DUTO	31687	0,000287	5,2	47,289679
19	REPLAN	142	TOBRAS - PAULINIA	DUTO	16350	0,000287	0,48	2,252376
29	TT RIBEIRAO PRETO	143	TOBRAS - RIBEIRAO PRETO	DUTO	9802	0,000287	8,85	24,89659
20	REVAP	144	TOBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	49134	0,000287	4	56,405832
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	53	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	DUTO	34794	0,000287	3,3	32,953397
29	TT RIBEIRAO PRETO	55	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	DUTO	1693	0,000287	8,85	4,3001354
20	REVAP	56	DISTRIBUIDORA - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	17345	0,000287	4	19,91206
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	146	TOWER - GUARULHOS	DUTO	101	0,000287	1,2	0,0347844
19	REPLAN	147	TOWER - PAULINIA	DUTO	3342	0,000287	1,21	1,1605763
19	REPLAN	148	TRANSO - PAULINIA	DUTO	11507	0,000287	0,35	1,1558782
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	149	TRIANGULO - GUARULHOS	DUTO	58069	0,000287	0,9	14,999223
19	REPLAN	150	TRIANGULO - PAULINIA	DUTO	47742	0,000287	1,21	16,579364
29	TT RIBEIRAO PRETO	151	VIRALCOOL - RIBEIRAO PRETO	DUTO	9637	0,000287	8,85	24,477498
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	152	WATT - PAULINIA	RODOVIARIO	1879	2,9792	150	839687,52
19	REPLAN	152	WATT - PAULINIA	DUTO	14185	0,000287	1,21	4,926025
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	153	ZEMA - GUARULHOS	DUTO	1097	0,000287	3,3	1,0389687
29	TT RIBEIRAO PRETO	154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	DUTO	3438	0,000287	8,85	8,7323481
20	REVAP	155	ZEMA - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	19448	0,000287	4	22,326304
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	49	CRUZ DE MALTA - GUARULHOS	RODOVIARIO	408	2,9792	149	181111,53
20	REVAP	147	TOWER - PAULINIA	RODOVIARIO	35	2,97926	81,3	8477,4843
19	REPLAN	41	ATLANTA - PAULINIA	DUTO	470	0,000287	2,44	0,3291316

Continua.

Continuação da Tabela 2

'Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Tipo de Rota	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco geral
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	95	PETROLUZ - GUARULHOS	DUTO	265	0,000287	5,2	0,395486
20	REVAP	139	TAURUS - PAULINIA	RODOVIARIO	1747	2,5511	182	811132,45
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	124	ROYAL FIC - GUARULHOS	DUTO	1336	0,000287	1	0,383432
19	REPLAN	125	ROYAL FIC - PAULINIA	DUTO	11357	0,000287	1,5	4,8891885
20	REVAP	127	ROYAL FIC - SAO JOSE DOS CAMPOS	DUTO	2270	0,000287	4	2,60596
29	TT RIBEIRAO PRETO	93	PETROEXPRESS - RIBEIRAO PRETO	DUTO	47	0,000287	8,85	0,1193777
20	REVAP	149	TRIANGULO - GUARULHOS	DUTO	291	0,000287	0,9	0,0751653
20	REVAP	60	ESTRADA - PARANA	RODOVIARIO	489		0	0
29	TT RIBEIRAO PRETO	66	GP - RIBEIRAO PRETO	DUTO	2088	0,000287	8,85	5,3034156

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3: Volume transportado, incidentes por quilômetro, distancia total e risco de acessibilidade para as rotas entre terminais e refinarias

Cód. de origem	Local de origem	Cód. de Destino	Local de destino	Volume (m ³)	Incidentes por Km	Distância total	Risco geral
19	REPLAN	24	TT BARUERI	1.443.437	0,000287	99	41012,37548
24	TT BARUERI	28	TT SÃO CAETANO DO SUL	160.167	0,000287	50	2298,39645
25	TT CUBATÃO	28	TT SÃO CAETANO DO SUL	0	0,000287	46	0
25	TT CUBATÃO	28	TT SÃO CAETANO DO SUL	0	0,000287	37	0
28	TT SÃO CAETANO DO SUL	25	TT CUBATÃO	84.390	0,000287	38	920,35734
25	TT CUBATÃO	28	TT SÃO CAETANO DO SUL	1.275.183	0,000287	38	13907,1458
19	REPLAN	26	TT GUARAREMA	1.346.384	0,000287	153	59121,06782
24	TT BARUERI	19	REPLAN	163.193	0,000287	99	4636,802709
26	TT GUARAREMA	27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	3.918	0,000287	59	66,343494
20	REVAP	26	TT GUARAREMA	1.382.799	0,000287	36	14287,07927
27	TT GUARULHOS	28	TT SÃO CAETANO DO SUL	2.016	0,000287	25	14,4648
20	REVAP	28	TT SÃO CAETANO DO SUL	230.687	0,000287	120	7944,86028
23	TA SÃO SEBASTIÃO	26	TT GUARAREMA	2.978.210	0,000287	80	68379,7016
26	TT GUARAREMA	19	REPLAN	197.305	0,000287	153	8663,859855
20	REVAP	22	SUZANO	1.423.535	0,000287	67	27373,15452
22	SUZANO	27	TT GUARULHOS	747.898	0,000287	29	6224,755054
19	REPLAN	29	TT RIBEIRAO PRETO	606.372	0,8264	223	111746598

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE 2

Tabela 1: Resultado das medidas de centralidades para o grafo da cadeia não valorado

Cód.	Empresa	Grau de Saída	Grau de Entrada	Hub	Autho- rity	Auto vetor	Proximi- dade	Radial	Interme- dição de fluxo
1	AXA OIL	0,00649	0,00000	0,00200	0,00000	0,00143	46,66048	0,02597	0,00000
2	BCI BALPEX	0,00649	0,00000	0,01300	0,00000	0,00917	61,03896	0,02597	0,00000
3	BCI BRASIL CHINA	0,27273	0,00000	0,48400	0,00000	0,33757	80,33395	1,09091	0,00000
4	BLUEWAY TRADING	0,06494	0,00000	0,08800	0,00000	0,06152	71,61411	0,25974	0,00000
5	CIAPETRO TRADING	0,01299	0,00000	0,01800	0,00000	0,01250	61,31725	0,05195	0,00000
6	FLAMMA OLEOS	0,24675	0,00000	0,42900	0,00000	0,29884	79,31355	1,01299	0,00000
7	FUNCHAL	0,00649	0,00000	0,01600	0,00000	0,01075	63,82190	0,02597	0,00000
8	G R B	0,00649	0,00000	0,01900	0,00000	0,01362	66,51206	0,02597	0,00000
9	GREENERGY	0,16234	0,00000	0,31200	0,00000	0,21763	75,60297	0,64935	0,00000
10	OIL TRADING	0,00649	0,00000	0,00400	0,00000	0,00319	57,23562	0,02597	0,00000
11	OKTANA	0,00649	0,00000	0,01600	0,00000	0,01075	63,82190	0,02597	0,00000
12	SAVIXX	0,01948	0,00000	0,03100	0,00000	0,02171	69,75881	0,07792	0,00000
13	SERTRADING	0,00649	0,00000	0,01300	0,00000	0,00870	59,18367	0,02597	0,00000
14	SUL PLATA	0,03896	0,00000	0,06800	0,00000	0,04738	68,73840	0,15584	0,00000
15	TGV	0,00649	0,00000	0,01500	0,00000	0,01060	62,15213	0,02597	0,00000
16	TRICON	0,24026	0,00000	0,44300	0,00000	0,30805	79,59184	0,96104	0,00000
17	TRIUMPH BRAZIL	0,07143	0,00000	0,12400	0,00000	0,08697	72,44898	0,28571	0,00000
18	VARO ENERGY	0,12338	0,00000	0,24100	0,00000	0,16774	74,67532	0,49351	0,00000
19	REPLAN	0,24026	0,01299	0,34100	0,00200	0,25211	80,79778	1,91558	1,11691
20	REVAP	0,19481	0,00000	0,18700	0,00000	0,13569	77,08720	1,70130	0,00000
21	RPBC	0,02597	0,00000	0,02200	0,00000	0,01505	59,74026	0,10390	0,00000
22	SUZANO	0,00649	0,00649	0,00000	0,01700	0,02320	67,99629	0,67533	0,01132
23	TA SÃO SEBASTIÃO	0,00649	0,00000	0,00500	0,00000	0,00430	61,59555	1,07792	0,00000
24	TT BARUERI	0,03247	0,00649	0,02000	0,03200	0,03887	74,67532	1,41558	0,05659
25	TT CUBATÃO	0,00000	0,00649	0,00000	0,00100	0,00336	60,66790	0,00000	0,00000
26	TT GUARAREMA	0,01299	0,01948	0,00000	0,04900	0,04677	75,69573	1,67533	0,88561
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	0,19481	0,01299	0,15500	0,00000	0,11672	76,71614	0,87662	0,70311
28	TT SAO CAETANO DO SUL	0,03247	0,01948	0,01200	0,03400	0,03661	74,76809	0,12987	0,14430
29	TT RIBEIRAO PRETO	0,15584	0,00649	0,15200	0,03200	0,13301	77,82932	0,62338	0,50081
30	ACOL -RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,03247	0,00000	0,09600	0,06957	76,80890	0,00000	0,00000
31	AGILE LOGISTICA - PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,01200	0,00799	58,34879	0,00000	0,00000
32	ALESAT - CUBATAO	0,00000	0,00649	0,00000	0,00200	0,00138	45,64007	0,00000	0,00000
33	ALESAT - GUARULHOS	0,00000	0,03247	0,00000	0,13700	0,09572	75,32468	0,00000	0,00000
34	ALESAT - PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,03200	0,02317	66,69759	0,00000	0,00000

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód.	Empresa	Grau de Saída	Grau de Entrada	Hub	Autho- rity	Auto vetor	Proximi- dade	Radial	Interme- dição de fluxo
35	ALESAT- RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
36	ALESAT - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
37	ALESAT - SAO PAULO	0,00000	0,00649	0,00000	0,00100	0,00336	60,66790	0,00000	0,00000
38	ASPEN - ASSIS	0,00000	0,00649	0,00000	0,04000	0,02747	65,21336	0,00000	0,00000
39	ASTER - GUARULHOS	0,00000	0,05195	0,00000	0,16800	0,11692	77,92208	0,00000	0,00000
40	ASTER - PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,04000	0,02747	65,21336	0,00000	0,00000
41	ATLANTA - PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,03200	0,02317	66,69759	0,00000	0,00000
42	BIOPETRÓLEO - PAULINIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,09900	0,06961	73,84045	0,00000	0,00000
43	CARBOPETRO - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
44	CIAPETRO - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
45	CIAPETRO - PAULINIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,10300	0,07263	72,72727	0,00000	0,00000
46	CIAPETRO - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
47	CIAPETRO - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
48	COPERCANA - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01299	0,00000	0,03100	0,02470	69,75881	0,00000	0,00000
49	CRUZ DE MALTA - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
50	CRUZ DE MALTA - PAULINIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,06000	0,04364	71,98515	0,00000	0,00000
51	D' MAIS - PAULINIA	0,00000	0,03896	0,00000	0,15900	0,11285	81,26160	0,00000	0,00000
52	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,04000	0,02747	65,21336	0,00000	0,00000
53	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	0,00000	0,02597	0,00000	0,10600	0,07446	73,65492	0,00000	0,00000
54	DISTRIBUIDORA- PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,02900	0,02000	61,50279	0,00000	0,00000
55	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
56	DISTRIBUIDORA - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
57	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,04900	0,03564	71,05752	0,00000	0,00000
58	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,02597	0,00000	0,06800	0,04968	71,61411	0,00000	0,00000
59	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01200	0,00799	58,34879	0,00000	0,00000
60	ESTRADA - PARANA	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
61	FERA - ARUJA	0,00000	0,01299	0,00000	0,02300	0,01555	60,76067	0,00000	0,00000
62	FLEXPETRO - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód.	Empresa	Grau de Saída	Grau de Entrada	Hub	Autho- rity	Auto vetor	Proximi- dade	Radial	Interme- dição de fluxo
63	FLEXPETRO - PAULINIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,14500	0,10166	75,23191	0,00000	0,00000
64	FLORIDA - GUARULHOS	0,00000	0,01948	0,00000	0,09100	0,06285	70,31540	0,00000	0,00000
65	GOL - PAULINIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,08500	0,05849	69,94434	0,00000	0,00000
66	GP - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
67	GRAN PETRO - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,05900	0,04175	71,52134	0,00000	0,00000
68	GRAN PETRO - PAULINIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,07600	0,05420	72,54174	0,00000	0,00000
69	GRAN PETRO - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01299	0,00000	0,05900	0,04325	71,79963	0,00000	0,00000
70	IDAZA - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
71	IDAZA - PAULINIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,13300	0,09413	77,73655	0,00000	0,00000
72	IPIRANGA - BARUERI	0,00000	0,00649	0,00000	0,00200	0,00357	60,57514	0,00000	0,00000
73	IPIRANGA - CUBATAO	0,00000	0,00649	0,00000	0,00200	0,00138	45,64007	0,00000	0,00000
74	IPIRANGA - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
75	IPIRANGA - PAULINIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,07300	0,05148	71,79963	0,00000	0,00000
76	IPIRANGA - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
77	IPIRANGA - SAO CAETANO DO SUL	0,00000	0,01948	0,00000	0,04600	0,03468	71,33581	0,00000	0,00000
78	IPIRANGA - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,01948	0,00000	0,10300	0,07181	73,74768	0,00000	0,00000
79	MONTE CABRAL - ASSIS	0,00000	0,00649	0,00000	0,04000	0,02747	65,21336	0,00000	0,00000
80	MONTE CABRAL - PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,02200	0,01542	60,57514	0,00000	0,00000
81	MONTE CABRAL - SAO PAULO	0,00000	0,01299	0,00000	0,08500	0,05849	69,94434	0,00000	0,00000
82	PETROBALL - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,02597	0,00000	0,13600	0,09391	72,72727	0,00000	0,00000
83	PETROBRAS - BARUERI	0,00000	0,03247	0,00000	0,13600	0,09603	74,39703	0,00000	0,00000
84	PETROBRAS - CUBATAO	0,00000	0,03896	0,00000	0,13700	0,09464	73,28386	0,00000	0,00000
85	PETROBRAS - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,02200	0,01638	65,67718	0,00000	0,00000
86	PETROBRAS - PAULINIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,11700	0,08251	73,84045	0,00000	0,00000
87	PETROBRAS - PRESIDENTE PRUDENTE	0,00000	0,00649	0,00000	0,04100	0,02831	65,49165	0,00000	0,00000
88	PETROBRAS - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,03247	0,00000	0,13700	0,09722	74,76809	0,00000	0,00000
89	PETROBRAS - SAO JOSE DO RIO PRETO	0,00000	0,01299	0,00000	0,08600	0,05934	69,38776	0,00000	0,00000

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód.	Empresa	Grau de Saída	Grau de Entrada	Hub	Autho- rity	Auto vetor	Proximi- dade	Radial	Interme- dição de fluxo
90	PETROBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,02597	0,00000	0,06800	0,04980	73,37663	0,00000	0,00000
91	PETROBRAS DISTRIBUIDORA - SAO PAULO	0,00000	0,01948	0,00000	0,09400	0,06499	69,75881	0,00000	0,00000
92	PETROEXPRESS - PAULINIA	0,00000	0,04545	0,00000	0,20400	0,14232	76,90167	0,00000	0,00000
93	PETROEXPRESS - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01948	0,00000	0,06000	0,04404	70,87199	0,00000	0,00000
94	PETROEXPRESS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
95	PETROLUZ - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
96	PETROLUZ - PAULINIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,07100	0,05064	71,79963	0,00000	0,00000
97	PETRONAC - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,03200	0,02320	67,99629	0,00000	0,00000
98	PETRONAC - PAULINIA	0,00000	0,03247	0,00000	0,18600	0,12998	76,15955	0,00000	0,00000
99	PETRONAC - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01948	0,00000	0,09900	0,07072	74,02597	0,00000	0,00000
100	POTENCIAL - GUARULHOS	0,00000	0,01948	0,00000	0,08100	0,05717	73,00557	0,00000	0,00000
101	POTENCIAL - PAULINIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,09400	0,06667	76,06680	0,00000	0,00000
102	POTENCIAL - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01299	0,00000	0,05900	0,04325	71,79963	0,00000	0,00000
103	RAIZEN - BARUERI	0,00000	0,01299	0,00000	0,04700	0,03460	69,29499	0,00000	0,00000
104	RAIZEN - CUBATAO	0,00000	0,02597	0,00000	0,09600	0,06638	70,31540	0,00000	0,00000
105	RAIZEN - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
106	RAIZEN - OURINHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,04000	0,02747	65,21336	0,00000	0,00000
107	RAIZEN - PAULINIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,12600	0,08816	74,21150	0,00000	0,00000
108	RAIZEN - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
109	RAIZEN - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,01800	0,01584	66,32653	0,00000	0,00000
110	RAIZEN - SAO PAULO	0,00000	0,01299	0,00000	0,08600	0,05934	69,38776	0,00000	0,00000
111	REALCOOL - PAULINIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,07100	0,05064	71,79963	0,00000	0,00000
112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	0,00000	0,04545	0,00000	0,14000	0,09993	78,75696	0,00000	0,00000
113	REDE SOL - PAULINIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,09100	0,06492	77,08720	0,00000	0,00000
114	REDEPETRO - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,03200	0,02320	67,99629	0,00000	0,00000
115	REDEPETRO - PAULINIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,03200	0,02317	66,69759	0,00000	0,00000

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód.	Empresa	Grau de Saída	Grau de Entrada	Hub	Autho- rity	Auto vetor	Proximi- dade	Radial	Interme- dição de fluxo
116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,04545	0,00000	0,20200	0,14244	77,64378	0,00000	0,00000
117	RM PETRÓLEO - BAURU	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
118	RM PETRÓLEO - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,03200	0,02320	67,99629	0,00000	0,00000
119	RM PETRÓLEO - PAULÍNIA	0,00000	0,03896	0,00000	0,16500	0,11534	76,25232	0,00000	0,00000
120	ROYAL FIC - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
121	ROYAL FIC - PAULÍNIA	0,00000	0,03247	0,00000	0,14200	0,09979	75,13915	0,00000	0,00000
122	ROYAL FIC - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
123	ROYAL FIC - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
124	ROYAL FIC - GUARULHOS	0,00000	0,03247	0,00000	0,15100	0,10548	76,06680	0,00000	0,00000
125	ROYAL FIC - PAULÍNIA	0,00000	0,03896	0,00000	0,20800	0,14539	77,08720	0,00000	0,00000
126	ROYAL FIC - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,04100	0,02831	65,49165	0,00000	0,00000
127	ROYAL FIC - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
128	RUFF CJ - GUARULHOS	0,00000	0,01948	0,00000	0,08400	0,05904	72,54174	0,00000	0,00000
129	RUFF CJ - PAULÍNIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,10100	0,07149	72,54174	0,00000	0,00000
130	RUFF CJ - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01299	0,00000	0,05500	0,04054	71,15028	0,00000	0,00000
131	RUFF CJ - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
132	RUMOS - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
133	RUMOS - PAULÍNIA	0,00000	0,00649	0,00000	0,03200	0,02317	66,69759	0,00000	0,00000
134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,05195	0,00000	0,21000	0,14817	80,61224	0,00000	0,00000
135	SIMARELLI - PAULÍNIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,10000	0,07064	73,09834	0,00000	0,00000
136	SMALL - PAULÍNIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,12700	0,08968	78,94248	0,00000	0,00000
137	SMALL - PRESIDENTE PRUDENTE	0,00000	0,00649	0,00000	0,04000	0,02747	65,21336	0,00000	0,00000
138	TAG - PAULÍNIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,03800	0,02753	67,34694	0,00000	0,00000
139	TAURUS - PAULÍNIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,11900	0,08396	75,97403	0,00000	0,00000
140	TAURUS - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01299	0,00000	0,04300	0,03223	67,71800	0,00000	0,00000
141	TOBRAS - GUARULHOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01073	62,61595	0,00000	0,00000
142	TOBRAS - PAULÍNIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,15700	0,10998	75,69573	0,00000	0,00000
143	TOBRAS - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,01299	0,00000	0,05500	0,04054	71,15028	0,00000	0,00000

Continua.

Continuação da Tabela 1

Cód.	Empresa	Grau de Saída	Grau de Entrada	Hub	Autho- rity	Auto vetor	Proximi- dade	Radial	Interme- dição de fluxo
144	TOBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,00649	0,00000	0,01700	0,01247	62,98702	0,00000	0,00000
145	TOBRAS - SAO PAULO	0,00000	0,03896	0,00000	0,18800	0,13022	74,76809	0,00000	0,00000
146	TOWER - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,05400	0,03819	71,52134	0,00000	0,00000
147	TOWER - PAULINIA	0,00000	0,04545	0,00000	0,20800	0,14586	80,33395	0,00000	0,00000
148	TRANSO - PAULINIA	0,00000	0,02597	0,00000	0,09000	0,06334	73,46938	0,00000	0,00000
149	TRIANGULO - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,03200	0,02320	67,99629	0,00000	0,00000
150	TRIANGULO - PAULINIA	0,00000	0,01299	0,00000	0,06100	0,04317	68,83117	0,00000	0,00000
151	VIRALCOOL - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,00649	0,00000	0,01400	0,01222	63,72913	0,00000	0,00000
152	WATT - PAULINIA	0,00000	0,01948	0,00000	0,07500	0,05390	74,21150	0,00000	0,00000
153	ZEMA - GUARULHOS	0,00000	0,01299	0,00000	0,03700	0,02614	67,06864	0,00000	0,00000
154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	0,00000	0,04545	0,00000	0,19700	0,13880	77,27273	0,00000	0,00000
155	ZEMA - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000	0,03247	0,00000	0,16500	0,11469	77,08720	0,00000	0,00000

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2: Resultado das medidas de centralidades para o grafo da cadeia valorado com volumes de diesel ou risco de acessibilidade

Cód.	Empresa	Grau de Saída (Volume)	Grau de Entrada (Volume)	Interme- dição de fluxo (Volume)	Authority (risco de acessibilidade)	Hub (risco de acessibilidade)
1	AXA OIL	0,00001027	0	0	0	0,0000000050570704837
2	BCI BALPEX	0,00000210	0	0	0	0,0000007219567078089
3	BCI BRASIL CHINA	0,00041985	0	0	0	0,1665355075904290000
4	BLUEWAY TRADING	0,00176663	0	0	0	1,0000000000000000000
5	CIAPETRO TRADING	0,00006347	0	0	0	0,0000264676162159233
6	FLAMMA OLEOS	0,00079639	0	0	0	0,0047758549351345500
7	FUNCHAL	0,00000218	0	0	0	0,0000008423205440896
8	G R B	0,00000019	0	0	0	0,0000001764590436744
9	GREENERGY	0,00128928	0	0	0	0,0017932595111107700

Continua.

Continuação da Tabela 2.

Cód.	Empresa	Grau de Saída (Volume)	Grau de Entrada (Volume)	Intermediação de fluxo (Volume)	Authority (risco de acessibilidade)	Hub (risco de acessibilidade)
10	OIL TRADING	0,00112869	0	0	0	0,0000577022387348031
11	OKTANA	0,00001961	0	0	0	0,0000075741463324540
12	SAVIXX	0,00000484	0	0	0	0,0000082232590136412
13	SERTRADING	0,00002180	0	0	0	0,0009392037337695370
14	SUL PLATA	0,00001422	0	0	0	0,0000531176021898908
15	TGV	0,00000333	0	0	0	0,0000008623877245135
16	TRICON	0,00179844	0	0	0	0,0088644508205274300
17	TRIUMPH BRAZIL	0,00004608	0	0	0	0,0000105247452363846
18	VARO ENERGY	0,00010401	0	0	0	0,0000438012251727646
19	REPLAN	0,01657057	0,000786008	1,244319	0,000000000000001321	0,0000000857701032526
20	REVAP	0,00993723	0	0	0	0,0000883628417717083
21	RPBC	0,00070792	0	0	0	0,0000000678747493800
22	SUZANO	0,00163067	0,003103788	0,048404	0,00000000560225395	0,0000000000000000000
23	TA SÃO SEBASTIÃO	0,00649351	0	0	0	0,0000000000002194320
24	TT BARUERI	0,00350153	0,003147181	0,179559	0,00000000000814740	0,0000000012298811980
25	TT CUBATÃO	0,00000000	0,000183999	0	0,00000000258590052	0,0000000000000000000
26	TT GUARAREMA	0,00043873	0,012444049	0,952954	0,00000000293577198	0,0000000000000000001
27	TT GUARULHOS (SEGUAR)	0,00154119	0,001639213	0,692015	0	0,0000013628878339559
28	TT SAO CAETANO DO SUL	0,00345127	0,000856590	0,140056	0,00000000162606593	0,0012130733608655800
29	TT RIBEIRAO PRETO	0,00132210	0,001322096	0,504210	0,00000002219926070	0,0000000122146889348
30	ACOL -RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000006131	0	0,00001028311707469	0,0000000000000000000
31	AGILE LOGISTICA - PAULINIA	0,00000000	0,000002089	0	0,00000000031177179	0,0000000000000000000
32	ALESAT - CUBATAO	0,00000000	0,000007178	0	0,000000000000000039	0,0000000000000000000
33	ALESAT - GUARULHOS	0,00000000	0,000584527	0	0,13990780848238600	0,0000000000000000000
34	ALESAT - PAULINIA	0,00000000	0,000089830	0	0,000000000000003101	0,0000000000000000000
53	ALESAT- RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000017772	0	0,000000000000000059	0,0000000000000000000

Continua.

Continuação da Tabela 2.

Cód.	Empresa	Grau de Saída (Volume)	Grau de Entrada (Volume)	Intermediação de fluxo (Volume)	Authority (risco de acessibilidade)	Hub (risco de acessibilidade)
36	ALESAT - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000013540	0	0,00000000000145905	0,000000000000000000
37	ALESAT - SAO PAULO	0,00000000	0,000011196	0	0,00000000002277406	0,000000000000000000
38	ASPEN - ASSIS	0,00000000	0,000000277	0	0,00000354062253075	0,000000000000000000
39	ASTER - GUARULHOS	0,00000000	0,000419595	0	0,00823286667730112	0,000000000000000000
40	ASTER - PAULINIA	0,00000000	0,000010788	0	0,00008285823164372	0,000000000000000000
41	ATLANTA - PAULINIA	0,00000000	0,000001025	0	0,000000000000000007	0,000000000000000000
42	BIOPETRÓLEO - PAULINIA	0,00000000	0,000014159	0	0,00529901341284258	0,000000000000000000
43	CARBOPETRO - GUARULHOS	0,00000000	0,000007849	0	0,000000000000000326	0,000000000000000000
44	CIAPETRO - GUARULHOS	0,00000000	0,000031556	0	0,000000000000000787	0,000000000000000000
45	CIAPETRO - PAULINIA	0,00000000	0,000570322	0	0,00047308976679136	0,000000000000000000
46	CIAPETRO - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000028142	0	0,000000000000000093	0,000000000000000000
47	CIAPETRO - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000204313	0	0,00000000002201668	0,000000000000000000
48	COPERCANA - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000040923	0	0,00000017456154716	0,000000000000000000
49	CRUZ DE MALTA - GUARULHOS	0,00000000	0,000000890	0	0,00000000057170827	0,000000000000000000
50	CRUZ DE MALTA - PAULINIA	0,00000000	0,000019289	0	0,00000017776035180	0,000000000000000000
51	D'MAIS - PAULINIA	0,00000000	0,000201540	0	0,00195972703789585	0,000000000000000000
52	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	0,00000000	0,000007594	0	0,00005832958366260	0,000000000000000000
53	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	0,00000000	0,000171556	0	0,00003155761940488	0,000000000000000000
54	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	0,00000000	0,000003271	0	0,00000213015607233	0,000000000000000000
55	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000003691	0	0,000000000000000012	0,000000000000000000
56	DISTRIBUIDORA - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000037818	0	0,00000000000407525	0,000000000000000000
57	DISTRIBUIDORA - PAULINIA	0,00000000	0,000008894	0	0,00000038256971178	0,000000000000000000
58	DISTRIBUIDORA - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000032847	0	0,00011926974504617	0,000000000000000000
59	DISTRIBUIDORA - GUARULHOS	0,00000000	0,000000185	0	0,00000000015050347	0,000000000000000000
60	ESTRADA - PARANA	0,00000000	0,000001066	0	0	0,000000000000000000

Continua.

Continuação da Tabela 2.

Cód.	Empresa	Grau de Saída (Volume)	Grau de Entrada (Volume)	Intermediação de fluxo (Volume)	Authority (risco de acessibilidade)	Hub (risco de acessibilidade)
61	FERA - ARUJA	0,00000000	0,000023349	0	0,00000018353314130	0,00000000000000000000
62	FLEXPETRO - GUARULHOS	0,00000000	0,000014626	0	0,000000000000000608	0,00000000000000000000
63	FLEXPETRO - PAULINIA	0,00000000	0,000069719	0	0,00853244760007933	0,00000000000000000000
64	FLORIDA - GUARULHOS	0,00000000	0,000016008	0	0,00377864485990218	0,00000000000000000000
65	GOL - PAULINIA	0,00000000	0,000015847	0	0,00070792929249086	0,00000000000000000000
66	GP - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000004553	0	0,000000000000000015	0,00000000000000000000
67	GRAN PETRO - GUARULHOS	0,00000000	0,000004638	0	0,00271071191848744	0,00000000000000000000
68	GRAN PETRO - PAULINIA	0,00000000	0,000007507	0	0,00101885397838000	0,00000000000000000000
69	GRAN PETRO - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000010647	0	0,00569474428461507	0,00000000000000000000
70	IDAZA - GUARULHOS	0,00000000	0,000005955	0	0,000000000000000742	0,00000000000000000000
71	IDAZA - PAULINIA	0,00000000	0,000027887	0	0,00932028885807867	0,00000000000000000000
72	IPIRANGA - BARUERI	0,00000000	0,000682854	0	0,000000000000000005	0,00000000000000000000
73	IPIRANGA - CUBATAO	0,00000000	0,000146471	0	0,000000000000001031	0,00000000000000000000
74	IPIRANGA - GUARULHOS	0,00000000	0,000346868	0	0,000000000000012972	0,00000000000000000000
75	IPIRANGA - PAULINIA	0,00000000	0,002001666	0	0,00003227239669354	0,00000000000000000000
76	IPIRANGA - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000168996	0	0,000000000000000557	0,00000000000000000000
77	IPIRANGA - SAO CAETANO DO SUL	0,00000000	0,001640214	0	0,00191636115466823	0,00000000000000000000
78	IPIRANGA - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,001077807	0	0,00171806896646903	0,00000000000000000000
79	MONTE CABRAL - ASSIS	0,00000000	0,000002076	0	0,00002654072952187	0,00000000000000000000
80	MONTE CABRAL - PAULINIA	0,00000000	0,000001526	0	0,00000001244189891	0,00000000000000000000
81	MONTE CABRAL - SAO PAULO	0,00000000	0,000013259	0	0,00098620900952953	0,00000000000000000000
82	PETROBALL - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000011194	0	0,00754814034422851	0,00000000000000000000
83	PETROBRAS - BARUERI	0,00000000	0,001568625	0	0,03263049218072150	0,00000000000000000000
84	PETROBRAS - CUBATAO	0,00000000	0,000646861	0	0,05893642075424700	0,00000000000000000000
85	PETROBRAS - GUARULHOS	0,00000000	0,000287630	0	0,01665480456380260	0,00000000000000000000

Continua.

Continuação da Tabela 2.

Cód.	Empresa	Grau de Saída (Volume)	Grau de Entrada (Volume)	Intermediação de fluxo (Volume)	Authority (risco de acessibilidade)	Hub (risco de acessibilidade)
86	PETROBRAS - PAULINIA	0,00000000	0,003304709	0	0,01529712961398640	0,00000000000000000000
87	PETROBRAS - PRESIDENTE PRUDENTE	0,00000000	0,000001792	0	0,00000159835440830	0,00000000000000000000
88	PETROBRAS - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000579013	0	0,01330813932406860	0,00000000000000000000
89	PETROBRAS - SAO JOSE DO RIO PRETO	0,00000000	0,000015696	0	0,00136022050287429	0,00000000000000000000
90	PETROBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,001896264	0	0,00319532518404872	0,00000000000000000000
91	PETROBRAS DISTRIBUIDORA - SAO PAULO	0,00000000	0,000264870	0	0,04531674515453950	0,00000000000000000000
92	PETROEXPRESS - PAULINIA	0,00000000	0,000082772	0	0,00611560647542173	0,00000000000000000000
93	PETROEXPRESS - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000003892	0	0,00001603228228631	0,00000000000000000000
94	PETROEXPRESS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000000011	0	0,000000000000000117	0,00000000000000000000
95	PETROLUZ - GUARULHOS	0,00000000	0,000000578	0	0,000000000000000125	0,00000000000000000000
96	PETROLUZ - PAULINIA	0,00000000	0,000027535	0	0,00016975270505705	0,00000000000000000000
97	PETRONAC - GUARULHOS	0,00000000	0,000030507	0	0,000000000000058936	0,00000000000000000000
98	PETRONAC - PAULINIA	0,00000000	0,000302372	0	0,03260574189244190	0,00000000000000000000
99	PETRONAC - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000030662	0	0,00063502821724349	0,00000000000000000000
100	POTENCIAL - GUARULHOS	0,00000000	0,000078185	0	0,00287276215641087	0,00000000000000000000
101	POTENCIAL - PAULINIA	0,00000000	0,000073412	0	0,00311126896927266	0,00000000000000000000
102	POTENCIAL - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000040384	0	0,00397459952796926	0,00000000000000000000
103	RAIZEN - BARUERI	0,00000000	0,000837060	0	0,00121246395040284	0,00000000000000000000
104	RAIZEN - CUBATAO	0,00000000	0,000840318	0	1,0000000000000000000	0,00000000000000000000
105	RAIZEN - GUARULHOS	0,00000000	0,000071225	0	0,000000000000009766	0,00000000000000000000
106	RAIZEN - OURINHOS	0,00000000	0,000018446	0	0,00018628948971249	0,00000000000000000000
107	RAIZEN - PAULINIA	0,00000000	0,003150395	0	0,84871582980858300	0,00000000000000000000
108	RAIZEN - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000138896	0	0,00000000000000458	0,00000000000000000000
109	RAIZEN - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,002227536	0	0,00063841200113746	0,00000000000000000000
110	RAIZEN - SAO PAULO	0,00000000	0,000493637	0	0,65481277224006600	0,00000000000000000000

Continua.

Continuação da Tabela 2.

Cód.	Empresa	Grau de Saída (Volume)	Grau de Entrada (Volume)	Intermediação de fluxo (Volume)	Authority (risco de acessibilidade)	Hub (risco de acessibilidade)
111	REALCOOL - PAULINIA	0,00000000	0,000025702	0	0,00012299427592400	0,00000000000000000000
112	REDE SOL - JARDINOPOLIS	0,00000000	0,000074454	0	0,00017532283538976	0,00000000000000000000
113	REDE SOL - PAULINIA	0,00000000	0,000023949	0	0,00028129997349203	0,00000000000000000000
114	REDEPETRO - GUARULHOS	0,00000000	0,000044581	0	0,000000000000191417	0,00000000000000000000
115	REDEPETRO - PAULINIA	0,00000000	0,000011128	0	0,000000000000000027	0,00000000000000000000
116	REDEPETRO - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000129758	0	0,00022415714644258	0,00000000000000000000
117	RM PETRÓLEO - BAURU	0,00000000	0,000008041	0	0,000000000001684319	0,00000000000000000000
118	RM PETRÓLEO - GUARULHOS	0,00000000	0,000049391	0	0,000000000000066876	0,00000000000000000000
119	RM PETRÓLEO - PAULINIA	0,00000000	0,000314799	0	0,00098186078644939	0,00000000000000000000
120	ROYAL FIC - GUARULHOS	0,00000000	0,000000663	0	0,000000000000000028	0,00000000000000000000
121	ROYAL FIC - PAULINIA	0,00000000	0,000282160	0	0,00039818698817156	0,00000000000000000000
122	ROYAL FIC - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000002492	0	0,000000000000000008	0,00000000000000000000
123	ROYAL FIC - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000082872	0	0,000000000000893030	0,00000000000000000000
124	ROYAL FIC - GUARULHOS	0,00000000	0,000016917	0	0,00192885023435729	0,00000000000000000000
125	ROYAL FIC - PAULINIA	0,00000000	0,000382032	0	0,01301900546915900	0,00000000000000000000
126	ROYAL FIC - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000000089	0	0,00000028781452942	0,00000000000000000000
127	ROYAL FIC - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000004949	0	0,000000000000053334	0,00000000000000000000
128	RUFF CJ - GUARULHOS	0,00000000	0,000015978	0	0,00000188721984747	0,00000000000000000000
129	RUFF CJ - PAULINIA	0,00000000	0,000170243	0	0,00020025048974884	0,00000000000000000000
130	RUFF CJ - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000018655	0	0,00000734317591941	0,00000000000000000000
131	RUFF CJ - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000175999	0	0,000000000001896559	0,00000000000000000000
132	RUMOS - GUARULHOS	0,00000000	0,000007736	0	0,00000000000001671	0,00000000000000000000
133	RUMOS - PAULINIA	0,00000000	0,000002649	0	0,000000000005610368	0,00000000000000000000
134	RUMOS - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000135903	0	0,00556860691348572	0,00000000000000000000
135	SIMARELLI - PAULINIA	0,00000000	0,000113336	0	0,00034537170279810	0,00000000000000000000

Continua.

Continuação da Tabela 2.

Cód.	Empresa	Grau de Saída (Volume)	Grau de Entrada (Volume)	Intermediação de fluxo (Volume)	Authority (risco de acessibilidade)	Hub (risco de acessibilidade)
136	SMALL - PAULINIA	0,00000000	0,000135922	0	0,00013933616965748	0,00000000000000000000
137	SMALL - PRESIDENTE PRUDENTE	0,00000000	0,000000406	0	0,00000309064243741	0,00000000000000000000
138	TAG - PAULINIA	0,00000000	0,000010306	0	0,00000010484661519	0,00000000000000000000
139	TAURUS - PAULINIA	0,00000000	0,000387383	0	0,00019100222315435	0,00000000000000000000
140	TAURUS - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000140553	0	0,00000284220824747	0,00000000000000000000
141	TOBRAS - GUARULHOS	0,00000000	0,000069088	0	0,00000000000014928	0,00000000000000000000
142	TOBRAS - PAULINIA	0,00000000	0,000056911	0	0,00048010211023202	0,00000000000000000000
143	TOBRAS - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000024064	0	0,00000854742908629	0,00000000000000000000
144	TOBRAS - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000107129	0	0,00000000001154415	0,00000000000000000000
145	TOBRAS - SAO PAULO	0,00000000	0,000141255	0	0,00119800982408736	0,00000000000000000000
146	TOWER - GUARULHOS	0,00000000	0,000000456	0	0,00000145610215359	0,00000000000000000000
147	TOWER - PAULINIA	0,00000000	0,000037918	0	0,00058987188285051	0,00000000000000000000
148	TRANSO - PAULINIA	0,00000000	0,000038084	0	0,00118715956851390	0,00000000000000000000
149	TRIANGULO - GUARULHOS	0,00000000	0,000127245	0	0,000000000000006273	0,00000000000000000000
150	TRIANGULO - PAULINIA	0,00000000	0,000169406	0	0,00006538459500158	0,00000000000000000000
151	VIRALCOOL - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000021012	0	0,000000000000000069	0,00000000000000000000
152	WATT - PAULINIA	0,00000000	0,000035875	0	0,00000085392726245	0,00000000000000000000
153	ZEMA - GUARULHOS	0,00000000	0,000002954	0	0,00000000244991300	0,00000000000000000000
154	ZEMA - RIBEIRAO PRETO	0,00000000	0,000092102	0	0,01460864876562590	0,00000000000000000000
155	ZEMA - SAO JOSE DOS CAMPOS	0,00000000	0,000053828	0	0,00503247296012247	0,00000000000000000000

Fonte: Elaborado pelo autor