CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MAPEAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA A PRODUÇÃO DE VACINAS DE UM LABORATÓRIO PRODUTOR DO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA TEORIA DOS GRAFOS

Liliane da Costa Dias

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Mestre.

Orientadores:
Prof. Augusto da Cunha Reis, D.Sc.
Prof. Leonardo Silva de Lima, D.Sc. (co-orientador)

Rio de Janeiro
Junho de 2016

MAPEAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA A PRODUÇÃO DE VACINAS DE UM LABORATÓRIO PRODUTOR DO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA TEORIA DOS GRAFOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Liliane da Costa Dias

Aprovada por:

_____

Presidente, Prof. Augusto da Cunha Reis, D.Sc.

_____

Prof. Leonardo Silva de Lima, D.Sc.

_____

Prof. Carla Silva Oliveira, D.Sc.

_____

Prof. Annibal Scavarda, D.Sc. (Unirio)

Rio de Janeiro

Junho de 2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

D541 Dias, Liliane da Costa
Mapeamento da cadeia de suprimentos para a produção de vacinas de um laboratório produtor do Rio de Janeiro : uma abordagem por meio da teoria dos grafos / Liliane da Costa Dias.— 2016.
xiii, 86f. + apêndice : il. (algumas color.) , grafs. , tabs. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2016.
Bibliografia : f. 83-86
Orientadores : Augusto da Cunha Reis
Coorientador : Leonardo Silva de Lima

1. Canais de distribuição – Administração. 2. Distribuição de mercadorias – Administração. 3. Logística empresarial. 4. Teoria dos grafos. 5. Vacinas. I. Reis, Augusto da Cunha (Orient.). II. Lima, Leonardo Silva de (Coorient.). III. Título.

CDD 658.78

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a Deus por cada dificuldade que eu tenho que superar, por cada caminho longo e complexo que eu tenha que percorrer, cada barreira que eu precise ultrapassar, pois tudo contribui de alguma forma para a minha formação como ser humano. Entrar no mestrado não é fácil (imagina sair? Que sufoco..rsrs), mas aí quando você consegue acha que está tranquilo, está favorável e adivinha? Você consegue passar em um concurso público que te faz mudar radicalmente de profissão (passa de Engenheira à Professora universitária em 3 meses) e ainda no segundo trimestre do mestrado e no primeiro dia de trabalho no novo emprego, recebe de presente 3 turmas com curso em andamento sem nunca ter entrado em sala de aula...

Em segundo lugar, gostaria de agradecer meu ex-chefe Leonardo, pois sem ele eu não conseguiria autorização para participar, em menos de 2 anos, do processo seletivo de uma especialização e de um mestrado (graças a Deus eu consegui aprovação, se não ia deixar o chefe em maus lençóis...).

Em terceiro lugar, gostaria de agradecer a grande contribuição do Professor Augusto Reis, ele foi peça fundamental no processo seletivo para esta empreitada, ao Professor Leonardo Lima, que me recebeu como orientanda mesmo com um projeto não tão próximo das suas linhas de pesquisa e ao Professor Annibal, que me mostrou os caminhos da publicação de artigos.

Em quarto lugar, gostaria de agradecer a família, aos amigos e aos colegas de trabalho (do Cefet e da Fiocruz), pois a caminhada não foi fácil e precisei muito da compreensão e incentivo que todos vocês tiveram e forneceram a mim.

Preciso de um parágrafo só para o Robinho na parte dos entes queridos: obrigada por toda paciência e compreensão nos meus momentos de desespero, de angústia, de choro, de ideias confusas e por simplesmente me ouvir quando eu precisava falar, falar, falar e falar até dormir, parar de chorar ou chegar a conclusões óbvias e que já tínhamos discutido diversas vezes.

Também não posso esquecer-me dos colaboradores da unidade de pesquisa que contribuíram enormemente para que esta dissertação se materializasse. Maurício, Marcelo, Fabiano, Isis, Letícia, muito obrigada!!! Sem vocês eu não conseguiria chegar ao final.

Ao grupo de pesquisa que se formou para que eu pudesse publicar artigos e atender mais um requisito do mestrado: Fabiano, Annibal (preciso agradecer mais uma vez ao Augusto por ter me apresentado ao Annibal) e Daniel (o incentivo que deu ao Manel foi fundamental) muito obrigada!!! Estamos virando uma máquina de produção de artigos...rsrs

E por fim a banca da defesa, Annibal, Carla, Leonardo e Augusto, vocês e todas as contribuições recebidas foram muito enriquecedores para o trabalho e para a minha formação como docente; e aos professores do PPPRO pois todas as disciplinas cursadas foram de grande valia para minha formação. Muito obrigada!!!

Se eu esqueci alguém, deixo logo o meu pedido de perdão. Vocês bem sabem que minha memória é uma pequena lembrança...

RESUMO

MAPEAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA A PRODUÇÃO DE VACINAS DE UM LABORATÓRIO PRODUTOR DO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA TEORIA DOS GRAFOS

Liliane da Costa Dias

Orientadores:
Prof. Augusto da Cunha Reis, D.Sc.
Prof. Leonardo Silva de Lima, D.Sc. (co-orientador)

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

A vacinação é uma intervenção de saúde pública que visa, entre outros, reduzir a mortalidade por doenças transmissíveis. O Programa nacional de Imunização é uma iniciativa governamental brasileira que, desde 1973, exerce um papel essencial na eliminação de doenças como a poliomielite e no controle de tantas outras como a Febre Amarela, a Rubéola e a Gripe. As cadeias de suprimentos de vacinas no Brasil possuem em suas estruturas o relacionamento entre instituições públicas e privadas e, por conta das burocracias impostas pela administração pública, os riscos de disrupção entre as entidades destas cadeias podem aumentar. Esta pesquisa propõe a utilização da teoria dos grafos como ferramenta na gestão de riscos em cadeias de suprimentos e toma uma cadeia de suprimentos de vacinas brasileira como objeto de estudo. Trata-se de um estudo de caso desenvolvido em uma unidade de análise que produz vacinas para o Programa Nacional de Imunização. O método adotado buscou mapear as cadeias de suprimentos a montante de todas as vacinas do portfólio da unidade de análise que atendessem as premissas descritas na metodologia da pesquisa. Entre elas, pode-se destacar a necessidade da vacina compor o calendário de vacinação do Programa Nacional de Imunização. Com as cadeias de suprimentos modeladas por meio do *software Pajek*, algumas métricas da teoria dos grafos, como centralidade de grau e centralidade de intermediação, foram aplicadas com a finalidade de identificar pontos de fragilidade nas cadeias de suprimentos e assim identificar os riscos inerentes a elas para posteriormente propor melhorias. Dentre os principais resultados destacam-se a lacuna existente na publicação acadêmica de trabalhos que abordem a análise da cadeia de suprimentos de vacinas a montante do laboratório produtor, que é o caso da unidade de análise desta pesquisa, e a aplicação satisfatória de métricas da teoria dos grafos na construção de indicadores situacionais em nível de cadeia e em nível de elo. Relevantes propostas para estudos futuros foram identificadas, como a extensão do estudo de caso para as demais linhas de produtos do portfólio da unidade de análise.

Palavras-chave:
Gestão da Cadeia de Suprimentos; Teoria dos Grafos; Produção de Vacinas.

Rio de Janeiro

Junho de 2016

ABSTRACT

MAPPING OF THE SUPPLY CHAIN FOR VACCINES PRODUCTION A RIO DE JANEIRO LABORATORY PRODUCER: AN APPROACH BY MEANS OF GRAPH THEORY

Liliane da Costa Dias

Advisors:

Augusto da Cunha Reis, D.Sc.

Leonardo Silva de Lima, D.Sc. (co-advisor)

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET / RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master.

The vaccination is a public health intervention that search, among others, reduce mortality from communicable diseases. The National Immunizations Program is a Brazilian governmental policy that, since 1973, plays an essential role in eliminating diseases such as Poliomyelitis and in control of so many others like Yellow Fever, Rubella and Influenza. The vaccines supply chain in Brazil have in their relationship structures between public and private institutions and, because of the bureaucracy imposed by the government, the risk of disruption among the entities of these chains may increase. This research proposes the utilization of graphs theory as a tool in supply chain risk management and takes a vaccine supply chain Brazilian as an object of study. It is a case study developed in a unit of analysis that produces vaccines for National Immunizations Program. The method adopted sought to map the upstream supply chains of all vaccines of the unit of analysis portfolio that attended the assumptions described in the research methodology. Among them, can be highlighted the need the vaccine composing the vaccination schedule of the National Immunizations Program. With supply chains modeled by Pajek software, some metrics of graphs theory, like centrality degree and centrality betweenness, were applied with the purpose to identify points of fragility in supply chains and thus identify the risks inherent to them for later propose improvements. Among the main results highlight the existing gap in academic publication of studies about the analysis of the vaccines supply chain upstream of laboratory producer, which is the case of the unit of analysis this research, and the satisfactory implementation of metrics of the graphs theory in the construction of the situational indicators chain level and node level. Relevant proposals for future studies were identified, such as the extension of the case study to other product lines of the unit of analysis portfolio.

Keywords:
Supply Chain Management; Graphs Theory; Vaccines Production.

Rio de Janeiro
Junho de 2016

Sumário

Capítulo I - Introdução 1
I.1. Apresentação do Problema 2
I.2. Objetivos 3
I.2.1. Objetivos Específicos 3
I.3. Justificativa 4
I.4. Estrutura da Pesquisa 6
Capítulo II - Referencial Teórico 7
II.1. Estrutura Conceitual da Formação da Cadeia de Suprimentos 7
II.2. Teoria dos Grafos: Conceitos Básicos e Métricas para Análise de Redes 9
II.2.1. Conceitos Básicos 9
II.2.2. Métricas para Análise em Nível de Vértice: Centralidade de Grau do Vértice, Centralidade de Proximidade e Centralidade de Intermediação 10
II.2.3. Métricas para Análise em Nível de Rede: Centralidade de Grau da Rede, Tamanho e Densidade da Rede 12
II.3. Riscos na Cadeia de Suprimentos 13
II.3.1. Identificação dos Riscos 15
II.3.2. Avaliação dos Riscos 16
II.3.3. Mitigação e Monitoramento dos Riscos 18
Capítulo III - Metodologia da Pesquisa 20
III.1. Estrutura Conceitual Teórica, Planejamento do Caso e Teste Piloto 20
III.2. Delimitação da Pesquisa 21
III.3. Coleta de Dados 22
III.4. Tratamento e Análise dos Dados 24
III.5. Limitação do Método 24
Capítulo IV - Estudo de Caso: A Cadeia de Suprimentos de Vacinas de um Laboratório Produtor do Rio de Janeiro 25
IV.1. Caracterização da Cadeia de Suprimentos a Jusante do Laboratório Produtor 26
IV.1.1. Qualidade 28
IV.1.2. Riscos 29
IV.2. Caracterização da Empresa Focal: A Unidade de Análise 30
IV.3. Caracterização da Cadeia de Suprimentos a Montante do Laboratório Produtor 32
IV.3.1. Qualidade 40
IV.3.2. Riscos 40
Capítulo V - Análise e Discussão dos Dados 44
V.1. Modelo de Análise 44
V.1.1. Critérios de Relevância Estratégica dos Fornecedores 45

V.1.2. Critérios de Relevância Referentes às Etapas da Cadeia Produtiva Processadas na Unidade de Análise 46
V.2. Tratamento e Análise da Formalidade 48
V.3. Tratamento e Análise da Complexidade Estrutural e da Centralidade de Grau da Cadeia 50
V.3.1. Complexidades Espacial, Horizontal e Vertical 51
V.3.2. Tamanho, Densidade e Centralidade de Grau da Cadeia 53
V.4. Tratamento e Análise da Centralidade em Nível de Vértice 55
V.4.1. Cadeia de Suprimentos da Vacina Contra Febre Amarela 57
V.4.2. Cadeia de Suprimentos da Vacina Tríplice Viral 59
V.4.3. Cadeia de Suprimentos da Vacina Hib 1 e 5 Doses 64
V.5. Cadeia de Suprimentos Integrada 66
V.6. Discussão dos Resultados 72
V.6.1. Métricas em Nível de Cadeia 72
V.6.2. Métricas em Nível de Elo 75
V.6.3. Riscos 77
Capítulo VI - Conclusão 80
Referências 83
Apêndice I – Dados de Entrada das Cadeias de Suprimento no *Pajek* 87

Lista de Figuras

Figura I.1:Cobertura vacinal segundo o Sistema de Informação de Avaliação do PNI. 4
Figura I.2: Receita proveniente do fornecimento de produtos pela unidade de análise entre 2009 e 2013 Fonte: Adaptado de INSTITUTO (2014) 5
Figura I.3: Estrutura metodológica da pesquisa 6
Figura II.1: Rede de colaboração centralizada versus rede de colaboração descentralizada ... 15
Figura III.1: Lista de dados dos fornecedores de insumos para a produção de vacinas 23
Figura IV.1: Relação entre a cadeia de suprimento de vacinas, seus produtores e seus consumidores finais 26
Figura IV.2: Cadeia de suprimentos de vacinas a partir do laboratório produtor 28
Figura IV.3: Organograma da unidade de análise 31
Figura IV.4: Cadeia de suprimentos a montante da unidade e análise para a produção da Vacina contra Febre Amarela 35
Figura IV.5: Cadeia de suprimentos a montante para a produção da Vacina Tríplice Viral 36
Figura IV.6: Cadeia de suprimentos a montante para a produção da Vacina Hib 37
Figura IV.7: Cadeia de suprimentos para a produção da Vacina contra Poliomelite 1, 2 e 3 38
Figura IV.8: Cadeia de suprimentos para a produção da Vacina Pneumocócica 38
Figura IV.9: Cadeia de suprimentos a montante da unidade de análise integrada 39
Figura V.1: Distribuição dos fornecedores de acordo com o parâmetro de formalidade 50
Figura V.2: Complexidade espacial das cadeias de suprimentos 51
Figura V.3: Complexidade horizontal das cadeias de suprimentos 52
Figura V.4: Fontes, avaliação e estratégias e mitigação e de contingência para os riscos mapeados 78

Lista de Tabelas

Tabela I.1: Resultados de busca prévia por referências para o tema da pesquisa 5
Tabela III.1: Lista de produtos do portfólio de vacinas 22
Tabela V.1: Medidas obtidas para o tamanho, a densidade e a centralidade de grau da cadeia 54
Tabela V.2: Resultados obtidos para a centralidade de grau dos vértices e para a centralidade de intermediação 56
Tabela V.3: Valores obtidos para a centralidade de grau do vértice na cadeia integrada 68
Tabela V.4: Valores obtidos para a centralidade de intermediação na cadeia integrada 71
Tabela V.5: Resultados compilados das métricas tamanho, densidade e centralidade de grau de entrada e de saída da cadeia 73
Tabela V.6: Resultados compilados das métricas formalidade e complexidades espacial, horizontal e vertical 74

Lista de Quadros

Quadro IV.1: Etapas produtivas processadas na unidade de análise por cadeia..... 40
Quadro V.1: Modelo conceitual para análise das cadeias de suprimentos 44
Quadro V.2: Escala de relevância dos insumos para fabricação de vacinas 45
Quadro V.3: Nível de criticidade versus etapas de produção executadas 47
Quadro V.4: Parâmetros para análise da formalidade na cadeia de suprimentos..... 49
Quadro V.5: Escala de criticidade para a complexidade espacial..... 51
Quadro V.6: Complexidade vertical das cadeias de suprimentos 53
Quadro V.7: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de grau de saída do vértice 57
Quadro V.8: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de intermediação..... 58
Quadro V.9: Caracterização dos vértices identificados na centralidade de grau de entrada do vértice 59
Quadro V.10: Caracterização dos vértices identificados na centralidade de grau de saída do vértice 60
Quadro V.11: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de intermediação... 62
Quadro V.12: Caracterização dos vértices identificados por meio da métrica centralidade de grau de saída do vértice..... 64
Quadro V.13: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de grau do vértice.. 69
Quadro V.14: Resultado compilados das métricas de centralidade em nível de elo 76

Lista de abreviaturas

Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BCG – Bacillus Calmette-Guérin (vacina contra tuberculose)

BPF – Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos

Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Cenadi – Central Nacional de Armazenamento e Distribuição de Insumos

CGPNI – Coordenação-Geral do Programa Nacional de Imunização

DCVMN – *Developing Countries Vaccine Manufactures Network* (Rede de Produtores de Vacinas dos Países em Desenvolvimento)

DTP – Difiteria, Tétano, Pertussis (coqueluche)

ERP – *Enterprise Resource Planning* (planejamento dos recursos da empresa)

FEMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

Hib – Haemophilus influenzae b

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFA – Insumo Farmacêutico Ativo

KPI – *Key Performance Indicators* (indicadores-chave de desempenho)

MDF – Matriz de Dependência do Fornecedor

MIEC – Matriz de Importância Estratégica e de Criticidade

MPEM – Matriz de Posicionamento Estratégico de Materiais

MS – Ministério da Saúde

MSD – *Merck Sharp & Dohme*

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PNI – Programa Nacional de Imunização

PPPRO – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

SC – *Supply Chain* (cadeia de suprimentos)

SCRM – *Supply Chain Risk Management* (Gestão de Riscos na Cadeia de Suprimentos)

SDR – *Supply Disruption Risk*

TI – Tecnologia da Informação

TT – Transferência de Tecnologia

TVV – Vacina Tríplice Viral – Sarampo, Caxumba e Rubéola

Unicef – *United Nations Children's Fund*

Siscomex – Sistema Integrado de Comércio Exterior

SRF – Secretaria da Receita Federal do Brasil

ABRE – Associação Brasileira de Embalagens

Capítulo I - Introdução

A vacina representa uma relevante intervenção de saúde pública de caráter universal que contribui sobremaneira para a redução da morbidade[1] e mortalidade por doenças transmissíveis (SILVA JR, 2013). O sucesso internacional das estratégias de imunização, tais como a erradicação da varíola, a redução significativa da incidência da poliomielite e a rápida diminuição de mortes provocadas pelo sarampo ilustram bem o impacto global das vacinas (HOMMA *et al.,* 2013).

Para que uma vacina esteja disponível nas salas de vacinação em condições perfeitas de consumo pelo público ao qual se destina, uma complexa cadeia de suprimentos precisa operar de forma eficiente e eficaz. Segundo a definição de COOPER, LAMBERT e PAGH (1997), gestão da cadeia de suprimentos é a integração entre uma unidade de negócio e seus fornecedores e clientes imediatos (elos de primeira camada), fornecedores e clientes imediatos da unidade de negócio e seus fornecedores e clientes (elos de segunda camada) e assim sucessivamente, podendo alcançar até o consumidor final (integração a jusante da unidade de negócios). A cadeia de suprimentos de vacinas é composta basicamente por fornecedores de insumos para a produção, laboratórios produtores, distribuidores e salas de vacinação.

As salas de vacinação representam o elo mais a jusante da cadeia de suprimentos e os elos mais a montante são representados pelos fornecedores de insumos para a produção. Quanto mais integrantes e mais camadas existirem na cadeia de suprimentos e quanto mais distantes umas das outras forem suas localizações físicas, mais complexa a cadeia pode se tornar.

Um exemplo prático de complexidade quando relacionada à distância entre localizações pode ser ilustrado através da cadeia de suprimentos de vacinas nacional: o Brasil possui uma grande área territorial, com cerca de 8.515.767 km^2 (IBGE, 2015) e com diversas dificuldades logísticas. Esta situação torna o transporte dos insumos/produtos complexos ao longo da cadeia, já que muitos deles precisam de condições ambientais específicas de transporte. Além disso, o fornecimento de insumos para a produção de vacinas ainda é muito dependente de fornecedores internacionais, o que expõe a cadeia a complicações oriundas das modalidades de transporte e da burocracia inerente a aquisições de produtos importados.

Segundo OLIVEIRA (2009), a complexidade das cadeias regidas por políticas públicas, que é o caso da cadeia de suprimentos de vacinas no Brasil, pode ser incrementada devido à mudança do modelo tradicional hierárquico de desenvolvimento da cadeia, que antes era composta apenas por entidades públicas e agora sua composição também conta com entidades privadas.

[1] Taxa de portadores de determinada doença em relação à população total (SILVA JR, 2013).

O relacionamento entre entidades públicas e privadas, no que tange aquisição e fornecimento de insumos e produtos, tem natureza regulamentar e burocrática, pois tudo é norteado por lei e, no caso do relacionamento entre fornecedores e produtores públicos e privados, regida pela Lei 8.666/93. Tal fato não garante fornecedores constantes de insumos (OLIVEIRA, 2009) e impõe algumas regras como comprar pelo menor preço e fazer com que os candidatos a fornecedores tenham que atender uma série de pré-requisitos que, em alguns casos, podem ser onerosos e não agregar valor competitivo aos negócios do fornecedor.

Apesar da complexidade, a gestão da cadeia de suprimentos pode trazer diversos benefícios às entidades que a compõe quando a integração ocorre por meio de desenvolvimento de parcerias entre os elos. Ao reconhecer todas as oportunidades que as empresas presentes em uma cadeia de suprimentos têm, produziu-se uma extensa literatura que estudou a formação, o design, a estruturação e o desempenho dessas relações de colaboração. Porém, percebe-se que esta integração expõem as empresas a riscos significativos que precisam ser mitigados de forma a obter maiores benefícios (DEKKER; SAKAGUNCHI; KAWAI, 2013).

Diante do exposto, podem existir, no relacionamento entre as entidades da cadeia de suprimentos de vacinas, riscos capazes de comprometer seu fluxo como, entre outros, ausência de fornecedores interessados em participar das licitações de materiais críticos à produção, cujo não fornecimento impacta diretamente no atendimento do cronograma de entrega de produtos acabados, e ausência de fornecedores que atendam todas as exigências impostas pela Lei 8.666/93 para fornecimento de insumos às instituições públicas.

As cadeias de suprimentos podem ser representadas por redes, que por sua vez, podem ter seus riscos analisados pela teoria dos grafos. Um grafo torna as relações de dependência entre os elos de um conjunto formais, onde os componentes do conjunto são chamados de vértices e a ligação entre eles são chamadas de arestas (GOLDBARG, M.; GOLDBARG, E., 2012).

Aplicando este conceito às cadeias de suprimentos, os elos são representados pelos vértices e o vínculo de relacionamento entre eles são chamados de arestas. A teoria dos grafos permite analisar, por exemplo, a confiabilidade e a vulnerabilidade de uma rede. Portanto, representa uma proeminente ferramenta para análise de riscos na cadeia de suprimentos.

I.1. Apresentação do Problema

A vacina é um tipo de imunobiológico que junto com outros tipos, como soros e imunoglobulinas, compõe o calendário do Programa Nacional de Imunização (PNI). “Os imunobiológicos são produtos farmacológicos produzidos a partir de micro-organismos vivos, subprodutos ou componentes, capazes de imunizar de forma ativa ou passiva” (BRASIL, 2013).

A unidade de análise desta pesquisa é um laboratório produtor de imunobiológicos cuja administração é pública. Logo, o relacionamento com os fornecedores de insumo que compõe sua cadeia de suprimentos está sujeita à lei das licitações (lei 8.666/93). Além disto, a unidade de análise tem perfil fabril e, por esse motivo, o fornecimento de insumos é de difícil conciliação com o processo de licitação, pois "perante a lei das licitações ocorrem dificuldades no cumprimento dos prazos para a utilização de recursos" (FERRUGEM; SANTOS; FERREIRA, 2012).

Outra questão que inspira atenção é a dependência de fornecedores internacionais. Atualmente, a unidade de análise divide o departamento de compras em duas categorias: compras nacionais e importação. Apesar de contar com especialistas nas duas categorias o departamento sempre demonstra preferência por realizar aquisições no mercado nacional mesmo ciente que o fornecedor nacional importa o produto negociado.

Esta preferência da unidade de análise se deve a responsabilização a respeito dos atrasos que ocorrem na operação e assim o faz porque o processo de importação está exposto a diversos fatores logísticos que provocam atraso na entrega dos materiais. No caso da aquisição ocorrer no mercado nacional, a unidade de análise pode responsabilizar e penalizar o fornecedor quando isto acontece.

A burocracia e riscos que envolvem as operações internacionais não são exclusividade da lei 8.666/93, existem também a burocracia alfandegária e os riscos inerentes ao transporte de longas distâncias e que utiliza vários modais. Estas burocracias também se aplicam a unidade de análise.

I.2. Objetivos

Esta pesquisa tem por objetivo geral mapear os riscos existentes na cadeia de suprimentos de insumos para a produção de vacinas de um laboratório produtor do Rio de Janeiro via abordagem de teoria dos grafos e propor estratégias de mitigação dos riscos.

I.2.1. Objetivos Específicos

De forma a alcançar o objetivo geral proposto, são objetivos específicos:

- Identificar as principais vacinas e os principais insumos para a produção de cada vacina do portfólio de um laboratório produtor do Rio de Janeiro;
- Modelar a cadeia de suprimentos de vacinas como uma rede: montar a cadeia de suprimentos com a primeira e a segunda camada dos fornecedores de insumos para a fabricação de vacinas;
- Analisar a rede de suprimentos da vacina de modo a identificar fornecedores com maior relevância na cadeia produtiva com o auxílio de métricas advindas da teoria dos grafos.

I.3. Justificativa

A vacinação é uma relevante intervenção de saúde pública universal para a redução da mortalidade por doenças transmissíveis e o PNI, criado em 1973, é o organizador da política nacional de vacinação. Este programa exerceu um papel essencial na eliminação de doenças como a poliomielite, erradicada em 1989 (SCHATZMAYR *et al.*, 2002), e têm sido eficiente na manutenção da oferta de vacinas seguras e eficazes para todas as parcelas da população que se enquadra em ações de imunização, como crianças, adolescentes, adultos, idosos e indígenas (SILVA JR, 2013).

O PNI é considerado um dos programas de imunização mais completos entre os países em desenvolvimento e demonstra alta capacidade técnica ao longo da sua existência para lidar com questões de logística para imunização (HOMMA *et al*., 2011).

A Figura I.1 apresenta a cobertura vacinal promovida pelo PNI no período de 2002 a 2011. Segundo DOMINGUES e TEIXEIRA (2013), as únicas coberturas vacinais que ficaram abaixo da meta foi a da vacina Rotavírus no período de 2008 a 2011 e a da vacina Pneumocócica 10-valente em 2011. Porém, todos os valores abaixo da meta são superiores a 80% e a vacina Pneumocócica 10-valente só apresenta dados a partir de 2011.

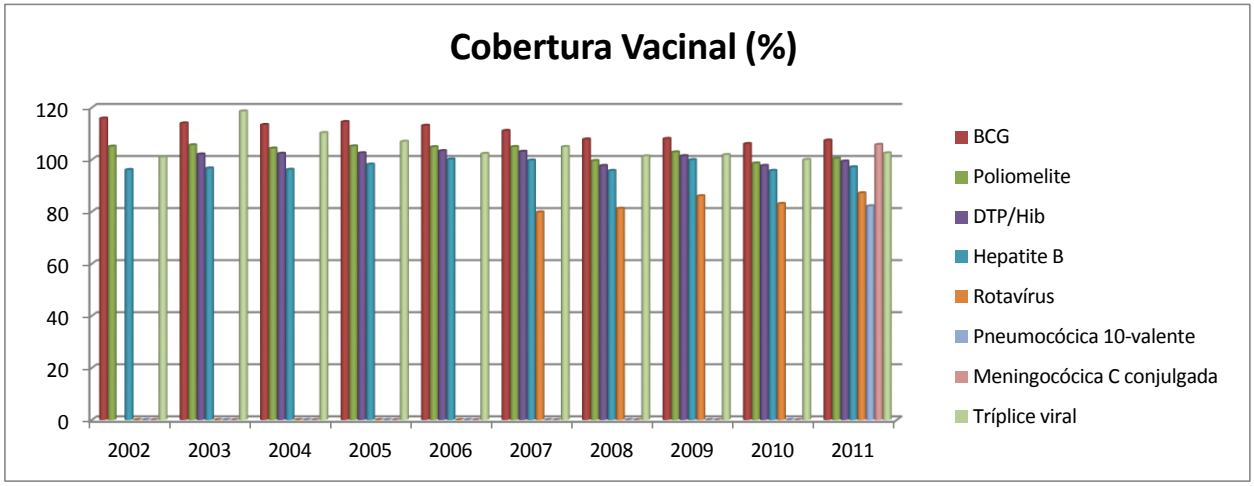


Figura I.1: Cobertura vacinal segundo o Sistema de Informação de Avaliação do PNI.
Fonte: Adaptado de DOMINGUES e TEIXEIRA (2013)

A finalidade da unidade de análise é atender demandas de saúde pública do Brasil, devidamente orientadas pelo Ministério da Saúde (MS) para atender ao PNI, por meio de desenvolvimento tecnológico e produção de vacinas, reativos para diagnóstico e biofármacos. Por conta desta finalidade, 11 das 13 vacinas constantes em seu portfólio estão presentes no calendário do PNI (BRASIL, 2013). A lista de vacinas produzidas pela unidade de análise está disponível na Tabela III.1: Lista de produtos do portfólio de vacinas.

A unidade de análise possui três linhas de produtos: vacinas, biofármacos e reativos para diagnóstico. A linha que traz maior retorno financeiro é a de vacinas, representando 67% da receita proveniente do fornecimento de produtos entre 2009 e 2013 (INSTITUTO, 2014). A

Figura I.2 mostra o comportamento desta receita no referido período. Ela corrobora a linha de vacinas como a mais rentável entre as três linhas de produtos não apenas no somatório, mas também ao longo dos anos.

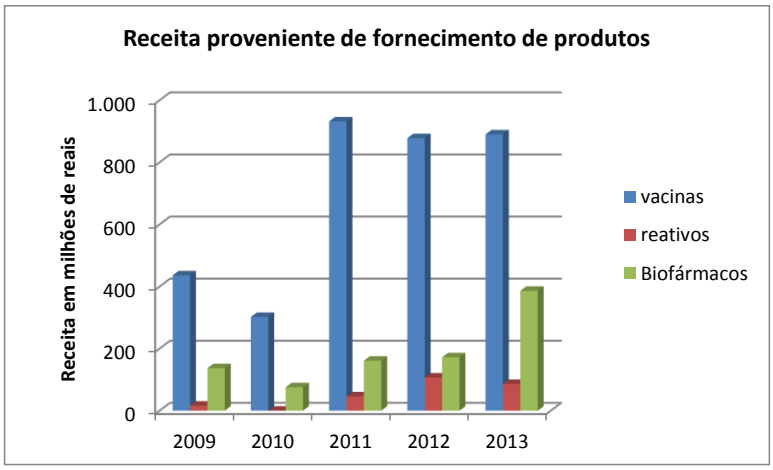


Figura I.2: Receita proveniente do fornecimento de produtos pela unidade de análise entre 2009 e 2013
Fonte: Adaptado de INSTITUTO (2014)

Outra questão que endossa a relevância desta pesquisa é a quantidade de trabalhos publicados que abordam a cadeia de suprimentos de vacinas, seus riscos e sua análise como uma rede por meio da teoria dos grafos. Em uma busca preliminar na base de periódicos da Capes poucos resultados foram obtidos para as combinações de palavras chaves relacionadas à cadeia (ou rede) de suprimentos de vacinas e seus riscos. Para a aplicação da modelagem da cadeia sob a ótica de redes não houve retorno algum. Os resultados da referida pesquisa e as palavras chave estão descritos na Tabela I.1.

Tabela I.1: Resultados de busca prévia por referências para o tema da pesquisa

Palavras chave			Resultados	Artigos relevantes
redes de suprimento	*AND*	vacina	1	0
supply network	*AND*	vaccine	59	4
Modelagem de rede de suprimento	*AND*	vacina	0	0
supply network modeling	*AND*	vaccine	4	0
Riscos na cadeia de suprimento	*AND*	vacina	1	0
supply chain risk	*AND*	vaccine	39	4
Cadeias de suprimento a montante	*AND*	vacina	0	0
inbound supply chain	*AND*	vaccine	9	0
		TOTAL	**113**	**8**

Os resultados relevantes, que totalizam oito trabalhos entre artigos nacionais e internacionais, estão relacionados ao desenvolvimento e distribuição de vacinas aos consumidores finais, a cadeia de suprimentos de vacinas e a qualidade das matérias primas utilizadas na sua fabricação.

O resultado desta busca preliminar demonstra o quanto é escassa a existência de trabalhos que analisam a cadeia de suprimentos a montante das produtoras de vacinas tanto no cenário internacional quanto no cenário nacional. A pesquisa não obteve retorno algum para

as palavras chaves em português, ilustrando assim a relevância do desenvolvimento desta pesquisa para o meio acadêmico nacional.

I.4. Estrutura da Pesquisa

A pesquisa está estruturada em duas vertentes, uma teórica e outra empírica. Na vertente teórica realizou-se uma revisão da literatura abordando três assuntos: a cadeia de suprimentos como uma rede, riscos na cadeia de suprimentos e a cadeia de suprimentos de vacinas.

A partir desta vertente foi desenvolvida a vertente empírica que consistiu em modelar a cadeia de suprimentos a montante da unidade de análise, aplicar o modelo de análise da cadeia de suprimentos, elaborado a partir da revisão da literatura, e posteriormente identificar e analisar aos riscos existentes.

O resultado obtido na vertente empírica tem a função de validar ou não o modelo de análise proposto. O produto desta validação é exposto nos resultados da pesquisa. A Figura I.3 ilustra a estrutura metodológica da pesquisa.

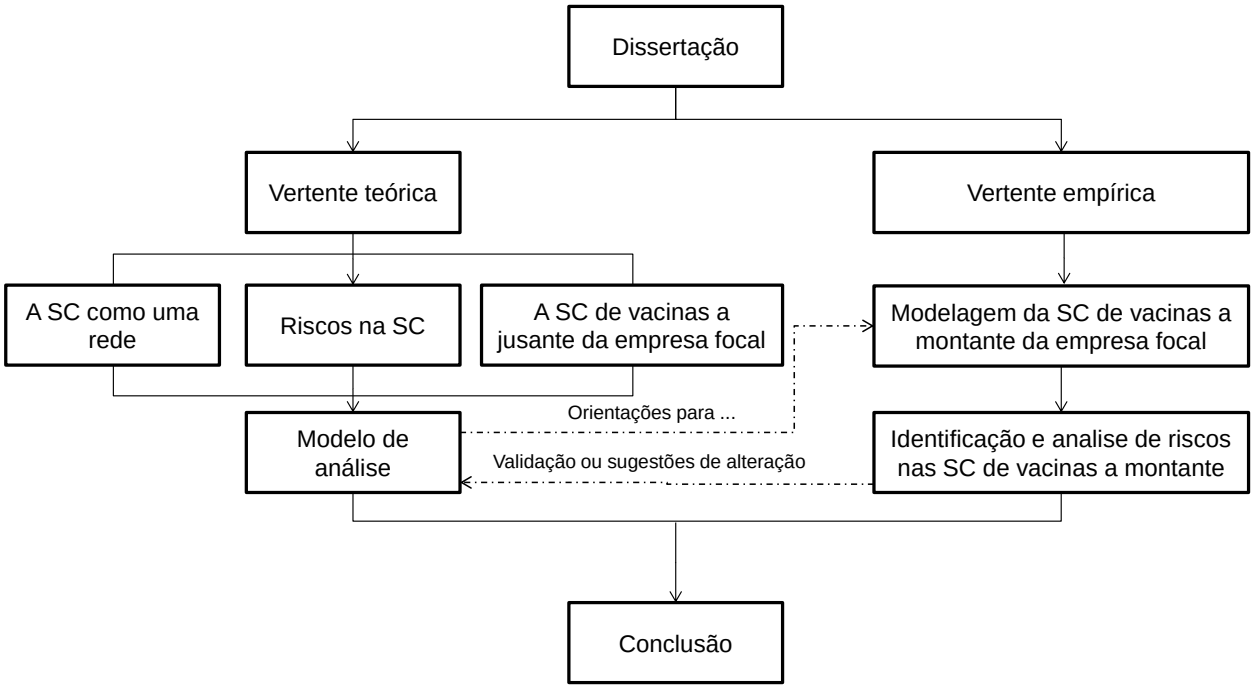


Figura I.3: Estrutura metodológica da pesquisa

Os produtos da pesquisa são apresentados nesta dissertação, que se encontra organizada em cinco capítulos além deste. O Capítulo II descreve a revisão da literatura dos assuntos abordados na vertente teórica. A metodologia da pesquisa é descrita no Capítulo III e a modelagem da cadeia de suprimentos a montante do laboratório produtor é apresentada no Capítulo IV. No Capítulo V se encontra o modelo de análise, o tratamento e a análise dos dados e a discussão dos resultados obtidos. Por fim, o Capítulo VI expõe as conclusões da pesquisa.

Capítulo II - Referencial Teórico

Lidar com situações de risco quando relacionada à entrada de mais parceiros e por variações na demanda provoca o aumento da complexidade da cadeia de suprimentos (VILKO; HALLIKAS, 2012) e, devido à necessidade de rapidez das entregas e aumento das distâncias entre os elos da cadeia (por conta das cadeias globais), as cadeias de suprimentos (*Supply Chain* - SC) ficam mais suscetíveis a rupturas, ou seja, interrupção de fluxo de materiais ou e informações (TANG; MUSA, 2011).

A gestão do risco surge para lidar com incertezas e perdas ocasionadas por rupturas na cadeia de suprimentos. O desenvolvimento de modelos de apoio à análise de risco e critérios de avaliação que identifiquem ambientes instáveis e previnam rupturas na cadeia de suprimentos que possam desabastecer a manufatura é um desafio em Gestão da Cadeia de Suprimentos (SELLITTO *et al*., 2013).

A análise das cadeias de suprimentos como um grafo permite identificar pontos de vulnerabilidade e qual topologia a torna mais confiável e resiliente, além de diminuir os riscos de ruptura. Um grafo é uma estrutura formada por elementos denominados vértices e suas relações de interdependência, que são chamadas de arestas (GOLDBARG, M.; GOLDBARG, E., 2012). As entidades da cadeia são os vértices e o meio de comunicação entre elas são as arestas.

De acordo com os parágrafos descritos anteriormente torna-se evidente possibilidade de analisar riscos na cadeia de suprimentos por meio da teoria dos grafos. Portanto, nas seções a seguir uma revisão da literatura a respeito dos dois temas e da estrutura da cadeia de suprimentos é exposta.

II.1. Estrutura Conceitual da Formação da Cadeia de Suprimentos

Redes são sistemas formados por um conjunto de entidades bem definidas que interagem dinamicamente entre si (LYRA; OLIVEIRA, 2010). A cadeia de suprimentos é uma rede, onde as entidades que a compõe são representadas pelas organizações (fornecedores, clientes, empresa produtora, consumidores) e a interação dinâmica entre elas é representada pelo fluxo de materiais e de informação que ocorre ao longo de toda a cadeia.

Para analisar as características de uma cadeia é necessário tomar uma entidade como referência, pois cada entidade possui a sua própria cadeia de suprimentos. Esta é chamada de empresa focal. A partir da empresa focal a cadeia de suprimentos é analisada, avaliando suas ligações com seus fornecedores de matérias-primas e com seus distribuidores e clientes, tendo como referência para o sentido do fluxo de materiais o cliente final (TALAMINI; PEDROZO; SILVA, 2005).

CHOI e HONG (2002) apresentam dois tipos de relacionamento em cadeia de suprimentos. Uma é a ligação representada pelo fluxo de materiais entre os elos da cadeia,

onde a estrutura indica qual fornecedor entrega materiais a qual cliente. A rede resultante é representada por um grafo direcionado[2]. A outra é baseada em relações contratuais e envolve terceirização, onde o relacionamento é definido por contrato entre a empresa focal e fornecedores de segunda ou terceira camada que se dirigem ao fornecedor de primeira camada, ou seja, a empresa focal contrata fornecedores de segunda ou terceira camada para entregar materiais aos fornecedores de primeira camada (CHOI; KRAUSE, 2006). No relacionamento contratual a rede resultante é representada por um grafo não-direcionado.

A cadeia de suprimentos pode ser analisada em três dimensões: complexidade, formalidade e centralidade. A complexidade diz respeito a estrutura da cadeia de suprimentos, ou seja, quantas camadas ela possui, quantos elos existem nas camadas e a distância entre os elos que formam a cadeia, portanto, esta dimensão pode ser chamada de complexidade estrutural. A formalidade está ligada as regras de relacionamento da cadeia, ou seja, se ela é explicita por meio de documentos ou normas de trabalho e o quanto a formalidade existente pode contribuir para o mau ou para o bom funcionamento da cadeia de suprimentos. Já a centralidade avalia a dependência que o funcionamento da cadeia apresenta em relação a elos específicos ou a estrutura da cadeia (CHOI; HONG, 2002). Estes elos podem ser fornecedores de insumos estratégicos, ou que concentram o fornecimento de um grande volume de insumos, por exemplo.

CHOI e HONG (2002) colocam que a complexidade é uma dimensão que avalia as cadeias de suprimentos em nível de rede e que a formalidade e a centralidade são dimensões de análise em nível de vértice. Ou seja, a complexidade avalia a estrutura da cadeia como um todo e como ela pode impactar os vértices que a compõe e a centralidade e a formalidade avaliam a influência dos vértices na cadeia.

CHOI e HONG (2002) colocam que a centralidade está relacionada ao nível de autoridade ou poder que a empresa focal exerce sobre os fornecedores da cadeia. Em uma cadeia de suprimentos centralizada, as decisões seriam tomadas pela empresa focal e em uma cadeia descentralizada, decisões seriam tomadas de forma autônoma por cada fornecedor.

A análise da centralidade na cadeia de suprimentos, por meio da teoria dos grafos, permite compreender suas operações tanto em nível de elo (vértices), de forma individual, quanto em nível de cadeia, verificando qual a importância do referido elo segundo a sua posição na cadeia e como a estrutura da cadeia afeta seus elos e o desempenho da cadeia como um todo (KIM *et al.* 2011).

[2] A definição de grafo direcionado encontra-se descrita na Subseção II.2.1.

II.2. Teoria dos Grafos: Conceitos Básicos e Métricas para Análise de Redes

Para melhor compreensão dos conceitos da teoria dos grafos, esta seção se divide em três subseções. A primeira aborda conceitos relevantes da teoria dos grafos. Tais conceitos são necessários ao entendimento dos conceitos das métricas de centralidade e complexidade, descritas nas segunda e terceira subseções.

II.2.1. Conceitos Básicos

Um grafo simples e não-orientado pode ser representado matematicamente por $G = (V, E)$ onde V representa o conjunto de vértices v de G e E representa o conjunto de arestas e que conectam seus vértices. O número de vértices do grafo G é igual a n e o número de arestas é igual a m. Este é o modelo matemático adotado ao longo deste referencial teórico. A seguir, algumas definições segundo M.GOLDBARG e E. GOLDBARD (2012) são descritas.

- Grafo simples: Grafo simples é um grafo que não possui arestas paralelas (ligações diferentes entre vértices idênticos) e nem laços (aresta que liga um vértice a ele mesmo);
- Grafo direcionado: Um grafo é denominado direcionado (ou orientado) se o sentido das ligações entre os vértices (as arestas) é relevante. Neste caso, as arestas são representas por setas que indicam seu sentido;
- Subgrafo: Subgrafo de G é um grafo formado a partir de vértices e arestas de $G = (V, E)$, onde seu conjunto de vértices $V_s \subseteq V$ e seu conjunto de arestas $E_S \subseteq E$ do grafo G;
- Passeio: também chamado de percurso, é uma sequência finita de vértices e arestas $v_0, e_1, v_1, e_2, ..., v_{k-1}, e_k, v_k$ começando e terminando com vértices tais que v_{i-1} e v_i são os vértices terminais da aresta e_i, $1 \leq i \leq k$.
- Caminho: Caminho é um passeio sem repetição de vértices e de arestas;
- Distância: a distância entre um par de vértices v_i e v_j, denotada por $d(v_i, v_j)$, corresponde ao comprimento (menor caminho) entre os vértices;
- Grafo conexo: Um grafo G é conexo se para todo par de vértices v_i e v_j existe pelo menos um caminho entre v_i e v_j, ou seja, todos os vértices de G devem estar interligados por arestas. Para um grafo ser considerado desconexo basta existir pelo menos um vértice que não esteja interligado aos demais vértices por meio de arestas;
- Componente conexa: Uma componente conexa de G é um subgrafo conexo do grafo G;

– Corte: É o conjunto formado por pelo menos um vértice cuja remoção resulta no aumento do número de componentes conexas de G. O mesmo se aplica as arestas.

A seguir, as métricas de centralidade de grau do vértice, centralidade de proximidade e centralidade de intermediação são apresentadas como métricas em nível de avaliação dos vértices da rede. No nível de avaliação da rede, são apresentadas as métricas tamanho, densidade e centralidade de grau da rede.

II.2.2. Métricas para Análise em Nível de Vértice: Centralidade de Grau do Vértice, Centralidade de Proximidade e Centralidade de Intermediação

As métricas que analisam a rede em nível de vértices podem ser aplicadas para identificar vértices ou arestas que são mais relevantes para a rede tomando algum critério como premissa. São exemplos de critérios identificar quais vértices são mais centrais na transmissão de informações ou de doenças. Desta forma, com o resultado de cada medida obtida, os vértices podem ser ordenados em função da sua importância relativa.

Contudo, ao analisar uma rede por meio de métricas de centralidade é necessário conhecer o contexto do problema para verificar qual métrica é mais apropriada à análise (LYRA; OLIVEIRA, 2010). KIM *et al.* (2011) colocam como métricas que avaliam a centralidade da rede em nível de vértice a centralidade de grau do vértice, a centralidade de proximidade e a centralidade de intermediação.

Quando um vértice tem um alto valor de centralidade de grau, significa que ele está ligado a um grande número de vértices na rede por meio de arestas. Devido à sua maior conectividade com os demais vértices da rede, este é considerado o vértice mais visível na rede quando comparado aos demais vértices. A centralidade de grau do vértice v_k, representada por $D(v_k)$, pode ser obtida pela contagem das arestas adjacentes ao vértice v_k, conforme é dado pela Equação II.1(FREEMAN, 1979).

$$D(v_k) = \sum_{i=1}^{n} m_{ki} \qquad \textbf{(II.1)}$$

Onde m_{ki} é uma aresta que representa a conexão entre os vértices v_k e v_i. É atribuído à m_{ki} valor igual a 1 (um) se e somente se v_k e v_i estão ligados por uma aresta, caso contrário, é atribuído valor igual a 0 (zero).

Ao analisar um grafo direcionado, pode-se obter a centralidade de grau de entrada do vértice (do inglês *in-degree*), que é o somatório das arestas direcionadas ao vértice ou a centralidade de grau de saída do vértice (do inglês *out-degree*), representado pelas arestas que se originam neste vértice.

Em uma cadeia de suprimentos modelada a partir do fluxo de materiais, a centralidade de grau de entrada do vértice pode refletir o nível de dificuldade de um elo da cadeia ao

gerenciar o fluxo de material recebido ou, no caso da centralidade de grau de saída do vértice, pode identificar o elo que distribui para o maior número de clientes.

A centralidade de proximidade (do inglês, *closeness*) de um vértice v_i, segundo FREEMAN (1979), tem relação com distância total do vértice v_i quando comparado aos demais vértices da rede. Primeiro se obtém a distância do vértice v_i em relação a todos os outros vértices da rede. O resultado é exposto em uma matriz $n \times n$ onde o elemento $d(v_i, v_j)$ é a menor distância entre os vértices v_i e v_j, sendo $1 \leq i, j \leq n$. O cálculo da centralidade de proximidade do vértice v_i, denotado por $C_c(v_i)$, é dado pela Equação II.2.

$$C_c(v_i) = \sum_{j=1}^{n} d(v_i, v_j) \qquad \textbf{(II.2)}$$

O vértice mais central da rede é o que apresenta o menor valor de centralidade de proximidade $C_c(v_i)$, visto que ele é o vértice que se comunica mais rapidamente com os demais vértices da rede (FREEMAN, 1979).

A centralidade de intermediação (do inglês *betweenness*) analisa a relevância de um vértice v_k, na transmissão de informação entre outros dois vértices v_i e v_j. Isto é feito por meio do percentual de vezes em que v_k está presente nos menores caminhos entre os vértices v_i e v_j. Dessa forma, o cálculo da centralidade de intermediação passa pelos seguintes passos: (i) enumeram-se todos os caminhos mínimos existentes entre todos os pares de vértices v_i e v_j da rede e armazena-se a cardinalidade destes na variável g_{v_i,v_j}; (ii) dentre os caminhos encontrados quantificam-se todos os caminhos em que o vértice v_k está presente para cada par de vértices v_i e v_j, este é denotado por $g_{v_i,v_j}(v_k)$. Então, calcula-se a centralidade de intermediação do vértice v_k por meio da Equação II.3 (FREEMAN, 1979).

$$C_B(v_k) = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{g_{v_i,v_j}(v_k)}{g_{v_i,v_j}} \qquad \textbf{(II.3)}$$

Se o vértice v_k tem alto valor de centralidade de intermediação, então v_k está presente em maior número de vezes entre os menores caminhos entre todos os pares de vértices que os demais vértices do grafo G.

A aplicação das medidas de centralidade de proximidade e centralidade de intermediação em uma cadeia de suprimentos permite identificar, respectivamente, qual elo é

capaz de disseminar uma informação ou fazer que um insumo chegue ao seu consumidor mais rápido que os demais elos e qual elo é mais representativo na transmissão de informações ou distribuição de mercadorias dentro da cadeia, tendo em vista que ele está presente na maioria dos caminhos possíveis para se chegar a um destino pretendido nas pontas a montante e/ou a jusante da cadeia.

II.2.3. Métricas para Análise em Nível de Rede: Centralidade de Grau da Rede, Tamanho e Densidade da Rede

As centralidades abordadas anteriormente identificam a importância relativa de cada vértice da rede. FREEMAN (1979) sinaliza o uso de métricas de centralidade aplicadas em uma rede inteira como uma medida de compactação da rede. Conceitualmente, a centralidade da rede pode ser vista como uma extensão da centralidade em nível de vértice, podendo ser chamada de centralidade do grafo (FREEMAN, 1979). KIM *et. al.* (2011) colocam que para analisar a centralidade do grafo, pode ser aplicada a métrica de centralidade de grau da rede e para medir a complexidade estrutural da rede aplicam-se as métricas tamanho e densidade da rede.

A centralidade de grau de uma rede G, denotada por D_G, é dada pela Equação II.4 (FREEMAN, 1979):

$$D_G = \frac{\sum_{i=1}^{n}[D_G(v^*) - D_G(v_i)]}{\max \sum_{i=1}^{n}[D_G(v^*) - D_G(v_i)]} \qquad \textbf{(II.4)}$$

onde $D_G(v^*)$ é o valor máximo de grau na rede (vértice com maior grau da rede considrada) e $D_G(v_i)$ é a centralidade de grau do vértice v_i. Em relação ao denominador, Dado uma rede com n vértices em formato de estrela o vértice com valor de grau mais alto apresentará o valor máximo possível e assim o denominador da Equação II.4 obtem seu valor máximo $n-1$ porque o valor máximo de grau é obido para o vértice que adjacente a todos os seus vizinhos na rede. Os demais vértices apresentarão grau $D_G = 1$, pois só terão como vizinho o vértice com valor máximo de grau $D_G(v^*)$ da rede. Logo, a soma das diferenças pode ser reduzida à $(n-1)(n-2)$, uma vez que a maior diferença de graus para uma rede em formato de estrela é $n-1-1=n-2$ e o número de termos na soma é igual $n-1$.

Assim como ocorre na métrica centralidade de grau do vértice, a centralidade de grau da rede também se subdivide em centralidade de grau de entrada da rede e centralidade de grau de saida da rede, caso a rede seja direcionada.

A centralidade de grau da rede D_G atinge o valor máximo de 1 (um) quando um vértice está conectado com todos os outros vértices, que interagem somente com ele (grafo em forma de estrela). O valor mínimo de 0 (zero) ocorre quando todos os valores de centralidade de grau $D(v_k)$ são iguais. Na cadeia de suprimentos, a centralidade de grau da rede pode se referir ao quanto de poder ou controle algumas empresas exercem em relação a outras empresas da cadeia (CHOI; HONG, 2002).

A densidade da rede refere-se ao número total de arestas existentes na rede em relação ao número total de arestas possíveis. É uma medida de conectividade global (SCOTT, 2000 *apud* KIM *et al.*, 2011) , na qual se todos os vértices estiverem ligados com todos os demais vértices seu valor seria 1 (um) e é dado pela Equação II.5:

$$DE_G = \frac{m_G}{m_{máx_G}} \qquad \textbf{(II.5)}$$

onde $m_{máx_G}$ é dado pela Equação II.6:

$$m_{máx_G} = \frac{n_G(n_G - 1)}{2} \qquad \textbf{(II.6)}$$

A centralidade de grau da rede e a densidade da rede são complementares. Considerando que a centralidade de grau da rede está relacionada à distribuição de poder ou controle em toda a rede, a densidade reflete o nível de conexão entre os vértices. Uma rede que tem cada vértice conectado com todos os demais teria a densidade mais alta possível (isto é, densidade igual a um). Esta rede seria uma rede altamente conectada, mas teria estrutura difusa e com o controle distribuído (KIM *et al.*, 2011). Ou seja, um alto valor para a centralidade de grau da rede pode refletir a falta de conexão entre os vértices que compõe a rede.

O tamanho da rede reflete a quantidade de vértices n na rede em análise. Ao serem relacionadas à densidade da rede as duas métricas também são complementares. Ao analisar duas redes de tamanho idêntico, mais arestas implicam na probabilidade do funcionamento dos vértices de forma individual na rede estar suscetível ao impedimento por outros vértices, necessitando de um maior esforço de coordenação para manter o fluxo em toda a rede (CHOI; KRAUSE, 2006). KIM *et al.* (2011) exemplificam esta situação por meio da carga de coordenação de uma empresa focal: quando ela tem dois fornecedores de primeira camada, a empresa teria maior carga de coordenação em comparação com uma situação onde há apenas um fornecedor de primeira camada.

II.3. Riscos na Cadeia de Suprimentos

SODHI, SON e TANG (2012) colocam que a Gestão de Riscos na Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Risk Management* - SCRM) é um assunto emergente e por isso é percebida com diversidade entre seus pesquisadores em relação à percepção das necessidades da indústria porque eles analisam casos em indústrias distintas. Os autores

revisaram a literatura até 2010 a respeito do tema e classificaram três lacunas a serem preenchidas: a primeira se refere a definição de SCRM, a segunda é a respeito do processo de fornecimento de respostas à incidentes em riscos na SC e a terceira trata da metodologia utilizada na SCRM.

Foram identificadas diversas abordagens para definir SCRM que indicam que ela tem enfoque probabilístico voltado para oferta e demanda e que lida com riscos das operações, do desconhecido, de interrupções, de desastres, do financeiro e de estratégias da SC. (SODHI; SON; TANG, 2012).

Quanto à lacuna referente ao processo de respostas aos incidentes de risco, identificou-se a necessidade de colaboração entre indústrias de diferentes seguimentos e pesquisadores utilizando, por exemplo, o estudo de caso como método de pesquisa para obter respostas em primeira mão e o compartilhamento de lições aprendidas em atuações que envolvem catástrofes naturais ou provocadas pelo homem. A respeito da metodologia adotada para a SCRM, sugere-se um estudo empírico combinado a um quadro conceitual sólido, já que há dificuldade na coleta de dados em eventos catastróficos (SODHI; SON; TANG, 2012).

ELLIS, SHOCKLEY e HENRY (2011), em uma revisão de 79 artigos relacionados à *Supply Disruption Risk* (SDR), colocam que são elementos importantes para um bom modelo de SDR, os condutores, as consequências, a avaliação e as táticas de mitigação de risco. Porém, estes elementos não estão bem integrados às atividades de investigação existentes.

SODHI, SON e TANG (2012) identificaram quatro elementos chave para uma boa SCRM, a saber: identificação dos riscos, avaliação dos riscos, mitigação dos riscos e capacidade de resposta aos incidentes de riscos inevitáveis que podem ser riscos operacionais (incertezas inerentes a oferta e demanda) ou riscos catastróficos (causados pelo homem ou por desastres naturais).

Identificar riscos e incertezas é o primeiro passo para uma boa SCRM e isto deve ser feito por diferentes perspectivas que levem em consideração as características da cadeia analisada, conforme observado por vários autores. A avaliação de riscos busca verificar sua probabilidade de ocorrência e seu impacto na SC, porém, sua pesquisa ainda apresenta um perfil muito conceitual. A mitigação de riscos busca a redução da probabilidade de ocorrência de riscos específicos, do seu impacto na SC, ou ambos. Já a resposta aos incidentes de risco, que busca a redução do seu impacto e/ou acelerar a recuperação da SC, são abordadas por poucos autores e em relação aos riscos catastróficos se concentram em apenas duas obras. Por fim, observa-se que a produção de trabalhos empíricos não é extensa para o tema e trabalhos empíricos são muito relevantes para temas emergentes (SODHI; SON; TANG, 2012).

GIANNAKIS e LOUIS (2011) propõem uma modelagem com multi-agentes para gerenciamento de riscos na SC. Cada agente seria um *software* em um parceiro da SC que

funciona de forma independente dos demais agentes, mas que trabalham por um objetivo global (abrange todos os agentes, ou parceiros na cadeia). Desta forma, o gerenciamento da SC seria compartilhado entre os parceiros e ajudaria a lidar com a complexidade existente nas SC. A Figura II.1 ilustra a diferença entre uma modelagem tradicional apoiada em tecnologia da informação (TI) usual, como o ERP, e a modelagem com multi-agentes.

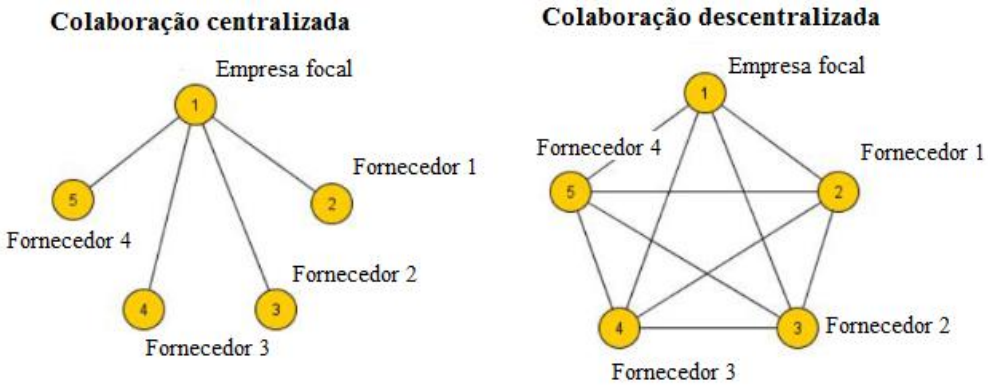


Figura II.1: Rede de colaboração centralizada versus rede de colaboração descentralizada
Fonte: Adaptado de GIANNAKIS e LOUIS (2011)

II.3.1. Identificação dos Riscos

KLIBI e MARTEL (2012) definem três fontes de riscos e incertezas: eventos aleatórios, eventos perigosos e eventos incertos. Eventos aleatórios são caracterizados por variáveis aleatórias relacionadas a operações não usuais de negócios, perigo por situações incomuns de baixa probabilidade e com impacto moderado na SC.

Eventos perigosos são raros e envolvem acidentes (oriundos de erros ou negligências) e catástrofes naturais, greves, descontinuidades de fornecimento e falência de fornecedor. Todos os eventos perigosos afetam o curso da SC, podem ter impactos catastróficos e as informações disponíveis para calcular a probabilidade de ocorrência são escassas.

Eventos incertos estão relacionados ao terrorismo (sabotagem, bombardeios, etc.) e a instabilidade política (súbita desvalorização da moeda, golpe, etc.). Além disso, não possibilitam a avaliação da probabilidade de ocorrência porque são extremos, isolados e não são repetitivos.

TANG e MUSA (2011), em uma pesquisa bibliográfica que abrange publicações entre 1995 e 2009, identificaram três fontes de risco, a saber: fluxo de materiais, fluxo de informações e fluxo financeiro. Para o fluxo de materiais os autores classificaram quatro tipos de riscos, conforme pode ser observado abaixo:

- Fluxo de material: fonte única de fornecimento, flexibilidade no fornecimento (dificuldades gerenciais), monitoramento do suprimento e da qualidade do produto, capacidade de suprimentos, seleção e terceirização de fornecedores (envolve

confiabilidade relacionada a: qualidade, eficiência e eficácia na transação e capacidade de fornecimento);

- Produção: Produto e *design* do processo (associados a desenvolvimento e lançamento do produto), capacidade de produção (capacidade tecnológica, de habilidade e de qualidade) e rupturas na operação (ligadas a contingências operacionais, desastres naturais e instabilidade política);
- Entrega: volatilidade e sazonalidade da demanda (dificuldade de previsão e ciclo de vida do produto curto), demanda não atendida (evolução rápida da tecnologia e mudanças na demanda do cliente) e excesso de estoque;
- Escopo da cadeia de suprimentos: logística, volatilidade de preço de *commodities* e energia alternativa, degradação e conscientização ambiental, política, divergências culturais, divergência ética e relacionamento entre parceiros na SC. DEKKER, SAKAGUCHI e KAWAI (2013) também identificam riscos provenientes da falta de cooperação entre parceiros em relação de colaboração na SC e de falhas de desempenho mesmo com a plena cooperação.

Para os riscos no fluxo financeiro foram identificados três tipos: taxa de cambio (para SC globais), preço e custo, solidez financeira dos parceiros da SC (aumento do risco de capital, alavancagem financeira e ativos) e manipulação e práticas financeiras.

No fluxo de informação foram encontrados quatro tipos: exatidão das informações (informações imprecisas), segurança do sistema de informação, terceirização da informação (perda de controle) e propriedade intelectual (incapacidade de proteção de informação confidencial).

VILKO e HALLIKAS (2012) se utilizaram de entrevistas qualitativas para identificar os riscos de uma cadeia de suprimentos entrevistando gestores de todas as empresas que integravam a SC analisada na pesquisa.

II.3.2. Avaliação dos Riscos

Para GIANNAKIS e LOUIS (2011) a avaliação de riscos é necessária para a seleção das ações de gestão adequadas para os fatores de riscos identificados em uma fase inicial (Subseção II.3.1). A avaliação de risco leva em consideração uma ampla gama de critérios, tais como a probabilidade de ocorrência do evento, o nível de risco e o risco de impacto, e prioriza os riscos de acordo com o resultado do processo avaliado.

KLIBI e MARTEL (2012) colocam que a avaliação dos riscos pode ser feita por meio da determinação da probabilidade de ocorrência utilizando dados históricos, métodos de previsão e análise estatística clássica. Para fazê-lo é necessário responder a três perguntas:

- (1) O que pode dar errado?

- (2) Quais são as consequências?
- (3) Qual a probabilidade de isso acontecer?

Para eventos incertos a probabilidade não pode ser calculada devido a ausência de dados, então se busca responder as perguntas (1) e (2), apenas.

De forma a avaliar a probabilidade de ocorrência e o impacto dos riscos potenciais identificados, GIANNAKIS e LOUIS (2011) sugerem a criação de escalas ordinais que descreve o grau do impacto (por exemplo, nenhum impacto, impacto menor, impacto médio e grande impacto) e o grau da probabilidade (por exemplo, muito improvável, improvável, evento moderado, provável, muito provável) de forma que possam ser confrontadas. VILKO e HALLIKAS (2012) também adotaram este método para avaliação dos riscos potenciais identificados.

A identificação da causa raiz e dos efeitos do risco pode ajudar a classificar o nível de impacto do risco na SC e a ferramenta *Failure Mode and Effect Analysis* (FEMEA) pode ser utilizada para determinar a probabilidade de ocorrência de um evento de risco (GIANNAKIS; LOUIS, 2011).

VILKO e HALLIKAS (2012), em um estudo empírico de uma SC multimodal, classificaram os efeitos dos riscos identificados em três tipos: tempo, qualidade e finanças. Os efeitos baseados em tempo tratam de atrasos ou interrupção no fluxo de materiais na SC, os efeitos financeiros se referem aos custos adicionais gerados a partir de fatores de risco e os efeitos baseados em qualidade resultam em danos nas mercadorias transportadas ou a equipamentos de transporte. Na avaliação dos riscos que resultam em efeitos relacionados ao tempo os autores utilizaram a simulação baseada em Monte-Carlo para calcular valores de risco e incerteza. Como forma de quantificar os riscos GOETSCHALCKX, HUANG e MITAL (2013) apontam a utilização de vários métodos estatísticos como variância e desvio-padrão.

Outra possibilidade que pode contribuir para a determinação da probabilidade versus impacto dos riscos identificados é definir e classificar o escopo da SCRM por nível de criticidade para a cadeia de forma que cada grupo de insumos/fornecedores receba um nível de atenção necessária.

SELLITTO *et al.* (2013) colocam que é encontrada na literatura uma abordagem para gestão de riscos em SC que considera a classificação dos fornecimentos e, oportunamente, dos fornecedores de acordo com critérios capazes de serem avaliados por especialistas e decisores e descrevem quatro métodos. Dentre eles, destacam-se três:

- A curva ABC: os insumos fornecidos e os fornecedores são classificados de acordo com sua importância relativa, obtida por meio do percentual representado pelo item

fornecido, comparado ao custo total das aquisições e pode ser utilizada para uma triagem inicial dos fornecedores de insumos;

- A Matriz de Importância Estratégica e de Criticidade – MIEC: avalia o risco de não suprimento relacionando o valor estratégico do insumo e sua criticidade para a produção e é apresentado por DORNIER *et al.* (2013);
- A Matriz de Posicionamento Estratégico de Materiais – MPEM: KLIPPEL, JUNIOR, e VACCARO (2007) relacionam o risco de não suprimento ao resultado de quatro dimensões estratégicas da manufatura.

No último método de classificação dos fornecedores o risco é relacionado às dimensões estratégicas da manufatura de forma que seja verificado seu impacto na operação. São consideradas dimensões da manufatura: custo do fornecimento, qualidade de conformação às especificações do fornecimento, responsividade temporal (avaliada como capacidade de entregar os itens no prazo e capacidade de responder de forma ágil às alterações), tecnologia (avalia o nível tecnológico do fornecedor e sua capacidade de responder à demanda), flexibilidade e entrega (SELLITTO *et. al.*, 2013).

Os autores desenvolveram um método de classificação de fornecedores que considerava apenas fornecedores classificados como A na curva ABC e adota para avaliação os seguintes critérios: complexidade no gerenciamento (alto ou baixo risco de não suprimento), impacto causado pelo fornecedor no resultado da empresa, relações de dependência entre empresa focal e fornecedor e saúde financeira do fornecedor. Os critérios são utilizados para três análises cruzadas com o impacto no resultado da empresa focal: complexidade no gerenciamento (MPEM onde o último M de materiais é substituído por F de fornecedores), dependência (Matriz de Dependência do Fornecedor – MDF) e saúde financeira, por meio do *Supplier On The Spot* – SOTS (SELLITTO *et. al.*, 2013).

II.3.3. Mitigação e Monitoramento dos Riscos

ELLIS, SHOCKLEY e HENRY (2011), segundo referências utilizadas na sua pesquisa, identificaram que retardar, organizar, explorar, conceder e terceirizar, envolver antecipadamente os fornecedores, compartilhar informação, gerir o relacionamento entre fornecedor e comprador, planejar contingência e manter a política de inventário são opções a serem utilizadas na mitigação de riscos decorrentes de fontes externas e internas de incertezas. Em um quadro conceitual para SDR sugerido pelos autores são indicadas como alternativas de mitigação de riscos: envolvimento antecipado de fornecedores, integração logística e seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores. Para os riscos que não podem ser mitigados, é indicado planejamento de contingência.

Nesta fase a estratégia ideal para a mitigação dos riscos identificados na avaliação é selecionada e o processo de eliminação ou redução do risco potencial é iniciado (GIANNAKIS;

LOUIS, 2011). Os autores colocam que durante a avaliação dos riscos (Subseção II.3.2), cada uma das possíveis soluções para eliminar as causas identificadas (que pode representar um risco futuramente) e o sucesso de uma decisão anterior aplicada a um risco específico pode ser considerada. Seria como consultar um banco de lições aprendidas, onde as melhores respostas aos riscos mitigados são selecionadas através de uma “carteira de riscos e soluções de sucesso”. É nesta fase que se forma um banco de dados que compõe a “carteira de riscos e soluções de sucesso”. Este procedimento também pode ser adotado na fase de mitigação dos riscos.

GIANNAKIS e LOUIS (2011), após identificarem as fontes de riscos potenciais de uma SC, monitoraram-na por meio da utilização de modelos quantitativos. O processo tinha como base a modelagem e acompanhamento de indicadores-chave de desempenho (*Key Performance Indicators* – KPI) que podiam monitorar o desempenho dos parceiros da SC (fornecedores, operadores logísticos), o nível de estoque, o rendimento da produção, a utilização de capacidade instalada, o cumprimento dos prazos de entrega, etc. Os KPI tinham seus valores comparados à valores pré-definidos que eram acordados entre os parceiros ou não (quando o tipo de relação não requer acordo).

Capítulo III - Metodologia da Pesquisa

As pesquisas realizadas em gestão de operações e em engenharia de produção são normalmente classificadas quanto ao seu escopo que, em termos de profundidade e amplitude, podem ser consideradas como estudos de caso ou levantamentos amostrais tipo *survey* (FILIPPINI, 1997 *apud* MIGUEL, 2007). Um estudo de caso pode ser considerado uma pesquisa exploratória quando relacionado a seu objetivo (GIL, 2010).

A pesquisa desenvolvida nesta dissertação é exploratória (segundo seu objetivo) e seu escopo é definido por um estudo de caso. MIGUEL (2007) coloca que o escopo de um estudo de caso é composto por seis etapas: definição da estrutura conceitual teórica, planejamento do(s) caso(s), condução do teste piloto, coleta de dados, análise dos dados e elaboração do relatório. Desta forma o escopo deste estudo de caso encontra-se descrito nas seções a seguir.

III.1. Estrutura Conceitual Teórica, Planejamento do Caso e Teste Piloto

A estrutura conceitual teórica aborda a modelagem da cadeia de suprimentos como uma rede, os conceitos básicos e métricas da teoria dos grafos, riscos na cadeia de suprimentos e a cadeia de suprimentos de vacinas.

O estudo de caso foi planejado para ser realizado em apenas uma unidade de análise. Isto se deve a proximidade e interesse de pesquisa que a autora tem por ela. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas informais e não-estruturadas aos funcionários da área de logística da unidade de análise e que manipulam os dados necessários à pesquisa, por consulta a documentação disponível e aos dados disponíveis no ERP utilizado na referida área.

DIAS e SILVA (2010) colocam que é necessário, desde o início de um trabalho, ter acesso a dados que permitam testar as suposições e hipóteses levantadas para chegar às respostas que se buscam em uma pesquisa. Para validar o planejamento e atestar a viabilidade desta pesquisa, a condução de um teste piloto foi realizada. O teste abordou apenas uma parte das vacinas do portfólio da unidade de análise. Este recorte possibilitou recolher uma amostra reduzida que justificasse a condição de teste piloto.

Nele foram levantadas, por meio de documentos disponibilizados à autora, todas as vacinas que se encontravam em Transferência de Tecnologia[3] (TT) e possuíam árvore de materiais, os fornecedores de primeira e segunda camada, o fabricante, a natureza da compra (importação ou nacional) e se o fabricante dos insumos considerados é determinado pelo processo de TT. Estas informações foram organizadas em uma planilha Excel. A partir destes dados, obtidos diretamente com os profissionais da área, o teste de viabilidade da pesquisa consistiu na representação em forma de rede da cadeia de suprimentos a montante com a primeira e a segunda camada para as vacinas Tríplice Viral e Pneumocócica 10-valente. A

[3] A definição de Transferência de Tecnologia encontra-se na Seção IV.2.

ferramenta utilizada para a modelagem da rede foi o *Pajek* e o resultado foi satisfatório. Os dados para a condução do teste foram coletados entre setembro de 2014 e janeiro de 2015.

III.2. Delimitação da Pesquisa

Esta pesquisa se baseia em apenas uma unidade de análise, que é uma instituição pública brasileira localizada no estado do Rio de Janeiro. Sua caracterização é descrita na Seção IV.2. A unidade de análise é tomada como empresa focal[4] para descrever sua cadeia de suprimentos a jusante e modelar sua cadeia de suprimentos a montante.

A área de logística da unidade analisada é responsável pela formação e pelo gerenciamento da sua cadeia de suprimentos a montante, além da execução de atividades como compras, planejamento de materiais, armazenagem e movimentação de insumos e produtos acabados. Esta pesquisa se concentra nas atividades responsáveis pela formação e pelo gerenciamento da cadeia de suprimentos a montante da unidade de análise.

Conforme colocado na Seção II.1, existem dois tipos de relacionamento que formam uma cadeia de suprimentos: o fluxo de materiais e a relação contratual. Esta pesquisa se restringe apenas a fluxo de materiais para modelagem da cadeia, pois não foi evidenciada na unidade de análise a prática de relações contratuais que justificassem a modelagem deste tipo de cadeia.

Por conseguinte, também só foram consideradas as fontes de risco relacionadas ao fluxo de materiais para identificação dos riscos da cadeia. O fluxo de informações e fluxo financeiro, colocados por TANG e MUSA (2011) na Subseção II.3.1, não foram considerados.

A cadeia de suprimentos modelada neste trabalho define os fornecedores e a unidade de análise como vértices da rede resultante e a relação de fornecimento entre os vértices são definidos como arestas. A rede resultante modelada por meio da teoria dos grafos é definida como um grafo simples, direcionado e conexo.

Para o estudo da complexidade espacial na cadeia, a distância física entre os vértices do grafo não é considerada, pois estes dados não fazem parte do escopo da pesquisa. Neste caso a complexidade espacial é medida pela procedência do insumo (nacional ou importado) e pela natureza da aquisição (mercado nacional ou internacional).

Por fim, para a análise da centralidade, o estudo não considerou a métrica centralidade de proximidade porque, segundo KIM *et al.* (2011), no caso de uma cadeia de suprimentos modelada por um grafo direcionado esta métrica não faz sentido físico devido seu cálculo considerar a distância geodésica entre os vértices.

[4] A definição de empresa focal se encontra na Seção II.1.

III.3. Coleta de Dados

A coleta dos dados pode ser dividida em duas etapas. A primeira trata de uma pesquisa bibliográfica para elaboração do referencial teórico e para descrever a cadeia de suprimentos a jusante da unidade de análise. MARCONI e LAKATOS (2011) colocam que uma pesquisa de campo (que é o caso desta pesquisa) tem como premissa a pesquisa bibliográfica, que busca o levantamento do estudo da questão que se propõe a analisar e solucionar.

A segunda etapa corresponde a coleta de dados na unidade de análise para modelar sua cadeia de suprimentos de vacinas a montante. A planilha construída no teste piloto foi aperfeiçoada e a lista de insumos que norteou a composição da cadeia de suprimentos a montante foi determinada de acordo com as seguintes premissas:

a) Retorno financeiro para a unidade de análise: a unidade de análise apresenta em seu portfólio 36 produtos divididos em três linhas: vacinas, biofármacos e reativos para diagnóstico. A linha que traz maior retorno financeiro é a de vacinas, representando 67% da receita proveniente do fornecimento de produtos entre 2009 e 2013 (INSTITUTO, 2014) e por isso ela foi escolhida;

b) Os produtos devem estar presentes no calendário do PNI: os produtos que não estão no calendário do PNI não foram considerados porque o PNI é o principal gerador de fluxo de materiais na cadeia de suprimentos de vacinas no Brasil e porque a missão da unidade de análise coloca que ela deve atender prioritariamente as demandas de saúde pública do país, e isto ocorre por meio do PNI;

c) Os produtos precisam possuir árvore de materiais: dos 13 produtos da linha de vacinas, três ainda não possuíam árvores de materiais no momento da coleta de dados. A árvore de materiais é o documento utilizado nesta pesquisa para identificar os insumos utilizados na produção de vacinas e, consequentemente, seus fornecedores. Desta forma, somente os produtos que possuem árvore de materiais são objeto deste estudo.

Dos produtos constantes na linha de vacinas, apenas oito atendem as três premissas. A lista completa de vacinas e os produtos descartados (hachurado nas linhas de cor cinza) podem ser observados na Tabela III.1.

Tabela III.1: Lista de produtos do portfólio de vacinas

VACINAS	Está no PNI?	Tem árvore de materiais?
Meningocócica AC (polissacarídica) - 10 doses	Não	Sim
Haemophilus influenzae b - Hib (conjulgada) - 1 dose	Sim	Sim
Haemophilus influenzae b - Hib (conjulgada) - 5 doses	Sim	Sim
Difteria, tétano e pertussis DTP e Hib (tetravalente) - 5 doses	Não	Sim
Peneumocócica 10-valente (conjulgada) - 1 dose	Sim	Sim
Febre amarela (atenuada) - 5 doses	Sim	Sim
Febre amarela (atenuada) - 10 doses	Sim	Sim
Febre amarela (atenuada) - 50 doses	Sim	Sim
Poliomelite 1, 2 e 3 (atenuada oral) - 25 doses	Sim	Sim
Poliomelite 1, 2 e 3 (inativada) - 10 doses	Sim	Não
Sarampo, Caxumba e Rubéola (tríplice viral) - 10 doses	Sim	Sim
Rotavirus humano - 1 dose	Sim	Não
Sarampo, Caxumba, Rubéola e varicela (tetravalente viral - 1 dose)	Sim	Não

A partir da lista de insumos gerada por meio das árvores de materiais, uma planilha para coleta de dados foi elaborada. As informações solicitadas por meio desta planilha podem ser observadas na Figura III.1. Tanto as informações necessárias ao preenchimento da planilha quanto às demais informações necessárias ao andamento desta pesquisa foram coletadas a partir de:

- Consultas a documentos disponíveis, como portfólio de produtos, relatório anual de atividades e árvore de materiais;
- Consulta ao banco de dados mantido no ERP da unidade de análise;
- Entrevistas informais e não estruturadas aos funcionários da área de logística, com a finalidade de entender as práticas adotadas pela unidade de análise e interpretar corretamente os dados coletados e constantes na lista de dados dos fornecedores (Figura III.1).

LISTA DE INSUMOS										
PRODUTO 1										
COMPONETE	DESCRIÇÃO	FORNECEDOR DIRETO	FORNECEDOR INDIRETO	FABRICNATE	É IMPORTADO PELA UNIDADE DE ANÁLISE?	É IMPORTADO PELO FORNECEDOR DIRETO?	FABRICANTE AMARRADO À TT	CUSTO	MODALIDADE DE COMPRA PRATICADA	TIPO DE FORNECIMENTO
PRODUTO 2										
COMPONETE	DESCRIÇÃO	FORNECEDOR DIRETO	FORNECEDOR INDIRETO	FABRICNATE	É IMPORTADO PELA UNIDADE DE ANÁLISE?	É IMPORTADO PELO FORNECEDOR DIRETO?	FABRICANTE AMARRADO À TT	CUSTO	MODALIDADE DE COMPRA PRATICADA	TIPO DE FORNECIMENTO
PRODUTO 8										
COMPONETE	DESCRIÇÃO	FORNECEDOR DIRETO	FORNECEDOR INDIRETO	FABRICNATE	É IMPORTADO PELA UNIDADE DE ANÁLISE?	É IMPORTADO PELO FORNECEDOR DIRETO?	FABRICANTE AMARRADO À TT	CUSTO	MODALIDADE DE COMPRA PRATICADA	TIPO DE FORNECIMENTO
INSUMOS COMUNS										
COMPONETE	DESCRIÇÃO	FORNECEDOR DIRETO	FORNECEDOR INDIRETO	FABRICNATE	É IMPORTADO PELA UNIDADE DE ANÁLISE?	É IMPORTADO PELO FORNECEDOR DIRETO?	FABRICANTE AMARRADO À TT	CUSTO	MODALIDADE DE COMPRA PRATICADA	TIPO DE FORNECIMENTO

Figura III.1: Lista de dados dos fornecedores de insumos para a produção de vacinas

As árvores de materiais foram coletadas em abril de 2015 e o envio e preenchimento da planilha apresentada na Figura III.1 ocorreu entre junho e dezembro de 2015.

Quanto aos entrevistados, estes são da área de logística, mais especificamente da seção de gestão de fornecedores. A escolha de colaboradores que trabalham nesta seção é justificada pelo fato deles terem contato intenso com os fornecedores da cadeia de suprimentos de vacinas a montante da unidade de análise e por isso possuírem acesso às informações necessárias à pesquisa desenvolvida nesta dissertação, além de conhecimento tácito adquirido no exercício de suas funções.

Inicialmente, seria necessário entrevistar apenas um colaborador da gestão de fornecedores. Ele ocupava o cargo de supervisor de compras, porém, este se desligou da unidade antes que fosse concluída a coleta de dados da pesquisa. Ao sair da unidade de analise ele indicou outro colaborador capaz de contribuir com as informações necessárias. O segundo colaborador foi contatado e forneceu os dados restantes necessários ao desenvolvimento da pesquisa. O segundo colaborador ocupa o cargo de analista de compras.

III.4. Tratamento e Análise dos Dados

O tratamento e análise dos dados foram realizados tomando como base a estrutura conceitual teórica de riscos na cadeia de suprimentos e análise de cadeias de suprimentos como uma rede. Os dados foram reduzidos de modo que somente o que é essencial à pesquisa conste na dissertação.

A partir da coleta dos dados, uma rede direcionada conectando os fornecedores e a unidade de análise foi montada da seguinte forma: os fornecedores e a unidade de análise são representados pelos vértices e uma aresta conectando o fornecedor A ao fornecedor B, na relação A->B, é adicionada quando há uma relação representada pela negociação de um insumo para a produção das vacinas que nortearam a montagem da rede. Desta forma, foram obtidas cinco redes correspondendo a cinco vacinas e uma última rede correspondendo a integração de todas as cinco redes modeladas por vacina.

As redes obtidas foram representadas na ferramenta *Pajek* versão 32 3.15. Esta ferramenta permite a visualização e análise de redes a partir do cálculo das métricas da teoria dos grafos. O *Pajek* foi escolhido porque atendeu perfeitamente as necessidades de visualização da cadeia estudada no teste piloto, é amplamente explorado pelos pesquisadores do PPPRO e é o programa para análise de redes que a autora conhece por meio de uma disciplina ministrada no PPPRO, e por isso é dominado no nível necessário aos fins desta pesquisa. As redes resultantes são apresentadas no Capítulo IV.

Posteriormente, os dados coletados foram tratados com o auxílio do *Excel* e do *Pajek* e analisados por meio do modelo de análise descrito no Capítulo V.

III.5. Limitação do Método

O universo desta pesquisa considera apenas uma unidade de análise, portanto, a replicação do conteúdo deste trabalho só deve ocorrer em outras instituições com análise prévia das características da SC considerada e adequação do modelo proposto. Outra questão é a linha de produtos objeto da pesquisa, somente a linha de vacinas foi considerada, portanto, não é possível estender os resultados para as outras linhas de produtos da unidade de análise sem que seja desenvolvido outro estudo de caso.

A respeito da confiabilidade dos dados coletados vale ressaltar a questão da reprodutibilidade da pesquisa. Como uma parte das informações foi baseada na experiência profissional dos colaboradores da unidade de análise (como a questão da dificuldade de adquirir no mercado nacional *versus* mercado internacional) a reprodutibilidade da pesquisa não é garantida, pois dependerá da percepção dos colaboradores que poderão contribuir em uma oportunidade futura.

Capítulo IV - Estudo de Caso: A Cadeia de Suprimentos de Vacinas de um Laboratório Produtor do Rio de Janeiro

O acesso à vacina pode ocorrer por meio do mercado privado, público e de ações políticas governamentais ou não governamentais. Também existem ações internacionais e humanitárias que realizam campanhas de vacinação e de distribuição de vacinas.

O mercado privado é movimentado pelas grandes multinacionais que atuam com duas estratégias de comercialização: uma fornece produtos a distribuidores e clínicas de vacinação privadas e a outra colabora com o estado por meio de atividades de P&D, parcerias e TT, além de fornecimento de produtos e insumos para produção, concentrando assim mais de 75% da produção mundial de vacinas (BERTOLLO, 2011; HOMMA *et al.,* 2013). HOMMA *et. al.* (2013) colocam que 90% das vacinas destinadas a ações políticas governamentais brasileiras são fornecidas por produtores nacionais.

HOMMA *et al.* (2013) descrevem que uma relevante política internacional para aumentar o acesso de países com recursos limitados à vacinas tradicionais é promovida por meio da Rede dos Produtores de Vacinas dos Países em Desenvolvimento (*Developing Countries Vaccine Manufacturers Network* – DCVMN), que disponibilizam vacinas para serem adquiridas por organizações internacionais, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), a *United Nations Children's Fund* (UNICEF) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), que posteriormente serão distribuídas ao público alvo. O Brasil colabora com o DCVMN por meio da pré-qualificação da unidade de análise desta pesquisa para fornecimento de vacinas.

O PNI é baseado em políticas governamentais brasileiras, sendo reconhecido com um dos mais completos e eficazes programas de imunização entre os países emergentes e é comparável aos programas de imunização de países desenvolvidos (HOMMA *et al.,* 2013).

As ações humanitárias são realizadas por meio da logística humanitária, que é responsável por planejar, programar, coordenar e gerenciar o fluxo de informações, de recursos materiais e de doações disponíveis para mitigar o sofrimento humano e salvar vidas em áreas que foram alvo de desastres naturais ou provocados pelo homem, no menor prazo possível, com o mínimo de perdas, com a participação de atores governamentais e não governamentais, nas fases de resposta, reconstrução, prevenção e preparação (ABREU, 2015). Um exemplo de atividade executada pela logística humanitária é o suprimento de medicamentos, incluindo vacinas, necessários para o desenvolvimento de regiões com capacidades limitadas (PAZIRANDEH, 2011) ou recuperação de áreas afetadas por algum desastre.

A cadeia produtiva da vacina faz parte da indústria farmacêutica que também é responsável pela fabricação, comercialização e distribuição de medicamentos em geral. (FRANCO; SANTOS; PEREIRA, 2011). Esta indústria conta com mais de 10 mil empresas em todo o mundo e, em volume de produção, a indústria farmacêutica brasileira é a quarta maior,

ficando atrás dos Estados Unidos, da França e da Itália. Dentre os itens produzidos têm-se os farmoquímicos[5], que são convertidos em medicamentos finais para o tratamento e prevenção de doenças no ser humano (ROLIM, 2016).

A cadeia de suprimentos de vacinas e sua logística devem ser capazes de receber, armazenar e transportar vacinas em temperaturas adequadas e disponibilizá-las nos lugares certos, em tempo hábil, além de acompanhar o ritmo de crescimento dos programas de imunização (FOSTER *et al.,* 2006). A Figura IV.1 ilustra o relacionamento entre a produção de vacinas, sua cadeia de suprimentos e seu consumidor final, a população.

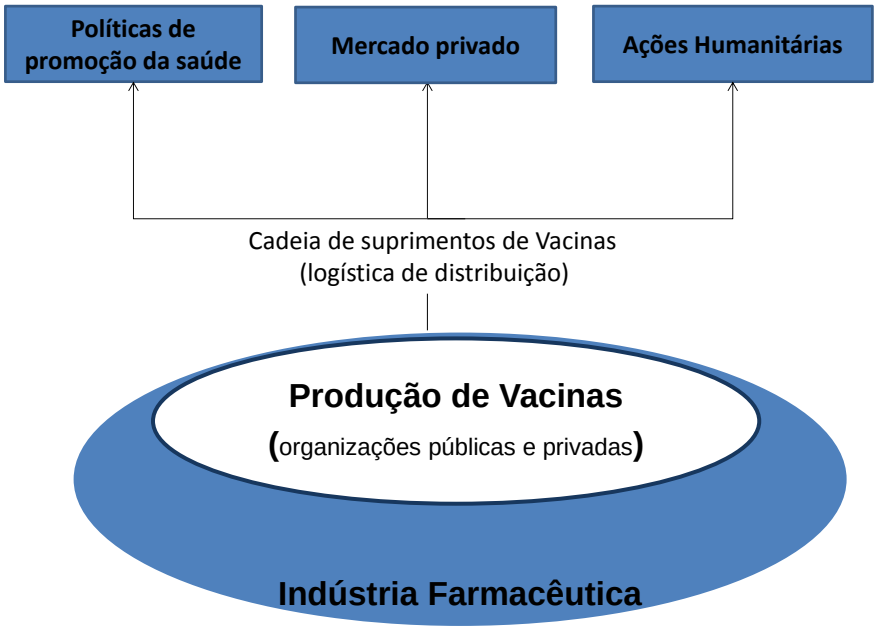


Figura IV.1: Relação entre a cadeia de suprimento de vacinas, seus produtores e seus consumidores finais

IV.1. Caracterização da Cadeia de Suprimentos a Jusante do Laboratório Produtor

A demanda por vacinas brasileiras é atendida pela cadeia de Frio, que é a cadeia de suprimentos de imunobiológicos do Brasil. Ela compõe a Rede de Frio, um sistema amplo que objetiva manter o funcionamento correto da cadeia de frio, e é composta por cinco instâncias: nacional, estadual, regional, municipal e local. Estas instâncias, em conjunto, são responsáveis pela distribuição de vacinas desde o seu recebimento a partir de um laboratório produtor até o consumidor final, no posto de vacinação (BRASIL, 2013).

Segundo BRASIL (2013), a instância nacional é formada pela Coordenação-Geral do Programa Nacional de Imunização (CGPNI), Localizada no Distrito Federal, e pela Central Nacional de Armazenamento e Distribuição de Insumos (Cenadi), localizada no Rio de Janeiro. Dentre as atividades desenvolvidas pela CGPNI, destacam-se, no que diz respeito à cadeia de suprimentos e sua logística:

[5] A definição de farmoquímicos encontra-se descrita na Subseção V.1.1.

- Gestão de insumos: responsável “pelo planejamento das aquisições e distribuição dos imunobiológicos em interface com o processo logístico (Cenadi), além de acompanhar sistematicamente o controle de qualidade destes insumos”;
- Gestão de incorporação técnica, científica e de normatização: avalia a situação epidemiológica da doença, atualiza e acompanha os calendários de vacinação nacional, elabora os planos de ação e estratégias de vacinação e elabora normas técnicas;
- Sistema de informação: “responsável pelo desenvolvimento dos sistemas de informação, que tem por finalidade auxiliar a gestão da Coordenação do PNI bem como o gerenciamento destes sistemas, subsidiando técnicos e gestores no que se refere às ações de vacinação do País”.

A Cenadi, que é uma central de armazenamento e distribuição localizada em São Cristóvão-RJ, é o complexo logístico que representa o nível central da cadeia de frio onde são recebidas as vacinas adquiridas pelo CGPNI dos laboratórios produtores, que podem ser nacionais ou internacionais, via transporte aéreo (com exceção dos produtores instalados no Rio de Janeiro, cujo transporte realizado é terrestre) e encaminham para as instâncias estaduais, também via transporte aéreo (com exceção do Rio de Janeiro, que é terrestre). Ainda na Cenadi, as vacinas passam por controle de qualidade antes de serem distribuídas às unidades da instância estadual (BRASIL, 2013).

A instância estadual conta com 27 centrais de armazenamento e distribuição de vacinas e estão instaladas, geralmente, nas capitais das Unidades Federadas (UF) do Brasil. Elas são responsáveis pela distribuição devidamente balanceada (demanda versus capacidade de armazenamento) de vacinas no estado em que estão instaladas. As Instâncias regionais são subordinadas a instância estadual referente ao estado que faz parte e é responsável por armazenar e distribuir vacinas para os municípios de sua abrangência (BRASIL, 2013).

BRASIL (2013) coloca que a instância Municipal está subordinada a Secretaria Municipal de Saúde. Ela é responsável pelo armazenamento e distribuição das vacinas recebidas das Instâncias estaduais/regionais que serão utilizadas pelas instâncias locais, ou seja, as salas de vacinação onde os consumidores finais farão o uso do imunobiológico. O transporte realizado das instâncias estaduais para as instâncias regionais/municipais é realizado por vias terrestres preferencialmente (em casos especiais pode ser via aérea ou aquática).

As instâncias locais devem ter instalações que sejam capazes de armazenar as vacinas previstas para um mês, de acordo com a demanda local e com a programação de abastecimento das instâncias anteriores. O transporte das vacinas até ela é realizado em caixas térmicas.

As vacinas podem ficar armazenadas, no máximo, até um ano e sete meses na cadeia de frios, conforme pode ser observado nos prazos máximos de armazenamento em cada instância da cadeia, dispostos abaixo (BRASIL, 2013):

- Cenadi e centrais estaduais: de 6 a 12 meses;
- Centrais regionais e municipais: 3 a 6 meses;
- Instâncias locais (salas de vacinação): 1 mês.

Como a validade das vacinas é de dois anos, o estoque de produto acabado no laboratório produtor deve evitar a armazenagem de vacinas por mais de cinco meses após a conclusão da sua produção. Os referidos tempos máximos de armazenamento de vacinas também justifica a escolha do transporte aéreo para grandes distâncias. A cadeia de suprimentos de vacinas a jusante do laboratório produtor pode ser observada na Figura IV.2.

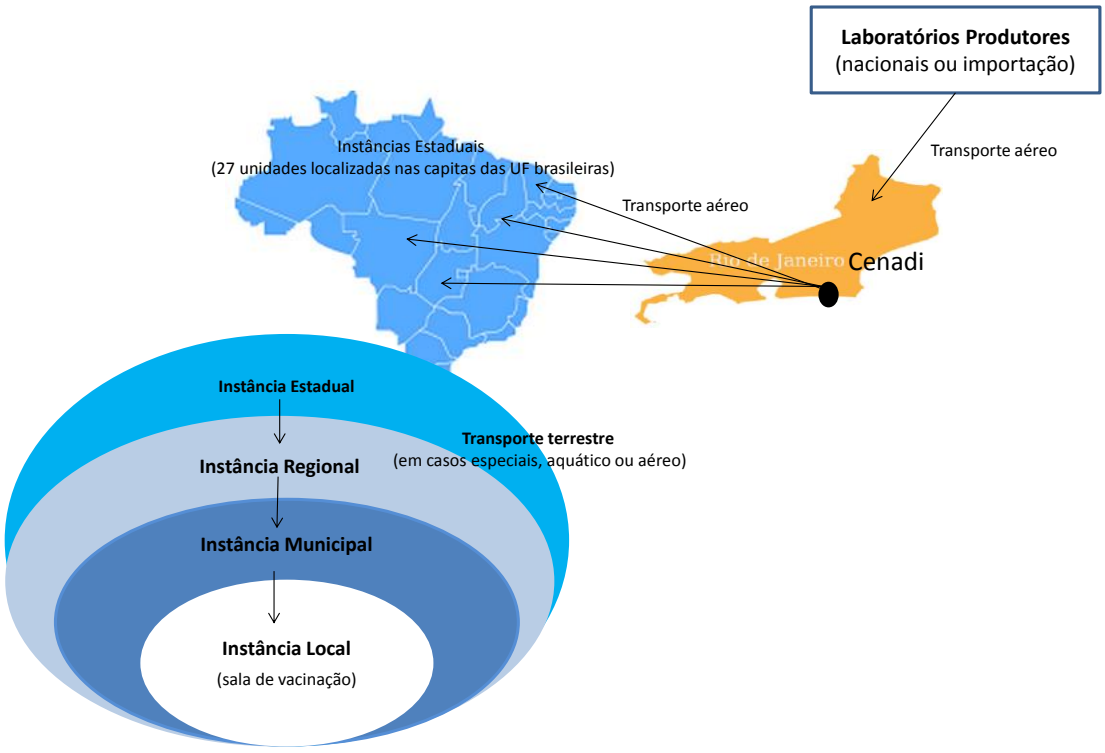


Figura IV.2: Cadeia de suprimentos de vacinas a partir do laboratório produtor

A cadeia de suprimentos de vacinas do PNI possui cinco camadas a partir da Cenadi, mas existem cadeias de suprimentos de vacinas que consideram até sete etapas. Entre outras, pode se citar: armazenamento temporário em aeroporto, armazenamento central, armazenamento regional, armazenamento provincial, armazenamento distrital e centros de saúde (KAUFMANN; MILLER; CHEYNE, 2011).

IV.1.1. Qualidade

Deficiências provenientes da conservação podem provocar aumentos consideráveis nos custos do PNI por conta de perdas desnecessárias de vacinas por erros de manutenção da cadeia de frio e assim comprometer a efetividade do programa (OLIVEIRA *et al.*, 2014). As

vacinas são sensíveis ao calor, umas mais outras menos, também há vacinas que são sensíveis ao congelamento e ao serem congeladas elas podem ser inutilizadas (KAUFMANN; MILLER; CHEYNE, 2011).

Desvios na temperatura de conservação durante o fluxo na cadeia de frio podem comprometer a potência de imunização da vacina, em outras palavras, as características verificadas e certificadas pelo laboratório produtor em condições ideais de conservação, como temperatura, umidade, prazo de validade e exposição à luz (BRASIL, 2013).

As vacinas devem ser fabricadas, mantidas, transportadas e entregues adequadamente, pois se assim não ocorrer, não é apenas a qualidade e a eficácia que são comprometidas, mas também a vida dos indivíduos que farão uso deste produto (FRANCO; SANTOS; PEREIRA, 2011).

Ainda em relação à segurança do indivíduo que fará uso da vacina, outra vertente é considerada além da conservação do produto: a indústria farmacêutica é regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). A Anvisa é uma autarquia com autoridade reguladora que atua em qualquer setor cujos produtos e serviços possam afetar a saúde da população brasileira (ANVISA, 2015).

Ela é responsável por realizar inspeções para verificar o cumprimento da Resolução da Diretoria Colegiada nº 17 de abril de 2010 (RCD nº 17/2010), cujo objetivo é estabelecer os requisitos mínimos a serem seguidos na fabricação de medicamentos e verificar o cumprimento das Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos (BPF) de uso humano (ANVISA, 2010).

Os laboratórios produtores de vacina que atuam no Brasil estão sujeitos a RCD nº 17/2010 e o não cumprimento desta provoca a perda do certificado de BPF e, consequentemente, o impedimento da comercialização dos produtos considerados no escopo da inspeção.

IV.1.2. Riscos

“A previsão de demanda de vacinas é efetuada em médio prazo, pois existem sazonalidades e surtos que provocam a variação na demanda do produto” (FRANCO; SANTOS; PEREIRA, 2011). Todo o processo de planejamento da cadeia de suprimentos de vacinas da Unicef, por exemplo, incluindo negociações com fabricantes e a logística de distribuição, é baseado em previsões de necessidades futuras, portanto, as previsões precisas são vitais (KAUFMANN; MILLER; CHEYNE, 2011).

A sazonalidade das vacinas contra gripe, que possuem sua produção e aumento da demanda estimados entre os meses de janeiro a agosto, ilustram o conceito exposto no parágrafo anterior. Dentro do período em que a demanda aumenta, são necessários programações do operador logístico e do laboratório produtor (diretoria, produção e departamento comercial). O número de entregas subitamente aumenta, exigindo um planejamento adequado do operador logístico, para que as entregas sejam efetuadas no tempo

previsto, sem que haja alterações na qualidade da vacina. O operador logístico deve estar preparado para a grande demanda de notas fiscais faturadas para entrega e com veículos e profissionais qualificados suficientes a suprirem a alta da demanda (FRANCO; SANTOS; PEREIRA, 2011).

Em determinadas localidades é necessário a entrega de vacinas utilizando dois modais: aéreo e rodoviário. Condições climáticas interferem diretamente nestes percursos, como por exemplo, fechamento de aeroportos devido a neblina e tempestade, queda de barreiras sobre pistas, abertura de buracos, congestionamentos e assim sucessivamente (FRANCO; SANTOS; PEREIRA, 2011).

Previsões imprecisas, gerenciamento de estoques e práticas de distribuição ineficientes podem provocar sérias disrupções no suprimento de vacinas. Uma razão trata-se das limitações que afetam a vida útil da vacina que, conforme citado anteriormente, refere-se a sensibilidade à temperatura (KAUFMANN; MILLER; CHEYNE, 2011).

IV.2. Caracterização da Empresa Focal: A Unidade de Análise

A cadeia de suprimentos de vacinas nacional conta com laboratórios públicos e privados. Os principais produtores públicos são Bio-Manguinhos/Fiocruz e Instituto Butantan (responsáveis por 83% da demanda por vacinas para o PNI). Entre os fornecedores internacionais destacam-se a GlaxoSmithKline, a Sanofi-Aventis/Sanofi Pasteur, a Wyeth (Pfizer), a MSD e a Novartis (HOMMA *et al*., 2013).

A unidade de análise desta pesquisa integra a indústria farmacêutica brasileira e trata-se de uma instituição pública que produz imunobiológicos. A Instituição foi criada a partir de uma política governamental brasileira em 1976, para desenvolver e fabricar vacinas com gestão rigorosa da qualidade, é uma das principais fornecedoras de vacinas para o PNI e está pré-qualificada pela OMS para fornecer vacinas através das Agencias das Nações Unidas (HOMMA *et al.,* 2013).

O principal objetivo da Instituição é atender as necessidades da população brasileira e ampliar o seu acesso aos produtos ofertados, por meio de programas do governo, disponibilizando em seu portfólio imunobiológicos com a qualidade requerida pelo setor e compatíveis com o que o mercado mundial oferece. O principal efeito promovido com a sua atuação é a redução dos custos oriundos de importação desses produtos pelo Ministério da Saúde.

O portifólio da Instituição conta além da linha de vacinas, com uma linha de Biofármacos e de *kits* de reativos para diagnóstico. A unidade de análise possui dois meios para atender a demanda por novos produtos e incluí-los no seu portifólio: o desenvolvimento tecnológico e a Transferência de Tecnologia (TT). A TT é:

> “o processo através do qual um conjunto de conhecimentos, habilidades e procedimentos aplicáveis aos problemas de produção são transferidos, por

> transação de caráter econômico de uma organização para outra, ampliando a capacidade de inovação da organização receptora" (GOMES, 2014).

Nem todos os produtos ofertados possuem todas suas etapas de produção realizadas pela unidade de análise. A produção de vacinas pode ser dividida em quatro etapas: obtenção do Insumo Farmacêutico Ativo[6] (IFA), formulação, envase e embalagem. A unidade de análise possui em seu portfólio produtos cuja fabricação abrange as quatro etapas ou apenas algumas delas.

As instalações da unidade de análise ficam no Rio de Janeiro e possuem 57,8 mil m^2 de área construída que está em expansão, com a construção de dois novos *campi* (em Santa Cruz/RJ e Euzébio/CE) para atender o aumento demandado pelo MS e as exigências da Anvisa. Além disso, conta com um total de 1540 colaboradores entre servidores, terceirizados e bolsistas (INSTITUTO, 2014).

Seu organograma, que pode ser observado na Figura IV.3, possui quatro vice-diretorias que atuam com foco em duas atividades fim: desenvolvimento tecnológico e produção de imunobiológicos.

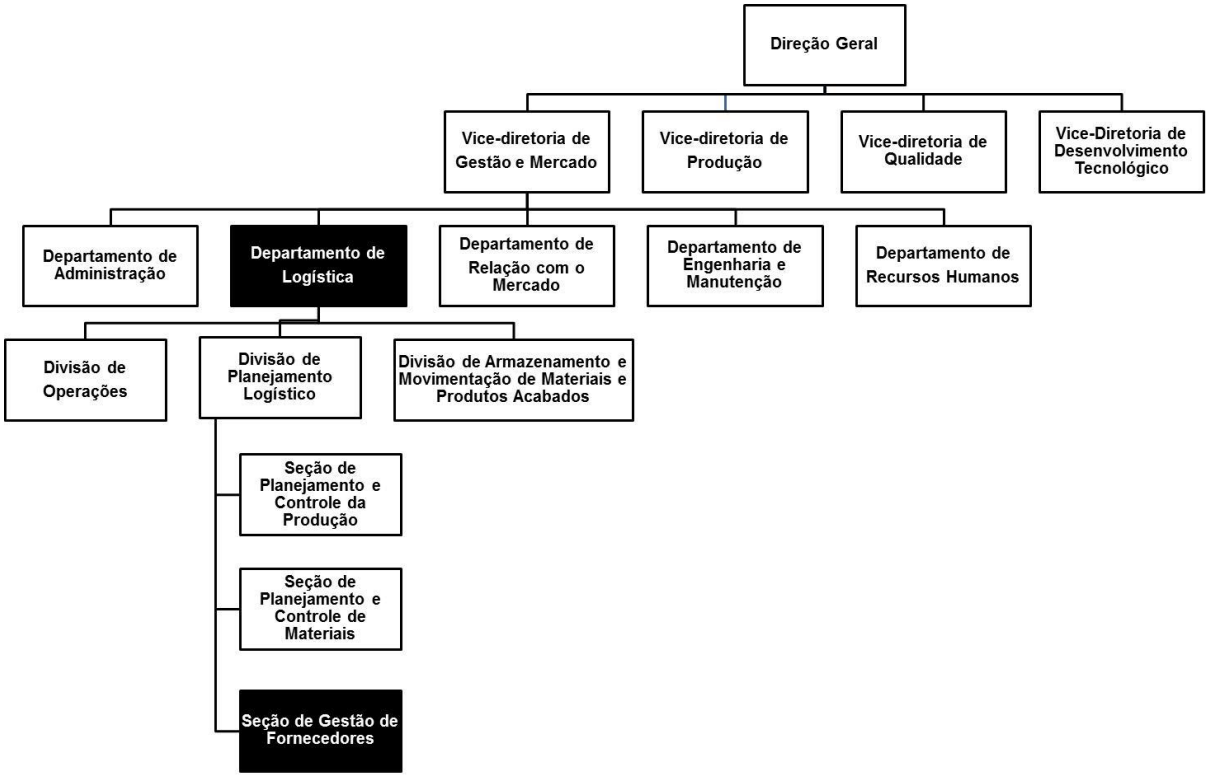


Figura IV.3: Organograma da unidade de análise
Fonte: Adaptado de DEPARTAMENTO (2012)

As Vice-diretorias de Produção e de Desenvolvimento Tecnológico são responsáveis pela execução de todas as atividades diretas de produção e desenvolvimento tecnológico, respectivamente. A Vice-diretoria de Qualidade é responsável pela garantia da qualidade e por

[6] Definição descrita na Subseção V.1.2.

fazer o controle de qualidade de todos os insumos destinados à produção e ao desenvolvimento tecnológico e de todos os produtos oriundos das atividades fim. Além disso, também atua na obtenção e manutenção dos registros de novos produtos e nas auditorias internas, externas e inspeções, que resultam na autorização formal, pelos órgãos reguladores, para produção e para a inclusão de produtos no portfólio da Instituição.

A Vice-diretoria de Gestão e Mercado é responsável pela execução das atividades de administração, de recursos humanos, de engenharia e manutenção, de relação com o mercado e de logística para toda a Instituição. O departamento de logística opera por meio das divisões de operações (compras nacionais e importação), de Armazenamento e Movimentação de Materiais e Produtos Acabados e de Planejamento logístico. É na Divisão de Planejamento Logístico que se encontra a Seção de Gestão de Fornecedores. Foi nesta seção que foram coletadas todas as informações logísticas necessárias ao desenvolvimento da pesquisa desta dissertação.

IV.3. Caracterização da Cadeia de Suprimentos a Montante do Laboratório Produtor

Para caracterizar a cadeia de suprimentos a montante da unidade de análise é tomada como referência a linha de vacinas do portfólio da unidade de análise. Conforme colocado na Seção III.3, apenas oito das 13 vacinas constantes no portfólio puderam ser consideradas no estudo de caso. A partir da árvore de materiais das referidas vacinas foram identificados todos os insumos diretos[7] utilizados na produção que resultou no preenchimento de uma planilha com as seguintes informações:

- Fornecedor direto (elo de primeira camada): fornecedor que realizou transação comercial de um insumo diretamente com a unidade de análise no período compreendido entre 2010 e 2015. Este período se deve a disponibilidade de informações no ERP, responsável pelo planejamento dos recursos da unidade de análise e que foi implementado em 2010. Logo, só há informações disponíveis para consulta a partir de 2010;
- Fornecedor indireto (elo de segunda camada): entidade da cadeia de quem o fornecedor direto adquire o insumo em processo de compra com a unidade de análise. O fornecedor indireto também pode ser o fabricante do insumo;
- Fornecedores anteriores: é uma entidade que não forneceu insumos para a unidade de análise no exercício vigente no período da coleta (2014/2015), mas já forneceu em algum momento dentro do período analisado (entre 2010 e 2015).

Também foram coletadas as seguintes informações a respeito dos insumos que geram o fluxo desta cadeia:

[7] Insumos diretos são todos aqueles que estão diretamente ligados ao produto e que são quantificáveis ao serem relacionados ao tamanho dos lotes de produção.

- O insumo é importado pela unidade de análise;
- O insumo é importado pelo fornecedor direto;
- O fabricante do insumo é determinado pela TT;
- Modalidade de compra praticada na última aquisição;
- Tipo de fornecimento (ampla concorrência, pré-qualificado ou exclusivo).

A cadeia de suprimentos de vacinas a montante da unidade de análise é apresentada de duas formas. Uma é por doença a qual o produto atua como imunizante, ou seja, leva em sua composição o mesmo IFA, e a outra contempla todos os produtos e suas apresentações, cada um representado por um vértice. A primeira forma é chamada de cadeia de suprimentos por produto e a segunda de cadeia de suprimentos integrada.

Nas cadeias de suprimentos por produto, o vértice que representa a unidade de análise (apenas um vértice nas cadeias por produto) recebe o rótulo correspondente a vacina que norteou a construção do grafo (o nome da vacina) e os demais vértices são fornecedores diretos, indiretos e anteriores, que recebem um número como rótulo. A relação de fornecimento entre os fornecedores diretos, indiretos e anteriores e a unidade de análise é representada por uma aresta direcionada que indica a origem e o destino do fluxo de materiais.

O fato das cadeias de suprimentos por produto não considerarem cada apresentação do produto como um vértice, assim se faz porque as semelhanças que as cadeias por apresentação de cada produto podem apresentar, tendo em vista seu processo de fabricação, são várias. As diferenças podem estar nas etapas a partir da formulação, mudando apenas a adição de um ou outro farmoquímico na formulação ou o tamanho, a informação e a cor das embalagens primárias e secundárias no envase e na embalagem. Portanto, apenas cinco cadeias são apresentadas para os oito produtos considerados, conforme é descrito a seguir:

- SC da Vacina contra Febre Amarela nas apresentações 5 doses, 10 doses e 50 doses;
- SC da Vacina Tríplice Viral (TVV);
- SC da Vacina contra a Haemophilus influenzae b (Hib) nas apresentações 1 dose e 5 doses;
- SC da Vacina contra Poliomelite 1, 2 e 3;
- SC da Vacina Pneumocócica 10-Valente.

Foram identificados um total de 78 fornecedores entre as cinco cadeias de suprimentos construídas e como alguns fornecedores atendem mais de uma cadeia, todos os fornecedores identificados na coleta de dados receberam uma identificação única (um número) que será mantida caso ele apareça em mais de uma cadeia de suprimentos.

Os nomes originais dos fornecedores e alguns dados, como insumo negociado e valores envolvidos em transações comerciais, não são divulgados nesta dissertação em respeito às regras da Administração Pública de forma que interessados em participar das licitações promovidas pela unidade de análise e ainda não possuam uma relação contratual com ela não tenham informações privilegiadas. Portanto, um número único é atribuído a cada fornecedor (rótulo dos vértices apresentados nas Figuras IV.4, IV.5, IV.6, IV.7 e IV.8) em substituição ao seu nome comercial.

Apesar das cadeias terem sido modeladas considerando apenas o fluxo de materiais, o modelo de compras praticado na Administração Pública determina que todo fornecimento à instituições públicas sejam norteados por um contrato de fornecimento. Logo, as cadeias modeladas por meio do fluxo de materiais também representam uma relação contratual, mas não foi identificado nenhum caso de relação contratual conforme a definição exposta na Seção II.1, que envolve terceirização por parte da empresa focal que contrata fornecedores de segunda e terceira camadas para entregar materiais aos fornecedores de primeira camada (CHOI; KRAUSE, 2006), ou seja, existe uma relação contratual entre a empresa focal e os referidos fornecedores de segunda e terceira camadas, porém, não há fluxo direto de material entre eles. Todos os dados de entrada para modelagem das cadeias de suprimentos no *Pajek* se encontram disponíveis para consulta no Apêndice I.

A cadeia de suprimentos da Vacina contra Febre Amarela é gerada pelo produto em três apresentações: 5 doses, 10 doses e 50 doses. Seu processo produtivo na unidade de análise abrange todas as etapas de fabricação. A cadeia possui 41 entidades. Destas, 36 são fornecedores de primeira camada e quatro são fornecedores de segunda camada. O fluxo de materiais conta com 37 insumos distribuídos entre origem nacional (18 insumos) com a participação de 22 fornecedores, importados pelo fornecedor direto (17 insumos) representados por 15 fornecedores e importados pela unidade de análise (dois insumos) contando com apenas dois fornecedores diretos na cadeia. A SC conta ainda com um fornecedor que realiza os três tipos de operação e com um fornecedor presente simultaneamente na primeira e na segunda camada. A cadeia de suprimentos resultante pode ser observada na Figura IV.4.

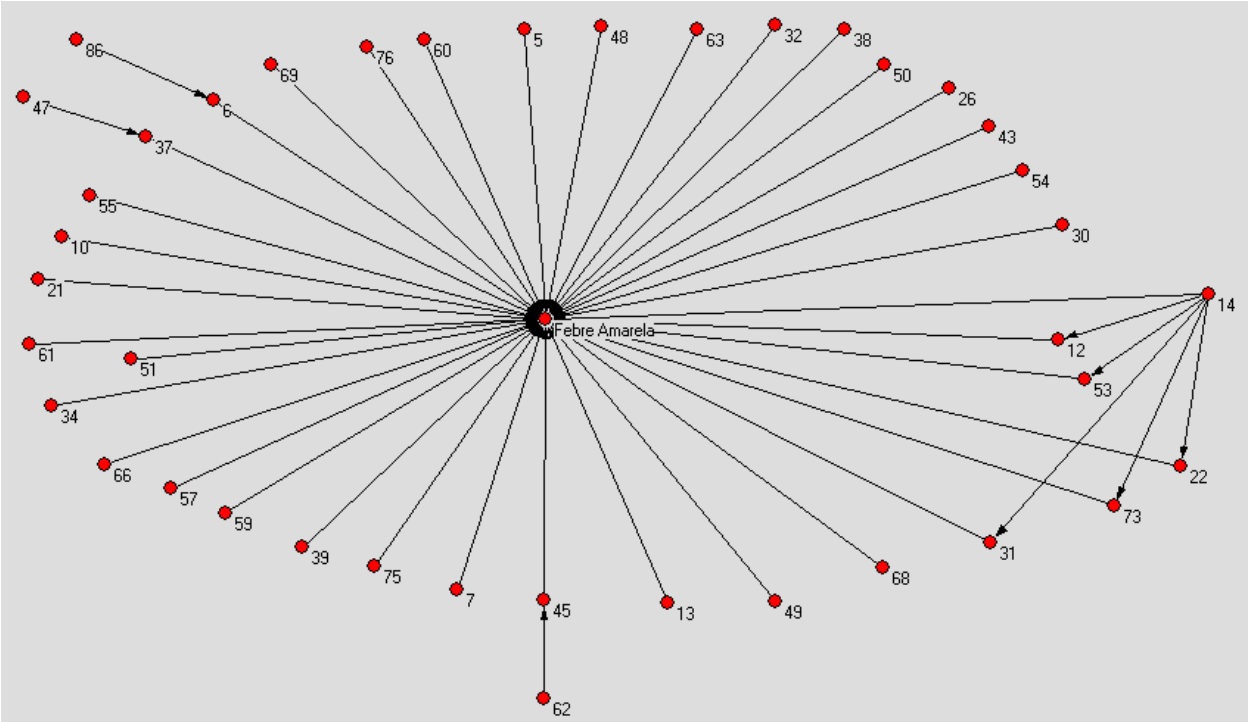


Figura IV.4: Cadeia de suprimentos a montante da unidade e análise para a produção da Vacina contra Febre Amarela

A cadeia de suprimentos para a Vacina Tríplice Viral (TVV) é composta por apenas um produto capaz de imunizar o organismo contra três doenças: Sarampo, Caxumba e Rubéola, na apresentação de 10 doses. Seu processo produtivo na unidade de análise conta até o momento com as etapas de formulação, envase e embalagem, mas este produto está em fase final de TT e em breve também contará com a fase de obtenção do IFA, passando a ser fabricada inteiramente nas dependências da unidade de análise.

A cadeia possui 37 entidades. Destas, 27 são fornecedores de primeira camada e seis são fornecedores de segunda camada. Percorre por esta cadeia um total de 61 insumos distribuídos da seguinte forma: 32 nacionais contando com 22 fornecedores, 22 importados pelo fornecedor direto, com nove fornecedores, e sete importados diretamente pela unidade de análise por meio de quatro fornecedores internacionais. A cadeia apresenta ainda um fornecedor que realiza operações nacionais e importações e três fornecedores que atuam como fornecedores de primeira e segunda camada de forma simultânea. A cadeia de suprimentos resultante pode ser observada na Figura IV.5.

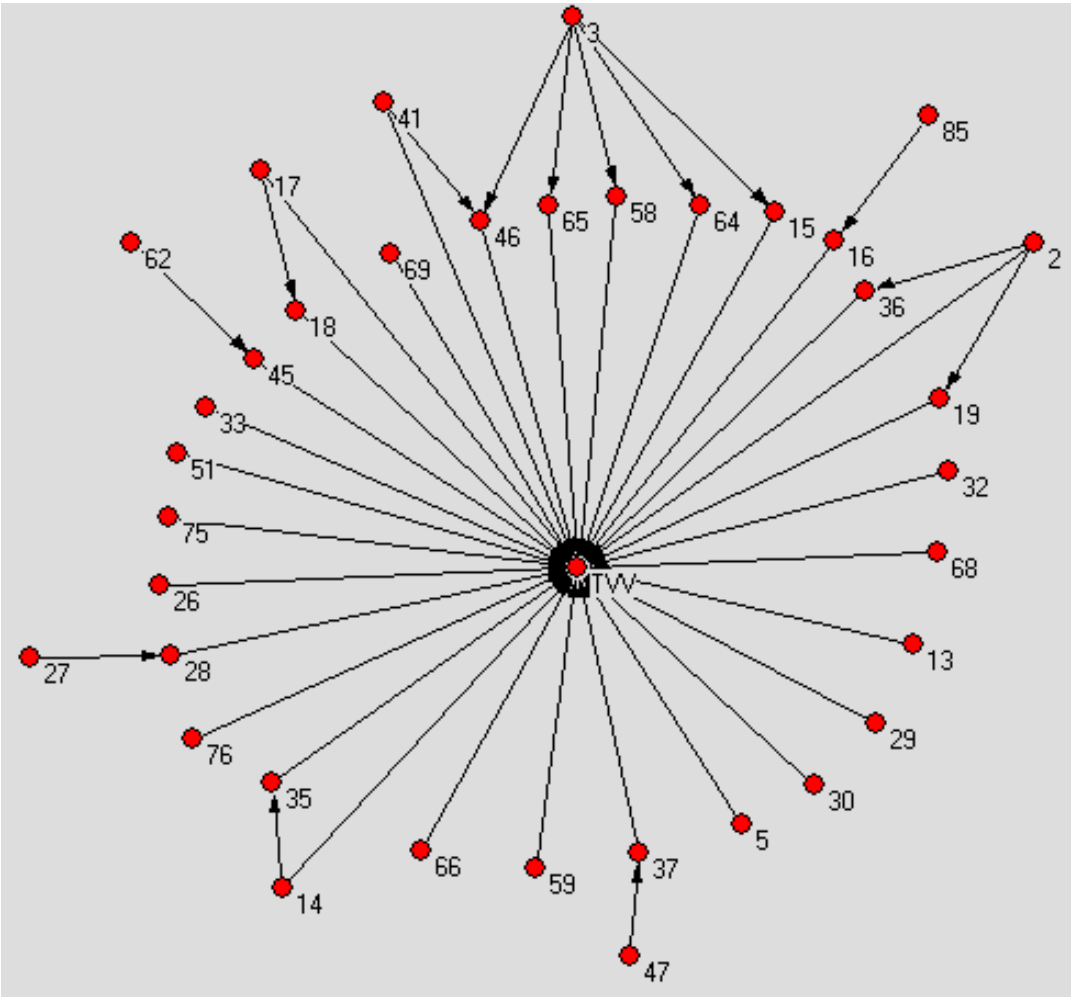


Figura IV.5: Cadeia de suprimentos a montante para a produção da Vacina Tríplice Viral

A cadeia de suprimentos da Vacina contra Hib, ilustrada na Figura IV.6, é formada pelo produto em duas apresentações (1 e 5 doses) e é fabricada integralmente pela unidade de análise. A cadeia possui 36 entidades divididas em 31 fornecedores de primeira camada, um fornecedor de segunda camada e três fornecedores que atuam tanto na primeira quanto na segunda camada (de acordo com o insumo). O fluxo desta cadeia conta com 33 insumos divididos em: 17 nacionais fornecidos por 23 fornecedores e 16 importados representados por 12 fornecedores diretos.

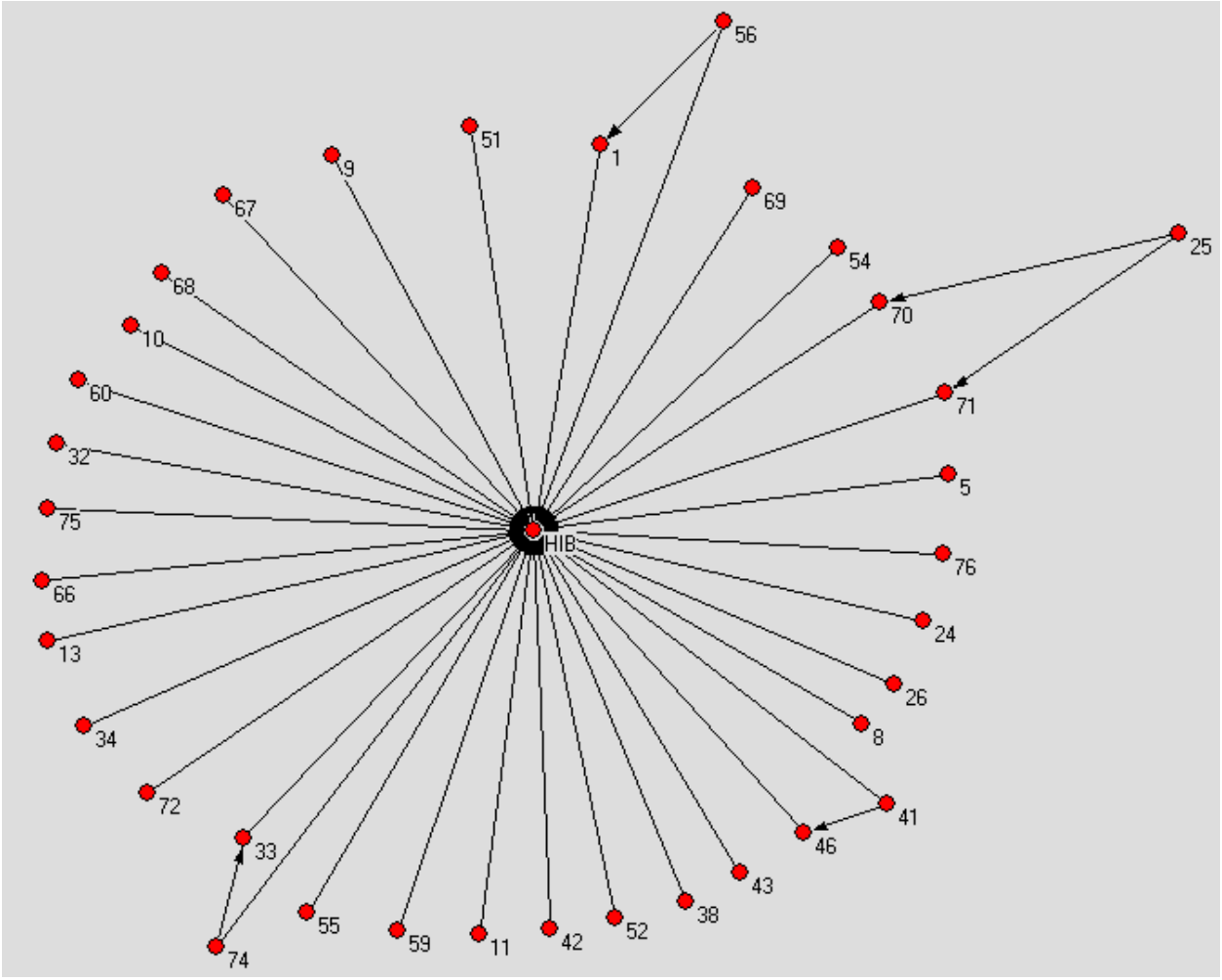


Figura IV.6: Cadeia de suprimentos a montante para a produção da Vacina Hib

A Vacina conta Poliomelite dos tipos 1, 2 e 3 gera uma cadeia de suprimentos com apenas 15 entidades e sua fabricação na unidade de análise ocorre a partir da etapa de formulação apesar de não estar em TT. A cadeia possui apenas elos de primeira camada cujo fluxo abrange a movimentação de 15 insumos distribuídos da seguinte forma: quatro nacionais por meio de cinco fornecedores, sete importados por seis fornecedores diretos e quatro insumos adquiridos no mercado internacional diretamente pela unidade de análise por meio de três fornecedores. O principal componente do produto (o IFA) é adquirido por meio de uma parceria pública-privada entre a unidade de análise e uma grande multinacional da indústria farmacêutica. A representação em rede pode ser observada na Figura IV.7.

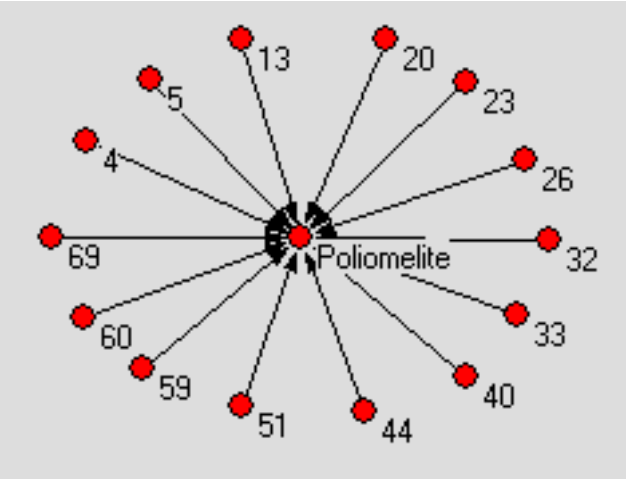


Figura IV.7: Cadeia de suprimentos para a produção da Vacina contra Poliomelite 1, 2 e 3

A Vacina Pneumocócica 10-Valente é um produto em estágio inicial no processo de TT e por isso conta apenas com a etapa de embalagem no processamento realizado na unidade de análise. A cadeia gerada por este produto, que pode ser observada na Figura IV.8, conta com 10 entidades distribuídas apenas em uma camada. Possui uma árvore de materiais com sete insumos diretos onde seis são adquiridos no mercado nacional por meio de oito fornecedores e um é negociado no mercado internacional.

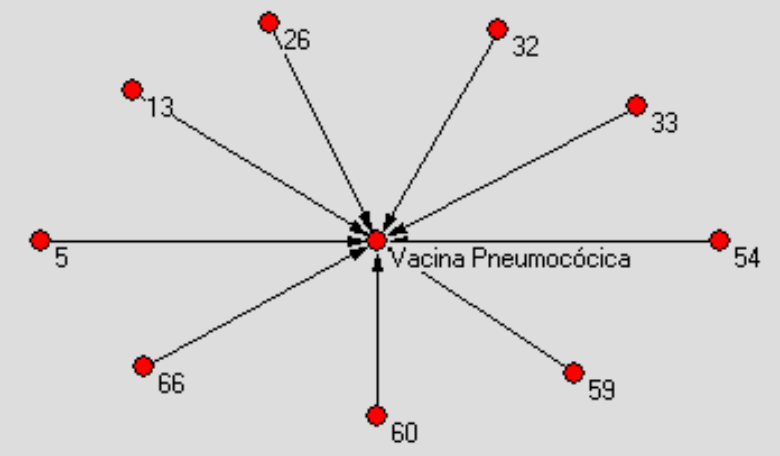


Figura IV.8: Cadeia de suprimentos para a produção da Vacina Pneumocócica

A cadeia completa que integra todos os produtos considerados nesta pesquisa é apresentada na Figura IV.9.

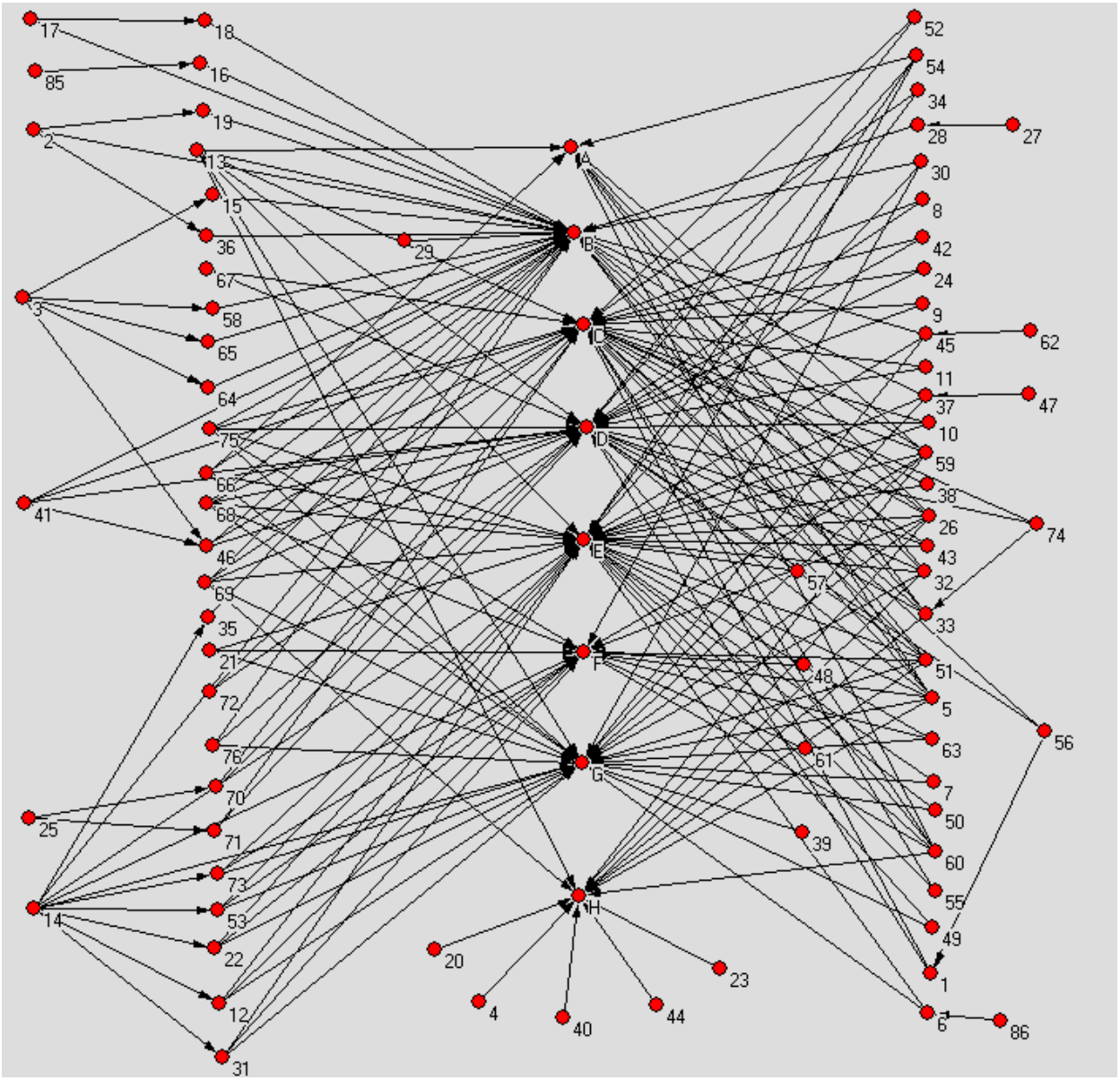


Figura IV.9: Cadeia de suprimentos a montante da unidade de análise integrada

Ela possui 86 entidades sendo oito, os produtos que geram a cadeia, conforme segue:

- A: Vacina Pneumocócica 10-Valente
- B: Vacina Tríplice Viral
- C: Vacina contra Hib 5 doses
- D: Vacina contra Hib 1 dose
- E: Vacina contra Febre Amarela 5 doses
- F: Vacina contra Febre Amarela 50 doses
- G: Vacina contra Febre Amarela 10 doses
- H: Vacina contra Poliomelite 1, 2 e 3

As demais entidades representam fornecedores, onde 65 são de primeira camada, sete são de segunda camada e seis são fornecedores que estão presentes na primeira e na segunda camada de forma simultânea.

O Quadro IV.1 apresenta de forma compilada informações referentes as etapas do processo produtivo realizadas na unidade de análise das vacinas que geram as SC apresentadas nesta pesquisa e se elas estão em processo de TT.

Quadro IV.1: Etapas produtivas processadas na unidade de análise por cadeia

Cadeia de suprimentos	Etapas produtivas processadas na unidade de análise	Esta em TT?
Fabre Amarela	4- Obtenção do IFA, Formulação, envase e embalagem	Não
TVV	3- Formulação, envase e embalagem	Sim
Hib	4- Obtenção do IFA, formulação, envase e embalagem	Não
Poliomelite	3- Formulação, envase e embalagem	Não
V. Pneumocócica	1- Embalagem	Sim

Das cinco cadeias modeladas nesta seção, a Febre Amarela e a Hib executam todas as etapas, a TVV e a Poliomelite executam três e a vacina pneumocócica executa apenas uma. Logo, das três cadeias que não executam todas as etapas produtivas na unidade de análise, apenas duas (TVV e V. Pneumocócica) se encontram em TT. Isto significa que a complexidade destas cadeias pode aumentar ao fim da TT com a inclusão de mais etapas de produção.

IV.3.1. Qualidade

Em relação ao suprimento de insumos para a produção, HOMMA (2003) destaca a alta sensibilidade da produção em relação à qualidade dos insumos empregados. PEYSSON (2010) coloca é obrigatório o controle de qualidade de matérias-primas utilizadas na fabricação de vacinas e que seus fornecedores devem assegurar que cada lote de insumo fornecido e utilizado na fabricação atendem o nível de segurança e rastreabilidade exigidos.

Caso ele seja reprovado pelo controle de qualidade, o fornecedor deve enviar outro lote com parâmetros dentro das especificações exigidas no momento da compra e caso não o consiga, o insumo fornecido é devolvido e o pagamento não é realizado. Se for constatado que algum lote de insumo reprovado pelo controle de qualidade tenha sido utilizado na produção de algum lote de vacina, este lote é inutilizado.

Os cuidados no transporte destes insumos também podem afetar negativamente a qualidade requerida, carecendo assim de cuidados especiais, como armazenamento em temperatura adequada e transporte em velocidade e condições ambientais que permita a manutenção das propriedades do insumo.

Para minimizar o *lead time* de aquisição de insumos a unidade de análise desenvolve um banco de fornecedores com certificado de qualidade emitido por ela que garante que os insumos oferecidos atendem as especificações exigidas pelos processos produtivos (HOMMA, 2003). Estes fornecedores são classificados como pré-qualificados e a certificação visa garantir que somente fornecedores pré-qualificados participem da licitação para aquisição do insumo considerado na emissão do certificado de pré-qualificação.

IV.3.2. Riscos

A cadeia de suprimentos a montante possui diversos riscos relacionados a questões de relacionamento com fornecedores e a características de aquisição e do transporte dos insumos

para a produção, além de incidir sobre ela os riscos provenientes da cadeia a jusante do laboratório produtor, como a previsão da demanda e o gerenciamento de estoques. Problemas no fornecimento de insumos para a produção de vacinas pode atrasar todo o cronograma planejado para a distribuição deste produto ao longo da cadeia de frio, tendo em vista que um lote de vacina pode demorar até seis meses para ficar pronto.

HOMMA (2003) coloca que a cadeia produtiva nacional de vacinas é incompleta, ou seja, para vários produtos deste mercado ainda não tem desenvolvida todas as etapas produtivas do produto acabado em território nacional, portanto, o Brasil ainda depende da iniciativa privada e do mercado internacional para oferta-las. Dos produtos considerados nesta pesquisa cujo IFA não são produzidos pela unidade de análise e os principais insumos para a produção do IFA (no caso do processo ser realizado na unidade de análise) são adquiridos no mercado internacional. Esta é a realidade de quatro das cinco cadeias apresentadas – Febre Amarela, no caso do insumo para a produção do IFA, e TVV, Poliomelite e Vacina Pneumocócica, no caso da aquisição do IFA.

De um total de 153 insumos que representam o fluxo de materiais nas cinco cadeias de suprimentos apresentadas, 76 são importados, representando assim 49,7% dos insumos. Este alto percentual corrobora a grande dependência de importação da cadeia produtiva de vacinas brasileira colocada por HOMMA (2003). O autor conclui que a base de fabricantes de matéria-prima no país é fraca. Esta característica contribui para o aumento da complexidade estrutural da cadeia quando relacionada à distância entre as entidades que a compõe, tendo em vista que a maioria dos insumos importados vem de outros continentes, como o europeu.

Por se tratar de uma instituição pública, a unidade de análise tem como modelo de gestão a administração pública e por isso as operações de suprimentos que gera o fluxo de materiais a montante na cadeia devem seguir as leis[8] que regem o planejamento orçamentário das instituições públicas brasileiras e a legislação básica para realização de compras, que é composta pela Lei 8.666, de 21 de junho de 1993 para licitações e contratos administrativos e a Lei 10.520, de 17 de julho de 2002 para a realização de pregão (TRIBUNAL, 2010).

A Licitação é um procedimento administrativo formal onde empresas interessadas em oferecer bens e serviços são convocadas pela Administração Pública por meio de edital ou convite para apresentar suas propostas. Esse processo visa garantir o princípio da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a Administração, o oferecimento de oportunidade igual a todos os interessados e a possibilidade de comparecimento ao certame do maior número possível de concorrentes. Atualmente existem quatro modalidades de licitação: concorrência, tomada de preços, convite e pregão (TRIBUNAL, 2010).

Os insumos para a produção são adquiridos no mercado nacional ou internacional, portanto, além das diretrizes da lei 8.666/93, o fluxo de materiais está sujeito às burocracias do

[8] Lei do Plano Plurianual (PPA), Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA).

desembaraço aduaneiro. Desembaraço aduaneiro trata-se de um processo com o intuito de verificar a exatidão dos dados da mercadoria importada declarados pelo importador aos documentos apresentados e à legislação vigente no país, é realizado por meio do Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex) e gerenciado pela Secretaria da Receita Federal, pela Secretaria de Comércio Exterior e pelo Banco Central do Brasil (SECRETARIA, 2016).

Para fazer o desembaraço da mercadoria SECRETARIA (2006) coloca que é feita uma seleção para conferência com base em uma análise que considera, entre outros, a regularidade fiscal e a habitualidade do importador, a natureza, o volume, o valor da importação e a origem, procedência e destinação da mercadoria. Com base nesses critérios o desembaraço pode cair em um dos quatro canais a seguir:

- Verde: onde o desembaraço é feito de forma automática, apenas, pelo Siscomex;
- Amarelo: é realizado o exame documental e se não for encontrada nenhuma irregularidade, é dispensada a verificação da mercadoria e o despacho é efetuado;
- Vermelho: O desembaraço da mercadoria é efetuado por meio de exame documental e verificação da mercadoria;
- Cinza: O desembaraço conta com o exame documental, verificação da mercadoria e controle aduaneiro para verificar elementos indiciários de fraude.

A questão é o tempo em que o desembaraço demora a ser realizado em cada canal. No canal verde o insumo é liberado em até 15 dias para ser entregue na unidade de análise já quando o insumo cai no canal vermelho, ele pode levar até 90 dias para ser liberado.

A modalidade de compra praticada pela unidade de análise aumenta a burocracia no relacionamento entre ela e seus fornecedores e aumenta os custos dos fornecedores para se manterem aptos a participarem de licitações promovidas pelas instituições públicas. A principal consequência desta característica é a ausência de fornecedores interessados em participar das licitações para aquisição de insumos para a produção.

Diante do exposto, seis classes de riscos são identificadas tendo o fluxo de materiais como fonte, de acordo com TANG e MUSA (2011), e podem ser divididos em quatro tipos:

a) Flexibilidade no fornecimento (dificuldades gerenciais):
   - Burocracia no processo de compras imposto pelas leis da administração pública;
   - Burocracias oriundas do desembaraço aduaneiro no caso de mercadorias importadas;
b) Fonte única e fornecimento:
   - Complexidade estrutural da cadeia devido à dependência de fornecedores estrangeiros;
c) Qualidade do produto:
   - Manutenção da qualidade dos insumos para a fabricação e dos produtos ao longo do fluxo de distribuição;

d) Capacidade de suprimentos:
   - Previsão da demanda;
   - Gestão de estoque.

Capítulo V - Análise e Discussão dos Dados

Neste capítulo o modelo de análise para a cadeia de suprimentos de vacinas a montante da unidade de análise é estruturado e a partir dele os dados coletados são tratados e analisados. Ao final do capítulo a discussão dos resultados é descrita.

V.1. Modelo de Análise

Para identificação de riscos na cadeia, a fonte de riscos relacionada ao fluxo de materiais, segundo colocado por TANG e MUSA (2011) na Subseção II.3.1, é utilizada como referência. Os riscos são identificados e analisados segundo as três dimensões colocadas por CHOI e HONG (2002): complexidade, formalidade e centralidade, descritas na Seção II.1.

Das três dimensões colocadas por CHOI e HONG (2002) duas apresentam parâmetros medidos por meio de métricas da Teoria dos Grafos, conforme é colocado por KIM *et. al.* (2011). O tamanho e a densidade são para análise da dimensão complexidade e a centralidade de grau do vértice, a centralidade de grau da rede e a centralidade de intermediação são referentes a dimensão centralidade. As complexidades espacial, horizontal e vertical são medidas de acordo com CHOI e HONG (2002).

Vale ressaltar que não foram adotadas outras métricas além das métricas utilizadas no trabalho desenvolvido por KIM *et al.* (2011) porque o referido trabalho analisa cadeias de suprimentos por meio da teoria dos grafos e foi adotado como referência por conta da baixa oferta de trabalhos publicados relativos ao tema abordado nesta pesquisa.

A partir das referências colocadas nos parágrafos anteriores, um modelo conceitual para análise das cadeias de suprimentos foi desenvolvido nesta pesquisa e é apresentado no Quadro V.1.

Quadro V.1: Modelo conceitual para análise das cadeias de suprimentos

DIMENSÃO	MÉTODO	ANÁLISE	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
Formalidade	Características de formação da cadeia baseada na formalização	Em nível de cadeia	É analisada com base na modalidade de compra praticada e na quantidade de fornecedores possíveis (existentes na cadeia)	CHOI e HONG (2002)
Complexidade	Tratamento das informações obtidas com a modelagem da cadeia e com métricas da teoria dos grafos	Em nível de cadeia	**Complexidade espacial:** relacionada a distância entre os elos, que nesta pesquisa leva em concideração se o insumo é importado ou nacional (não é medida a distância física entre os elos) **Complexidade Horizontal:** trata-se do número de elos na primeira camada (quanto mais elos existirem, mais complexa é a cadeia) **Complexidade vertical:** diz respeito ao número de camadas na cadeia	CHOI e HONG (2002)
			Tamanho da cadeia: número de entidades na cadeia **Densidade da cadeia:** determina o nível de conectividade entre os elos da cadeia	KIM et al. (2011)
Centralidade	Métricas de centralidade da teoria dos grafos	Em nível de cadeia	**Centralidade de grau da cadeia(de entrada e de saída)**: uma estrutura com alta centralidade indica que em uma cadeia todas as ligações passam por poucos nós centrais	KIM *et al* . (2011)
		Em nível de elo	**Centralidade de grau do vértice (de entrada e de saída):** encontra os fornecedores diretos que concentram o maior número de canais de distribuição entre a unidade de análise e os fabricantes e localiza os fabricantes que utilizam o maior número de intermediadores entre eles e a unidade de análise **Centralidade de Intermediação:** refere-se a extensão em que um fornecedor potencialmente afeta as operações diárias de fornecedores a jusante, funcionando como um *hub*	

Todos os critérios de análise são aplicados às cadeias de suprimentos por produto e, quando cabível, também se aplicam a cadeia integrada de forma que os resultados obtidos possam ser comparados.

Para auxiliar a interpretação de parte dos resultados obtidos na dimensão centralidade os fornecedores foram submetidos a uma classificação estratégica descrita na Subseção V.1.1 e para colaborar na identificação de possibilidades de aumento ou redução dos riscos, são descritos na Subseção V.1.2 critérios de relevância referentes às etapas da cadeia produtiva das vacinas processadas na unidade de análise.

V.1.1. Critérios de Relevância Estratégica dos Fornecedores

Os critérios para determinar a relevância estratégica dos fornecedores são norteados pela classificação dos fornecedores e baseados na aplicação do insumo no processo produtivo. A relevância estratégica foi inspirada no método da Matriz de Importância Estratégica e de Criticidade proposta como método para avaliação de riscos por SELLITTO *et al.* (2013), conforme coloca a Subseção II.3.2.

Os insumos podem ser classificados como:

- Fórmula do produto ou produto: os insumos assim classificados são identificados por meio da composição da vacina descrita na sua bula. Esta informação está disponível no Memento Terapêutico (FUNDAÇÃO, 2014);
- Insumos farmoquímicos: são considerados insumos farmoquímicos todas as substâncias (ativas ou não ativas) empregadas na fabricação de produtos farmacêuticos (ANVISA, 2016). Os insumos assim classificados abrangem todos os insumos de natureza química e/ou farmacêutica que não são classificados como “fórmula do produto ou produto” porque não estão descritos na bula da vacina. Estes são identificados por meio da sua descrição no cadastro do ERP da unidade de análise e/ou por consulta ao site do seu fornecedor ou fabricante;
- Embalagem: grupo composto por embalagens primárias (em contato direto com o produto), secundárias (apresentação do produto) e terciárias (para segurança, transporte e armazenagem do produto);
- Processo produtivo: são insumos diretos empregados no processo produtivo e não se enquadram em nenhuma das outras três classificações descritas anteriormente.

A relevância de acordo com a classificação dos insumos é determinada segundo a escala desenvolvida nesta pesquisa e apresentada no Quadro V.2. O insumo classificado como 4 (Fórmula do produto ou produto) é o mais relevante e o insumo classificado como 1 (Processo produtivo) é o menos relevante.

Quadro V.2: Escala de relevância dos insumos para fabricação de vacinas

Emprego do insumo	Relevância
Fórmula do produto ou produto	4
Insumo farmoquímico	3
Embalagem	2

Processo produtivo	1

O critério utilizado para determinar o nível de relevância leva em conta às características do insumo e os riscos que este pode oferecer a saúde do consumidor do produto final.

A única diferença entre os insumos classificados como “fórmula do produto ou produto” e “insumo farmoquímico” é a sua divulgação na bula do produto final. Ambos têm os requisitos de qualidade requeridos pelo processo produtivo rigorosamente verificados em consonância com a legislação vigente.

A bula é um documento fornecido ao paciente ou ao profissional da saúde que fará o uso de um medicamento regulamentado pela Anvisa. Ela contém informações e orientações necessárias ao uso seguro e tratamento eficaz do paciente. Seu fornecimento e todas as informações que lá devem constar são regulamentadas pela Anvisa (ANVISA, 2016). Portanto, mesmo que o cuidado com os dois grupos de insumos tenha a mesma criticidade para a unidade de análise, os insumos descritos na bula são mais críticos, pois a sua divulgação ao consumidor garante uso seguro e tratamento eficaz ao paciente.

O que classifica os insumos da categoria “embalagem” como mais crítico ao ser relacionado aos insumos classificados como “processo produtivo” é o contato direto que este insumo pode ter com o produto (embalagens primárias) e por se tratar de um recipiente ou envoltura cuja principal função é proteger e estender o prazo de vida do produto, além de viabilizar sua distribuição, identificação e consumo (ABRE, 2016).

As embalagens também são submetidas ao controle de qualidade e o caso que se destaca quando relacionado ao rigor adotado trata da embalagem primária, pois como ela tem contato direto com o produto, suas especificações devem garantir que este contato não altere as especificações do produto de forma que possa interferir na qualidade requerida e na saúde do paciente. Esta questão só não é mais crítica que os grupos “fórmula do produto ou produto” e “insumo farmoquímico” porque a embalagem não é consumida pelo paciente.

Todos os insumos classificados como “processo produtivo” tem menor relevância quando comparado aos demais grupos por não se enquadrarem em nenhuma das descrições colocadas anteriormente.

A partir da classificação dos insumos conforme critérios delineados, seus fornecedores são identificados e classificados da mesma forma. Caso algum fornecedor se enquadre em mais de uma classificação, é considerada a classificação de maior relevância.

V.1.2. Critérios de Relevância Referentes às Etapas da Cadeia Produtiva Processadas na Unidade de Análise

Outro parâmetro para analisar a criticidade da cadeia de suprimentos para a unidade de análise trata das etapas de fabricação executadas pela unidade de análise para cada produto considerado na modelagem das cadeias de suprimentos. Conforme colocado na Seção IV.2, a

fabricação de vacinas pode ser dividida em quatro etapas: obtenção do IFA, formulação, envase e embalagem.

O IFA é uma substância utilizada na formulação de fármacos capaz de produzir efeito direto no diagnóstico, cura, tratamento ou prevenção de uma doença (ANVISA, 2010). A obtenção do IFA é a primeira etapa do processo produtivo.

A segunda etapa, a formulação, é onde ocorre a formulação farmacêutica, que significa unir todos os ingredientes que constam na relação quantitativa dos farmoquímicos que compõe um medicamento (ANVISA, 2016). A saída desta etapa é o produto final a granel, que é encaminhado para a terceira etapa, o envase.

É no envase que o produto final é acondicionado em embalagens primárias que devem ser fechadas de forma que impeça o contato do produto com o ambiente para evitar contaminação. No caso do envase em frasco, por exemplo, este é fechado com uma rolha e vedado com um selo, portanto, a embalagem primária é composta de três insumos: frasco, rolha e selo.

Depois de envasado, o produto é encaminhado para a embalagem, quarta etapa. Nela, ele é acondicionado em embalagens secundárias (como blister e cartucho) e terciárias (como caixa de embarque e selos de segurança) e é devidamente identificado, com rótulos, lote, validade, bulas e etiquetas de embarque, por exemplo.

Quanto maior o número de etapas executadas pela unidade de análise mais complexa é a cadeia de suprimentos, pois o número de insumos e, consequentemente, o número de fornecedores na primeira camada (complexidade horizontal), o número de camadas (complexidade vertical) e o tamanho da cadeia podem aumentar. No Quadro V.3 os níveis de criticidade atribuídos nesta pesquisa à quantidade de etapas executadas pela unidade de análise podem ser observados.

Quadro V.3: Nível de criticidade versus etapas de produção executadas

ETAPAS PRODTIVAS EXECUTADAS PELA UNIDADE DE ANÁLISE	
Etapa	**Relevância**
Obtenção do IFA, formulação, envase e embalagem	4
Formulação, envase e embalagem	3
Envase e embalagem	2
Embalagem	1

Os critérios relativos às etapas de produção processadas na unidade de análise possibilitam identificar a tendência de aumento da complexidade estrutural da cadeia e podem justificar alguns resultados comparativos entre cadeias cujo processo produtivo contempla quantidade de etapas diferentes.

Um ponto a ressaltar é o fato da unidade de análise não terceirizar etapas finais do processo produtivo, normalmente os produtos são introduzidos na linha de produção a partir da etapa final de processamento (embalagem) e à medida que as etapas são devidamente integradas ao processo produtivo e que o produto resultante obtenha registro da Anvisa para

comercialização, novas etapas vão sendo incorporadas ao processo produtivo. Sendo assim, a unidade de análise pode optar, por exemplo, em adquirir o IFA e realizar o processamento a partir da formulação.

V.2. Tratamento e Análise da Formalidade

A análise da formalidade considera três parâmetros relacionados à aquisição de insumos pela unidade de análise: aquisição realizada por ampla concorrência, fabricante exclusivo, e fornecedores pré-qualificados.

Na aquisição realizada por ampla concorrência, o relacionamento entre os entes está sujeito à existência de riscos referentes ao atendimento dos requisitos de qualidade do processo fabril e ao atendimento das exigências do fornecimento à Administração Pública, sendo mais impactante o fato da unidade de análise não ter influência alguma na escolha dos participantes da licitação. Isto implica em complicações no processo de aquisição como atrasos por não atendimento às diretrizes do edital e às especificações do cadastro do insumo negociado na transação.

Portanto, a aquisição realizada por ampla concorrência é mais crítica quando relacionada ao fornecedor pré-qualificado e ao fornecedor exclusivo porque a qualidade requerida pelo insumo fornecido não é garantida, já que a verificação do atendimento às especificações exigidas na transação só é realizada após a entrega do insumo na unidade de análise.

Na aquisição cujo fabricante é exclusivo, a exclusividade pode ser determinada por três motivos: o fabricante do insumo é determinado pela TT, o fabricante do insumo é determinado pelo fabricante do equipamento empregado no processo produtivo ou só há no mercado um fabricante que atenda as especificações do insumo requeridas pela unidade de análise.

No caso do fabricante determinado pela TT, a unidade de análise só pode adquirir o insumo do fornecedor determinado pela organização que está transferindo a tecnologia. Já para o fornecedor determinado pelo fabricante do equipamento utilizado no processo produtivo, assim se faz porque o funcionamento adequado do equipamento só é garantido com a utilização dos insumos determinados por seu fabricante.

Caso ocorra algum problema que impeça o relacionamento entre o fornecedor determinado pela TT ou pelo fabricante do equipamento, a unidade de análise não tem autonomia para buscar outro fornecedor no mercado. No caso das limitações existentes ao fornecedor exclusivo por conta das especificações do insumo, a priori, fornecedores podem ser desenvolvidos e pré-qualificados para eliminar esta fragilidade, mas o processo é mais complexo porque o insumo requerido é uma mercadoria que precisa ser adequada pelo fabricante para atender as especificações exigidas invés de apenas ser testada previamente pela unidade de análise.

Ainda sobre fornecedores exclusivos, o risco relativo à qualidade do insumo é muito pequeno, pois o atendimento aos requisitos da especificação já foi garantido pela organização que está transferindo a tecnologia ou pelo fabricante do equipamento e, no caso do fornecedor único por conta das especificações do insumo, a qualidade do insumo já foi atestada em processos de aquisições anteriores ou de desenvolvimento de fornecedores.

Por fim, a aquisição realizada por fornecedores pré-qualificados é o relacionamento mais seguro entre os três. Ela é a melhor opção porque só participam da licitação fornecedores pré-qualificados. Isto significa que a qualidade do insumo a ser fornecido já foi atestada pela unidade de análise e o fornecedor já está preparado para fornecer à Administração Pública.

O processo de compras não fica limitado a um ou alguns fornecedores porque a unidade de análise tem autonomia para desenvolver quantos fornecedores quiser (diferente do fornecedor exclusivo). Na pré-qualificação a qualidade requerida pelo insumo é garantida por meio do trabalho conjunto realizado entre a unidade de análise e o possível fornecedor, antes de iniciar um processo de aquisição. Caso o fornecedor atenda todos os requisitos estabelecidos entre as partes ele é classificado como pré-qualificado.

Mediante análise qualitativa da criticidade dos parâmetros de formalidade nas cadeias de suprimentos pesquisadas, uma escala de criticidade para comparação foi elaborada nesta pesquisa e pode ser observada no Quadro V.4.

Quadro V.4: Parâmetros para análise da formalidade na cadeia de suprimentos

PARÂMETROS	CRIÉRIOS		NÍVEL DE CRITICIDADE	DESCRIÇÃO
	A qualidade do insumo é avaliada antes da aquisição?	A unidade de análise tem influência direta na escolha do fornecedor?		
Aquisição realizada por ampla concorrência	não	não	3	A avaliação da qualidade dos insumos adquiridos não pode ser realizada antes de efetuar a aquisição e a unidade de análise não pode selecionar fornecedores
Fornecedor exclusivo	sim	não	2	Motivo de limitação dos fornecedores extrapola o campo de ação da unidade de análise
Fornecedor pré-qualificado	sim	sim	1	A unidade de análise tem influência direta na garantia da qualidade dos insumos e na escolha dos fornecedores

Vale ressaltar que, embora a qualidade já tenha sido verificada antes do processo de aquisição, todos os lotes de insumos produtivos adquiridos pela unidade de análise de fornecedores com qualquer uma das três classificações passam pelo controle de qualidade antes de serem consumidos.

A formalidade é uma dimensão em nível de elo segundo CHOI e HONG (2002). Nesta dissertação uma abordagem em nível de cadeia é proposta para ela. Invés de se identificar o grupo de fornecedores que se enquadra em cada parâmetro considerado (aquisição realizada por ampla concorrência, fabricante exclusivo e fornecedores pré-qualificados) a métrica aplicada busca identificar o percentual de cada parâmetro nas cadeias de suprimentos analisadas. Assim, a unidade de análise consegue identificar qual cadeia é mais crítica em

relação à formalidade do processo de aquisição. Os resultados obtidos para as cadeias de suprimentos a montante podem ser observados na Figura V.1.

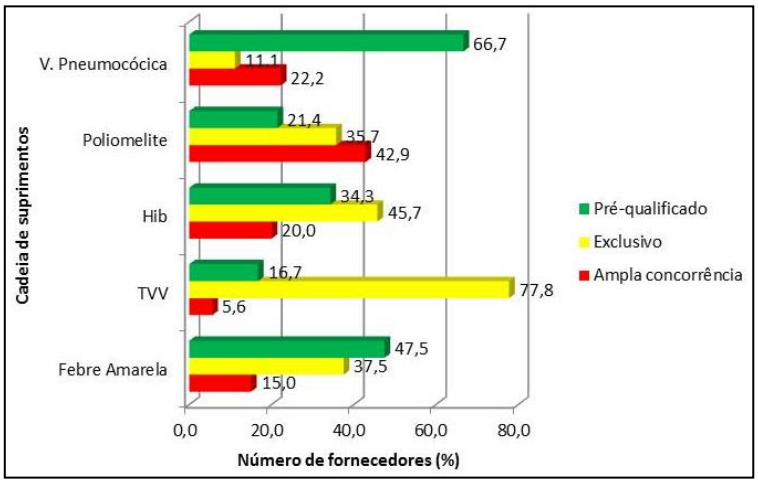


Figura V.1: Distribuição dos fornecedores de acordo com o parâmetro de formalidade

Ao aplicar os níveis de criticidade expostos no Quadro V.4, observa-se que a cadeia mais crítica é a da Vacina contra Poliomelite, pois a maior parte dos insumos para a produção entre todas as cadeias, 42,9%, é adquirida por ampla concorrência.

Já a cadeia que possui menos risco em relação à formalidade é a cadeia de suprimentos da Vacina Pneumocócica, pois 66,7% dos seus fornecedores são pré-qualificados. A cadeia da Vacina contra Febre Amarela também é menos crítica em relação à formalidade, pois a maioria dos seus fornecedores também são pré-qualificados, representando 47,5% da cadeia.

A cadeia de suprimentos cujo fornecedor exclusivo representa maior percentual é a da Vacina TVV, totalizando 77,8% dos fornecedores da cadeia. Este percentual alto é justificado pelo fato do produto ainda se encontrar em TT. A cadeia da Vacina Hib também possui o maior percentual de seus fornecedores exclusivos, com 45,7% do total. Apesar de não representar o maior percentual entre as possibilidades, as cadeias das vacinas contra Poliomelite e Febre Amarela possuem percentual alto para este tipo de fornecedor, com valores acima de 30%.

Na cadeia integrada 45 fornecedores são classificados como exclusivos. Destes fornecedores, 64% estão presentes nas cadeias cujos produtos não se encontram mais em TT (Febre Amarela, Hib e Poliomelite). Este percentual pode ser justificado pelo seguinte motivo: mesmo após o término da TT, a unidade de análise continua adquirindo tais insumos dos fabricantes indicados na TT porque o relacionamento entre eles e a unidade de análise não apresentou ruídos insatisfatórios nos processos de aquisição.

Portanto, os fornecedores classificados assim nestas cadeias precisam ser analisados, pois para vários deles pode não ser mais necessário considerar a restrição quanto a TT. Desta forma, mais fornecedores podem ser desenvolvidos passando a serem pré-qualificados.

V.3. Tratamento e Análise da Complexidade Estrutural e da Centralidade de Grau da Cadeia

Esta dimensão pode ser dividida em duas partes que são descritas nas Subseções a seguir. A primeira aborda as complexidades espacial, horizontal e vertical proposta por CHOI e HONG (2002) e a segunda trata do tamanho, da densidade e da centralidade de grau da cadeia proposta por KIM *et al.* (2011).

V.3.1. Complexidades Espacial, Horizontal e Vertical

A complexidade espacial é medida nesta pesquisa pela origem do insumo empregado no processo produtivo. Se o insumo for de origem internacional ele é considerado mais crítico quando relacionado ao insumo de origem nacional. Esta consideração é embasada nas informações contidas na Subseção IV.3.2.

Como existem insumos de origem internacional adquiridos pela unidade de análise no mercado nacional e no mercado internacional (Seção IV.3), três níveis de criticidade são considerados. Sendo o mais crítico o insumo de origem internacional adquirido no mercado internacional e o menos crítico o insumo de origem nacional. A escala de criticidade pode ser observada no Quadro V.5.

Quadro V.5: Escala de criticidade para a complexidade espacial

Dimensão	Parâmetros		Nível de criticidade
	Origem do Insumo	Aquisição pela unidade de análise	
Complexidade Espacial	Internacional	Mercado internacional	3
		Mercado nacional	2
	Nacional	Mercado nacional	1

A cadeia que apresentar o maior percentual de fornecedores do mercado internacional é a mais crítica e a cadeia que apresentar o maior percentual de fornecedores nacionais de produtos de origem nacional é a menos crítica. A Figura V.2 apresenta a distribuição dos fornecedores por cadeia segundo a complexidade espacial.

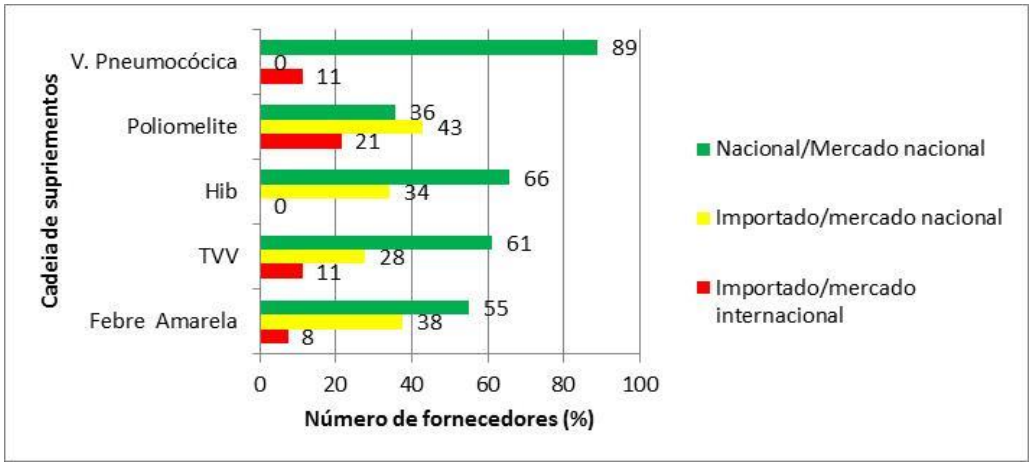


Figura V.2: Complexidade espacial das cadeias de suprimentos

Todas as cadeias, com exceção da Poliomelite, possuem o percentual de fornecedores de insumos de origem nacional mais alto quando comparada as demais possibilidades (com índices maiores do que 50%), sendo a cadeia da Vacina Pneumocócica a que apresenta maior percentual, portanto é a que possui menor complexidade espacial.

Ao analisar os fornecedores nacionais que negociam produtos importados, a cadeia de suprimentos da Vacina contra Poliomelite apresenta o maior percentual (43%), portanto, neste parâmetro ela é a cadeia mais crítica, seguida da cadeia de suprimentos da Vacina contra Febre Amarela e em terceiro a da Vacina contra Hib. Esta informação é relevante para a indústria farmacêutica nacional, pois permite identificar quais etapas da cadeia produtiva de vacinas ainda carece de desenvolvimento em território nacional. A SC da Poliomelite também é a que apresenta maior complexidade espacial em relação as demais, pois possui o maior percentual de fornecedores internacionais, com 21% do total de fornecedores.

A complexidade horizontal é medida pelo número de fornecedores na primeira camada. A cadeia de suprimentos que apresentar o menor número de fornecedores na primeira camada é a menos complexa e a que apresentar mais fornecedores é a mais complexa. Este parâmetro é análogo à centralidade de grau de entrada do vértice descrita na Subseção I. Esta busca identificar dentro de uma cadeia o ente que tem maior carga de recebimento. No caso da complexidade horizontal, o objetivo é identificar qual cadeia oferece maior carga de recebimento para a unidade de análise. A Figura V.3 apresenta o percentual por SC.

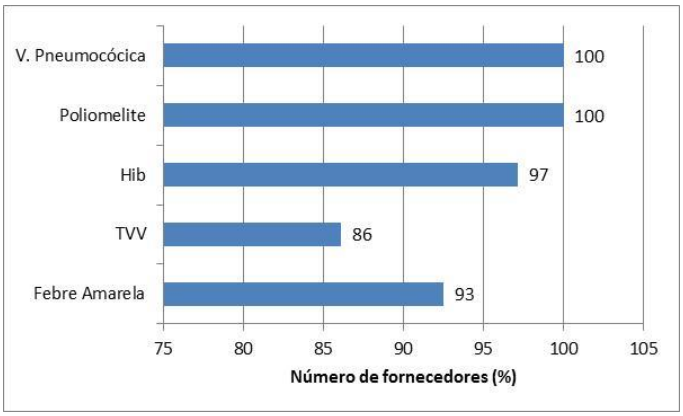


Figura V.3: Complexidade horizontal das cadeias de suprimentos

As cinco SC apresentam mais de 85% de seus fornecedores concentrados na primeira camada. Então, em relação a este parâmetro todas tem um alto nível de complexidade horizontal, ou seja, todas imprimem a unidade de análise uma alta carga de recebimento de insumos. As cadeias das Vacinas Pneumocócica e contra Poliomelite são as mais críticas neste parâmetro, pois nelas a unidade de análise se relaciona diretamente com 100% dos fornecedores.

A cadeia menos complexa é a da Vacina TVV, com 86% dos seus fornecedores na primeira camada. Porém, ainda é um valor muito auto para considera-la menos complexa em relação às demais. Existem empresas que estruturam sua cadeia de forma que se comuniquem diretamente com poucos fornecedores, como a *Honda* na sua cadeia de suprimentos para a produção do console de um de seus modelos (*Acura*): ela tem apenas um elo de primeira camada, que representa 3% do total de fornecedores, ou seja, os outros 97% (32 fornecedores) estão distribuídos entre as camadas secundárias (KIM *et al.*, 2011).

A complexidade vertical é medida pelo número de camadas que possui a cadeia de suprimentos a partir da unidade de análise. Cadeias com apenas uma camada é menos complexa e o nível aumenta à medida que o número de camadas aumenta. Este parâmetro é análogo à métrica densidade da rede (descrita na Subseção II.2.3), mas esta tem como premissa a análise da cadeia como um todo e não a partir do número de camadas.

As cadeias de suprimentos foram mapeadas considerando apenas as duas primeiras camadas. O Quadro V.6 apresenta o número de camadas por SC.

Quadro V.6: Complexidade vertical das cadeias de suprimentos

Cadeia	Febre Amarela	TVV	Hib	Poliomelite	V. Pneumocócica
Nº de camadas	2	2	2	1	1

Três das cinco cadeias modeladas possuem duas camadas (Vacina contra Febre Amarela, Vacina TVV e Vacina contra Hib), sendo assim, as três cadeias mais complexas. As duas cadeias restantes (Poliomelite e Pneumocócica) apresentam apenas uma camada, portanto, são mais simples, quando relacionadas às demais.

A apresentação de apenas uma camada pode ser justificada pelas etapas produtivas executadas na unidade de análise e quantidade de insumos empregados no processo produtivo. A produção da Vacina Pneumocócica ainda está no início da TT e conta apenas com a etapa de embalagem, além de possuir em sua árvore de materiais apenas sete insumos. Portanto, ao fim da TT esta cadeia estará maior e, consequentemente, pode se tornar mais complexa, já que serão adicionados ao processamento mais etapas produtivas e mais insumos serão empregados na fabricação.

A Vacina contra Poliomelite é produzida na unidade de análise a partir da etapa de formulação e sua árvore de materiais conta com um total de 15 insumos diretos. Ao comparar esta cadeia com a da Vacina Tríplice Viral, que também é processada a partir da formulação e possui 61 insumos diretos, a quantidade de insumos é 75% menor.

V.3.2. Tamanho, Densidade e Centralidade de Grau da Cadeia

A centralidade de grau da cadeia, a densidade da cadeia e o tamanho da cadeia são complementares, conforme é colocado na Subseção II.2.3. Uma cadeia com baixo valor para a centralidade de grau possui alto valor para densidade e duas cadeias com tamanhos idênticos podem ser diferenciadas pela densidade e pela centralidade de grau da cadeia.

A finalidade da centralidade de grau da cadeia é verificar o quanto a cadeia pode estar com o fluxo de materiais concentrado em alguns fornecedores. As cadeias com a maior centralidade de grau de entrada da cadeia possuem maiores concentrações de carga de trabalho no recebimento de mercadorias. As cadeias com maior centralidade de grau de saída da cadeia possuem maiores concentrações de carga de trabalho para gerenciar a distribuição de mercadorias.

A métrica densidade é utilizada para identificar a carga operacional da cadeia de suprimentos. A carga operacional está relacionada à quantidade de elos (ou número de

vértices da rede) e à quantidade de arestas que as mercadorias precisam percorrer até chegar à empresa focal, ou seja, quanto mais elos e, consequentemente as arestas que representam as relações, existirem na cadeia, mais atividades operacionais (como recebimento, expedição e transporte de mercadorias e processamento de pedidos) são executadas ao longo da cadeia. Quanto maior a densidade, mais arestas existem na rede e, para cadeias de suprimentos, na maioria dos casos o fluxo de materiais não pode simplesmente ocorrer pelo caminho mais curto para chegar até a empresa focal. Logo, quanto maior a densidade da cadeia mais carga operacional ela possui.

As três métricas foram aplicadas para as cinco SC e para a cadeia de suprimentos integrada, ou seja, com todos os produtos, e podem ser observadas na Tabela V.1.

Tabela V.1: Medidas obtidas para o tamanho, a densidade e a centralidade de grau da cadeia

MÉTRICA	PRODUTO					
	Febre Amarela	TVV	Hib	Poliomelite	V. Pneumocócica	Cadeia Integrada
Tamanho	41	37	36	15	10	86
Densidade	0,0549	0,0676	0,0619	0,1333	0,2000	0,0588
Centralidade de Grau de entrada da cadeia	0,9200	0,8503	0,9673	1	1	0,3630
Centralidade de Grau de saída da cadeia	0,1256	0,1080	0,0269	0,0051	0,1235	0,0893

Em relação ao tamanho, a cadeia mais complexa é a da Vacina contra Febre Amarela, com 41 vértices, e a menos complexa é a da Vacina Pneumocócica, com 10 vértices.

As cadeias apresentaram valores relativamente baixos para densidade, variando entre 0,0549 e 0,2000. Dado que esta métrica varia de 0 (zero) a 1 (um) e que o maior valor encontrado é 0,2, ou seja, 20% do valor máximo possível, todas as cadeias de suprimentos, inclusive a integrada, tem baixa coesão entre os elos. Essa baixa coesão se refere à redes esparsas, com poucas arestas. Nas cadeias de suprimentos analisadas esta condição é decorrente da maneira como os fornecedores são escolhidos, pois há baixa flexibilidade no processo de escolha devido ao processo licitatório oriundo da Administração pública.

Para a centralidade de grau de entrada da cadeia, os resultados mostraram que há concentração de carga de recebimento de mercadorias entre os fornecedores e a unidade de análise, pois os valores estão próximos de 1 (variando entre 0,85 e 1). O valor mais baixo foi apresentado pela cadeia de suprimentos da TVV e o valor mais alto, que é o máximo possível, foi apresentado pelas cadeias de suprimentos das Vacinas Pneumocócica e contra Poliomelite. Ao comparar os resultados obtidos para as cadeias individualmente ao resultado apresentado pela cadeia integrada, é constatada uma divergência, pois a cadeia de suprimentos integrada obteve para a centralidade de grau de entrada da cadeia um valor abaixo (de 0,3630), ou seja, menos de 40% do valor máximo e as cadeias por produto apresentaram valores entre 80% e 100% do valor máximo possível. Esta divergência se deve a alta complexidade horizontal que as SC por produto apresentaram e torna relevante a avaliação das cadeias de forma individualizada.

Quanto à centralidade de grau de saída da cadeia, os valores apresentados foram baixos para todas as cadeias. Estes valores revelam que as cadeias analisadas apresentam carga de trabalho proveniente da distribuição de mercadorias balanceada entre seus fornecedores, pois os valores estão próximos de zero, variando entre 0,1256 e 0,0051. O resultado obtido para a rede integrada reflete esta constatação com valor para a centralidade de grau de saída da cadeia em torno de 0,09.

V.4. Tratamento e Análise da Centralidade em Nível de Vértice

Para as SC em estudo, ter um fabricante ou alguns fabricantes que distribuem suas mercadorias à apenas um fornecedor para ser vendido à unidade de análise é uma situação de risco, tendo em vista que se este fornecedor se retirar do mercado, a unidade de análise perde seu contato com o referido fabricante. A métrica capaz de identificar esta situação é a centralidade de grau de entrada do vértice.

A centralidade de grau de saída do vértice representa um fabricante que distribui sua mercadoria a vários fornecedores para que ela seja vendida à unidade de análise. Esta métrica identifica situações que geram o aumento da complexidade horizontal (Subseção V.3.1) já que vários fornecedores poderiam ser trocados pelo fabricante da mercadoria ou por um único fornecedor, caso não seja do interesse do fabricante negociar com a unidade de análise.

Os vértices que representam a unidade de análise nas cadeias de suprimentos são desconsiderados na aplicação da métrica centralidade de grau de entrada do vértice, pois sempre apresentarão o maior valor para esta métrica na cadeia. Tal fato é justificado pelos resultados obtidos para a complexidade horizontal (Subseção V.3.1), onde todas as cadeias apresentam valores maiores que 85%. Ou seja, mais de 85% dos fornecedores das cinco cadeias de suprimentos analisadas tem relacionamento direto (fluxo de materiais) com a unidade de análise. Como exemplo pode-se observar o valor apresentado de centralidade de grau de entrada para o vértice que representa a unidade de análise na SC da vacina TVV: o valor é 31, enquanto para os demais vértices que compõe a cadeia apenas um vértice (fornecedor) apresentou centralidade de grau de entrada igual a 2 (dois) e 12 vértices apresentaram centralidade de grau de entrada igual a 1 (um). O restante dos vértices (22 no total) possuem centralidade de grau de entrada igual a 0 (zero).

Os vértices que apresentam valores altos para a centralidade de intermediação podem controlar o fluxo de materiais na cadeia de tal forma que o desempenho operacional da unidade de análise seja influenciado diretamente por eles. O propósito da aplicação desta métrica é identificar quais fornecedores possuem maior poder de articulação em cada uma das cadeias analisadas e quais os principais riscos e seus impactos para a unidade de análise.

A Tabela V.2 apresenta os resultados para as métricas centralidade de grau de entrada do vértice, centralidade de grau de saída do vértice e centralidade de intermediação obtidos para os fornecedores das SC por produto e também para a cadeia integrada. Na coluna “Valor

Obtido" os intervalos apresentados para a métrica centralidade de intermediação foram fornecidos pelo *software Pajek*. Vale ressaltar que o *Pajek* arredondou os *v*alores dos intervalos referentes à métrica centralidade de intermediação na quarta casa decimal.

Tabela V.2: Resultados obtidos para a centralidade de grau dos vértices e para a centralidade de intermediação

Métrica	Valor Obtido	Quantidade de Vértices por cadeia					
		Febre Amarela	**TVV**	**Hib**	**Poliomelite**	**V. Pneumocócica**	**Cadeia integrada**
Centralidade de Grau de Entrada do Vértice	1	8	12	5	-	-	22
	2	-	1	-	-	-	1
Centralidade de Grau de Saída do Vértice	1	39	31	31	14	9	25
	2	-	3	4	-	-	20
	3	-	1	-	-	-	17
	4	-	-	-	-	-	2
	5	-	1	-	-	-	3
	6	1	-	-	-	-	5
	7	-	-	-	-	-	4
	8	-	-	-	-	-	1
	9	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	1
Centralidade de Intermediação	(0,0000 ; 0,0001]	-	-	-	-	-	4
	(0,0001 ; 0,0002]	-	5	-	-	-	4
	(0,0002 ; 0,0003]	-	-	-	-	-	2
	(0,0003 ; 0,0004]	-	-	2	-	-	3
	(0,0004 ; 0,0005]	-	-	-	-	-	-
	(0,0005 ; 0,0006]	3	-	-	-	-	-
	(0,0006 ; 0,0007]	-	-	-	-	-	-
	(0,0007 ; 0,0008]	-	4	-	-	-	-

Os vértices que obtiveram valor para a centralidade de grau de entrada ou de saída do vértice igual a 1 (um) não são analisados, pois esta pesquisa tem interesse em identificar e avaliar apenas os vértices com maior capacidade de interação na cadeia. A premissa de formação de uma rede que representa uma cadeia de suprimentos determina que todos os vértices que formam uma rede oriunda de uma cadeia de suprimentos precisam interagir (fluxo de informação ou de material) pelo menos com um vértice que não seja ele mesmo e que também pertença a cadeia. Desta forma todos os vértices que compõe esta rede apresentarão centralidade de grau de entrada ou de saída do vértice no mínimo igual a 1 (um).

As cadeias da Poliomelite e da V. Pneumocócica têm formato de estrela, isto representa o valor mínimo para a centralidade de intermediação, que é zero. Por este motivo, elas não apresentaram valores para a centralidade de intermediação para nenhum de seus vértices.

Nas subseções a seguir, os valores obtidos para a centralidade de grau de entrada do vértice, a centralidade de grau de saída do vértice e a distribuição da centralidade de intermediação das cadeias de suprimentos das vacinas contra Febre Amarela (Subseção V.4.1), TVV (Subseção V.4.2) e Hib (Subseção V.4.3) são apresentados e analisados. As SC

da Poliomelite e da V. Pneumocócia não são consideradas nas subseções que se seguem porque não apresentaram valores maiores que 1 (um) para as métricas centralidade de grau de entrada e de saída dos vértices.

V.4.1. Cadeia de Suprimentos da Vacina Contra Febre Amarela

No Quadro V.7 são apresentadas as informações relativas aos vértices identificados por meio da métrica centralidade de grau de saída do vértice apenas, já que não foi localizado na SC da Febre Amarela nenhum vértice com centralidade de grau de entrada de valor maior que 1 (um).

Os números entre parênteses no Quadro V.7, que podem aparecer em todas as colunas, com exceção apenas da coluna “parâmetro de formalidade na negociação com a unidade de análise”, indicam a quantidade de insumos movimentados entre os fornecedores listados na primeira e na terceira coluna, a quantidade de insumos classificados para cada tipo de relevância estratégica listada ou a quantidade de insumos para cada tipo de complexidade espacial listada. Na linha em branco do Quadro V.7, por exemplo, o número entre parênteses significa que o vértice que representa o fornecedor 14 negocia com os vértices que representam os fornecedores 12, 22, 31, 53 e 73 um total de três insumos (coluna: rótulo do vértice) onde dois são classificados como processo produtivo e um como farmoquímico (coluna: relevância estratégica dos insumos) e que o fornecedor 12 negocia dois insumos com o fornecedor 14 e os demais fornecedores negociam apenas um dos três insumos (coluna: rótulo dos vértices dos intermediadores). As informações contidas nos quadros Quadro V.8,Quadro V.9, Quadro V.10, Quadro V.11 e Quadro V.12 têm o mesmo significado das informações contidas no Quadro V.7.

Quadro V.7: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de grau de saída do vértice

Vértice com centralidade de grau de saída igual a 6				
Rótulo do Vértice	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo dos Vértices dos Intermediadores**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
14 (3)	(2) Processo produtivo (1) Farmoquímico	12 (2)	Ampla concorrência	Mercado nacional e origem internacional
		22 (1)	Exclusivo	
		31 (1)	Ampla concorrência	
		53 (1)	Exclusivo	
		73 (1)	Ampla concorrência	

Um fornecedor obteve centralidade de grau de saída igual a 6 (seis), o maior valor obtido entre as cadeias por produto. A centralidade de grau obtida refere-se ao relacionamento do fabricante denominado fornecedor 14 à unidade de análise e a mais cinco fornecedores, a saber: 12, 22, 31, 53 e 73.

O fornecedor 14 é fabricante de três insumos: dois são destinados a Febre Amarela e classificados como processo produtivo, e um a TVV, classificado como farmoquímico. No caso dos insumos destinados a Febre Amarela, ambos são de origem internacional, porém,

adquiridos no mercado nacional e são exclusivos, ou seja, não há outro fabricante no mercado que atenda as especificações exigidas pelo processo de fabricação.

Neste caso, a presença dos intermediadores na cadeia de suprimentos que atuam no mercado nacional faz parte da estratégia da unidade de análise para minimizar os riscos referentes às aquisições realizadas via importação direta. Na última aquisição realizada pela unidade de análise, um insumo foi adquirido diretamente do fornecedor 14 e o outro foi intermediado pelo fornecedor 31.

Ao consultar o site do fornecedor 14, constatou-se a existência de unidades de negócio no Brasil que vendem, distribuem e fabricam suas mercadorias. Neste caso, a estrutura da cadeia deve contar com um vértice que representa a unidade de negócio do fabricante no Brasil e que se relaciona com a unidade de análise e, para minimizar a carga operacional e a complexidade horizontal da cadeia, os vértices que representam os intermediadores (fornecedores 12, 22, 31, 53 e 73) podem ser retirados.

O fornecedor cuja formalidade observada no processo de aquisição é classificada como ampla concorrência, assim se faz devido ao fato de não haver restrições quanto os intermediadores (no caso os fornecedores 12, 31 e 73), pois qualquer fornecedor pode se candidatar ao fornecimento desde que o insumo negociado seja do fabricante determinado pela unidade de análise na sua especificação.

O fornecedor 14 aparece na cadeia integrada de forma isolada com centralidade de grau de saída igual a 10. Três graus são representados pelas Vacinas contra Febre Amarela nas apresentações 5, 10 e 50 doses, um grau representa a TVV e os seis graus restantes são representados pelos fornecedores 12, 22, 31, 35, 53 e 73. O fornecedor 35 é um intermediador do insumo destinado à cadeia da TVV que não aparece como intermediador na cadeia da Febre Amarela.

A distribuição da centralidade intermediação da SC da Vacina contra Febre Amarela pode ser observada no Quadro V.8.

Quadro V.8: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de intermediação

Vértices com valores para a centralidade de intermediação diferente de zero				
Rótulo dos Vértices	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo dos Vértices dos Fabricantes**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
6 (1)	Fórmula do produto ou produto	86 (1)	Exclusivo	Mercado nacional e origem internacional
37 (1)		47 (1)	Ampla concorrência	
45 (1)		62 (1)	Exclusivo	Origem nacional

Para esta cadeia, apenas três vértices apresentaram valores diferentes de zero, porém, são valores muito baixos, entre 0,0005 e 0,0006, referentes aos fornecedores 6, 37 e 45. Tratam-se de três intermediadores de insumos cujos fabricantes não forneceram diretamente à unidade de análise em nenhum momento no período analisado.

O fornecedor 6 intermedia a aquisição de um insumo apenas, classificado como fórmula do produto ou produto, não há outros fornecedores na cadeia para este insumo e o fabricante é

representado pelo fornecedor 86. O insumo negociado é aplicado na fabricação da Vacina contra Febre Amarela nas apresentações de 5 e 10 doses e é um insumo exclusivo que, segundo a unidade de análise, foi determinado inicialmente pela TT.

Porém, a Vacina contra Febre Amarela não se encontra mais em TT, portanto, sugere-se a avaliação desta exclusividade de forma que este relacionamento possa evoluir de fornecedor exclusivo para pré-qualificado e de origem internacional para origem nacional, tendo em vista a possibilidade de desenvolver e pré-qualificar fabricantes no Brasil.

O fornecedor 6 também aparece na cadeia integrada com intermediação diferente de zero, entre 0,0002 e 0,0003. Sua configuração na cadeia integrada só difere da cadeia da Febre amarela porque ele fornece insumos para a Febre Amarela nas apresentações 5 e 10 doses (as apresentações não aparecem nas SC por produto).

O fornecedor 37 negocia um insumo, classificado como fórmula do produto ou produto cujo fabricante é o fornecedor 47. A ampla concorrência é justificada pela estratégia de obter fornecedores no mercado nacional de um insumo originalmente importado cujo fabricante foi determinado pela TT, que já acabou. A recomendação neste caso é a mesma colocada na análise do fornecedor 6: eliminar o intermédio realizado pelo fornecedor 37 e reduzir a complexidade espacial por meio da pré-qualificação de fabricantes nacionais.

O fornecedor 45 tem as mesmas características do fornecedor 37 (um insumo com a mesma classificação de criticidade), mas o fabricante é representado pelo fornecedor 62, o insumo também atende a SC da TVV e tem origem nacional. Neste caso, para reduzir a carga operacional e a complexidade horizontal da cadeia, deve-se avaliar a possibilidade de negociar o insumo diretamente com o fabricante (fornecedor 62) e buscar pré-qualificar outros fabricantes, para eliminar a exclusividade.

Na cadeia integrada, os fornecedores 37 e 45 aparecem com a centralidade intermediação entre 0,0003 e 0,0004 e, além de fornecerem insumos para a Febre Amarela nas apresentações 5 e 10 doses, também fornecem insumos para a TVV.

V.4.2. Cadeia de Suprimentos da Vacina Tríplice Viral

Para a centralidade de grau de entrada do vértice apenas a cadeia de suprimentos da TVV apresentou um fornecedor com grau maior que 1 (um), o fornecedor 46. As informações a respeito dele podem ser observadas no Quadro V.9.

Quadro V.9: Caracterização dos vértices identificados na centralidade de grau de entrada do vértice

Centralidade de grau de entrada igual a 2				
Rótulo do Vértice	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo dos Vértices dos Fabricantes**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
46 (12)	(11) Farmoquímico	3 (11)	Exclusivo	Origem nacional
	(1) Fórmula do	41 (1)		Mercado nacional e

	produto ou produto			origem internacional

A unidade de análise adquire do fornecedor 46 o total de 12 insumos onde 11 são classificados como insumos farmoquímicos e um é classificado como fórmula do produto ou produto.

O fornecedor 46 representa dois fabricantes na negociação dos insumos com a unidade de análise, são os fornecedores 3 e 41 (um insumo que atende TVV e Hib 1 e 5 doses). O fornecedor 41, já forneceu diretamente a unidade de análise anteriormente, mas, por se tratar de um insumo de origem internacional, a unidade de análise prefere adquirir este insumo por meio de um representante nacional.

Tendo em vista que o fabricante (fornecedor 41) é exclusivo (determinado pela TT) uma ação pode ser válida: pré-qualificar fabricantes nacionais de forma que ao fim da TT a aquisição ocorra diretamente no mercado nacional, eliminando assim os riscos (mesmo que secundários) de aquisições internacionais e de fabricantes oriundos da TT.

O fato do fornecedor 3 ser exclusivo (determinado pela TT) coloca a existência do fornecedor 46 como relevante, pois dos 11 insumos negociados entre ele e a unidade de análise atualmente, apenas dois foram fornecidos em aquisições anteriores por outros dois fornecedores, os fornecedores 15 e 64, e cada um negociou apenas um insumo.

O fornecedor 46 também foi identificado na cadeia integrada com a mesma centralidade de grau de entrada do vértice, representado pelos mesmos fabricantes da SC da Vacina TVV.

A cadeia de suprimentos da TVV apresentou fornecedores com centralidade de grau de saída do vértice iguais a 5, 3 e 2. As informações destes fornecedores podem ser observadas no Quadro V.10.

Quadro V.10: Caracterização dos vértices identificados na centralidade de grau de saída do vértice

Centralidade de grau de saída igual a 5				
Rótulo do Vértice	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo dos Vértices dos Intermediadores**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
3 (12)	(12) Farmoquímico	15 (1) 46 (11) 58 (1)	Exclusivo	Origem nacional

		64 (1) 65 (1)		
Centralidade de grau de saída igual a 3				
Rótulo do Vértice	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo dos Vértices dos Intermediadores**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
2 (3)	(3) Farmoquímico	19 (2) 36 (2)	Exclusivo	Mercado nacional e origem internacional
Centralidade de grau de saída igual a 2				
Rótulo dos Vértices	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo dos Vértices dos Intermediadores**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
14 (3) 17 (1)	(4) Farmoquímico	35 (1) 18 (1)	Exclusivo	Origem nacional
41 (1)	Fórmula do produto ou produto	46 (1)		Mercado nacional e origem internacional

O fornecedor que apresentou centralidade de grau do vértice igual à 5 (cinco) é o de número 3, este é um fabricante de insumos farmoquímicos que opta por não manter relação direta com a unidade de análise. Ele fabrica 12 insumos de origem nacional e é um fornecedor exclusivo cuja aquisição pela unidade de análise é determinada pela TT e atende apenas à produção da TVV.

Os fornecedores que intermediam ou intermediaram alguma vez este relacionamento são os fornecedores 15, 46 (identificado com centralidade de grau de entrada do vértice igual a 2), 58, 64 e 65. Na última aquisição realizada pela unidade de análise os fornecedores 46 (onze insumos) e 58 (um insumo) fizeram a intermediação. Pode ser relevante para a unidade de análise buscar a pré-qualificação de outro fabricante, de modo que ela não fique restrita a exclusividade do fornecedor 3 e a intermediação representativa do fornecedor 46. Na cadeia integrada o fornecedor 3 mantem as mesmas características apresentadas na análise isolada da cadeia de suprimentos da TVV.

Com centralidade de grau de saída do vértice igual a 3 (três), a SC da TVV apresentou o fornecedor 2. Este fornecedor vende à unidade de análise três insumos, por meio de fornecimento direto (um grau) ou por intermédio de dois fornecedores (dois graus). Os três insumos negociados são classificados como insumos farmoquímicos, ocupando assim o segundo maior nível de criticidade na escala de relevância estratégica.

O fornecedor 2 fabrica insumos de origem internacional e é determinado pela TT. No último processo de aquisição forneceu diretamente a unidade de análise, mas em processos anteriores contou com o intermédio de dois fornecedores: fornecedor 19 e fornecedor 36.

A última aquisição realizada pela unidade de análise foi feita por uma unidade de negócio do fornecedor 2 instalada no Brasil. Este fato possibilita alterar a estrutura da cadeia modelada de forma que a comunicação direta com o fornecedor 2 seja substituída por um vértice (intermediador) que represente a unidade de negócio instalada em território nacional.

A existência desta unidade de negócio permite a redução da carga operacional e da complexidade horizontal da cadeia ao eliminar os vértices que representam os fornecedores 19

e 36 por apenas um vértice: a unidade de negócio do fornecedor 2 no Brasil. O maior ganho nesta mudança é o contato direto com o fabricante do insumo. O fornecedor 2 também apresentou centralidade de grau de saída igual a 3 na cadeia de suprimentos integrada, que representam a TVV e os fornecedores 19 e 36.

Três fornecedores com centralidade de grau de saída do vértice igual a 2 (dois) foram apontados. Trata-se dos fornecedores 14, 17 e 41.

O fornecedor 14 também foi apontado na cadeia da Febre Amarela, mas com centralidade de grau de saída do vértice igual a 6 (seis), o que corrobora a necessidade de cuidados diferenciados, pois atua na cadeia de suprimentos de duas vacinas. A segunda unidade da centralidade de grau de saída do vértice obtida corresponde ao intermédio realizado pelo fornecedor 35, que forneceu à unidade de análise em aquisições anteriores e por esse motivo pode ser retirado da cadeia, reduzindo assim a carga operacional.

O fornecedor 17 é fabricante de um insumo classificado como insumo farmoquímico que é exclusivo (definido pela TT). Em aquisições anteriores o processo de aquisição contou com o intermédio do fornecedor 18. Como o insumo é de origem nacional, o fato de ter eliminado o fornecedor intermediário é um ponto positivo em relação à redução da carga operacional na cadeia. Na cadeia integrada o fornecedor 17 possui o mesmo resultado para a referida métrica.

O fornecedor 41 é um fabricante exclusivo (determinado pela TT) e negocia um insumo classificado como fórmula do produto ou produto por meio do fornecedor 46. Ambos fornecedores foram identificados nas métricas centralidade de grau de entrada e centralidade de grau de saída do vértice na cadeia de suprimentos da Febre Amarela.

O fornecedor 41 já negociou diretamente com a unidade de análise em aquisições anteriores. Este fato se deve ao insumo ser importado e, neste caso, a unidade de análise prefere negociar com o representante do fabricante no mercado nacional. Uma proposta para redução dos riscos desta negociação é buscar desenvolver um fabricante nacional para as negociações posteriores ao fim da TT.

Na cadeia integrada, o fornecedor 41 possui centralidade de grau de saída do vértice igual a 4 (quatro). Destes, três referem-se as vacinas TVV e Hib nas apresentações 1 e 5 doses. O quarto grau reflete o intermédio do fornecedor 46. Logo, a diferença entre os valores obtidos estão nas vacinas e suas apresentações.

Em relação à centralidade de intermediação, foram localizados na cadeia o total de nove fornecedores com valores entre 0,0001 e 0,0008. A distribuição da centralidade de intermediação pode ser observada na Quadro V.11.

Quadro V.11: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de intermediação

Valor entre (0,0001 ; 0,0002]				
Rótulo dos Vértices	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo do Vértice do Fabricante**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
15 (1)	Farmoquímico	3 (12)	Exclusivo	Origem nacional

46 (11)				
58 (1)				
64 (1)				
65 (1)				
Valor entre (0,0007 ; 0,0008]				
Rótulo dos Vértices	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo do Vértice do Fabricante**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
16 (1)	Fórmula do produto ou produto	85 (1)	Exclusivo	Mercado nacional e origem internacional
28 (6)	Farmoquímico	27 (6)		Origem nacional
37 (3)	(2) Fórmula do produto ou produto (1) Farmoquímico	47 (3)		
45 (3)	(2) Fórmula do produto ou produto (1) Farmoquímico	62 (3)		

Com centralidade de intermediação entre 0,0001 e 0,0002, formam identificados os fornecedores 15, 46, 58, 64 e 65. Todos eles são intermediadores do fornecedor 3, identificado pelas métricas de centralidade tanto nesta SC como na SC da Febre Amarela.

Apesar do baixo valor de centralidade de intermediação obtido para estes fornecedores eles representam poder de intermediação considerável na cadeia, principalmente o fornecedor 46, tendo em vista que centralizam insumos do fornecedor 3.

O foco da unidade de análise deve estar no fabricante, pois os intermediadores podem ser trocados por conta do processo de licitação, mas o fabricante é exclusivo (determinado pela TT). Portanto, uma estratégia relevante para a unidade de análise é investir em pré-qualificação de outros fabricantes.

O fornecedor 3 negocia com os intermediadores identificados um total de 12 insumos e na última aquisição, a negociação foi intermediada pelos fornecedores 46 e 58, apenas. A última aquisição intermediada por um dos outros intermediadores foi em 2012, então estes vértices (fornecedores 15, 64 e 65) podem ser retirados da cadeia e assim reduzir a carga operacional e a complexidade horizontal.

Os fornecedores 16, 28, 37 e 45 obtiveram valor um pouco maior, entre 0,0007 e 0,0008. Cada um deles intermedia o fornecimento de insumos provenientes de fabricantes específicos.

O fornecedor 16 intermedia um insumo proveniente do fabricante denominado fornecedor 85. Trata-se de um insumo classificado como fórmula do produto ou produto. Neste caso, a intermediação se deve ao fato do fabricante ser de origem internacional e o intermediador ser um fornecedor nacional. Esta relação é fruto da estratégia da unidade de análise para evitar disrupção ou atrasos decorrentes da compra via importação. Portanto, este intermediador é relevante para a unidade de análise.

Como se trata de um fornecedor (fabricante) exclusivo sem relação com a TT, pode ser válido tentar pré-qualificar de forma imediata fabricantes nacionais para evitar os riscos

secundários da importação de uma mercadoria e também reduzir a carga operacional da SC ao eliminar um vértice.

O fornecedor 28 negocia com a unidade de análise seis insumos classificados como farmoquímicos provenientes do fabricante denominado fornecedor 27. Este relacionamento não é proveniente da origem do insumo, já que ambos os fornecedores são nacionais.

O fornecedor 37 intermedia a aquisição de três insumos fabricados pelo fornecedor 47. Destes, dois são destinados a TVV, sendo um classificado como fórmula do produto ou produto e o outro como insumo farmoquímico. O terceiro insumo é destinado a Febre Amarela.

Por fim, o fornecedor 45 é o intermediador de três insumos fabricados pelo fornecedor 62 para a TVV. Destes, dois são classificados como fórmula do produto ou produto e um como insumo farmoquímico.

Atualmente, o que norteia relacionamento entre a unidade de análise, os fornecedores 28, 37 e 45 e os fabricantes 27, 47 e 62, respectivamente, é o fato dos fabricantes serem exclusivos (determinados pela TT). Neste caso, a unidade de análise deve buscar identificar as fragilidades deste relacionamento de modo que ao término da TT, estes relacionamentos não se tornem um problema.

O primeiro passo seria identificar o motivo pelo qual este relacionamento não é realizado diretamente com os fabricantes, tendo em vista que se trata de insumos de origem nacional. Um segundo passo seria buscar a pré-qualificação de outros fabricantes. Estas ações podem demostrar que as intermediações dos fornecedores 28, 37 e 45 não são representativas para o desempenho operacional da unidade de análise.

V.4.3. Cadeia de Suprimentos da Vacina Hib 1 e 5 Doses

O maior valor para a centralidade de grau de saída do vértice obtida para cadeia de suprimentos da Hib foi 2 (dois) e não foram localizados vértices com centralidade de grau de entrada relevantes para esta pesquisa. Quatro vértices foram identificados e se tratam dos fornecedores 25, 41, 56 e 74. Suas características podem ser observadas no Quadro V.12.

Quadro V.12: Caracterização dos vértices identificados por meio da métrica centralidade de grau de saída do vértice

Centralidade de grau de saída do vértice igual a 2				
Rótulo dos Vértices	**Relevância Estratégica dos Insumos**	**Rótulo dos Vértices dos Intermediadores**	**Parâmetro de Formalidade na Negociação com a Unidade de Análise**	**Complexidade Espacial dos Insumos**
25 (2)	Embalagem	70 (2)	Exclusivo	(1) mercado nacional e origem internacional (1) Origem nacional
		71 (2)		
41 (1)	Fórmula do produto ou produto	46 (1)		Mercado nacional com origem internacional
56 (1)	Processo produtivo	1 (1)		Origem nacional
74 (1)	Farmoquímico	33 (1)		Mercado nacional e origem internacional

O fornecedor 25 é fabricante exclusivo de dois insumos classificados como embalagem. Os graus se referem a dois fornecedores que intermediam a transação dos insumos entre o fornecedor 25 e a unidade de análise. Tratam-se dos fornecedores 70 e 71. O fornecedor 70 negociou a última transação e o fornecedor 71 negociou transações anteriores.

A existência dos fornecedores 70 e 71 é justificada pela estratégia da unidade de análise para tentar reduzir os riscos inerentes à importação direta de insumos, pois um dos insumos negociados é adquirido no mercado nacional mas tem origem internacional. Porém, um dos insumos tem origem nacional e ambos são exclusivos. Portanto, há a possibilidade de tentar pré-qualificar outros fabricantes em território nacional que possam fornecer os dois insumos.

Outra questão trata da existência de uma unidade de negócio nacional do fabricante 25, que foi constatada em consulta ao site do fornecedor e justifica o fato de um dos insumos ter origem nacional. Logo, pode-se buscar o relacionamento diretamente com a unidade de negócio em território nacional e eliminar o intermédio dos fornecedores 70 e 71 para reduzir a carga operacional e a complexidade horizontal da cadeia. Neste caso, a estrutura da cadeia seria alterada de modo a eliminar os fornecedores 70 e 71 e criar um vértice para unidade de negócio brasileira da marca.

O fornecedor 25 apresenta o mesmo valor para a centralidade de grau de saída do vértice na cadeia integrada, que também são justificados pela intermediação realizada pelos fornecedores 70 e 71.

O fornecedor 41 também obteve centralidade de grau de saída igual a 2 (dois) na cadeia de suprimentos da vacina TVV, tem a mesma configuração e representa o mesmo insumo em ambas as cadeias. Já na cadeia integrada ele apresentou centralidade de grau de saída do vértice igual a 4 (quatro) e a diferença se dá apenas na quantidade de produtos e suas apresentações: TVV e Hib 1 e 5 doses representam juntas três graus e o intermediador 46 justifica o quarto grau.

Um ponto a ressaltar é que a Hib não se encontra mais em TT, portanto, esta restrição não é mais válida. Por isso, cabe a unidade de análise buscar pré-qualificar outros fabricantes no mercado nacional. Desta forma, se reduz riscos relacionados à complexidade espacial (insumo de origem internacional) e à formalidade (fornecedor exclusivo).

O fornecedor 56 negocia um insumo com a unidade de análise, que em compras anteriores a aquisição foi realizada por intermédio do fornecedor 1. O insumo é empregado no processo produtivo, é de origem nacional e é exclusivo.

A exclusividade se dá pelo fato do fabricante do insumo ser determinado pelo fabricante do equipamento onde ele é utilizado, porém, a compra é realizada via ampla concorrência porque qualquer representante que possua o insumo fabricado pelo fornecedor 56 pode negociá-lo com a unidade de análise. Como o insumo possui o menor nível de

criticidade estratégica, vale avaliar a necessidade de intervenções neste relacionamento dado que os riscos existentes podem possuir baixo impacto no fluxo desta SC.

Na cadeia integrada o fornecedor 56 apresentou centralidade de grau de saída do vértice igual a 3 (três). A diferença é justificada pela existência das duas apresentações da Hib (Hib 1 e 5 doses) na referida cadeia de suprimentos.

O fornecedor 74 é o fabricante de um insumo classificado como farmoquímico que é adquirido no mercado nacional mais é de origem internacional. Este fornecedor tem unidade de negócios no Brasil, mas em compras anteriores a aquisição do insumo foi intermediada pelo fornecedor 33. Logo, a centralidade de grau obtida representa o relacionamento direto com a unidade de análise e a venda por intermédio do fornecedor 33.

Diante da presença do fornecedor 74 em território nacional, sugere-se a alteração na estrutura da cadeia, retirando o relacionamento por intermédio do fornecedor 33 e acrescentando um vértice que represente a unidade do fornecedor 74 no mercado nacional.

Na cadeia integrada, o fornecedor 74 apresenta a mesma configuração da cadeia de suprimentos da Hib, diferindo em apenas um grau a mais, que é justificado pelas apresentações da Hib (Hib 1 e 5 doses).

Para a centralidade de intermediação, a cadeia de suprimentos da Hib apresentou os fornecedores 70 e 71 com valores diferentes de zero. Estes fornecedores foram identificados na análise da centralidade de grau de saída do vértice para o fornecedor 25 nesta SC, como intermediadores. Suas características para a centralidade de intermediação são as mesmas apresentadas para a centralidade de grau de saída do vértice e por isso podem ser observadas no Quadro V.12.

Os fornecedores identificados com valores diferentes de zero apresentaram valores muito baixos, entre 0,0003 e 0,0004, e de fato exercem baixíssimo poder de intermediação na cadeia. Conforme colocado na análise da centralidade de grau de saída do fornecedor 25, os fornecedores 70 e 71 podem ser substituídos pela unidade de negócios do fornecedor 25 no Brasil.

V.5. Cadeia de Suprimentos Integrada

Nas Seções V.2, V.3 e V.4 as cadeias por produto foram analisadas segundo o modelo de análise proposto na Seção V.1 e quando cabível, os resultados obtidos para as métricas de análise em nível de elo para as cadeias por produto foram comparados aos resultados obtidos para a cadeia integrada. Porém, a análise da cadeia por produto pode não ser suficiente para identificar todos os vértices relevantes, pois existem na cadeia integrada fornecedores que atendem mais de um produto, por exemplo. Logo, nesta seção uma análise por meio das métricas centralidade de grau do vértice e centralidade de intermediação é realizada na cadeia integrada.

Segundo a definição de grafo direcionado exposta na Subseção II.2.1, quando as arestas do grafo são direcionadas é porque o sentido é relevante para a análise e de fato é relevante para esta pesquisa, pois define a relação cliente-fornecedor na cadeia de suprimentos. Porém, quando o objetivo é identificar os vértices mais relevantes na transmissão de informação e controle do fluxo de materiais, o direcionamento no grafo não é relevante porque o fluxo de informação ocorre nos dois sentidos. Por exemplo, um fornecedor na cadeia pode obter informações tanto do seu fornecedor imediato quanto do seu cliente imediato e utilizá-la para obter vantagens competitivas com ambos.

Conforme colocado na Seção IV.3, apesar das cadeias de suprimentos analisadas terem sido construídas a partir do fluxo de material todas as relações identificadas também representam uma relação contratual (por conta das características da Administração Pública). Desta forma, analisar de forma comparativa a cadeia integrada direcionada e não-direcionada pode trazer resultados relevantes para a pesquisa no sentido de identificar os fornecedores e os produtos mais significativos, em termos de centralidade na cadeia, para a unidade de análise.

Na Tabela V.3: Valores obtidos para a centralidade de grau do vértice na cadeia integrada os resultados obtidos para a métrica centralidade de grau do vértice na cadeia integrada direcionada e não direcionada são expostos. Os valores apresentados na coluna “GRAU (Valores obtidos)” são todos os valores possíveis, de acordo com os grafos apresentados no Capítulo IV, para as métricas expostas nas colunas seguintes (“Grau de entrada do vértice”, “Grau de saída do vértice” e “Grau do vértice”). Um exemplo ilustrativo sobre os dados apresentados na referida tabela é o valor para a métrica grau de entrada do vértice igual a 2 (quinta linha da tabela): o fornecedor 46 (46 é o rótulo do vértice e identifica o fornecedor) obteve grau de entrada igual a 2 na cadeia direcionada (coluna 2 da esquerda para a direita).

Tabela V.3: Valores obtidos para a centralidade de grau do vértice na cadeia integrada

GRAU (valores obtidos)	CADEIA DIRECIONADA				CADEIA NÃO-DIRECIONADA	
	Grau de entrada do vértice		Grau de saída do vértice		Grau do vértice	
	Quantidade de vértices	FORNECEDORES (Rótulo dos vértices)	Quantidade de vértices	FORNECEDORES (Rótulo dos vértices)	Quantidade de vértices	FORNECEDORES (Rótulo dos vértices)
1	22	1, 6, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 28, 31, 33, 35, 36, 37, 45, 53, 58, 64, 65, 70, 71 e 73	25	4, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 27, 28, 29, 35, 36, 39, 40, 44, 47, 48, 57, 58, 61, 62, 64, 65, 85 e 86	15	4, 20, 23, 27, 29, 39, 40, 44, 47, 48, 57, 61, 62, 85, 86
2	1	46	20	1, 6, 7, 8, 9, 11, 17,24, 25, 34, 38, 42, 49, 50, 52, 55, 67, 70, 71 e 72	26	7, 8, 9, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 28, 34, 35, 36, 38, 42, 49, 50, 52, 55, 58, 64, 65, 67, 72
3	-	-	17	2, 10, 12, 21, 22, 30, 31, 37, 43, 45, 46, 53, 56, 63, 73, 74 e 76	13	1, 2, 6, 10, 21, 30, 43, 56, 63, 70, 71, 74, 76
4	-	-	2	41 e 54	9	12, 22, 31, 37, 41, 45, 53, 54, 73
5	-	-	3	3, 33 e 66	3	3, 46, 66
6	-	-	5	32, 60, 68, 69 e 75	6	32, 33, 60, 68, 69, 75
7	-	-	4	13, 26, 51 e 59	4	13, 26, 51, 59
8	-	-	1	5	1	5
9	1	V. Pneumocócia	-	-	1	V. Pneumocócia
10	-	-	1	14	1	14
14	1	Poliomelite	-	-	1	Poliomelite
18	1	Febre Amarela 50 doses	-	-	1	Febre Amarela 50 doses
27	1	Febre Amarela 10 doses	-	-	1	Febre Amarela 10 doses
29	1	Hib 1 dose	-	-	1	Hib 1 dose
30	1	Hib 5 doses	-	-	1	Hib 5 doses
31	1	Tríplice Viral	-	-	1	Tríplice Viral
33	1	Febre Amarela 5 doses	-	-	1	Febre Amarela 5 doses

Em relação aos valores obtidos para a cadeia integrada direcionada nas métricas centralidade de grau de entrada do vértice e centralidade de grau de saída do vértice e para a cadeia integrada não-direcionada para a centralidade de grau do vértice, as diferenças apresentadas se referem as definições expostas na Subseção II.2.2 onde se coloca que a centralidade de grau do vértice é o somatório das centralidades de grau de entrada e de saída do vértice na rede direcionada. Este caso pode ser ilustrado por meio dos resultados obtidos para fornecedor 33. Na cadeia integrada direcionada ele obteve centralidade de grau de entrada igual a 1(um) e centralidade de grau de saída igual a 5 (cinco). Na cadeia integrada não-direcionada o fornecedor 33 obteve valor igual a 6 (seis), ou seja, o valor obtido na cadeia não-direcionada é a soma dos valores da centralidade de grau de entrada e de saída do vértice na cadeia direcionada (1+5=6).

Dentre todos os produtos presentes na cadeia de suprimentos integrada o que se destaca em relação à centralidade de grau do vértice é a Febre Amarela na apresentação de 5 doses, com valor igual a 33. A discrepância de valores para as apresentações 10 doses (valor igual a 27) e 50 doses (valor igual a 18) é justificada pelas diferenças entre os processos produtivos das três apresentações. Como a vacina é um produto de origem farmoquímica, ter apresentações diferentes em alguns casos não significa envasar volumes diferentes, a mudança pode ser na concentração do IFA e de alguns farmoquimicos que são acrescentados para manter as características da vacina em quaisquer apresentações. Outra justificativa está no destino do produto, uma das apresentações é fabricada para importação, logo, alguns itens podem ser acrescentados à árvore de materiais para atender questões de transportes de longa distância e exportação.

O segundo produto mais relevante no monitoramento de riscos é a TVV com centralidade de grau do vértice igual a 31. Os produtos que ficaram em terceiro e quarto lugar em relação à centralidade de grau do vértice são a Hib 5 doses e a Hib 1 dose, respectivamente. A diferença nos valores obtidos para as duas apresentações é apenas de uma unidade que se refere a mudanças na embalagem que atende a cada apresentação.

As vacinas menos relevantes em relação à centralidade de grau do vértice são a Poliomelite a Pneumocócica, pois obtiveram os menores valores em relação aos demais produtos representados na cadeia de suprimentos.

Os vértices mais centrais que não representam a unidade de análise, ou seja, são seus fornecedores diretos ou indiretos, apresentaram centralidade de grau igual a 10 (fornecedor 14), 8 (fornecedor 5) e 7 (fornecedores 13, 26, 51 e 59). Inicialmente são considerados para análise os cinco fornecedores com maior resultado, pois esta pesquisa busca identificar e avaliar apenas os vértices mais relevantes para as SC analisadas. Porém, como há quatro vértices com o mesmo valor na terceira posição, são considerados na análise os sete fornecedores listados. No Quadro V.13 são apresentadas as características gerais dos referidos vértices.

Quadro V.13: Caracterização dos vértices identificados pela centralidade de grau do vértice

Rótulo do vértice (fornecedor)	Centralidade de grau do fornecedor	Parâmetro de formalidade do fornecedor	Relevância estratégica do fornecedor	Produtos atendidos pelo fornecedor (vértices que adicionam grau de saída)	Rótulo dos vértices que adicionam grau de entrada
14	10	Exclusivo	Farmoquímico	Tríplice Viral	12, 22, 31, 53 e 73
		Exclusivo Ampla concorrência	Processo produtivo	Febre Amarela 5 doses Febre Amarela 10 doses Febre Amarela 50 doses	
5	8	Pré-qualificado	Embalagem	V. Pneumocócica Tríplice Viral Hib 5 doses Hib 1 dose Febre Amarela 5 doses Febre Amarela 10 doses Febre Amarela 50 doses Poliomelite	---
13	7	Pré-qualificado	Embalagem	V. Pneumocócica Tríplice Viral Hib 5 doses Hib 1 dose Febre Amarela 5 doses Febre Amarela 10 doses Poliomelite	---
26	7	Ampla concorrência	Embalagem	V. Pneumocócica Tríplice Viral Hib 5 doses Febre Amarela 5 doses Febre Amarela 10 doses Febre Amarela 50 doses Poliomelite	---
51	7	Exclusivo	Fórmula do produto ou produto	Tríplice Viral Febre Amarela 5 doses Febre Amarela 10 doses Febre Amarela 50 doses Poliomelite	---
			Farmoquímico	Hib 5 doses Hib 1 dose	

59	7	Ampla concorrência	Embalagem	V. Pneumocócica Tríplice Viral Hib 5 doses Febre Amarela 5 doses Febre Amarela 10 doses Febre Amarela 50 doses Poliomelite	---

O fornecedor 14, que apresentou o maior valor para a centralidade de grau do vértice, foi identificado também nas Subseções V.4.1 e V.4.2 na análise da centralidade das cadeias de suprimentos das Vacinas TVV e Febre Amarela. Portanto, sua relevância para monitoramento de riscos nas cadeias por produto foi corroborada na análise da cadeia de suprimentos integrada. Por esse motivo a unidade de análise deve dedicar atenção específica ao relacionamento com ele. O fato de existir duas modalidades de compra para aquisições com o fornecedor 14 foi explicada na Subseção V.4.1.

O fornecedor 5, mesmo sendo pré-qualificado (melhor parâmetro de formalidade), é relevante para a unidade de análise no monitoramento de riscos porque atende todos os produtos presentes na cadeia integrada. O mesmo se aplica ao fornecedor 13, mesmo apresentando um grau a menos que o fornecedor 5. Esta diferença de deve ao fato do fornecedor 13 não atender a Vacina contra Febre Amarela 50 doses.

O fornecedor 26 fornece a unidade de análise um insumo classificado como embalagem que atende sete dos oito produtos presentes na cadeia. A falta deste insumo pode interromper a produção de sete produtos. Além disso, a modalidade de compra praticada é “ampla concorrência”, ou seja, a pior classificação entre os parâmetros de formalidade descritos nesta pesquisa. Isto torna o fornecedor 26 relevante para a unidade de análise quanto aos impactos que a interrupção deste relacionamento pode provocar. O fornecedor 59 negocia o mesmo insumo que o fornecedor 26 e por isso tem a mesma configuração, porém, a última aquisição realizada pela unidade de análise foi realizada em 2011.

O fornecedor 51 é exclusivo quanto à formalidade e negocia insumos classificados como farmoquímico e fórmula do produto ou produto. De todos os produtos existentes na rede, apenas a Vacina Pneumocócica não é atendida pelo fornecedor 51. Esta configuração demonstra a relevância deste fornecedor na cadeia de suprimentos integrada para a análise de riscos.

Em relação a métrica centralidade de intermediação os valores obtidos para a cadeia integrada direcionada e não-direcionada não foram iguais, mas todos os vértices identificados na cadeia direcionada também foram identificados na cadeia não direcionada, porém, com valores diferentes (maiores). Os resultados referentes à métrica centralidade de intermediação podem ser visualizados na Tabela V.4**:** Valores obtidos para a centralidade de intermediação na cadeia integrada.

Tabela V.4: Valores obtidos para a centralidade de intermediação na cadeia integrada

INTERVALOS	CADEIA DIRECIONADA		CADEIA NÃO-DIRECIONADA	
	Quantidade de vértices	Rótulo dos vértices	Quantidade de vértices	Rótulo dos vértices
(0,0000 ; 0,0001]	4	15, 58, 64 e 65	1	2
(0,0001 ; 0,0002]	4	16, 28, 70 e 71	3	7, 49 e 50
(0,0002 ; 0,0003]	2	6 e 46	-	-
(0,0003 ; 0,0004]	3	33, 37 e 45	-	-
(0,0004; 0,0010]	-	-	-	-
(0,0010 ; 0,0020]	-	-	10	12, 21, 22, 31, 34, 38, 53, 55, 63 e 73
(0,0020 ; 0,0030]	-	-	4	15, 58, 64 e 65
(0,0030 ; 0,0040]	-	-	3	3, 10 e 43
(0,0040 ; 0,0050]	-	-	1	30
(0,0050 ; 0,0060]	-	-	2	V. Pneumocócica e 54
(0,0060 ; 0,0070]	-	-	-	-
(0,0070 ; 0,0080]	-	-	2	41 e 76
(0,0080 ; 0,0090]	-	-	-	-
(0,0090 ; 0,0100]	-	-	-	-
(0,0100 ; 0,0200]	-	-	4	60, 66, 70 e 71
(0,0200 ; 0,0300]	-	-	10	6, 16, 28, 32, 33, 37, 45, 46, 68 e 75
(0,0300 ; 0,0400]	-	-	4	13, 26, 59 e 69
(0,0400 ; 0,0500]	-	-	3	5, 14 e 51
(0,0500 ; 0,0600]	-	-	-	-
(0,0600 ; 0,0700]	-	-	-	-
(0,0700 ; 0,0800]	-	-	1	Febre Amarela 50 doses
(0,0800 ; 0,0900]	-	-	-	-
(0,0900 ; 0,1000]	-	-	-	-
(0,1000 ; 0,2000]	-	-	4	Hib 5 doses, Hib 1 dose, Febre Amarela 10 doses e Poliomelite
(0,2000 ; 0,3000]	-	-	1	Febre Amarela 5 doses
(0,3000 ; 0,4000]	-	-	1	Tríplice Viral

Em relação aos produtos, só foram apresentados valores significativos na cadeia de suprimentos integrada não-direcionada e o produto mais relevante é a TVV, com valor para a centralidade de intermediação entre 0,3000 e 0,4000. Portanto, é o produto mais central no controle do fluxo de materiais na cadeia de suprimentos integrada não-direcionada. Com o segundo maior valor para a centralidade de intermediação ficou a Febre Amarela (valor entre 0,2000 e 0,3000). Em terceiro lugar foram identificadas a Hib 1 dose e a Hib 5 doses, a Febre Amarela 10 doses e a Poliomelite. O produto que exerce menos influência entre os demais produtos é a Vacina Pneumocócica, com valor entre 0,0050 e 0,0060.

Na cadeia de suprimentos integrada direcionada os cinco fornecedores que apresentaram os valores mais altos foram os fornecedores 33, 37 e 45, com resultados entre 0,0003 e 0,0004, e os fornecedores 6 e 46, com resultados entre 0,0002 e 0,0003.

Os fornecedores 37 e 45 foram apontados pela centralidade de intermediação nas cadeias da TVV e da Febre Amarela (Subseções V.4.1 e V.4.2), o fornecedor 6 também foi apontado pela referida métrica na SC da Febre Amarela e o fornecedor 46 na SC de TVV.

O fornecedor 33 foi localizado na cadeia da Hib (Subseção V.4.3) por meio da análise dos intermediadores dos fornecedores identificados pela métrica centralidade de grau de

saída". Mesmo que este fornecedor não tenha passado despercebido na análise das cadeias por produto ele não foi identificado diretamente por uma das métricas aplicadas as SC por produto. Isto faz a análise da cadeia integrada relevante porque o fornecedor 33 fornece a unidade de análise, além de um insumo farmoquímico (citado na Subseção V.4.3), mais sete insumos classificados como "fórmula do produto ou produto". Estes sete insumos representam 31% dos insumos com esta classificação estratégica na cadeia de suprimentos integrada e atendem a três produtos (V. Pneumocócica, TVV e Poliomelite). Estas informações não foram identificadas na análise da cadeia de suprimentos da Hib.

Na cadeia de suprimentos integrada não-direcionada a análise também se concentraria nos cinco fornecedores com os maiores resultados, mas, por conta de fornecedores que tiveram o mesmo resultado, foram analisados o total de sete fornecedores. No primeiro intervalo, entre 0,0400 e 0,0500, se destacaram os fornecedores 5, 14 e 51 e no segundo, entre 0,0300 e 0,0400, se destacaram os fornecedores 13, 26, 59 e 69.

Os fornecedores 5, 14, 51, 13, 26 e 59 foram identificados na centralidade de grau do vértice para a cadeia integrada não-direcionada, portanto, a identificação deles na métrica centralidade de intermediação, também sem direcionamento das arestas, corroboram a relevância destes fornecedores no monitoramento de riscos de disrupção.

O destaque para a centralidade de intermediação na cadeia integrada não-direcionada é a identificação do fornecedor 69, que não foi identificado em nenhuma análise realizada anteriormente. O fornecedor 69 negocia com a unidade de análise 11 insumos classificados como "exclusivo" quando relacionado à dimensão formalidade. Destes, dois são classificados como "fórmula do produto ou produto" e nove são classificados como "farmoquímico". Além disto, dos oito produtos representados na cadeia, o fornecedor 69 atende a seis (TVV, Hib 1 dose, Hib 5 doses, Febre Amarela 5 doses, Febre Amarela 10 doses e Poliomelite). Portanto, este fornecedor também exerce sob a cadeia integrada um controle do fluxo de materiais que deve ser considerado pela unidade de análise no monitoramento de riscos de disrupção.

V.6. Discussão dos Resultados

Para discutir os resultados três vertentes se fazem necessárias. A primeira trata da análise dos valores obtidos em nível de cadeia para as métricas formalidade, complexidades espacial, horizontal e vertical, tamanho, densidade e centralidade de grau de entrada e de saída da cadeia. Já a segunda vertente analisa os dados em nível de elo a partir das métricas de centralidade de grau de entrada do vértice, centralidade de grau de saída do vértice e centralidade de intermediação. Estas vertentes são detalhadas nas Subseções V.6.1 e V.6.2, respectivamente. Por fim, na Subseção V.6.3, a terceira vertente é descrita e trata de uma discussão dos resultados referentes aos riscos nas cadeias de suprimentos analisadas.

V.6.1. Métricas em Nível de Cadeia

As métricas densidade, centralidade de grau de entrada da cadeia e centralidade de grau de saída da cadeia, não mostram divergências significativas de valores entre as cinco cadeias apesar da diferença observada na métrica tamanho da cadeia. Porém, a análise conjunta dessas quatro métricas revelam características gerais das cadeias de suprimentos que tem a unidade de análise como empresa focal. Os resultados compilados podem ser observados na Tabela V.5.

Tabela V.5: Resultados compilados das métricas tamanho, densidade e centralidade de grau de entrada e de saída da cadeia

Tamanho (nº de elos)	**[0 ; 20)**	**[20 ; 40)**	**[40 ; 60)**
	15 - Poliomelite 10 - V. Pneumocócica	37 - TVV 36 - Hib	41 - Febre Amarela
Densidade	**[0 ; 0,1000)**		**[0,1000 ; 0,2000]**
	Tríplice Viral (0,0676) Hib (0,0619) Febre Amarela (0,0549)		V. Pneumocócica (0,2000) Poliomelite (0,1333)
Centralidade de Grau de entrada da cadeia	**(0,8000 ; 0,9000]**		**(0,9000 ; 1,0000]**
	TVV (0,8503)		Poliomelite (1) V. Pneumocócica (1) Hib (0,9673) Febre Amarela (0,9200)
Centralidade de grau de saída da cadeia	**[0 ; 0,1000)**		**[0,1000 ; 0,2000]**
	Hib (0,0269) Poliomelite (0,0051)		Febre Amarela (0,1256) Pneumocócica (0,1235) TVV (0,1080)

A análise destas métricas de forma comparativa demonstra que mesmo com valores bem diferentes para o tamanho das cadeias, elas têm características parecidas. Em relação à densidade, todas apresentam valores baixos, assim como os valores apresentados para centralidade de grau de saída da cadeia. Já para a centralidade de grau de entrada da cadeia, todas elas apresentam valores próximos do máximo. Isto reflete a concentração de fornecedores na primeira camada e baixa coesão na estrutura das cadeias suprimentos, ou seja, são carcterísticas comuns a todas as cadeias.

Em relação às métricas formalidade e complexidades espacial, horizontal e vertical, algumas cadeias se destacam por conta dos riscos que as características constatadas oferecem. Porém, as métricas complexidade horizontal e vertical não mostraram resultados significativos para a análise de riscos nas cadeias de suprimentos consideradas nesta pesquisa.

A complexidade horizontal representa uma característica oriunda das regras de fornecimento impostas pela Administração pública que é manter relacionamento direto com seus fornecedores, impedindo, por exemplo, a possibilidade de reduzir a carga de recebimento por meio da concentração de recebimento de insumos em um fornecedor de primeira linha.

Já a complexidade vertical reflete o escopo de análise desta pesquisa que é modelar as cadeias de suprimentos apenas até a segunda camada a montante. Deste modo, ela não representa a complexidade vertical real das cadeias já que foram desconsideradas as demais camadas possíveis.

A compilação dos resultados obtidos para as métricas formalidade e complexidades espacial, horizontal e vertical está disposta na Tabela V.6.

Tabela V.6: Resultados compilados das métricas formalidade e complexidades espacial, horizontal e vertical

Formalidade	**Fornecedor pré-qualificado**	**Fornecedor exclusivo**	**Ampla concorrência**
	V. Pneumocócica (66,7%) Febre Amarela (47,5%)	TVV (77,8%) Hib (45,7%)	Poliomelite (42,9%)
Complexidade Espacial	**Origem nacional**	**Mercado nacional e origem internacional**	**Mercado e origem internacionais**
	V. Pneumocócica (89%) Hib (66%) TVV (61%) Febre Amarela (55%)	Poliomelite (43%)	-----
Complexidade horizontal	**[90% a 85%)**	**[95% a 90%)**	**[100% a 95%)**
	86% - TVV	93% - Febre Amarela	100% - V. Pneumocócica 100% - Poliomelite 97% - Hib
Complexidade Vertical	**1 camada**		**2 camadas**
	Poliomelite V. Pneumocócica		Febre Amarela TVV Hib

A cadeia da Poliomelite obteve o pior desempenho em três das quatro medidas (formalidade, complexidades espacial e horizontal). Apesar de ser pequena em relação as demais (15 vértices no total), ela possui a maior parte dos processos de aquisição de insumos ocorridos via ampla concorrência e quase a metade dos insumos para a produção são importados. Esta cadeia não se encontra em TT e processa na unidade de análise três das quatro etapas produtivas possíveis. Isto significa que a unidade de análise tem liberdade para melhorar os resultados obtidos para a formalidade.

Quanto à complexidade espacial na SC da Poliomelite, nota-se a possibilidade de mudança na estrutura da cadeia, tendo em vista que a maior parte dos insumos adquidos no mercado nacional e de origem internacional são fornecidos por unidades de negócio brasileiras dos fabricantes. Neste caso, devem ser acrescentados elos que representam os fabricantes cujas instalações são fora do território nacional. Esta caracterísitca é positiva, pois a unidade de análise consegue obter informações mais confiáveis a respeito do fabricante que possam colaborar para o gerenciamento de riscos no relacionamento.

A cadeia da V. Pnemocócica obteve os melhores resultados para três das quatro métricas (formalidade, complexidade espacial e vertical). Dois motivos justificam este resultado: o primeiro é o fato de ela ser pequena (apenas 10 vértices) e o segundo é que a vacina ainda está no início da TT. Só é processada na unidade de análise a etapa de embalagem, portanto, a complexidade e a formalidade podem aumentar à medida que mais etapas do processo produtivo forem sendo incorporadas na unidade de análise.

A SC da Febre Amarela se destacou positivamente nas métricas formalidade e complexidade espacial. Estes resultados podem ser melhorados, pois mais de 50% dos seus fornecedores ainda não são pré-qualificados e ainda há 45% dos seus fornecedores que podem passar a fornecer insumos de origem nacional.

O ponto de destaque para a cadeia de suprimentos da TVV é a dimensão formalidade, mais 70% de seus fornecedores são exclusivos. Isto se deve ao fato dela estar em TT. Porém, para evitar problemas de fornecimento ao final da TT, a unidade de análise precisa avaliar a possibilidade de pré-qualificar fornecedores para que estejam aptos logo ao fim da TT.

A TT prevê, no caso da TVV, a incorporação de todas as etapas do processo produtivo na linha de fabricação da unidade de análise, isto significa que ainda falta uma etapa. A imcorporação desta etapa pode colaborar para piorar o resultado da formalidade e aumentar a complexidade estrutral da cadeia.

A cadeia de suprimentos da Hib apresentou bons resultados para a formalidade e complexidade horizontal, mas eles podem ser melhorados. Um ponto trata do alto percentual de fornecedores exclusivos, onde boa parte deste valor pode ser herança da TT, que já terminou há alguns anos. Quanto à complexidade espacial, ainda existem 39% de fornecedores do mercado nacional que fornecem insumos de origem estrangeira este valor pode ser reflexo da dependência que a cadeia produtiva brasileira ainda possui para insumos importados.

V.6.2. Métricas em Nível de Elo

As duas métricas aplicadas em nível de elo permitem a análise conjunta dos resultados. Por exemplo, ao justificar os graus obtidos para a centralidade de grau de saída do vértice identificando os fornecedores localizados, na maior parte das análises, estes eram os mesmos fornecedores identificados como intermediadores na centralidade de intermediação. O mesmo também ocorreu em relação ao fabricante (centralidade de grau de saída do vértice) com seus intermediadores (centralidade de grau de entrada do vértice).

Outra possibilidade permitida com essas métricas é a identificação de fornecedores relevantes em várias cadeias diferentes como o caso da relação dos fornecedores 46 e 41 nas cadeias de suprimentos da Vacina TVV e contra a Hib. Os resultados obtidos de forma compilada podem ser observados no Quadro V.14.

Os números entre parênteses nas colunas referentes às métricas (centralidade de grau de entrada do vértice e centralidae de intermediação) do Quadro V.14 são os rótulos dos vértices localizados em cada métrica, ou seja, na coluna “centralidade de grau de entrada do vértice” e “centralidade de intermediação” os números identificam os fabricantes que se relacionam com os fornecedores identificados pelas métricas centralidade de grau de entrada do vértice e centralidade de intermediação. Já na coluna “centralidade de grau de saída do vértice” os números entre parênteses são os rótulos dos vértices que representam os fornecedores que atuam como intermediadores dos fabricantes identificados na métrica centralidade de grau de saída do vértice.

Quadro V.14: Resultado compilados das métricas de centralidade em nível de elo

Cadeia de suprimentos	Métricas de centralidade (vértices)		
	Centralidade de grau de entrada do vértice	**Centralidade de grau de saída do vértice**	**Centralidade de Intermediação**
Febre Amarela	------	**Fabricante 14** (intermediadores: 12, 22, 31, 53 e 73)	**Intermediador 6** (fabricante: 86) **Intermediador 37** (fabricante: 47) **Intermediador 45** (fabricante: 62)
TVV	**Intermediador 46** (Fabricantes: 3 e 41)	**Fabricante 3** (intermediadores: 15, 46, 58, 64 e 65) **Fabricante 2** (intermediadores:19 e 36) **Fabricante 14** (intermediador: 35) **Fabricante 17** (intermediador: 18) **Fabricante 41** (intermediador: 46)	**Intermediadores 15, 46, 58, 64 e 65** (fabricante: 3) **Intermediador 16** (fabricante: 85) **Intermediador 28** (fabricante: 27) **Intermediador 37** (fabricante: 47) **Intermediador 45** (fabricante: 62)
Hib	------	**Fabricante 25** (intermediadores: 70 e 71) **Fabricante 41** (intermediador: 46) **Fabricante 56** (intermediador: 1) **Fabricante 74** (intermediador: 33)	**Intermediadores 70 e 71** (fabricante: 25)
Integrada direcionada	**Intermediador 46**	**Fabricantes 14, 5, 13, 26, 51 e 59**	**Intermediadores 33, 37, 45, 6 e 46**
Integrada não-direcionada	**Centralidade de grau do vértice**		**Centralidade de intermediação**
	Vancinas: contra Febre Amarela 5 doses, TVV e Hib 5 e 1 doses e Febre Amarela 10 doses **Fornecedores:** 14, 5, 13, 26, 51 e 59		**Vacinas**: TVV, Febre Amarela 5 doses, Hib 5 e 1 doses, Febre Amarela 10 doses e Poliomelite **Fornecedores:** 5, 14, 51, 13, 26, 59 e 69

O fato das cadeias de suprimentos da Vacina contra Poliomelite e da Vacina Pneumocócica não apresentarem vértices para estas métricas já foi exposto na Seção V.4 e trata do formato de estrela que a estrutura dessas cadeias de suprimentos apresentaram.

A cadeia de suprimentos da Vacina contra Febre Amarela só apresentou vértices relevantes para a centralidade de grau de saída do vértice e para a centralidade de intermediação. Não foi identificada nenhuma coincidência entre os vértices para as duas medidas. O principal fabricante da cadeia é o fornecedor 14 e os principais intermediadores são os fornecedores 6 e 37.

Na cadeia de suprimentos da TVV os fornecedores 3, 15, 41, 46, 58, 64 e 65 foram localizados pelo menos em duas das três métricas de centralidade e por isso devem receber atenção da unidade de análise. Os principais fabricantes são os fornecedores 3 e 41 e os intermediadores mais representativos são os fornecedores 15, 46, 58, 64 e 65.

Vale ressaltar na cadeia de suprimentos da Hib a identificação da relação entre os fornecedores 25, 70 e 71. Os três foram identificados na centralidade de grau de saída do vértice e na centralidade de intermediação. Portanto, segundo as métricas aplicadas, o principal fabricante é o fornecedor 25 e os principais intermediadores são os fornecedores 70 e 71.

Na análise dos resultados para a cadeia integrada direcionada, observa-se a recorrência do fornecedor 46 nas métricas centralidade de grau de entrada do vértice e centralidade de intermediação. Já na comparação dos resultados das cadeias integradas direcionada e não-direcionada, é constatada uma coincidência nos valores retornados para a centralidade de grau de saída do vértice (cadeia direcionada), centralidade de grau do vértice (cadeia não-direcionada) e centralidade de intermediação (cadeia não-direcionada). Com

exceção do fornecedor 69, que só foi identificado na centralidade de intermediação da cadeia não-direcionada, os fornecedores são os mesmos.

A análise da cadeia integrada em conjunto com a cadeia por produtos se mostrou relevante ao ser constatado resultados diferentes que identificaram fornecedores críticos para a unidade de análise, que é o caso dos fornecedores 33 e 69, por exemplo. Além deles, outros fornecedores também só foram identificados por meio da análise da cadeia integrada. Este é o caso dos fornecedores 5, 13, 26, 51 e 59 (todos explorados mais detalhadamente no Quadro V.13). Tal fato mostra a complementariedade das métricas ao serem aplicadas em conjunto.

É possivel observar a recorrência de alguns vértices entre pelo menos duas das três cadeias e também na cadeia integrada. Tratam-se dos fornecedores 14 e 41 (fabricantes) e do intermediador 46. Estes elos podem prejudicar duas cadeias ao mesmo tempo ao provocar uma disrupção no fluxo de materiais. Os fornecedores 14 e 46 também apareceram na análise da cadeia integrada e isto reforça a relevância deles e valida os resultados obtidos na análise das SC por produto.

Os produtos que mais se destacaram em relação à centralidade em nível de elo na cadeia integrada foram as Vacinas contra Febre Amarela 5 doses e a TVV. Elas se mostraram, alternando o valor mais alto na centralidade de grau do vértice e centralidade de intermediação, as mais centrais da cadeia. Por isso, a produção dessas vacinas está mais suscetível aos impactos de uma disrupção ocorrida na cadeia de suprimentos integrada. Apesar da relevância constatada na análise em nível de elo, as SC da Febre Amarela e da TVV apresentaram bom desempenho nas métricas formalidade e complexidade espacial (Subseção V.6.1), ou seja, não são as cadeias que oferecem maior risco de disrupção quando comparada as demais cadeias por produto na análise em nível de cadeia.

V.6.3. Riscos

As fontes de risco foram identificadas a partir do mercado onde os insumos para a produção são adquiridos (nacional e importação) e das características dos insumos que norteiam o tipo de relacionamento com a unidade de análise (ampla concorrência, exclusivo ou pré-qualificado). As fontes, os parâmetros utilizados para avaliação e as estratégias de mitigação dos riscos encontrados podem ser observados na Figura V.4.

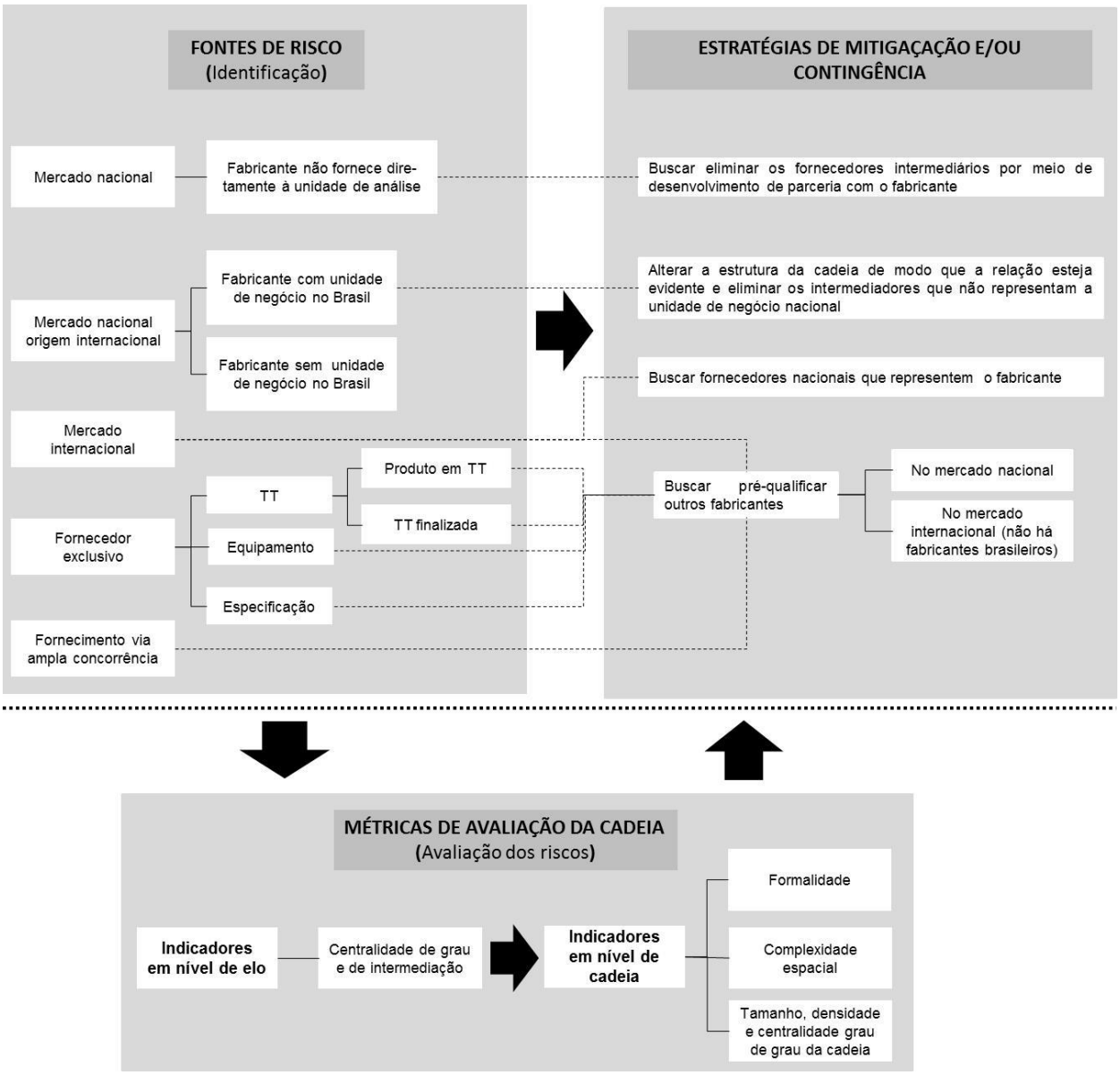


Figura V.4: Fontes, avaliação e estratégias e mitigação e de contingência para os riscos mapeados

Os principais riscos mapeados para as cinco cadeias de suprimentos analisadas giram entorno do processo de aquisição praticado pela unidade de análise e pelas estratégias de mitigação dos efeitos indesejados gerados pela burocracia da Administração pública.

Foram identificadas cinco fontes de riscos de disrupção no fluxo de materiais, assim classificado por TANG e MUSA (2011) na Subseção II.3.1, que se desdobraram em um total de sete tipos. Segundo a classificação proposta pelos autores, destacam-se a fonte única de fornecimento, a qualidade do produto e a seleção de fornecedores, quando se toma como referência as incertezas existentes no fluxo de materiais das SC das vacinas analisadas.

A fonte única de fornecimento está presente no risco relacionado ao fornecedor exclusivo e ao fato de se ter identificado fornecedores assim classificados e que apresentaram a TT como motivo, mesmo que a vacina não se encontre mais em TT, é um fator crítico para unidade de análise que precisa ser tratado.

A qualidade do produto é uma fonte de risco que a unidade de análise considera de forma criteriosa e robusta não só porque precisa garantir a qualidade do produto final, a vacina, mas porque a garantia da qualidade dos insumos e do produto acabado é regulamentado por leis que regem a indústria farmacêutica, sob pena de perda do direito de comercialização, caso alguma inrregularidade seja identificada, além de poder afetar a saúde e segurança do consumidor final.

Já quanto a seleção de fornecedores, uma das mais críticas fontes de riscos da unidade de análise por conta da Administração pública e da dependência de insumos para a produção importados, é a grande direcionadora das fontes de riscos relacionadas ao mercado expostas na Figura V.4

Dentro do campo de ação da unidade de análise, estes riscos podem ser minimizados ou eliminados a partir de quatro ações, que foram propostas para cada caso na análise em nível de elo na Seção V.4. Em várias análises, mais de uma das ações propostas foram sugeridas em conjunto, como o caso de buscar pré-qualificar fornecedores para insumos cujo fabricante é exclusivo e ainda é de origem estrangeira.

Em relação às métricas aplicadas na análise das cadeias, foi constatado que a formalidade, a complexidade espacial, o tamanho, a densidade e a centralidade de grau da cadeia se mostraram indicadores em nível de cadeia relevantes que fornecem um panorama das cadeias de suprimentos. Já as métricas de centralidade se revelam como indicadores em nível de elo que indicam exatamente onde os gestores da cadeia devem atuar inicialmente para melhorar os resultados dos indicadores em nível de cadeia.

Capítulo VI - Conclusões

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a possibilidade de utilizar a teoria dos grafos como ferramenta na gestão de riscos em cadeias de suprimentos e desta forma poder contribuir por meio de propostas de melhorias para cadeia de suprimentos de vacinas nacional.

Os resultados obtidos foram relevantes para avançar na consolidação da proposta. Dentre eles se destacam os pontos relativos à estrutura da cadeia de suprimentos objeto deste estudo de caso e as abordagens possíveis para as métricas da teoria dos grafos aplicadas.

Todos os objetivos específicos propostos foram alcançados e contribuíram de fato para o alcance do objetivo geral. Os dois primeiros objetivos (Subseção I.2.1) serviram para coletar dados e modelar as cadeias de suprimentos para que fosse possível atender ao terceiro objetivo. Seus resultados se encontram descritos nos Capítulos IV e V.

O quadro conceitual descrito no Capítulo II, elaborado a partir da revisão da literatura relativa aos riscos na cadeia de suprimentos e análise da cadeia de suprimentos como uma rede forneceram todas as informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa de forma satisfatória. Os resultados descritos no Capítulo V confirmam compatibilidade da utilização da teoria dos grafos como ferramenta para análise de riscos na cadeia de suprimentos.

Na busca por referências para compor o quadro conceitual (vide Tabela I.1 e sua descrição no Capítulo I) foi identificada uma lacuna na produção acadêmica a respeito da análise da cadeia de suprimentos a montante da unidade de análise. O referencial teórico foi elaborado a partir da análise de referências que abordam outros tipos de cadeia. Esta é uma característica comum às cadeias de suprimentos de vacinas em geral, já que a pesquisa por referências não se restringiu a produções brasileiras e só trouxe resultados relevantes referentes à cadeia de vacinas a jusante do laboratório produtor. Os retornos obtidos para a cadeia a montante se restringiram a qualidade dos materiais necessários à produção.

A pesquisa descrita no Capítulo IV, a respeito da cadeia de suprimentos a jusante da unidade de análise foi relevante para entender como o funcionamento da cadeia de suprimentos a montante pode impactar no fluxo a jusante e vice e versa. Um exemplo trata dos impactos dos riscos provenientes da gestão de estoques: não é interessante para a unidade de análise manter estoque de produtos acabados por mais de cinco meses, logo, a gestão de riscos na cadeia a montante é uma boa alternativa à manutenção de estoques altos para minimizar os impactos de uma disrupção no fluxo de materiais oriundo da perda de estoques por validade do produto.

Em relação ao tratamento e análise dos dados descritos no Capítulo V, os resultados a seguir merecem destaque. O primeiro diz respeito à forma como foi aplicada a métrica formalidade. Ela permitiu identificar quais etapas da cadeia produtiva de vacinas que ainda

precisam ser desenvolvidas no Brasil. Esta informação é fornecida pela estratificação dos fornecedores cujos insumos são de origem internacional.

O governo brasileiro entende que ter a cadeia produtiva de vacinas completa e que fornece produtos de qualidade reconhecida internacionalmente em território nacional é uma vantagem para o país, porque desenvolve a indústria nacional e favorece a economia de uma forma geral, pois o fluxo de materiais da cadeia de suprimentos gerado por este setor da indústria farmacêutica tem alto valor agregado[9].

O segundo resultado aborda a aplicação das métricas da teoria dos grafos para cada produto da linha de vacinas da unidade de análise e também para a cadeia integrada. Esta análise foi relevante por dois motivos. O primeiro se deve aos resultados obtidos para algumas métricas, como a centralidade de grau da rede, que nas cadeias de suprimentos por produto e na cadeia integrada foram divergentes. Esta configuração de diagnóstico permite a unidade de análise obter informações específicas da SC de cada produto que podem ser relevantes em processos decisórios de inserção ou retirada de produtos e/ou suas possíveis apresentações do portifólio, além de identificar o impacto que cada cadeia por produto provoca na cadeia integrada. Já o segundo motivo diz respeito a complementariedade que a análise da cadeia integrada e a análise das cadeias por produto apresentaram, pois alguns fornecedores relevantes só foram revelados na análise da cadeia integrada e outros só apareceram nas cadeias por produto.

A análise em nível de cadeia gerou indicadores que fornecem informações da situação geral de cada cadeia e a análise em nível de elo permitiu identificar fornecedores que podem melhorar os indicadores gerados pela análise em nível de cadeia. Por exemplo, a análise da formalidade (Seção V.2), que é em nível de cadeia, permite identificar o percentual de fornecedores exclusivos na cadeia e a análise da centralidade (Seção V.4), que é em nível de elo, permite identificar os fornecedores (elos) cujo destaque oriundo da aplicação das métricas pode ser minimizado ao buscar eliminar o caráter de exclusividade do fornecedor.

Em relação à estrutura das cadeias de suprimentos, destaca-se a busca pela unidade de análise em deixa-las o mais próximo possível da forma de estrela. A princípio, esta estratégia protege a empresa focal, já que se um elo falhar ela ainda manterá contato com todos os demais elos, porém, esta configuração aumenta a carga operacional de recebimento e de processamento de compras.

Foram identificados dois tipos de oportunidades para estudos futuros. Um tipo busca dar continuidade a esta pesquisa e o outro envolve ações complementares à interpretação dos resultados obtidos. Em relação à continuidade da pesquisa, três propostas são colocadas.

[9] Uma dose de vacina pode custar entorno 340 reais e só em 2013 a unidade de análise distribuiu 92.514 doses.

A primeira trata do mapeamento das cadeias de suprimentos, ele foi realizado até a segunda camada de fornecedores a partir da empresa focal. Sugere-se para estudos futuros mapeá-las por completo a partir de documentos de rastreabilidade dos insumos empregados na fabricação e que passam por controle rígido dos requisitos da qualidade. Esta proposta permitirá uma análise mais profunda e completa das cadeias de suprimentos.

A segunda sugere que o estudo de caso seja estendido às demais linhas de produtos do portfólio da unidade de análise. Esta extensão permitirá a compreensão das cadeias de suprimentos de todas as linhas de forma que em análises futuras possíveis relações entre elas possam ser identificadas e estudadas.

A terceira trata da utilização das métricas da teoria dos grafos para analisar cadeias de suprimentos. Sugere-se buscar outras métricas relevantes na literatura, como a conectividade algébrica e a resiliência, que possam contribuir e avançar na proposta de gestão de riscos em cadeias de suprimentos por meio da teoria dos grafos.

A respeito das ações complementares, duas oportunidades para estudos futuros é proposta. Esta oportunidade não se enquadra no tipo que busca dar continuidade à pesquisa porque se encaixa perfeitamente no escopo da pesquisa desenvolvida nesta dissertação, mas não foi realizada por conta de limitações temporais. Elas são descritas a seguir.

A métrica complexidade espacial identificou três motivos que classificam um fornecedor como exclusivo, a saber: fornecedor determinado pela TT, único fornecedor que atende as especificações do insumo e fabricante do insumo determinado pelo fabricante do equipamento onde ele é utilizado no processo produtivo. Após aplicar o modelo de análise e identificar os fornecedores exclusivos, sugere-se estratificar os fornecedores exclusivos por motivos que assim os classificaram de forma que seja possível trabalhar diretamente no causador da exclusividade. Esta ação tem a finalidade de buscar a redução do número de fornecedores exclusivos por causa da TT e da especificação do insumo por meio da pré-qualificação de outros fabricantes.

Nesta pesquisa a centralidade de proximidade, utilizada em KIM *et al.* (2011), não foi utilizada porque os estudos se concentraram nas cadeias de suprimentos direcionadas e este fator não traria resultados confiáveis à pesquisa para esta métrica. Porém, conforme colocado na Seção IV.3, as SC poderiam ser também analisadas desconsiderando o direcionamento orientado pelo fluxo de materiais já que o fluxo de materiais também representa uma relação contratual.

Referências

ABRE. **O setor.** Disponível em: < http://www.abre.org.br>. Acesso em: 02 fev. 2016.

ABREU, H. F**. Logística humanitarian internacional: peculiaridades e óbices.** Mundo Logística, n. 44, ano VIII, p. 50-58, 2015.

ANVISA. **A agência**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/>. Acesso em: 06 jun. 2015.

ANVISA. **Agencia Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em : 02 fev. 2016.

ANVISA**. Resolução da Diretoria Colegiada nº 17** de 16 de abril de 2010.

BERTOLLO, M. **O Circuito Espacial Produtivo da Vacina no Brasil e os Impactos Sócio Espaciais da sua Implementação na Cidade de São Paulo**. In: 2ª Conferência de Desenvolvimento: l Circuito de Debates Acadêmicos. Brasília: 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária em Saúde. **Manual de Rede de Frio do Programa Nacional de Imunizações**. Brasília: 2013.

CHOI, T. Y., HONG, Y. **Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura, and DaimlerChrysler**. In: Journal of Operations Management 20, p. 469-493, 2002.

CHOI, T.Y., KRAUSE, D.R. **The supply base and its complexity: implications for transaction costs, risks, responsiveness, and innovation**. Journal of Operations Management, v. 24, n. 5, p. 637‑652, 2006.

COOPER, M. C.; LAMBERT, M.; PAGH, J. D. **Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics.** The International Journal of Logistics Management, v. 8, n. 1, 1997.

DEKKER, H. C.; SAKAGUCHI, J.; KAWAI, T. **Beyond the contract: Managing risck in supply chain relations.** Management Accounting Research, v. 24, n. 2, p. 122-139, 2013.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HUMANOS. **DI 6603: Organograma de Bio-Manguinhos**. Rio de Janeiro: 2012

DIAS, D. S.; SILVA, M. F. **Como escrever uma monografia: manual de elaboração com exemplos e exercícios.** São Paulo: Atlas, 2010.

DOMINGUES, C. M. A.; TEIXEIRA, A. M. S. **Coberturas vacinais e doenças imunopreveníveis no Brasil no período 1982-2012: avanços e desafios do Programa Nacional de Imunizações.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 22, n. 1, p. 9-27, Brasília: 2013.

DORNIER, P. *et al*. **Logística e Operações Globais: Texto e casos**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

ELLIS, S.; SHOCKLEY, J.; HENRY, R. M. **Making sense of supply disruption risk research: a conceptual framework grounded in enactment theory**. Journal of Supply Chain Management, v. 47, n. 2, p. 65-96, 2011.

FERRUGEM, K. SANTOS, R. A. FERREIRA, A. P. A. L. **O Processo de Compra no Setor Público.** In: XVll Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, XV Mostra de Iniciação Científica e X Mostra de Extensão: Ciência, Reflexividade e (In)Certezas. Cruz Alta: 2012.

FOSTER, S. *et al*. **Ensuring supplies of appropriate drugs and vaccines.** In: Disease control priorities in developing countries. 2.ed. Capítulo 72. Washington (DC): World Bank; 2006.

FRANCO, E.G.; SANTOS, A.A.S.; PEREIRA, V.L. **Supply Chain: Uma Abordagem de Gestão para a Cadeia de Suprimentos de Vacinas**. In: Revista da Universidade Ibirapuera, nº 2, p. 39-43. São Paulo: Jul./Dez. 2011.

FREEMAN, L. C., **Centrality in networks: I. Conceptual clarification**, Social Networks, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1979.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos. **Memento terapêutico 2014**. Rio de Janeiro, 2014.

GIANNAKIS, M.; LOUIS, M. **A multi-agent based framework for supply chain risk management**. Journal of Purchasing & Supply Management, v. 17, n. 1, p. 23-31, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOETSCHALCKX, M.; HUANG, E.; MITAL, P. **Trading off supply chain risk and efficiency through supply chain design**. Procedia Computer Science, v. 16, p. 658-667, 2013.

GOLDBARG, M.; GOLDBARG, E. **Grafos: conceitos, algoritmos e aplicações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

GOMES, C. **Propriedade Intelectual: Transferência de tecnologia.** In: Mestrado em Tecnologia, CEFET-RJ. Rio de Janeiro: 2014.

HOMMA, A**. A Indústria de vacinas no Brasil: aspectos gerenciais dos produtores**. In: Seminário Nacinal sobre o Complexo Industrial da Saúde, 2003, Rio de Disponível em: < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/seminario/Saude06_7.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2016.

HOMMA, A. *et al*. **Atualização em vacinas, imunizações e inovação tecnológica**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 16, n. 2, p. 445-458, 2011.

HOMMA, A. *et al*. **Vaccine research, development, and innovation in Brazil: a translational Science perspective**. Vaccine, v. 31S, p. B54-B60, 2013.

IBGE. **Geociências**: **cartografia**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em 16 ago. 2015.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA EM IMUNOBIOLÓGICOS. **Relatório de atividades 2013**. Rio de Janeiro: 2014.

KAUFMANN, J. R.; MILLER, R.; CHEYNE, J. **Vaccine Supply chains need to be better funded and strengthened, or lives will be at risk.** Health Affairs, v. 30, n. 6, p. 1113-1121, 2011.

KIM, Y. *et al*. **Strucutral invetigation of supply networks: A social network analysis approach.** In: Journal of Opeations Management 29. B.V.: p. 194-211, 2011.

KLIBI, W.; MARTEL, A. **Scenario-based Supply Chain Network risk modeling**. European Journal of Operational Research, v. 223, n. 3, p. 644-658, 2012.

KLIPPEL, M.; JUNIOR A.; VACCARO, G. **Matriz de posicionamento estratégico de materiais: conceito, método e estudo de caso.** Gestão & Produção, v.14, n.1, p.181–192, 2007.

LIMA, L. S. **Vulnerabilidade de redes em grafos de Harary**. D.Sc. COPPE,UFRJ. Rio de Janeiro: 2006.

LYRA, T. F.; OLIVEIRA, C. S. **Um estudo sobre confiabilidade de redes**. In: Sinpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 19 ed. São Pedro: 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia e produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Produção, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

OLIVEIRA, S. C. S. **Análise da Cadeia de Suprimentos de Vacinas o Brasil**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2009.

OLIVEIRA, V. C. *et al*. **Avaliação da qualidade de conservação de vacinas na atenção primária à saúde.** Ciência e Saúde Coletiva, v. 19, n. 9, p. 3889-3898, 2014.

PAZIRANDEH, A. **Sourcing in global health supply chains for developing countries**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 41, n. 4, p. 364-384, 2011.

PEYSSON, L. F. **Tracing and control of raw materials sourcing for vaccine manufacturers.** Biologicals, v. 38, n. 3, p. 352-353, 2010.

ROLIM, P. **Panorama da Indústria Farmacêutica**. Universidade Federal de Pernambuco: Laboratório de Tecnologia dos Medicamentos. Disponível em: <http://200.17.141.110/pos/farmacia/especializacao/modulo6/Panorama_da_Industria_Farmaceutica.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

SCHATZMAYR, H. G.; *et al*. F.‘**Erradicação da poliomielite no Brasil: a contribuição da Fundação Oswaldo Cruz**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 9, n. 1, p. 11-24, Rio de Janeiro: 2002.

SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Despacho Aduaneiro de Mercadorias**. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/Aduana/ProcAduExpImp/DespAduMercad.htm>. Acessado em 21 jan. 2016.

SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Instrução Normativa SRF nº 680** de 02 de outubro de 2006. Disponível em: < http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=15618>. Acesso em: 21 jan. 2016.

SELLITTO, M. A. *et al*. **Análise de risco e classificação de fornecedores em uma cadeia de suprimentos**. Engevista, v. 15, n. 2, p. 202-213, 2013.

SILVA JR, J. B. **40 anos do Programa Nacional de Imunizações: uma conquista da Saúde Pública brasileira.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v.22, n. 1, p. 7-8, Brasília: 2013.

SODHI, M. S.; SON, B.; TANG, C. S. **Researchers’ Perspectives on Supply Chain Risk Management.** Production and operations management, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2012.

TALAMINI, E.; PEDROZO, E. A.; SILVA, A. L. **Gestão da cadeia de suprimentos e a segurança do alimento: uma pesquisa exploratória na cadeia exportadora de carne suína.** In: Gestão & Produção, v. 12, n. 1, p. 107-120, 2005.

TANG, O.; MUSA, S. **Idenentifying risk issues and research advancements in supply chain risk management**. International Journal of Production Economics, v. 133, n.1, p. 25-34, 2011.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Licitações & Contratos: Orientações e Jurisprudência do TCU**. 4 ed. Brasília, 2010.

VILKO, J. P.P., HALLIKAS, J. M. **Risk assessment in multimodal supply chains.** International Journal Production Economics, v. 140, n. 2, p. 586-595, 2012.

Apêndice I – Dados de Entrada das Cadeias de Suprimento no *Pajek*

V.1. Cadeia de Suprimentos da Vacina contra Febre Amarela (Atenuada) 5, 10 e 50 Doses

Vértices	Arestas
*vertices 41	*arcs
1 5	1 40 4
2 6	2 40
3 7	3 40 2
4 10	4 40
5 12	5 40
6 13	6 40 3
7 14	7 40
8 21	8 40
9 22	9 40
10 26	10 40
11 30	11 40 2
12 31	12 40
13 32	13 40 2
14 34	14 40
15 37	15 40
16 38	16 40
17 39	17 40
18 43	18 40
19 45	19 40
20 47	20 15
21 48	21 40
22 49	22 40 2
23 50	23 40 2
24 51	24 40 9
25 53	25 40
26 54	26 40 2
27 55	27 40
28 57	28 40
29 59	29 40
30 60	30 40 2
31 61	31 40
32 62	32 19
33 63	33 40
34 66	34 40 2
35 68	35 40 2
36 69	36 40
37 73	37 40
38 75	38 40 5
39 76	39 40
40 "Febre Amarela"	41 2
41 86	7 25
	7 5
	7 12
	7 37
	7 9

V.2. Cadeia de Suprimentos da Vacina Contra Sarampo, Caxumba e Rubéola (Tríplice Viral) 10 doses

Vértices	Arestas
*vertices 37	*arcs
1 2	1 36 3
2 3	1 19 2
3 5	1 10 2
4 13	2 23 11
5 14	2 6
6 15	2 29
7 16	2 26
8 17	2 32
9 18	3 36 2
10 19	4 36 3
11 26	5 36
12 27	5 18
13 28	6 36
14 29	7 36
15 30	8 36
16 32	8 9
17 33	9 36
18 35	10 36 2
19 36	11 36
20 37	12 13 6
21 41	13 36 6
22 45	14 36 2
23 46	15 36
24 47	16 36
25 51	17 36 3
26 58	18 36
27 59	19 36 2
28 62	20 36 2
29 64	21 36
30 66	21 23
31 68	22 36 3
32 65	23 36 12
33 69	24 20 2
34 75	25 36 11
35 76	26 36
36 "TVV"	27 36
37 85	28 22 3
	29 36
	30 36
	31 36
	32 36
	33 36 6
	34 36 2
	35 36
	37 7

V.3. Cadeia de Suprimentos da Vacina Pneumocócica 10-Valente (Conjulgada)

Vértices	Arestas
*vertices 10	*arcs
1 13	1 10 3
2 5	2 10 2
3 26	3 10
4 32	4 10
5 33	5 10
6 54	6 10
7 59	7 10
8 60	8 10
9 66	9 10
10 "Vacina Pneumocócica"	

V.4. Cadeia de Suprimentos da Vacina Haemophilus Influenzae b (Conjulgada) 1 e 5 Doses

Vértices	Arestas
*vertices 36	*arcs
1 1	1 36
2 5	2 36 4
3 8	3 36
4 9	4 36
5 10	5 36 2
6 11	6 36
7 13	7 36 2
8 24	8 36
9 25	9 30 2
10 26	9 31 2
11 32	10 36
12 33	11 36
13 34	12 36
14 38	13 36
15 41	14 36
16 42	15 36
17 43	15 18
18 46	16 36
19 51	17 36 2
20 52	18 36
21 54	19 36 3
22 55	20 36 2
23 56	21 36
24 59	22 36
25 60	23 36
26 66	23 1
27 67	24 36
28 68	25 36 2
29 69	26 36
30 70	27 36 2
31 71	28 36
32 72	29 36 3
33 74	30 36 2
34 75	31 36 2
35 76	32 36
36 "HIB"	33 36
	33 12
	34 36 2
	35 36

V.5. Cadeia de Suprimentos da Vacina Contra Poliomelite Tipos 1, 2 e 3 (Atenuada Oral)

Vértices	Arestas
*vertices 15	*arcs
1 4	1 15
2 5	2 15 2
3 13	3 15 2
4 20	4 15
5 23	5 15
6 26	6 15
7 32	7 15
8 33	8 15 3
9 40	9 15
10 44	10 15
11 51	11 15 3
12 59	12 15
13 60	13 15
14 69	14 15 2
15 "Poliomelite"	

V.6. Cadeia de Suprimentos Integrada

Vértices	Vértices (continuação)	Arestas	Arestas (continuação 1)	Arestas (continuação 2)	Arestas (continuação 3)
*vertices 86	49 "49"	*arcs	22 82	49 83	69 84 2
1 "1"	50 "50"	1 79	22 83	50 83	70 79 2
2 "2"	51 "51"	1 80	23 84	50 81	70 80 2
3 "3"	52 "52"	2 78 3	24 79	51 78 11	71 79 2
4 "4"	53 "53"	2 19 2	24 80	51 79 3	71 80 2
5 "5"	54 "54"	2 36 2	25 70 2	51 80 3	72 79
6 "6"	55 "55"	3 46 11	25 71 2	51 81 9	72 80
7 "7"	56 "56"	3 64 2	26 77	51 82 2	73 81
8 "8"	57 "57"	3 15	26 78	51 83 9	73 82
9 "9"	58 "58"	3 58	26 79	51 84 3	73 83
10 "10"	59 "59"	3 65	26 81	52 79 2	74 79
11 "11"	60 "60"	4 84	26 82	52 80 2	74 80
12 "12"	61 "61"	5 80 3	26 83	53 81	74 33
13 "13"	62 "62"	5 82 2	26 84	53 82	75 78 2
14 "14"	63 "63"	5 77 2	27 28 6	53 83	75 79 2
15 "15"	64 "64"	5 78 2	28 78 6	54 77	75 80 2
16 "16"	65 "65"	5 79	29 78 2	54 80	75 81 2
17 "17"	66 "66"	5 81 2	30 78	54 81	75 82 2
18 "18"	67 "67"	5 83 2	30 81	54 82	75 83 2
19 "19"	68 "68"	5 84 2	30 83	55 79	76 78
20 "20"	69 "69"	6 81	31 81	55 81	76 80
21 "21"	70 "70"	6 83	31 82	56 79	76 83
22 "22"	71 "71"	7 81	31 83	56 80	85 16
23 "23"	72 "72"	7 83	32 77	56 1	86 6
24 "24"	73 "73"	8 79	32 78	57 81	
25 "25"	74 "74"	8 80	32 80	58 78	
26 "26"	75 "75"	9 79	32 81	59 77	
27 "27"	76 "76"	9 80	32 84	59 78	
28 "28"	77 "A"	10 80	32 83	59 79	
29 "29"	78 "B"	10 79	33 77	59 81	
30 "30"	79 "C"	10 81	33 78 3	59 82	
31 "31"	80 "D"	11 79	33 84 3	59 83	
32 "32"	81 "E"	11 80	33 79	59 84	
33 "33"	82 "F"	12 81	33 80	60 77	
34 "34"	83 "G"	12 82	34 79	60 80	
35 "35"	84 "H"	12 83	34 81	60 81	
36 "36"	85 "85"	13 77 3	35 78	60 82	
37 "37"	86 "86"	13 78 3	36 78 2	60 79	
38 "38"		13 79	37 78 2	60 84	
39 "39"		13 80	37 81	61 82	
40 "40"		13 81 2	37 83	62 45 3	
41 "41"		13 83 3	38 79	63 81	
42 "42"		13 84 2	38 81	63 82	
43 "43"		14 78	39 83	63 83	
44 "44"		14 35	40 84	64 78 2	
45 "45"		14 81	41 46	65 78	
46 "46"		14 82	41 78	66 77	
47 "47"		14 83	41 79	66 78	
48 "48"		14 22	41 80	66 80	
		14 53	42 79	66 81	
		14 31	42 80	66 83	
		14 73	43 80	67 79 2	
		14 12	43 79	67 80 2	
		15 78	43 81	68 78	
		16 78	44 84	68 79	
		17 78	45 78 3	68 80	
		17 18	45 81	68 81	
		18 78	45 83	68 82	
		19 78 2	46 79	68 83	
		20 84	46 80	69 78 6	
		21 81	46 78 12	69 79 3	
		21 82	47 37 3	69 80 3	
		21 83	48 82	69 81	
		22 81	49 81	69 83	