

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS

GUY REIS RABE

**AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE FABRICAÇÃO NACIONAL DE PRODUTO
IMPORTADO A PARTIR DA ENGENHARIA REVERSA**

SÃO PAULO
2020

GUY REIS RABE

**AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE FABRICAÇÃO NACIONAL DE PRODUTO
IMPORTADO A PARTIR DA ENGENHARIA REVERSA**

Versão Original

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Engenheira de
Materiais.

Orientador: Prof. Eduardo Monlevade

SÃO PAULO

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica

Rabe, Guy

Avaliação de viabilidade de fabricação nacional de produto importado a partir da engenharia reversa / G. Rabe – São Paulo, 2020,
84 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

1. NACIONALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO 2. CADEIA DE SUPRIMENTOS
3. ENGENHARIA REVERSA I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais II. t.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente ao professor Eduardo Monlevade por ser meu orientador, por acreditar no tema escolhido e estar sempre disponível para me ajudar, indicando sempre o melhor caminho para o desenvolvimento do trabalho.

Gostaria de agradecer também o Vinícius Zagatti e Gilberto Smith, amigos que me ajudaram a ter acesso a importantes informações para o trabalho, sem as quais eu não teria conseguido chegar aos resultados desejados. Muito obrigado ao meu grande amigo Rafael Ishimoto, que sempre me apoiou e ajudou quando necessário.

Por fim, gostaria de agradecer imensamente a minha família, por estar sempre do meu lado, especialmente aos meus pais por terem me proporcionado a melhor educação e dado muito carinho para que eu chegasse onde estou. Agradeço também a Bianca Fernandes pelo companheirismo, constante incentivo e sempre me fazendo uma pessoa melhor. Muito obrigado.

Resumo

RABE, Guy Reis. **Avaliação de viabilidade de fabricação nacional de produto importado a partir da engenharia reversa**. 2020. 84p. Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PMT), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

O presente trabalho é um estudo de caso com o objetivo de avaliar a viabilidade de produzir um produto nacionalmente que existe apenas no exterior. Técnicas de engenharia reversa foram aplicadas para determinar o material usado no produto original e os processos de conformação envolvidos. Para isso, um exemplar do produto original foi importado. A geometria foi medida e com isso um modelo computacional em *CAD* foi criado. Com a massa medida e do volume estimado com o modelo *CAD*, uma faixa de densidades foi calculada, o que permitiu a identificação inicial de candidatos para o material usado no produto. Além disso, foi identificado que ele tinha propriedades magnéticas, sendo possível, então, afinar ainda mais os possíveis metais e, com isso, escolher o método mais adequado a ser usado no ensaio metalográfico para determinar a micrografia de uma amostra da peça. A partir desse ensaio, foi possível determinar que o material utilizado no produto original era um aço de baixa liga e baixo carbono, o SAE 1006. Após a determinação do material foram feitas simulações por elementos finitos usando o modelo *CAD*, a fim de verificar as informações que o fornecedor original fornecia e obter *insights* sobre os processos de conformação que seriam utilizados na produção nacional. Tanto o material quanto a mão de obra foram cotados com fornecedores nacionais e uma cadeia de suprimentos completa foi construída. Essa cadeia foi comparada com a cadeia de importação, que também foi construída. Com o dólar valendo R\$ 5,50, o custo de produção nacional orçado foi de R\$ 198,44 contra R\$ 309,33 do produto importado. Outros fatores quantitativos e qualitativos foram analisados com base nos mais relevantes modelos de importação *versus* produção nacional. Com isso, foi possível fazer uma análise completa sobre as diferentes cadeias, cumprindo o objetivo desejado.

Palavras-chave: Compra *versus* Produção. Engenharia Reversa. Cadeia de Suprimento. Nacionalização.

Abstract

RABE, Guy Reis. **Viability study of nationally manufacturing an imported product using reverse engineering techniques**. 2020. 84 p. Undergraduate thesis (Materials Engineering Degree) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PMT), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

This thesis is a case study which aims to evaluate the viability of nationally manufacturing a product that does not exist in the internal market. Reverse engineering techniques were employed to determine the materials used in the original product, as well as the forming processes used. A sample of the original product was imported, and its geometry was measured, which led to the design of a computational model. A density range was calculated using the measured mass of the product and the volume estimated by the *CAD* model. This permitted the listing of initial candidates to the material used in the original product. In conjunction with the material's magnetism, it was possible to narrow down the original list of candidates and determine the most adequate method for the metallography study in order to determine the micrograph of the material used. The material used was a low alloy low carbon steel SAE 1006. After the material was determined, finite element method simulations were made to verify some of the information provided by the supplier and to obtain insights regarding the forming processes that would be used in the production. The cost of materials and services needed to produce the piece locally were obtained and with that a national supply chain was determined. This supply chain was compared to its international equivalent, which was also determined. On a valuation of R\$ 5,50 per US Dollar, the final cost of producing nationally was R\$ 198,44 versus R\$ 309,33 of the imported product. Other quantitative and qualitative factors were analyzed, using the most relevant outsourcing versus production models. With that, it was possible to fully analyze both supply chains and compare them, which was the main objective of this study.

Keywords: Outsourcing vs. in-house production. Reverse Engineering. Supply Chain. National Manufacture.

Lista de Abreviaturas e Siglas

CAD	<i>Computer-aided drawing</i>
CIF	<i>Cost, Insurance and Freight</i>
CNAE	<i>Classificação Nacional de Atividades Econômicas</i>
COFINS	<i>Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social</i>
DI	<i>Declaração de importação</i>
ER	<i>Engenharia Reversa</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
ICMS	<i>Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços</i>
II	<i>Imposto de importação</i>
IPI	<i>Imposto sobre Produtos Industrializados</i>
NCM	<i>Nomenclatura Comum do Mercosul</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
PIS	<i>Programa de Integração Social</i>
SISCOMEX	<i>Sistema Integrado de Comércio Exterior</i>

Lista de Figuras

Figura 1 - Valor Corrente da importação e da indústria de transformação no Brasil. Fonte: Sistema de Contas Nacionais Trimestrais, IBGE	2
Figura 2 - Cadeia de Suprimentos de uma empresa. Fonte: Adaptado de (Ballou, 2004).....	6
Figura 3 - Os benefícios econômicos do suprimento a partir de fontes internacionais. Fonte: Ballou, 2004	7
Figura 4 - Percentual da Importação no PIB do Brasil entre 2000 e 2018. Elaborada pelo autor. Fonte: Banco Mundial	12
Figura 5 - Última etapa do processo básico de importação no Brasil. Fonte: Adaptada de Guia de Comércio Exterior e Investimento – Invest & Export Brasil. Disponível em: http://www.investexportbrasil.gov.br/fluxograma-processo-de-importacao-0	16
Figura 6 - Variação da importação (barras) com taxa de câmbio (linha) no Brasil entre 2000 e 2018. Elaborada pelo autor. Fonte: Ipeadata.	18
Figura 7 - Etapas do processo de desenvolvimento de produtos. Fonte: Adaptado de (ROZENFELD et. al., 2006)	19
Figura 8 - Conteúdo do kit anunciado. Disponível em: https://www.amazon.com/pt/dp/B07W5ZF89Q/	23
Figura 9 - Seleção de área para amostra. Foto tirada pelo autor.	25
Figura 10 - Layout usado para as simulações. Foto tirada pelo autor.	26

Figura 11 - Captura de tela do anúncio do produto. Disponível em: https://www.amazon.com/pt/dp/B07W5ZF89Q/	29
Figura 12 - Medidas anunciadas. Disponível em: https://www.amazon.com/pt/dp/B07W5ZF89Q/	30
Figura 13 - Diferentes aplicações do produto.	30
Figura 14 - Medidas de um dos componentes do arco. Foto tirada pelo autor.	31
Figura 15 - Medidas do arco montado. Foto tirada pelo autor.	31
Figura 16 - Parte afinada do tubo. Foto tirada pelo autor.	32
Figura 17 - Encaixe dos componentes do arco. Foto tirada pelo autor....	32
Figura 18 - Evidência de solda na junção da ponta com a extremidade do tubo. Foto tirada pelo autor.	33
Figura 19 - Vista frontal do modelo CAD. Foto tirada pelo autor	35
Figura 20 - Vista em perspectiva do modelo CAD. Foto tirada pelo autor	35
Figura 21 - Resultado da análise no CES Edupack. Diagrama construído pelo autor.	37
Figura 22 - Microestrutura do material com 200x de aumento em microscópio óptico.....	38
Figura 23 - Resultado da simulação com força no eixo Z. Vista frontal. Foto tirada pelo autor.	40
Figura 24- Resultado da simulação com força no eixo Z. Vista superior. Foto tirada pelo autor.	40

Figura 25 - Resultado da simulação com força decomposta. Vista superior. Foto tirada pelo autor.	41
Figura 26 - Resultado da simulação com força decomposta. Vista inferior. Foto tirada pelo autor.	41
Figura 27 - Linha indicando a região de menor tensão na parte reta do tubo. Foto tirada pelo autor.	42
Figura 28 - Área destacada da costura do tubo por solda. Foto tirada pelo autor.	43
Figura 29 - Esquema de dobramento do tubo. Elaborada pelo autor.	47
Figura 30 - Dimensões da ponta do arco. Elaborada pelo autor.....	48
Figura 31 - Comparação da participação de cada tipo de custo na cadeia. Elaborada pelo autor.	55
Figura 32 - Cadeia de Suprimentos da produção nacional. Elaborada pelo autor.	57
Figura 33 - Cadeia de Suprimentos da importação. Elaborada pelo autor.	58
Figura 34 - Diagrama de Gantt para a cadeia de suprimentos importada. Elaborada pelo autor.	60
Figura 35 - Diagrama de Gantt para a cadeia de suprimentos nacional. Elaborada pelo autor.	60

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Condição de escoamento do aço SAE 1006	39
Tabela 2 - Local de cada empresa cotada e o respectivo custo por quilo do aço SAE 1006.	45
Tabela 3 - Massa e preço por tubo de 6m de comprimento por empresa	46
Tabela 4 - Custos com logística.....	49
Tabela 5 - Custos finais do lote	50
Tabela 6 - Composição do Valor CIF da carga em Reais.....	52
Tabela 7 - Cálculo dos impostos federais em Reais.....	53
Tabela 8 - Custos da Cadeia Importada em Reais	53
Tabela 9 - Custos Importados vs. Nacionais	54
Tabela 10 - Variação do custo em função da variação do dólar	56

Sumário

1	Introdução.....	1
1.1	Motivação	3
2	Objetivos.....	3
3	Revisão Bibliográfica	4
3.1	Cadeia de Suprimentos.....	4
3.1.1	Conceitos básicos de Cadeia de Suprimentos (BALLOU, 2004)	4
3.1.2	Modelamento de Compra versus Produção	7
3.1.3	Indicação de Performance.....	10
3.2	Importação no Brasil	12
3.2.1	Processo de Importação.....	13
3.2.2	Vias de Importação.....	16
3.2.3	Variações Cambiais.....	17
3.3	Engenharia Reversa.....	19
3.3.1	Processo de Desenvolvimento de Produto (ROZENFELD et al, 2006)	19
3.3.2	Processo Reverso.....	20
4	Método.....	22
4.1	Definição do Material.....	24
4.2	Simulação pelo método dos elementos finitos	25
4.3	Levantamento de Custos no Mercado Nacional	27
4.4	Levantamento de Custos de Importação	27
5	Resultados e Discussões.....	29
5.1	Produto	29
5.1.1	Produto Real	31
5.2	Técnicas de Engenharia Reversa.....	34
5.2.1	Modelo em CAD.....	34
5.2.2	Definição do Material	36
5.2.3	Simulação pelo método dos elementos finitos	39
5.3	Análise da Cadeia de Suprimentos Nacional	44
5.3.1	Material para o tubo	45
5.3.2	Conformação do tubo	47
5.3.3	Pontas do arco	48
5.3.4	Custo Total.....	49
5.4	Análise da Cadeia de Suprimentos Importada.....	51
5.4.1	Custo do Produto	51
5.4.2	Custos Logísticos.....	51
5.4.3	Impostos de importação	52
5.4.4	Custo Total.....	53
5.5	Comparação entre as Cadeias	54
5.5.1	Análise Econômica	54

5.5.2	Aplicação de Teorias do Modelamento de Compra versus Produção	56
5.5.3	Indicadores de Performance	59
6	Conclusão.....	63
7	Referências.....	65

1 Introdução

A partir da década de 80, observou-se no mundo um crescente movimento de globalização. Com o avanço tecnológico e maior integração entre países, o comércio internacional de mercadorias e serviços cresceu mundialmente. O Brasil não foi exceção a essa tendência. De acordo com levantamento feito por Kume et al. (2003), o governo brasileiro reduziu em três ocasiões as tarifas de importação entre 1988 e 1994. A partir dessas mudanças, a participação das importações na economia e conseqüentemente no PIB do país aumentou.

Também no contexto de ampliação de comércio exterior, a China passou por grandes transformações na década de 90. A partir da criação das Zonas Econômicas Especiais, especificamente destinadas ao crescimento e modernização da sua indústria nacional, a China adotou um papel central no comércio internacional. Usando táticas como desvalorização da moeda nacional para aumentar a competitividade de suas exportações, isenção de impostos e política de baixos salários, a China ocupa hoje a primeira posição no ranking de valor exportado no mundo. De acordo com o *UN Comtrade*, em 2018 a China representou 13,5% do valor total de exportações mundiais, 4,5 pontos percentuais acima dos Estados Unidos, segundo colocado.

A transformação da indústria chinesa afetou a maioria dos países no mundo, inclusive o Brasil. De acordo com o *International Trade Center*, em 2010 a China ultrapassou os Estados Unidos como país com maior parcela nas importações brasileiras. O aumento das importações no Brasil de produtos de qualidade diferenciada ou custo inferior trouxe conseqüências à indústria nacional,

especialmente a indústria de transformação. De acordo com a Figura 1, o valor gerado por indústria crescia em um ritmo similar ao de importação até 2010. Após uma queda entre 2008 e 2009, causada pela crise mundial de 2008, a importação no Brasil disparou. A única queda observada foi entre 2014 e 2017, quando o país passou por momento conturbado internamente com crise política. Nesse período, a parcela da indústria de transformação no PIB brasileiro retraiu. Essa indústria chegou a representar 15% do PIB em 2004. Desde então, porém, se observou queda gradual nessa parcela, atingindo 9% ao fim de 2019 de acordo com o IBGE. Esse contexto, aliado com altas taxas de juros e desvalorização do Real, fez com que o Brasil passasse por um processo denominado de desindustrialização.

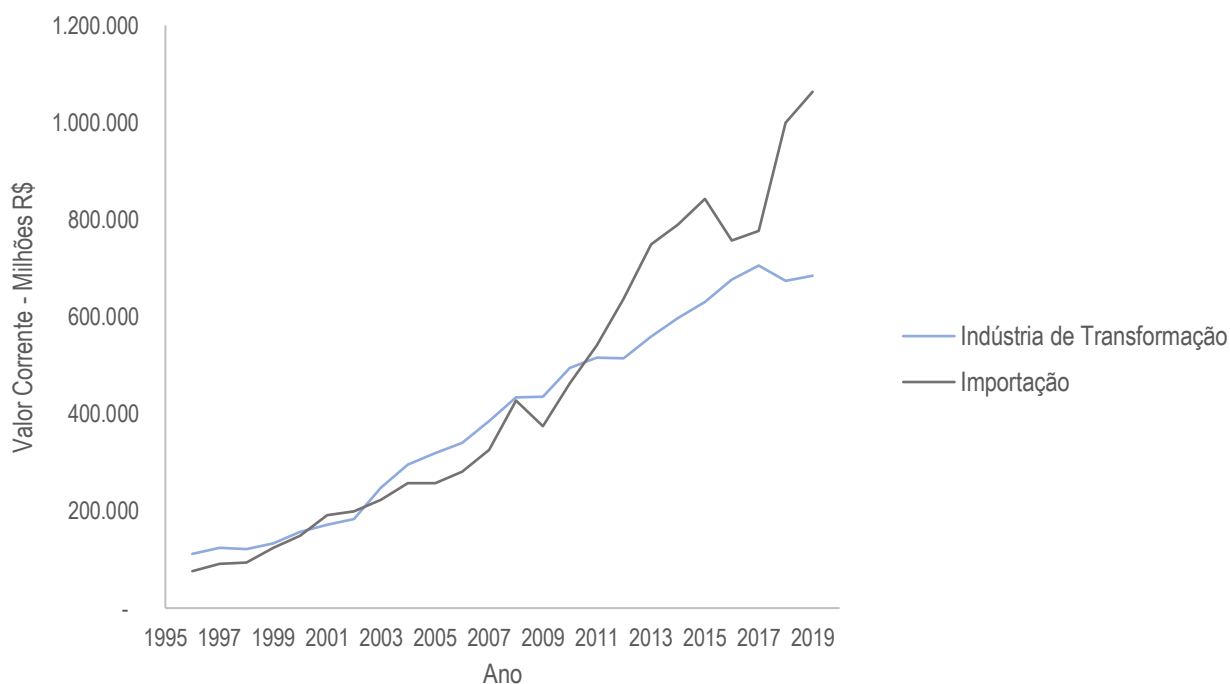


Figura 1 - Valor Corrente da importação e da indústria de transformação no Brasil. Fonte: Sistema de Contas Nacionais Trimestrais, IBGE

Uma das formas de combater a desindustrialização é o incentivo à produção nacional. Além de fatores macroeconômicos, as empresas também

podem buscar a produção nacional de alguns de seus itens importados para obter vantagens estratégicas. Dependendo do setor e do item, a produção nacional pode reduzir até o custo em relação à importação, especialmente devido à alta taxa de impostos nesse processo. Outros fatores importantes como tempo de produção, exposição a alterações cambiais e redução de riscos envolvidos na importação também devem ser considerados para avaliar a viabilidade de desenhar uma cadeia de produção nacional vantajosa.

1.1 Motivação

Para realizar um estudo que avalie a viabilidade da produção nacional, foi escolhido mapear um produto que era produzido na China, mas que não existia no mercado brasileiro. O produto deveria ter um uso simples, porém funcional e útil. O nicho explorado foram aparelhos que permitissem ao usuário fazer diferentes exercícios físicos onde quer que fosse. Foi então escolhido um produto que atendesse essas condições e que tivesse geometria possível de replicar.

2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é específico. Espera-se desenvolver uma cadeia de suprimentos teórica e compará-la com a rota internacional.

Técnicas de Engenharia Reversa serão aplicadas para avaliar as necessidades em relação aos materiais utilizados no desenvolvimento do produto. Deseja-se que as propriedades do potencial produto nacional sejam pelo menos iguais ao do produto original estudado.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Cadeia de Suprimentos

3.1.1 *Conceitos básicos de Cadeia de Suprimentos* (BALLOU, 2004)

3.1.1.1 Definições Formais

BALLOU (2004) define a Cadeia de Suprimentos como um conjunto de atividades funcionais, como transportes ou controle de estoques, pelo qual matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados. Como a cadeia logística normalmente envolve diferentes empresas e processos, é possível que atividades se repitam inúmeras vezes ao longo do canal.

Ainda de acordo com BALLOU (2004) a logística empresarial pode ser dividida em duas partes principais. O abastecimento físico é o conjunto de atividades que ocorrem entre as fontes materiais imediatas de uma empresa e seus pontos de processamento. Já a distribuição física é o conjunto de atividades que ocorrem entre os pontos de processamento da empresa e seus clientes.

O composto de atividades que compõe a logística empresarial varia com as atividades realizadas pela empresa e seu ramo de atuação. Porém existem atividades básicas que são comumente parte das cadeias logísticas empresariais. Segundo o *Council of Logistics Management* (CLM), os componentes de um sistema logístico típico são:

Serviços ao cliente, previsão de demanda, comunicações de distribuição, controle de estoque, manuseio de materiais, processamento de pedidos, peças de reposição e serviços de suporte, escolha de locais para fábrica e armazenagem (análise de

localização), embalagem, manuseio de produtos devolvidos, reciclagem de sucata, tráfego e transporte, e armazenagem e estocagem.

Segundo BALLOU (2004), a cadeia de suprimentos é importante por tratar da criação de valor. Isso é relevante para todas os interesses diretos no ciclo do produto, que inclui clientes e fornecedores da empresa. A manifestação do valor logístico pode ser posta em termos de tempo e lugar. Um produto ou serviço precisa estar disponível aos clientes quando (tempo) e onde (lugar) eles pretenderem consumi-los.

3.1.1.2 Agentes da Cadeia

Em geral, uma empresa não tem condições de controlar integralmente seu canal de fluxo de produtos. Como uma grande quantidade de atividades são realizadas da fonte da matéria-prima até os pontos de consumo, é comum existirem cadeias de suprimentos com diversos agentes. Os principais são os fornecedores, fábricas e clientes, com a necessidade de transporte e armazenamento entre cada uma dessas partes.

3.1.1.3 Custos Envolvidos

A Figura 2 mostra um esquema de uma cadeia de suprimentos generalizada. As setas indicam o fluxo do produto durante a cadeia. Quanto maior é o número de agentes em locais físicos diferentes, maior a necessidade de transporte e armazenamento, que acarretam custos significativos para a operação.

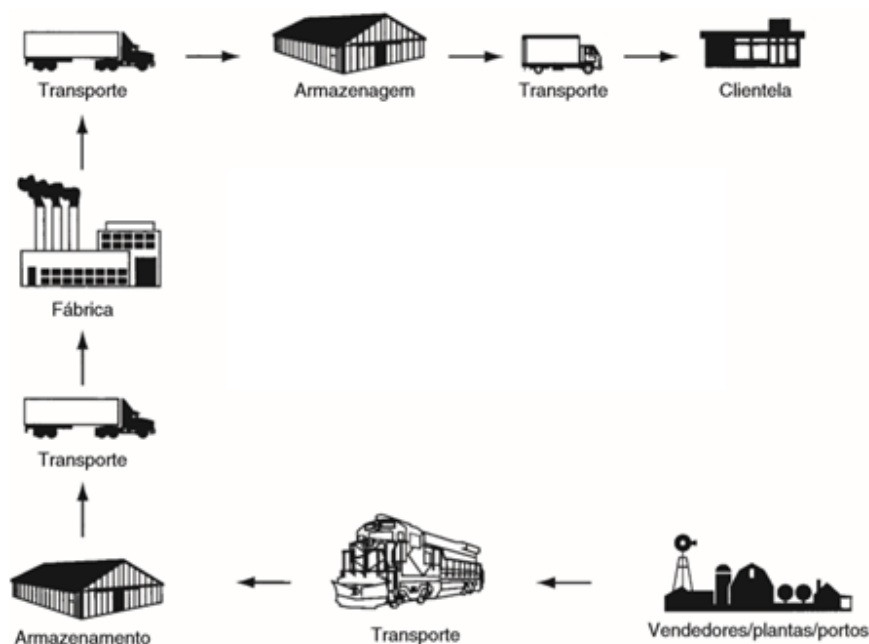


Figura 2 - Cadeia de Suprimentos de uma empresa. Fonte: Adaptado de (Ballou, 2004).

De acordo com levantamentos do Fundo Monetário Internacional (FMI), os custos com logística empresarial representam em média 12% do produto interno bruto mundial. Segundo BALLOU (2004), no âmbito empresarial esses custos são apenas menores que os custos de mercadoria vendida, que representam em média de 50 a 60%. Portanto, a compreensão e controle da cadeia de suprimentos e a consequente minimização dos custos associados é fundamental para o sucesso de uma empresa.

Uma das formas, de acordo com BALLOU (2004), de diminuir os custos logísticos é buscar fontes internacionais onde a mão-de-obra e a matéria-prima sejam mais baratas. Cadeias de suprimentos globais estão cada vez mais em uma economia mundial que tende a ser cada vez mais integrada. A Figura 3 mostra visualmente os benefícios que fontes internacionais podem trazer, apesar do aumento da complexidade da cadeia e da inclusão de tarifas para importação.

Fontes locais	Fontes internacionais
Lucro	Lucro
Despesas gerais e administrativas	Despesas gerais e administrativas
Marketing	Marketing
Logística	Logística
Custos indiretos	Tarifas
Materiais	Custo indireto
	Materiais
Mão-de-obra	Mão-de-obra

Figura 3 - Os benefícios econômicos do suprimento a partir de fontes internacionais. Fonte: Ballou, 2004

3.1.2 Modelamento de Compra versus Produção

A modelagem da decisão fazer *versus* comprar é tema de diversos estudos, principalmente a partir da década de 90. Diante da compreensão de que custos logísticos são consideráveis e as interações entre os agentes da cadeia fundamentais, empresas também passam a se interessar pelo tema

Gutwald (1995) revisou os modelos clássicos e os classificou em quatro grupos: análise econômica, análise do custo de transação, análise estratégica e análise multidimensional.

3.1.2.1 Análise Econômica

De acordo com Gutwald (1995), o modelamento a partir da análise econômica envolve a comparação dos custos de produção de um componente com o custo de terceirizar essa atividade. Essa análise leva em conta todos os custos envolvidos diretamente no processo e fornece uma resposta puramente quantitativa para a decisão de fazer ou comprar, excluindo os fatores qualitativos existente nas cadeias de suprimentos e custos indiretos.

3.1.2.2 Análise de Custo de Transação

Coase (1937) desenvolveu a Teoria do Custo de Transação. Os custos de transação são definidos por Coase (1937) como os custos nos quais é necessário incorrer quando se recorre ao mercado, a fim de obter equipamentos, serviços ou insumos. Esses custos estão relacionados principalmente com a elaboração de contratos, monitoramento e organização das atividades realizadas.

Williamson (1991) baseou-se nessa teoria e concluiu que ela é necessária uma vez que existem riscos em relações comerciais decorrentes da tendência humana ao oportunismo. O custo de transação, de acordo com Williamson (1991), está relacionado à forma como os parceiros se protegem desses riscos.

O modelamento por análise de custo de transação busca minimizar esses custos, incrementando a análise econômica anterior.

3.1.2.3 Análise Estratégica

Autores como Hamel e Prahalad (1990, 1994) propuseram novos modelos de decisão de comprar *versus* fazer baseados na estratégia da empresa. Esses modelos tinham em comum a escolha estratégica de um pequeno número de

habilidades que uma empresa deveria dominar. Essas habilidades são chamadas por Hamel e Prahalad (1990) de competências centrais, definidas como:

Um aprendizado coletivo da organização (...), um conjunto único de capacidades que permite à empresa criar grandes produtos

(Hamel e Prahalad, 1990, p. 82)

Esses modelos apontam que se deve apenas optar por fazer quando a atividade é de alta importância estratégica e que seja uma atividade que a empresa tenha alta competência. Segundo Hamel e Prahalad (1994), atividades que têm baixa importância ou que a empresa apresenta baixa competência para realizar devem ser terceirizadas.

3.1.2.4 Análise Multidimensional

Segundo Lonsdale (1999), um dos maiores motivos do desapontamento das empresas com os serviços terceirizado na década de 90 está relacionado com o baixo nível de controle de risco feito por essas empresas. Lonsdale (1999) propõe um modelo multidisciplinar para entender e controlar os riscos presentes nas relações com fornecedores terceirizados.

Lonsdale (1999) incrementa o modelo de análise de importância estratégica da atividade para a empresa com uma análise do mercado disponível de empresas que poderiam potencialmente realizar o serviço. A recomendação de terceirizar é feita apenas quando existe um mercado competitivo de fornecedores para uma dada atividade e a atividade não leve a uma grande dependência do fornecedor por parte da empresa.

3.1.3 *Indicação de Performance*

De acordo com Beamon (1998), um componente importante na análise de cadeias de suprimentos é a determinação dos indicadores usados para medir a sua eficiência. Esses indicadores são importantes tanto para medir a performance da cadeia em vigor quanto para projetar uma nova cadeia.

Ainda segundo Beamon (1998), os indicadores podem ser divididos em medidas qualitativas e quantitativas. Um ou mais indicadores de diferentes grupos podem ser escolhidos para fazer a avaliação da eficiência da cadeia.

3.1.3.1 Indicadores Qualitativos

São os indicadores que não podem ser medidos diretamente, mesmo que alguns aspectos relacionados possam ser quantificados. Segundo Beamon (1998), os principais são:

- Satisfação dos clientes em relação ao produto ou serviço prestado;
- Flexibilidade, que diz respeito ao grau de facilidade que a cadeia tem em lidar com flutuações randômicas de demanda;
- Integração dos fluxos de material e informação, que diz respeito ao grau de comunicação entre os diferentes agentes e atividades da cadeia;
- Controle eficiente de riscos, visando minimizar os seus efeitos;
- Acompanhamento de performance dos fornecedores, avaliando o seu comprometimento com tempo de entrega e qualidade.

3.1.3.2 Indicadores Quantitativos

São os indicadores que podem ser medidos diretamente e descritos numericamente. Beamon (1998) classificou esses indicadores em objetivos diretamente relacionados com custos e objetivos relacionados ao consumidor final.

Os indicadores relacionados com custos são:

- Minimização de custos, tanto em termos da cadeia inteira quanto em relação a uma unidade específica da cadeia;
- Maximização de vendas;
- Maximização de lucro;
- Minimização de custos de inventário;
- Maximização do retorno sobre o investimento.

Já os objetivos relacionados ao consumidor final são:

- Maximização dos pedidos expedidos no tempo prometido;
- Minimização do tempo entre colocação do pedido e entrega ao cliente;
- Minimização do *Lead Time*, tempo entre o começo da produção e entrega ao cliente.

3.2 Importação no Brasil

Historicamente no Brasil, a parcela de importação no PIB tende a ser pequena em comparação com outros países. A Figura 4 mostra a variação da parcela de importação entre 2000 e 2018, que variou entre 11,2 e 14,6%. De acordo com levantamento feito pelo FMI, o Brasil em 2018 ficou apenas à frente de Cuba, Sudão e Turcomenistão no ranking de representação da importação no PIB por país, com 14,5%.

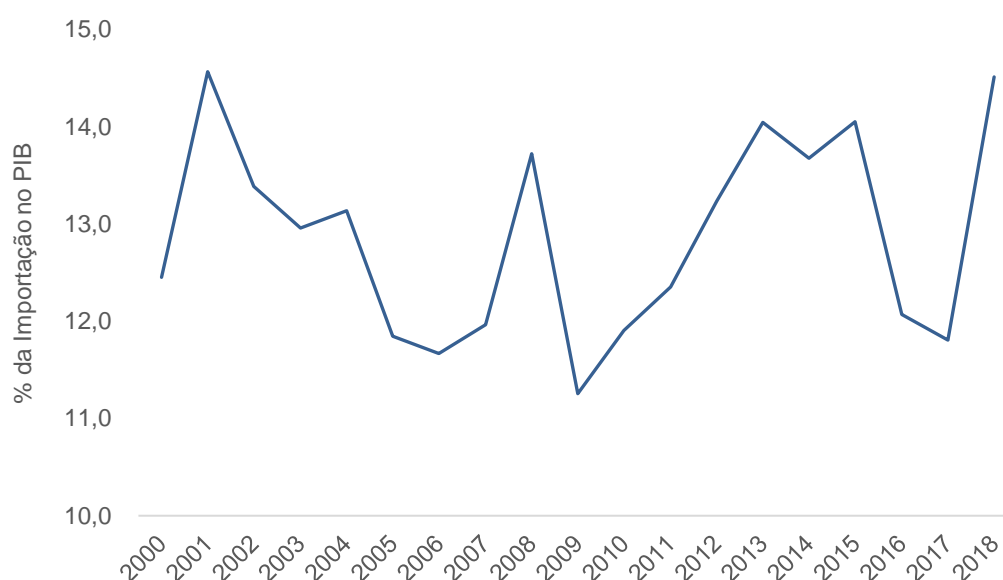


Figura 4 - Percentual da Importação no PIB do Brasil entre 2000 e 2018.
Elaborada pelo autor. Fonte: Banco Mundial

Tanto a legislação quanto a tributação sobre bens e serviços importados estão relacionados com o comportamento observado de importação no Brasil. De acordo com LUZ (2012), a legislação aduaneira brasileira é bastante complexa, composta por diferentes leis, decretos, portarias e instruções normativas sobre o tema. Além disso, segundo estudo da Confederação Nacional da Indústria em 2016, a carga tributária também tem efeito negativo na importação:

A carga tributária brasileira, em termos nominais, não é a mais elevada dentre a amostra de países analisados, mas está entre as maiores. O que torna a carga tributária brasileira mais perversa é a cumulatividade dos tributos sobre o consumo. Enquanto em outros países a tributação sobre consumo é inteiramente recuperável, no Brasil, existem situações em que toda a tributação sobre consumo é irrecuperável e situações em que a recuperação está sujeita ao cumprimento de determinadas condições.

Quando levada em consideração a carga tributária efetiva imposta sobre o importador, a conclusão é de que a carga brasileira é flagrantemente superior à dos demais países: enquanto o Brasil impõe ao importador um ônus efetivo que pode chegar a mais de 20%, os demais países não impõem nenhum ou, quando o fazem, caso de Índia e China, esse ônus é inferior a 1%.

3.2.1 Processo de Importação

Segundo CAPARROZ (2012), para que uma pessoa jurídica possa adquirir mercadorias no exterior ela deve seguir uma lista de requisitos. Entre os principais se destacam:

- Registro no Sistema RADAR da Receita Federal, cuja função é controlar as atividades relacionadas ao despacho aduaneiro;
- Inscrição no Registro de Importadores e Exportadores, para que o importador possa acessar o Sistema Integrado de Comércio Exterior - Siscomex;
- Obtenção da licença de importação.

Uma vez cumpridos esses requisitos, o importador pode prosseguir com o processo de importação. De acordo com o Manual de Importação da UNESP, elaborado pela Pró-Reitoria de Administração em 2003, o fluxograma dos processos de importação varia de acordo com a modalidade do pagamento

acordada entre importador e exportador. Entretanto, um documento importante para a maioria das modalidades é a *Invoice*, que atesta a transferência de propriedade da mercadoria e o que está sendo embarcado. Independente da modalidade do pagamento, o importador deve fazer o pagamento em moeda nacional para um banco no Brasil, que transferirá a remessa para um banco no exterior, de acordo com a taxa de câmbio fechada no ato do pagamento.

Ainda segundo o Manual de Importação da UNESP (2003), uma vez que a mercadoria entra no Brasil, o próximo processo necessário é a nacionalização, definida como a sequência de atos que transfere a mercadoria da economia estrangeira para a economia nacional. De acordo com CAPARROZ (2012), esse processo é iniciado no ato do registro da Declaração de Importação (DI) pelo importador, documento base do despacho de importação e compreende o conjunto de informações comerciais, cambiais e fiscais do processo de importação, segundo o Manual de Importação da UNESP (2003).

De acordo com VALE (2010), o pagamento dos valores referentes aos tributos de importação deve ser feito pelo importador para que a DI seja registrada. O valor desses tributos são calculados com a taxa de câmbio fechada no dia do registro. Os principais tributos citados por VALE (2010) para registro da DI são: Imposto de Importação, PIS vinculado às importações, COFINS vinculado às importações e IPI vinculado às importações.

Segundo o Guia de Comércio Exterior e Investimento – Invest & Export Brasil, resultado de esforço conjunto entre os Ministérios das Relações Exteriores (MRE); da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC); e da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), as etapas posteriores ao registro da DI são de

controle aduaneiro. A Figura 5 mostra o fluxograma das etapas de controle aduaneiro. Segundo JESUS (2013), a conferência aduaneira prevê três etapas, que são o exame documental, verificação da mercadoria e aplicação de procedimentos especiais de controle aduaneiro. A extensão que essas etapas são aplicadas na conferência dependem de qual canal a DI foi enquadrada. O canal pode ser verde, amarelo, vermelho ou cinza, respectivamente com rigidez de conferência crescente.

De acordo com o Artigo 571 do Regulamento Aduaneiro, o desembaraço aduaneiro na importação é o ato pelo qual é registrada a conclusão da conferência aduaneira.

Além dos impostos federais recolhidos no registro da DI, o importador deve pagar o ICMS, que segundo ASHIKAGA (2014) é um imposto de competência estadual/distrital. O ICMS é recolhido após o desembaraço aduaneiro e é a última etapa antes da liberação da mercadoria. A alíquota do ICMS varia com o tipo de bem que está sendo importado. Os bens são classificados de acordo com a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM). Cada produto deve ser enquadrado na categoria que melhor descreve sua função e seu grau de elaboração, aplicando as regras de classificação fiscal.

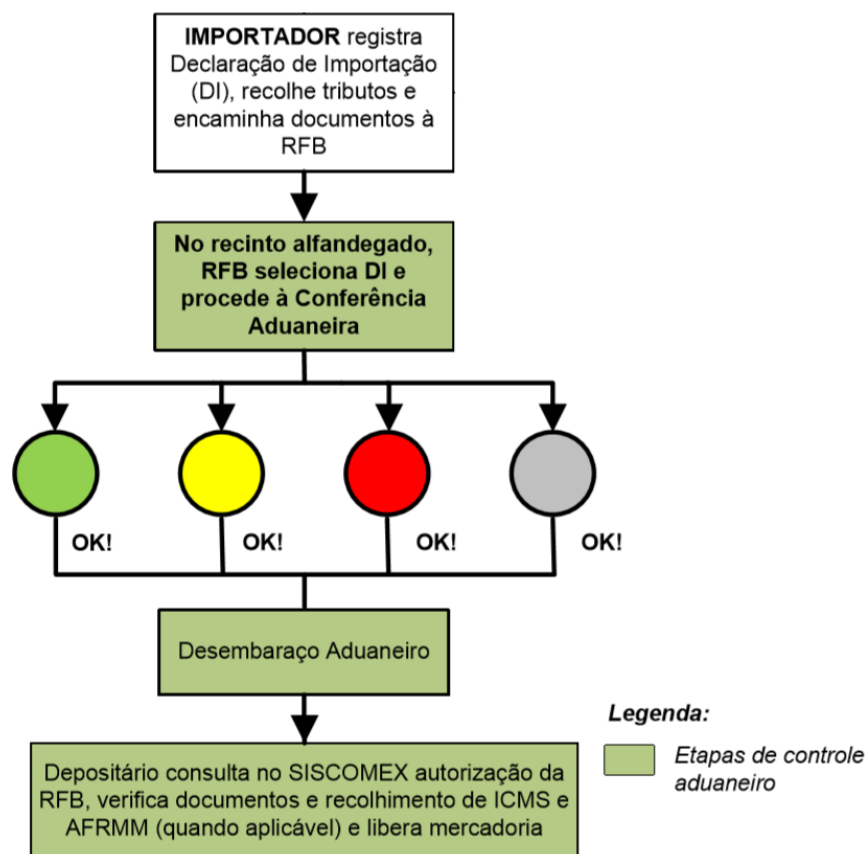


Figura 5 - Última etapa do processo básico de importação no Brasil.
 Fonte: Adaptada de Guia de Comércio Exterior e Investimento – Invest & Export Brasil. Disponível em: <http://www.investexportbrasil.gov.br/fluxograma-processo-de-importacao-0>

3.2.2 Vias de Importação

De acordo com BALLOU (2004), a globalização e o conseqüente barateamento do transporte internacional permitiram às empresas americanas explorar as diferenças de custo de mão-de-obra e matéria-prima mundiais. Com essa possibilidade, as empresas conseguiram reduzir o custo de produção o suficiente para, no mínimo, se equiparar aos custos logísticos relacionados.

Ainda segundo BALLOU (2004), os transportadores marítimos dominam o transporte internacional com mais de 50% do volume do comércio em dólares e

99% do peso total. Outras vias usadas são o transporte aéreo, que movimentou 21% do valor em dólares, e o restante dividido entre transporte rodo/ferro/dutoviário.

No Brasil, a importação por via marítima tem parcela ainda maior. De acordo com dados disponíveis na ferramenta Comex Stats, fornecida pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviço, 71% do valor importado em dólar em 2019 foi via marítima, representando 92% do peso total. O transporte aéreo movimentou 18% do valor em dólar, com apenas 0,1% do peso total.

3.2.3 Variações Cambiais

VALE (2010) destaca que uma das principais características do comércio internacional é que as operações de compra e venda envolvem diferentes moedas, uma vez que importadores e exportadores estão em diferentes países.

Segundo dados disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, a importação no Brasil sofre com a variação cambial, mais especificamente do dólar americano. A Figura 6 ilustra o valor de importação no Brasil *versus* o valor da taxa de câmbio do dólar por ano. É possível observar uma relação inversamente proporcional entre as curvas. Em períodos de baixa do dólar, a importação no Brasil tende a subir. 2011, o ano de menor taxa média do dólar, teve o terceiro maior valor FOB de importação dos anos 2000. Já quando a tendência do câmbio é de crescimento, a importação tende a ser menor, como pode ser observado entre 2014 e 2016.

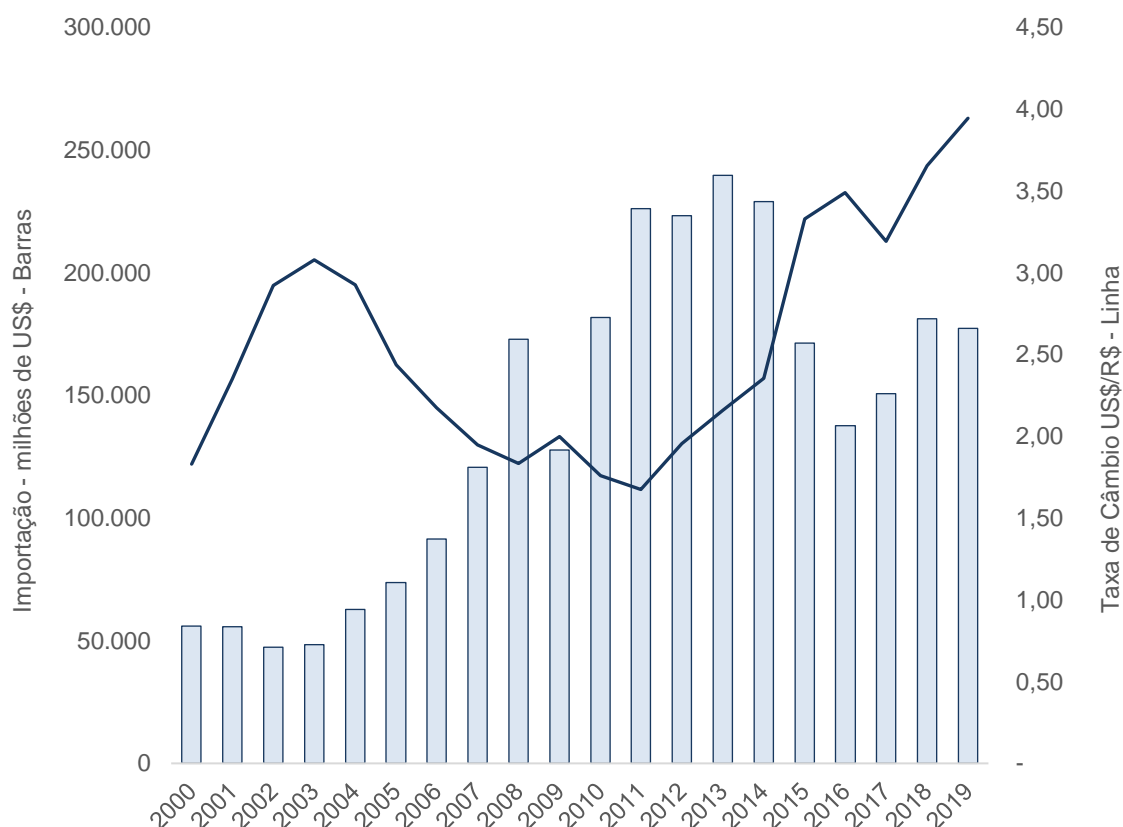


Figura 6 - Variação da importação (barras) com taxa de câmbio (linha) no Brasil entre 2000 e 2018. Elaborada pelo autor. Fonte: Ipeadata.

Como mencionado no item 3.2.1, o processo de importação no Brasil envolve taxa de câmbio em dois momentos, no ato da compra e no pagamento dos impostos federais, que é um dos fatores que explica a proporcionalidade inversa observada.

3.3 Engenharia Reversa

3.3.1 Processo de Desenvolvimento de Produto (ROZENFELD et al, 2006)

ROZENFELD et al (2006) propuseram um modelo de gestão de desenvolvimento de produto (PDP), voltado principalmente para empresas de manufatura de bens de consumo duráveis e de capital. Esse modelo pode ser dividido em três macrofases: Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento. A Figura 7 mostra as principais etapas do modelo e suas subfases.

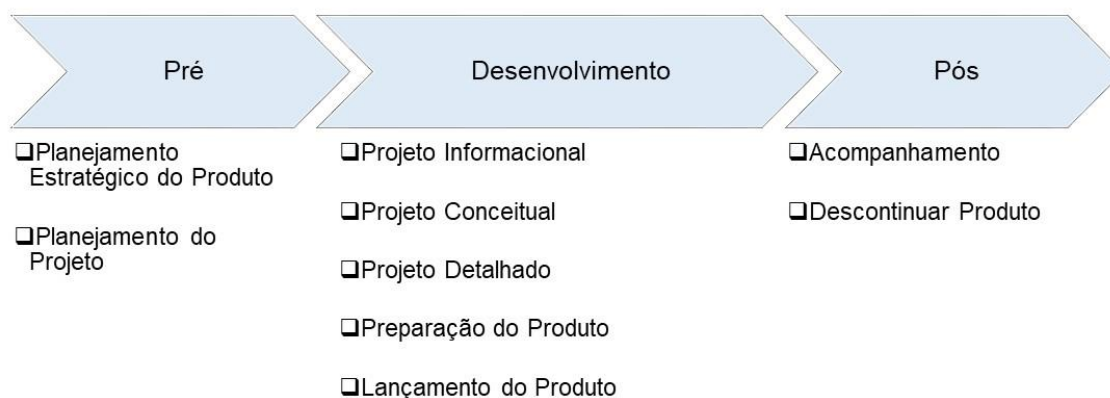


Figura 7 - Etapas do processo de desenvolvimento de produtos. Fonte: Adaptado de (ROZENFELD et. al., 2006)

O modelo propõe um processo de desenvolvimento linear de produtos. Após cada fase, o desenvolvimento do produto atinge um novo patamar de evolução e os resultados criados nela não devem ser alterados. Cada etapa concluída na fase de desenvolvimento, por exemplo, cria um resultado mais próximo do que será o produto acabado.

3.3.2 Processo Reverso

WANG (2011) define Engenharia Reversa (ER) como o processo de medir, analisar e testar com objetivo de construir uma imagem espelhada do objeto estudado. De acordo com WANG (2011), a ER tem seu foco principal na reinvenção em detrimento da inovação. O objetivo final é determinar como um componente é produzido, não o porquê. Em termos do modelo proposto por ROZENFELD et al (2006), a ER percorre o PDP de forma contrária, partindo de um produto existente e buscando informações a respeito do seu desenvolvimento.

WANG (2011) valoriza o aspecto de aplicação de conhecimento científico e de ferramentas analíticas no processo de Engenharia Reversa. As habilidades requeridas para fazer a ER com sucesso são multidisciplinares. As principais destacadas são:

- Aplicação de conhecimento científico, matemático e de engenharia para a compreensão e análise dos dados disponíveis;
- Uso de técnicas e ferramentas diversas no processo;
- Condução de experimentos e testes apropriados, que fornecerão os dados necessários.

EILAM (2011) propõe que Engenharia Reversa é o processo de extrair conhecimento de qualquer objeto ou processo criado pelo ser humano. Destaca também que é um processo que existe desde a antiguidade, muito antes do desenvolvimento da tecnologia atual. WANG (2011) destaca, porém, que o avanço da tecnologia tem impacto extremamente relevante nos processos de ER, tornando triviais nos anos 2000 atividades que eram consideradas complexas

trinta anos antes. Além disso, WANG (2011) menciona que as práticas de Engenharia Reversa também são mais aceitas com o passar dos anos.

3.3.2.1 Aplicações da Engenharia Reversa

WANG (2011) classifica a ER como uma ciência multidisciplinar e que, por isso, pode ser aplicada em praticamente todas as áreas. Em seu princípio, ER era associada à reprodução de componentes mecânicos e *hardware*. Com o avanço das técnicas, áreas como desenvolvimento de *software*, ciência forense e medicina começaram a incorporar princípios da Engenharia Reversa em diferentes processos.

De acordo com WANG (2011) aplicações de princípios fundamentais de ER são constantes na maioria dos setores industriais, sendo as principais práticas a coleta de dados, análise, modelamento e prototipagem. A grande mudança de indústria para indústria, porém, é o nível de desenvolvimento tecnológico e as metodologias usadas por cada uma. As metodologias destacadas por WANG (2011) estão relacionadas com a compreensão da forma geométrica do objeto de estudo, as características de seus materiais e como identificá-los e análises de seu ciclo de vida.

4 Método

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade de fabricar e distribuir nacionalmente um produto importado específico, que deve ter as propriedades mecânicas pela menos iguais ao do equivalente importado. Para isso, o produto original foi analisado, a fim de levantar suas propriedades geométricas e materiais. Além disso, foram construídas as cadeias de suprimentos tanto da rota importada quanto da fabricação nacional avaliada, com objetivo final ter informações suficientes para compará-las.

Por se tratar de um estudo de caso de um produto, inicialmente, foram coletadas informações referentes a ele, tanto disponibilizadas pelo fornecedor quanto do produto real, para que as informações do fornecedor pudessem ser validadas.

O produto analisado existe hoje em diversos países como Estados Unidos e países na Europa. Também é fabricado na China, país que foi usado como base para calcular os custos da rota importada. Um exemplar foi comprado nos Estados Unidos para que o produto fosse devidamente analisado usando as técnicas de Engenharia Reversa. A Figura 8 traz os componentes que acompanham o kit.

As principais informações que o vendedor oferecia no anúncio foram verificadas experimentalmente com o produto em mãos. O principal componente do produto analisado no presente trabalho foi a parte do arco metálico. Os elásticos, porém, também foram incluídos no custo final, para que a comparação fosse válida.



Figura 8 - Conteúdo do kit anunciado. Disponível em: <https://www.amazon.com/pt/dp/B07W5ZF89Q/>

Uma vez que o produto foi importado, o primeiro passo foi a verificação e registro de sua forma. O produto foi fotografado em todos os ângulos pertinentes para que pudesse ser comparado com o que foi anunciado. A inspeção visual também foi usada como uma forma inicial de elencar os possíveis processos de conformação utilizados na fabricação.

4.1 Definição do Material

As duas partes que compõem o arco foram medidas separadamente. Como apenas o peso e medidas da parte metálica eram desejados, a espuma externa foi removida. Com o peso, medidas externas e diâmetro do tubo de cada peça, foi construído um modelo tridimensional em *CAD (Computer Aided Design*, ou Desenho Assistido por Computador, em português) para que o volume total, e conseqüentemente a densidade do material, fossem obtidos. O modelo inicial não incluiu a forma mais complexa da ponta, já que o objetivo dessa etapa era apenas a definição do material do componente.

A verificação do material foi feita em algumas etapas. Com a densidade calculada, foi possível elencar os possíveis materiais que compunham o arco usando o programa *CES Edupack 2019*. Uma forma de diferenciar metais é colocar em prova suas propriedades magnéticas. Para isso foi verificado o comportamento do material sob ação de um ímã.

Por fim, uma amostra do material foi preparada para que a metalografia da peça pudesse ser feita. A Figura 9 indica o local de onde a amostra em formato cilíndrico foi extraída. A amostra foi então cortada ao meio e embutida em baquelite. Posteriormente foi feito lixamento com lixas de 180, 220, 320, 400 e 600 mesh, respectivamente. A amostra foi então polida com pasta de diamante de 3 e 1 micron. Para finalizar, foi feito ataque de Nital 2% e amostra foi então avaliada em microscópio óptico de 50 a 500x de aumento.



Figura 9 - Seleção de área para amostra. Foto tirada pelo autor.

4.2 Simulação pelo método dos elementos finitos

Para fazer essa análise foi usado a versão de estudante do *SIMULIA Abaqus*. A simulação é feita a partir de um conjunto de peças com propriedades definidas e as condições de contorno aplicadas. Com os parâmetros definidos, o *software* usa procedimentos numéricos para determinar a solução para qual a simulação converge. Portanto é possível determinar se com a aplicação de uma determinada força, o arco metálico vai deformar ou não.

A Figura 10 indica como foi construído o *layout* para a simulação. O modelo *CAD* foi importado no *Abaqus* e dois pontos de apoio de material rígido e incompressível foram criados. Eles foram posicionados respectivamente a um quarto e três quartos do comprimento da parte reta do tubo e então fixos nessa posição. Esses apoios servem para emular como uma pessoa poderia segurar o produto na hora de fazer um exercício.

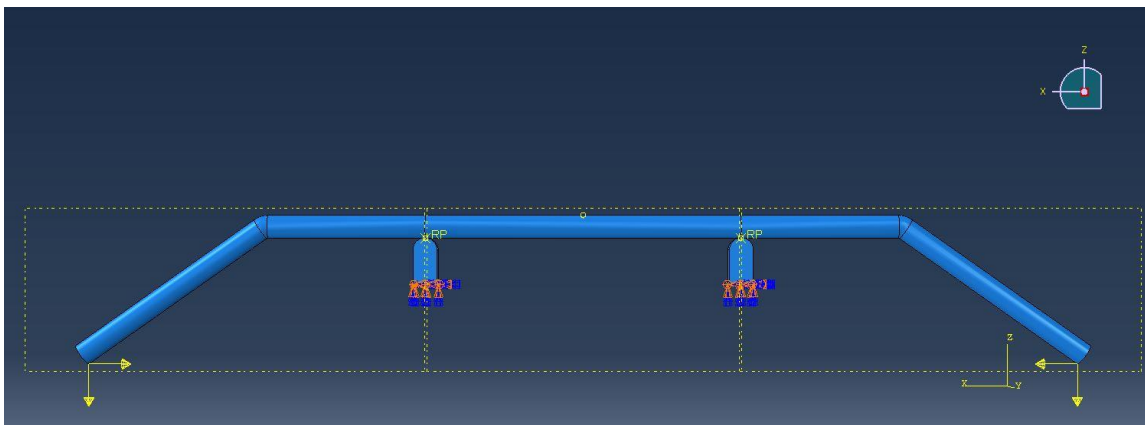


Figura 10 - Layout usado para as simulações. Foto tirada pelo autor.

Foram feitas duas simulações diferentes para verificar se o material suporta os 136,1kg anunciados. Em ambas são aplicados dois vetores de força, um em cada extremidade inferior do arco, com magnitude de 665N. Na primeira simulação foi verificado o caso em que a força toda aplicada no eixo Z, que deve gerar a maior tensão na peça. A segunda simulação foi feita com a força sendo aplicada com um ângulo de 30° em relação ao eixo Z, para emular a força que os elásticos aplicariam no arco em um uso real do produto. Em termos do uso do *software*, isso significa uma força aplicada no eixo X e outra no eixo Z, como pode ser visto na Figura 10.

4.3 Levantamento de Custos no Mercado Nacional

Com o material definido, foi possível levantar os custos envolvidos na fabricação do produto. Os principais custos identificados na cadeia de suprimentos nacional foram:

- Custo da matéria prima: Custo cotado com empresas nacionais, baseado no material real que foi determinado, já no formato tubular e espessura desejada;

- Custos de fabricação: Cotados com empresas e profissionais do mercado para a conformação do tubo no formato final;

- Custos logísticos: Foi definido que o produto será distribuído de São Paulo capital, mas não necessariamente fabricado em local próximo, portanto o custo de transporte dos produtos foi considerado.

Para fins de comparação com a rota importada, todos os custos serão orçados e calculados para um lote único de 100 unidades do produto.

4.4 Levantamento de Custos de Importação

Os custos de importação serão orçados para o mesmo tamanho de lote de nacional. Todos os custos serão baseados na importação do lote a partir do porto de Ningbo, na costa leste chinesa, até o porto de Santos. Os custos dessa etapa obtidos em Dólar foram convertidos para Real na cotação mais adequada para as diferentes análises feitas posteriormente. Os principais custos identificados na cadeia de suprimentos internacional foram:

- Custo do produto acabado: Para obtenção desse custo, foi usada a estrutura de uma empresa importadora em São Paulo, optante do Regime Simples

Nacional de tributação. A empresa tem um agente na China que fez o orçamento do custo no mercado interno;

- Custo Logístico: Os custos envolvidos nessa etapa são o transporte de navio da China até o Brasil, considerando o tipo de container mais adequado para o lote definido, o armazenamento da carga no porto de Santos e o transporte até São Paulo capital.

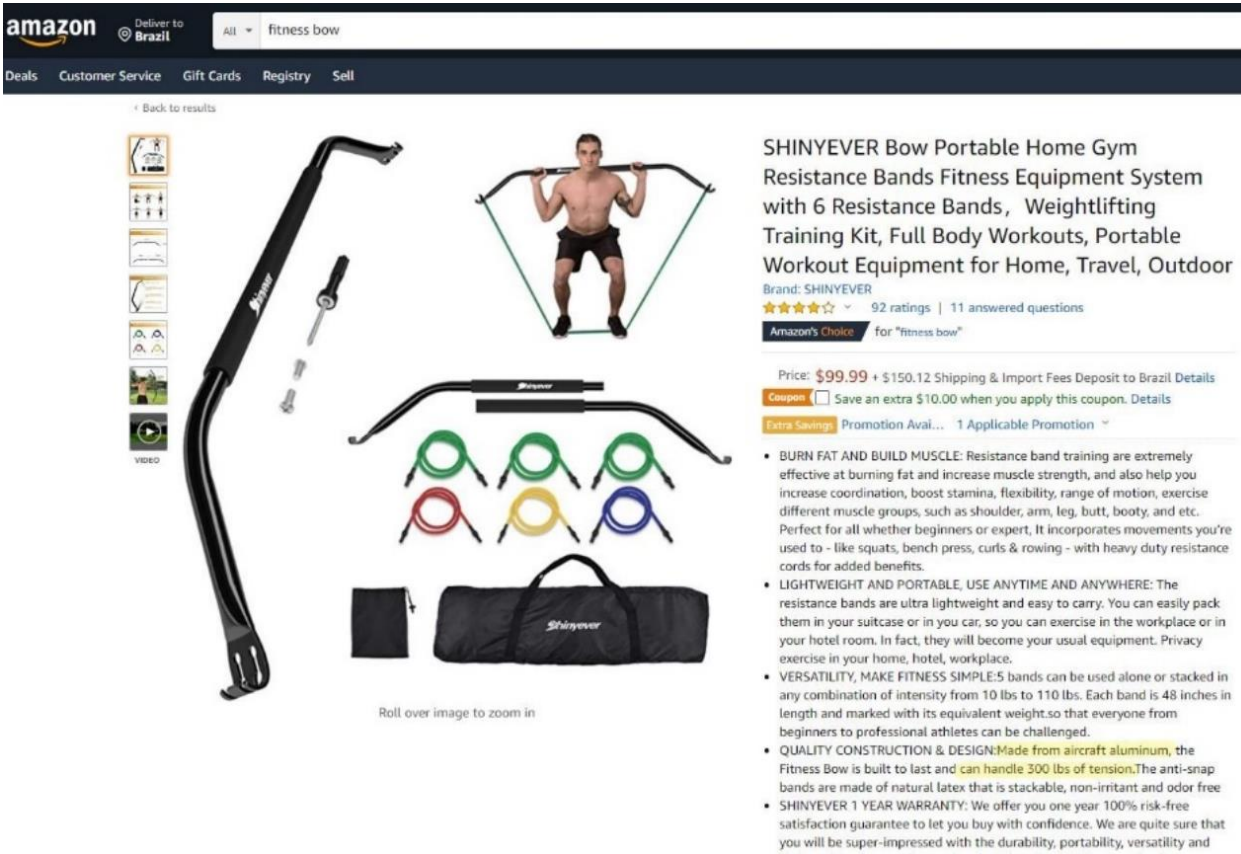
- Impostos de importação: Os tributos recolhidos na importação de produtos são relevantes no custo final do produto. A partir do NCM que for mais adequado, as alíquotas de cada imposto foram calculadas, novamente considerando uma empresa importadora no Simples Nacional.

Com os custos de ambas as cadeias de suprimentos levantados, foi possível analisar e comparar cada uma delas, a fim de determinar a viabilidade financeira de fabricação do lote no Brasil.

5 Resultados e Discussões

5.1 Produto

Por se tratar de um produto que não existe ainda no mercado brasileiro, foi necessário importar um exemplar dos Estados Unidos. Um anúncio foi escolhido na *Amazon*, loja virtual americana. Os detalhes do anúncio podem ser vistos na Figura 11, na qual está destacado que o vendedor indica que o material base do produto é alumínio, capaz de suportar até 300 lb (136,1 kg) de tensão aplicada. Essas informações foram verificadas e serão exploradas nos próximos tópicos.



amazon Deliver to Brazil All fitness bow

Deals Customer Service Gift Cards Registry Sell

← Back to results

SHINYEVEER Bow Portable Home Gym Resistance Bands Fitness Equipment System with 6 Resistance Bands, Weightlifting Training Kit, Full Body Workouts, Portable Workout Equipment for Home, Travel, Outdoor

Brand: SHINYEVEER

★★★★☆ 92 ratings | 11 answered questions

Amazon's Choice for "fitness bow"

Price: \$99.99 + \$150.12 Shipping & Import Fees Deposit to Brazil Details

Coupon Save an extra \$10.00 when you apply this coupon. Details

Extra Savings Promotion Available 1 Applicable Promotion

- **BURN FAT AND BUILD MUSCLE:** Resistance band training are extremely effective at burning fat and increase muscle strength, and also help you increase coordination, boost stamina, flexibility, range of motion, exercise different muscle groups, such as shoulder, arm, leg, butt, booty, and etc. Perfect for all whether beginners or expert, It incorporates movements you're used to - like squats, bench press, curls & rowing - with heavy duty resistance cords for added benefits.
- **LIGHTWEIGHT AND PORTABLE, USE ANYTIME AND ANYWHERE:** The resistance bands are ultra lightweight and easy to carry. You can easily pack them in your suitcase or in your car, so you can exercise in the workplace or in your hotel room. In fact, they will become your usual equipment. Privacy exercise in your home, hotel, workplace.
- **VERSATILITY, MAKE FITNESS SIMPLE:** 5 bands can be used alone or stacked in any combination of intensity from 10 lbs to 110 lbs. Each band is 48 inches in length and marked with its equivalent weight so that everyone from beginners to professional athletes can be challenged.
- **QUALITY CONSTRUCTION & DESIGN:** Made from aircraft aluminum, the Fitness Bow is built to last and can handle 300 lbs of tension. The anti-snap bands are made of natural latex that is stackable, non-irritant and odor free
- **SHINYEVEER 1 YEAR WARRANTY:** We offer you one year 100% risk-free satisfaction guarantee to let you buy with confidence. We are quite sure that you will be super-impressed with the durability, portability, versatility and

Roll over image to zoom in

Figura 11 - Captura de tela do anúncio do produto. Disponível em: <https://www.amazon.com/pt/dp/B07W5ZF89Q/>

Outra imagem relevante extraída do anúncio é a Figura 12, que traz as medidas informadas do arco metálico. O anúncio não traz informações sobre a espessura do tubo ou a massa apenas da parte metálica, porém essas e outras informações foram obtidas uma vez que o produto foi entregue.

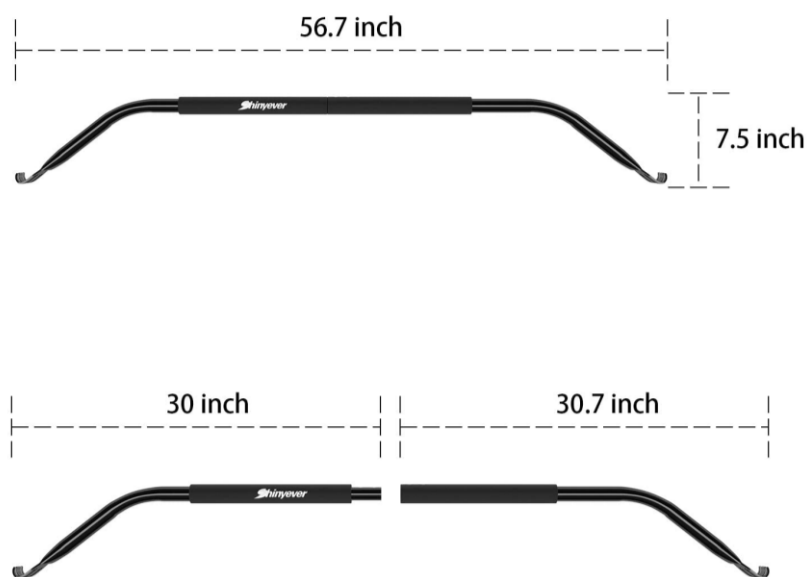


Figura 12 - Medidas anunciadas. Disponível em: <https://www.amazon.com/pt/dp/B07W5ZF89Q/>

O produto é versátil e pode ser usado em diferentes exercícios, em parte graças a facilidade de ajuste de tensão fornecida pelos elásticos. A Figura 13 indica alguns possíveis exercícios que poderiam ser feitos.



Figura 13 - Diferentes aplicações do produto.

5.1.1 Produto Real

Com o produto em mãos, foi possível extrair algumas informações fundamentais para o desenvolvimento do trabalho, além de confirmar algumas informações do anúncio. A Figura 14 e Figura 15 mostram as dimensões que foram medidas no produto. Em relação às medidas apresentadas na Figura 12, a maior discrepância é que as duas peças que compõem o arco no produto real tem o mesmo tamanho. Algumas informações adicionais, como o ângulo de dobramento, tamanho do arco e o comprimento do tubo após a dobra, puderam ser obtidas.

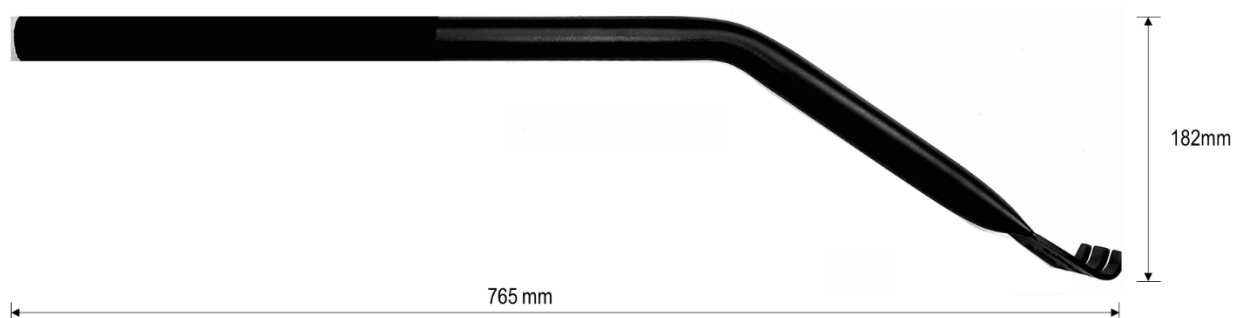


Figura 14 - Medidas de um dos componentes do arco. Foto tirada pelo autor.

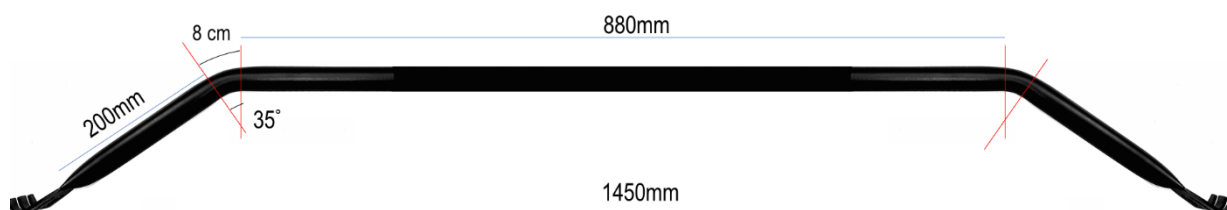


Figura 15 - Medidas do arco montado. Foto tirada pelo autor.

O tubo tem perfil circular, com diâmetro externo de 32,5mm e espessura de 2mm. Na parte afinada, indicada na Figura 16, mantem o perfil circular e a

espessura, mas apresenta diâmetro externo de 27,9mm. Há, portanto, 0,6mm de tolerância para que os dois componentes do arco sejam encaixados. A parte afinada tem 60mm de comprimento.



Figura 16 - Parte afinada do tubo. Foto tirada pelo autor.

O encaixe dos dois componentes é feito por dois parafusos, como pode ser observado na Figura 17. O arco montado pesa 1,92kg. Nas extremidades é possível identificar cordões de solda fazendo a junção do tubo fechado com a peça em formato de garfo na ponta.



Figura 17 - Encaixe dos componentes do arco. Foto tirada pelo autor.



Figura 18 - Evidência de solda na junção da ponta com a extremidade do tubo. Foto tirada pelo autor.

5.2 Técnicas de Engenharia Reversa

A aplicação da Engenharia Reversa no desenvolvimento do presente trabalho tem dois principais objetivos:

- Definir o material que foi utilizado no arco metálico do produto original.
- Verificar as informações relacionadas aos esforços mecânicos mencionadas pelo vendedor no anúncio.

Com esses objetivos em mente, foi possível elencar as técnicas mais apropriadas para o estudo dessa peça.

5.2.1 Modelo em CAD

Com as medidas do produto real, foi possível desenvolver um modelo tridimensional da peça, a fim de determinar algumas propriedades importantes. Algumas simplificações foram feitas em relação à peça real. O arco modelado é formado apenas por uma peça, enquanto na realidade são duas que se encaixam no centro. Além disso, as pontas foram desconsideradas no modelo. Para as análises que serão feitas usando esse modelo, essas simplificações foram consideradas válidas, pois são desejadas propriedades mais gerais do produto.

A primeira propriedade que pode ser extraída a partir dessa análise é um volume aproximado da peça. Com isso, junto com a massa do arco que foi medida, é possível obter uma densidade, mesmo que aproximada, do material que compõe o arco. Além disso, esse modelo foi usado na análise por elementos finitos que foi feita posteriormente.

A Figura 19 e Figura 20 mostram as vistas mais relevantes do modelo, que pode ser descrito como um tubo reto com duas dobras nas extremidades. De acordo com o *software* utilizado, o volume dessa peça é de 233.298mm^3 .

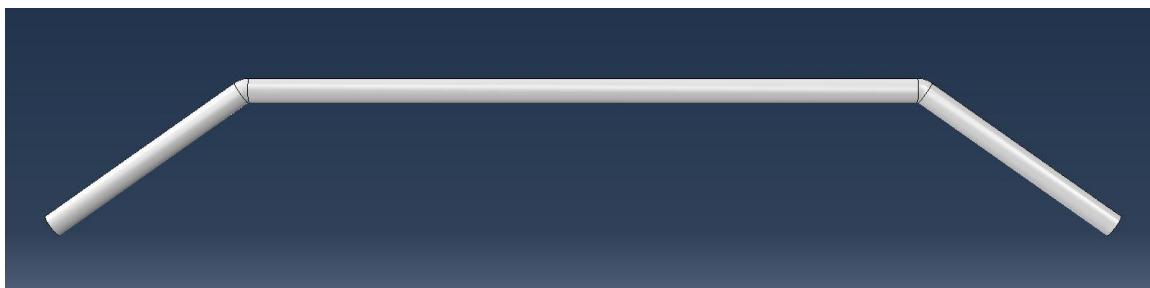


Figura 19 - Vista frontal do modelo CAD. Foto tirada pelo autor

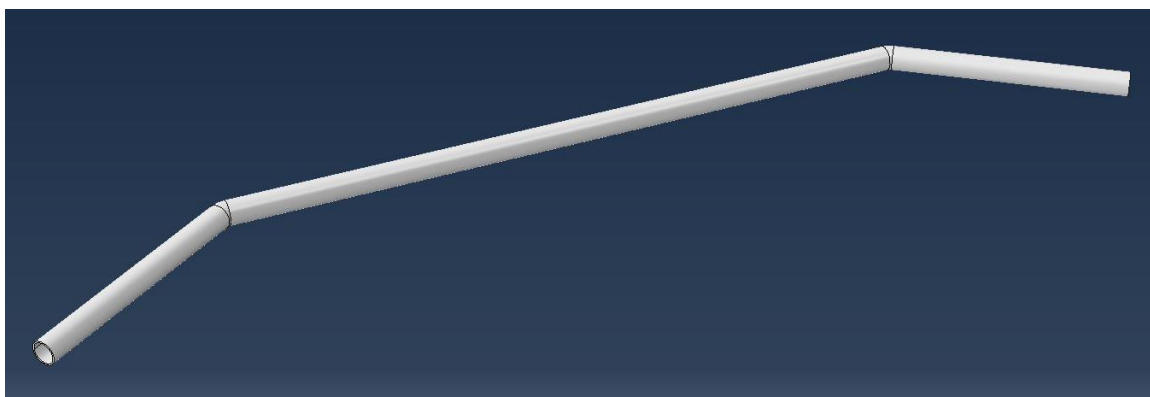


Figura 20 - Vista em perspectiva do modelo CAD. Foto tirada pelo autor

5.2.2 Definição do Material

Para a definição do material usado no arco do produto, foram aplicadas técnicas da escala macroscópica até microscópica, em cada etapa eliminando possíveis candidatos.

Como mencionado anteriormente, a primeira propriedade que foi analisada foi a densidade. Com a massa do arco de 1,92kg ou 1920g e o volume de 233.298mm³ ou 233,3 cm³ obtido do modelo, é possível obter uma densidade aproximada do material de 8,2 g. cm⁻³. Apesar da massa ser confiável, o volume foi obtido de um modelo simplificado e, portanto, esse valor de densidade calculado será utilizado apenas como uma referência para eliminar candidatos que têm densidade distante desse valor. No caso o candidato mais relevante que pode ser descartado por essa análise é alumínio, que apresenta densidade de 2,7 g.cm⁻³ e é justamente o material que o vendedor anuncia.

Com o valor de referência da densidade do metal foi possível eliminar o principal candidato ao material do arco, mas ainda sobram muitos metais com densidade próxima à obtida. Foi feito então um teste em relação ao magnetismo da peça. Com um ímã, foi possível verificar que o material usado era de fato magnético. Além de reduzir ainda mais a gama de metais que passam nos dois critérios, esse é mais um indicativo que o alumínio não é o material usado na peça, ao contrário do que foi anunciado.

Em seguida foi feita uma análise no *CES Edupack 2019*, um *software* usado para seleção de materiais. Os critérios usados na análise foram:

- Material metálico
- Densidade entre 7.000 e 9.000 kg.m⁻³

- Material magnético

Com isso, o *software* traz o resultado que pode ser visto na Figura 21. Os grupos de metais que sobram após essa análise são ferro fundido, zinco puro, estanho, aço inoxidável, aço médio e baixo carbono, superligas de níquel, bronze e latão.

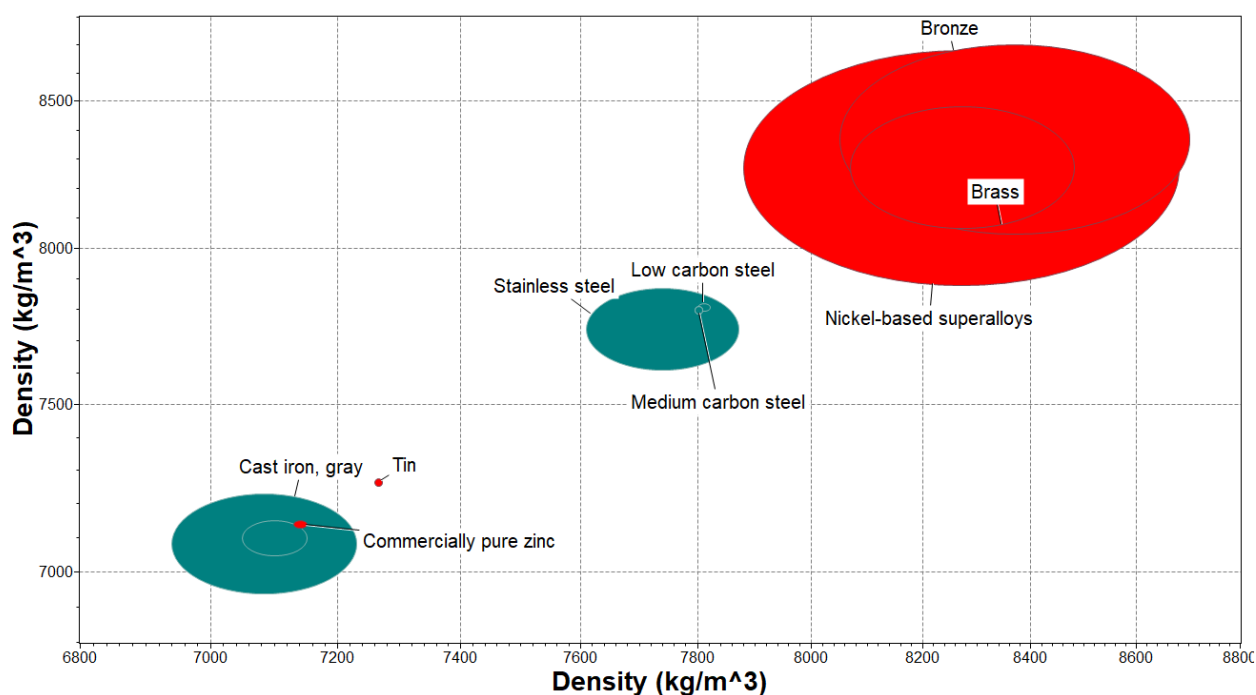


Figura 21 - Resultado da análise no CES Edupack. Diagrama construído pelo autor.

Apesar de alguns dos candidatos nessa etapa, como aço inoxidável, aço médio e baixo carbono, serem mais prováveis, o material só poderá ser definido na próxima etapa, a análise metalográfica. A Figura 22 traz a microestrutura observada no microscópio óptico após o ataque da amostra com Nital 2%. A microestrutura observada apresenta grãos ferríticos e presença de carbonetos dispersos. Também não se observa presença de perlita na microestrutura. Dentre os candidatos que sobraram após a análise no *CES Edupack*, os que mais se encaixam com essa microestrutura são os aços baixo carbono baixa liga.



Figura 22 - Microestrutura do material com 200x de aumento em microscópio óptico

Com a análise metalográfica foram escolhidos os aços SAE 1006 e SAE 1008 como candidatos finais, porém no processo de orçamento de material feito após essa etapa, foram encontrados mais fornecedores do aço **SAE 1006**. Esse material será, portanto, usado como material de base para o desenvolvimento do produto nacional e para a análise de elementos finitos.

5.2.3 Simulação pelo método dos elementos finitos

A simulação por elementos finitos foi usada com objetivo de verificar as informações do anúncio sobre esforços mecânicos. O vendedor anuncia que o produto é capaz de suportar até 300 lb (136,1 kg) de tensão aplicada. Como descrito no capítulo 4.2, duas simulações com diferentes direções de aplicação das forças. A orientação das forças simula a tensão máxima agindo sobre arco ao realizar exercícios com dois pontos de apoio, como os demonstrados na Figura 13. As propriedades do arco utilizadas no *software* foram as do aço SAE 1006, de acordo com o capítulo 5.2.2. O Modulo de Young usado foi de 200.000 Mpa, coeficiente de Poisson de 0,3 e condição de escoamento indicada na Tabela 1.

Tabela 1 - Condição de escoamento do aço SAE 1006

Tensão (MPa)	Deformação (%)
400	0
410	3
460	5
500	8

O *Abaqus* traz como resultado das simulações um mapa de como as tensões ficam distribuídas na peça com a aplicação das forças. A Figura 23 e Figura 24 trazem os resultados obtidos na simulação com força aplicada em apenas um eixo. Percebe-se que a maior tensão é na região central da peça, com maior concentração no topo e na parte de baixo. Esse comportamento é esperado para peças simétricas com aplicação de forças igualmente simétricas, como é o caso. Obtém-se como resultado também que a peça não sofre deformação com a aplicação dessa força.

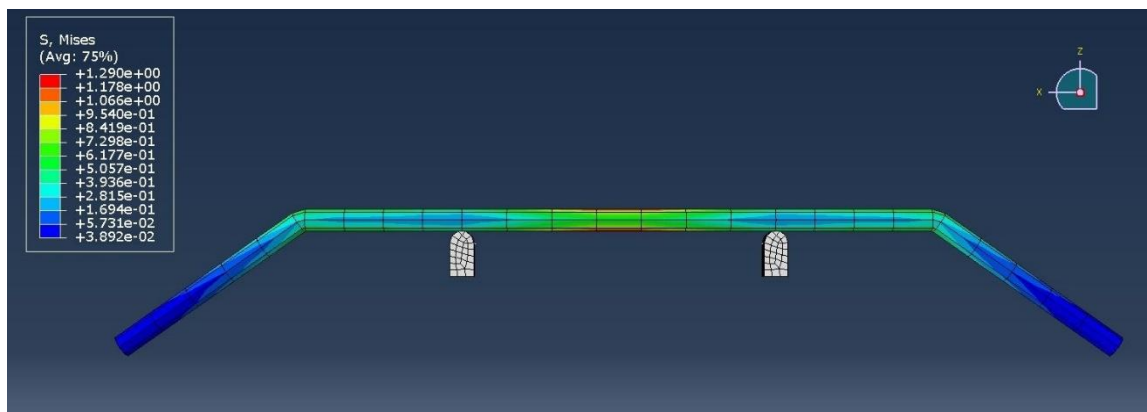


Figura 23 - Resultado da simulação com força no eixo Z. Vista frontal. Foto tirada pelo autor.

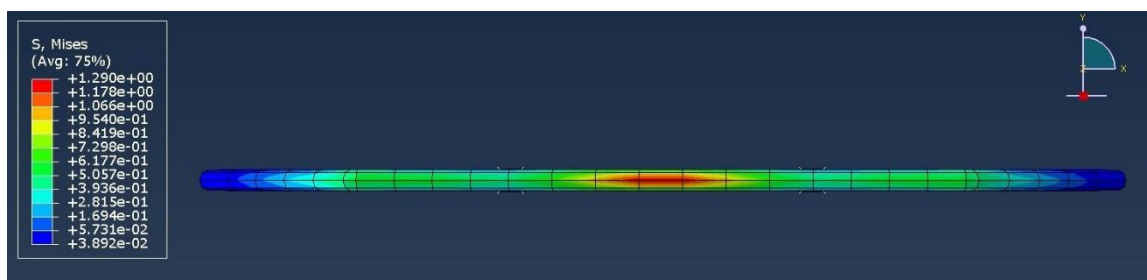


Figura 24- Resultado da simulação com força no eixo Z. Vista superior. Foto tirada pelo autor.

A Figura 25 e Figura 26 mostram o resultado da simulação com a força decomposta em 30 graus em relação ao eixo Z. Assim como na primeira simulação, o arco não sofreu deformação com aplicação da força indicada no anúncio. Dessa forma, é possível concluir que a informação do vendedor sobre a tensão admissível é válida. Simulações para cargas mais elevadas poderiam ser feitas com o *layout* desenvolvido, porém teriam implicações reais questionáveis uma vez que os elásticos usados na prática também estariam sujeitos a essas forças e poderiam se romper antes do arco deformar.

Em relação à primeira simulação, as tensões máximas resultantes na segunda simulação são cerca de 75% menor em magnitude. Porém surgem novas regiões de tensão máxima, especificamente nas dobras do tubo, como pode ser observado na Figura 26. A identificação dessa região de tensão elevada é relevante pois tem implicações reais na escolha do processo de dobramento do tubo que deverá ser orçado. A deformação nessa região do tubo deve ser feita sem deixar rugas na dobra, que afetariam as propriedades mecânicas na região.

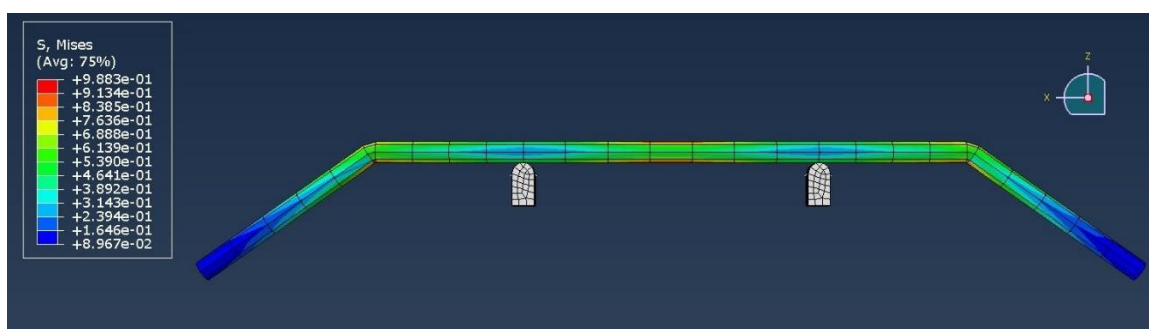


Figura 25 - Resultado da simulação com força decomposta. Vista superior. Foto tirada pelo autor.

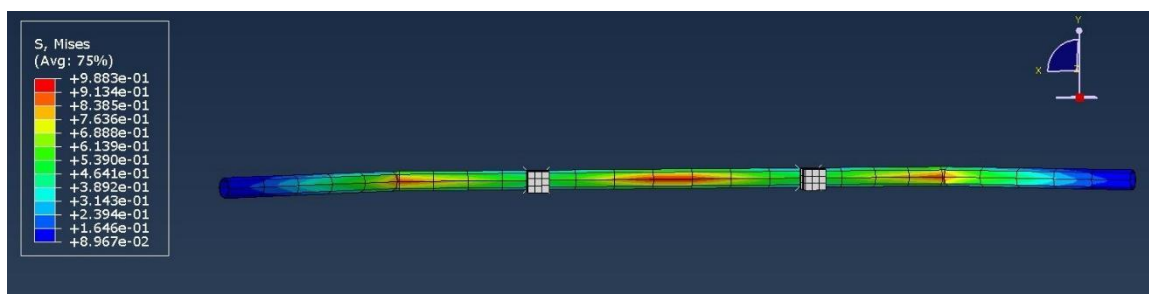


Figura 26 - Resultado da simulação com força decomposta. Vista inferior. Foto tirada pelo autor.

Outra implicação importante que pode ser tirada das simulações é que as extremidades do arco são as regiões de menor tensão com aplicação dessas forças. Esse resultado é relevante pois é nesse local que serão feitas as junções por solda com a ponta. Esse processo pode afetar a propriedade mecânica no

local, mas como são as regiões com menor tensão na peça, essa preocupação é amenizada.

A Figura 27 é uma adaptação da Figura 23, indicando na linha em vermelho a região da parte reta do tubo onde estão localizadas as menores tensões na superfície. Um processo comum de conformação de tubos é fazer a costura de uma chapa curvada com solda. Se um tubo com costura for selecionado para a produção desse arco, é prudente orientar a costura conforme a linha vermelha na Figura 27, para reduzir o estresse aplicado na junção. Por coincidência ou não, foi observado no produto original que a costura do tubo foi orientada justamente nesse sentido. A Figura 28 mostra que a costura foi orientada a 90° dos furos para os parafusos, que ficam na parte superior da peça.

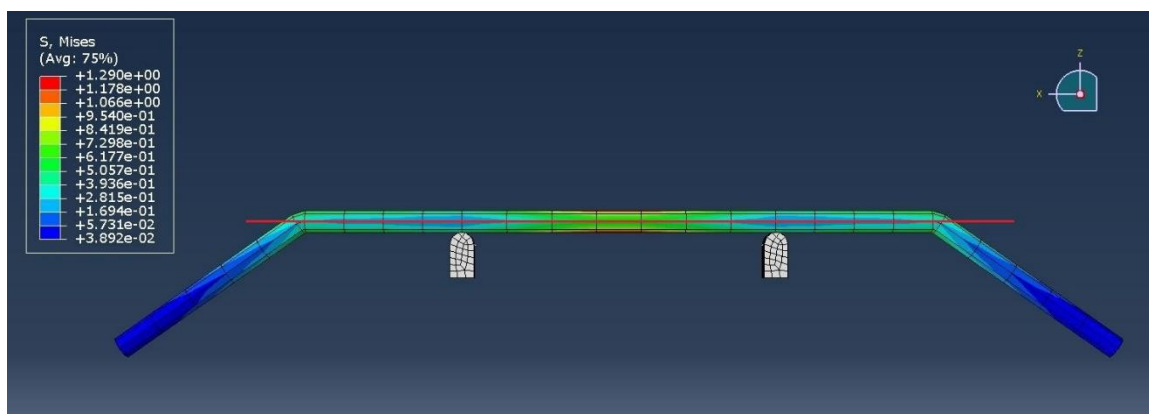


Figura 27 - Linha indicando a região de menor tensão na parte reta do tubo. Foto tirada pelo autor.

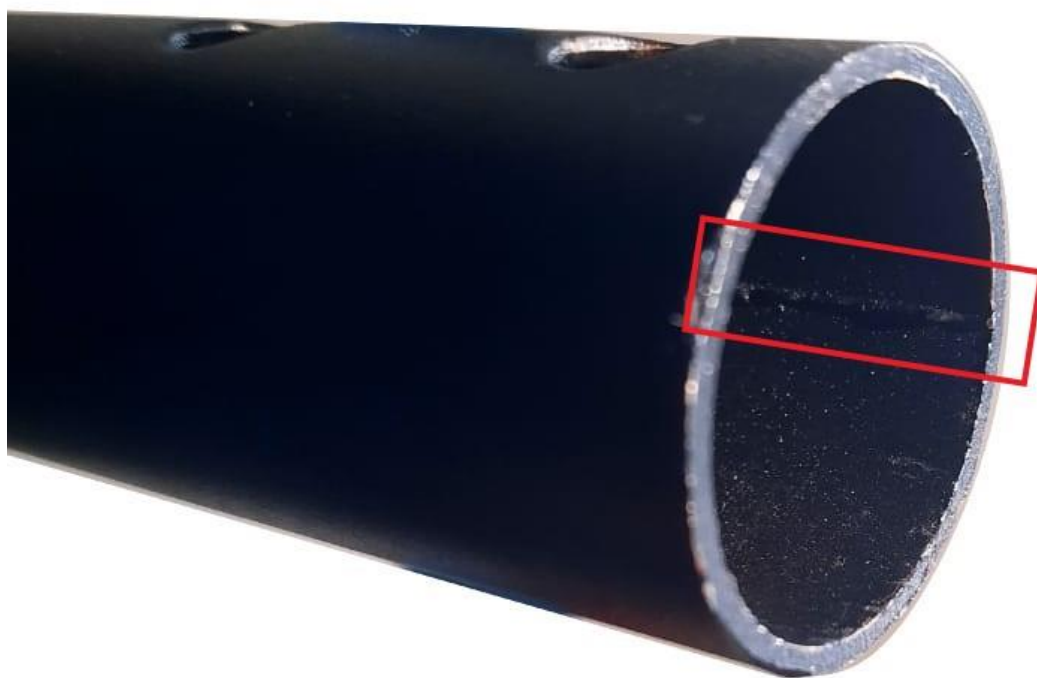


Figura 28 - Área destacada da costura do tubo por solda. Foto tirada pelo autor.

5.3 Análise da Cadeia de Suprimentos Nacional

Para a construção da cadeia de suprimentos nacional, é necessário que sejam feitas algumas considerações iniciais. O último agente da cadeia projetada é uma empresa que fará a venda desse item. Essa empresa, porém, não tem em sua Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) a atividade de fabricação de produtos, apenas de venda. Isso implica que deve existir uma outra empresa anterior à essa na cadeia, que será uma prestadora de serviços autorizada a fabricar esses tipos de peças. Essa empresa é optante pelo Simples Nacional e fatura entre R\$ 720.000,00 e R\$ 1.800.000,00 por ano. Ambas são geridas pelo mesmo grupo, mas por motivos fiscais, devem ser duas empresas separadas. Por essa razão, a empresa de serviços vai vender para a que comercializa no preço de custo depois de toda a fabricação, valor mínimo que pode ser feita a transação. A opção pelo Simples Nacional foi feita pois nesse regime, todos os principais tributos são agrupados em apenas um e calculado sobre o valor declarado na venda. Essas considerações são necessárias para a contabilização dos tributos da forma mais correta nessa cadeia. Além disso, elas estão localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo.

Uma vez que essas considerações foram feitas, foi possível orçar os custos do material, dos serviços de conformação e de logística para transporte da carga até a última empresa da cadeia.

5.3.1 Material para o tubo

O primeiro passo para a cadeia é a obtenção do orçamento do tubo de aço SAE 1006. Para isso, foi feito contato com três empresas em diferentes estados do Brasil. A Tabela 2 indica o local de cada empresa cotada e o respectivo custo por quilo do aço SAE1006.

Tabela 2 - Local de cada empresa cotada e o respectivo custo por quilo do aço SAE 1006.

Empresa	Local	Custo por kg	IPI	Custo por kg final
A	São Bento do Sul, SC	6,86	5%	7,20
B	São Paulo, SP	10,8	5%	11,34
C	Betim, MG	10,52	5%	11,05

O diâmetro do tubo usado no produto original é de 32,5mm. Esse diâmetro foi procurado em todas essas empresas, porém nenhuma trabalhava com essa medida exata. A empresa A trabalhava com tubos de 1.5/16”, enquanto a empresa C tinha apenas o de 1.1/4”. A empresa B oferecia os dois tamanhos de tubo. Optou-se por dar preferência ao tubo de 1.1/4” ou 31,75mm, que é cerca de 0,8mm ou 4% menor do que o tubo original. Isso não significa, porém, que a empresa A está descartada. A espessura de 2mm do tubo original foi mantida, já que as empresas trabalhavam com essa medida. Todas as empresas ofereciam tubos com costura, por soldagem de uma chapa curvada.

Todas as empresas comercializavam o tubo em peças de 6m de comprimento. Para fazer um lote de 100 unidades como foi proposto, seria necessário comprar pelo menos 150m de tubo, que seriam 25 dessas barras de 6m de comprimento. A Tabela 3 foi construída considerando uma densidade média do aço SAE 1006 de 7,85 g.cm⁻³ e o diâmetro do tubo oferecido pelas empresas. O preço final que está indicado já é o valor para 25 tubos de 6m de comprimento.

Tabela 3 - Massa e preço por tubo de 6m de comprimento por empresa

Empresa	Massa por Tubo (kg)	Preço final (R\$)
A	9,28	1.592
B	8,80	2.376
C	8,80	2.314

Inicialmente a empresa A tem o valor mais atrativo, cerca de 30% abaixo das outras empresas cotadas. Porém, analisando fatores qualitativos, foi descoberto que essa empresa trabalha com prazo de entrega de três meses. As empresas B e C prometem a entrega do material em 7 e 14 dias, respectivamente, com entrega gratuita para qualquer CEP na cidade de São Paulo. Considerando o preço inferior e o longo prazo de entrega comparado com as outras duas empresas, uma possível hipótese que pode ser levantada sobre essa empresa é que ela importa o aço de algum país onde o custo é menor, possivelmente da China. Independente da veracidade dessa hipótese, a empresa A foi descartada pelo longo prazo de entrega, aliado ao fato de não oferecer o tubo com 1.14" de diâmetro.

Entre as empresas B e C, o preço do material é parecido, com a C oferecendo o melhor custo. Porém o prazo de entrega da empresa B é melhor e quando foi cotado com a empresa C, eles não tinham 25 unidades em estoque e teriam que entregar em partes quebradas. Por esses motivos, optou-se pela empresa B, com o lote custando R\$ 2.376.

5.3.2 Conformação do tubo

Inicialmente, a empresa que vai prestar o serviço de conformação do tubo receberia as 25 barras de 6m e cortaria cada uma em 8 tubos menores de 75cm cada, totalizando 200 unidades desses tubos menores. Depois disso, teria que dobrar cada um deles de acordo com o formato final desejado. Em 100 das 200 unidades, teria que ser feito o afinamento do lado de maior comprimento após a dobra. Por fim, seriam feitos os furos no encaixe das duas metades e o fechamento das pontas para que fosse feita a solda posteriormente.

Levando em consideração os comentários sobre o processo de conformação mencionados no capítulo 5.2.3, foram contactadas empresas que faziam o dobramento do tubo sem deixar rugas. A Figura 29 foi enviada para as empresas que ofereciam esse serviço, indicando o formato final de que tubo deveria ter.



Figura 29 - Esquema de dobramento do tubo. Elaborada pelo autor.

Duas das empresas contactadas ofereciam todos esses processos de conformação. A que foi escolhida fica em Diadema, na Grande São Paulo. O orçamento recebido foi de R\$ 42,00 para todos os processos para cada uma dessas 200 unidades, o que totaliza R\$ 8.400,00 para todo o lote. Para conclusão de todos esses processos de conformação, a empresa deu um prazo de 30 dias.

5.3.3 Pontas do arco

Para as pontas do arco, inicialmente, foi feito um esboço com as dimensões que foram medidas da peça original, que está mostrado na Figura 30. Esse esboço foi transformado em um arquivo DXF (*Drawing Interchange Format*) para que pudesse ser enviado para empresas que faziam corte por jato d'água ou corte a laser. A escolha desses processos se deu pela espessura da chapa usada, para fazer a peça, que seria de 4mm.

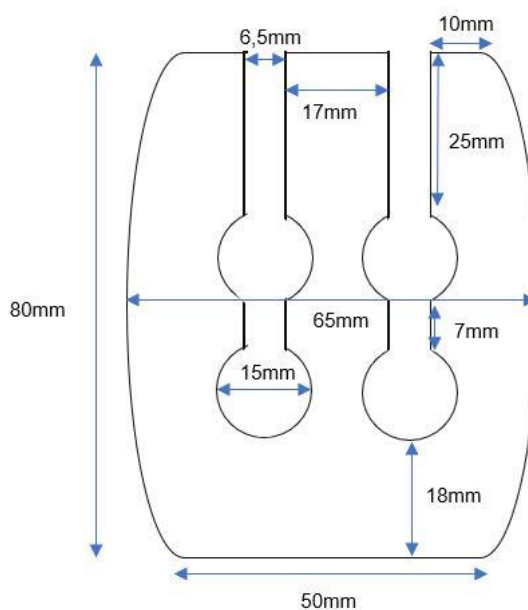


Figura 30 - Dimensões da ponta do arco. Elaborada pelo autor.

Para a produção de 200 peças como essa, seria necessária uma chapa de aço com $1,04\text{m}^2$ de área e 4mm de espessura. A chapa de tamanho comercial que mais se aproximaram desse tamanho é de 1m de comprimento por 1,2m de largura, com a espessura igual à desejada, e custa R\$ 332,80. Essa chapa seria enviada para uma empresa em São Caetano do Sul, na Grande São Paulo. O orçamento recebido da empresa para cortar a chapa por corte a laser e dobrar as 200 peças no formato final foi de R\$ 220,00 com prazo de entrega de 7 dias.

5.3.4 Custo Total

A última etapa de fabricação da peça é a junção da ponta em formato de garfo com a extremidade do arco por. A empresa de soldagem contactada que passou o melhor preço e prazo de entrega fica em São Caetano do Sul. Para a soldagem das 200 pontas, cada uma com comprimento da junta de 5cm, a empresa cobra R\$ 1000,00 com prazo de entrega de 15 dias.

Para calcular o custo final do lote faltam apenas os custos de logística e impostos. Para a parte de logística, devem ser orçadas a entrega dos arcos já conformados da empresa de conformação para a empresa de soldagem, a entrega das pontas cortadas e dobradas também na empresa de soldagem e finalmente o envio do lote da empresa de soldagem para a empresa prestadora de serviço responsável por juntar todas as peças do kit e embalar. Os outros custos não mencionados já estão inclusos no valor de compra da mercadoria. Os custos orçados estão resumidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Custos com logística

Componente	Origem	Destino	Valor (R\$)
25 Tubos de Aço SAE 1006	São Paulo	Diadema	-
Chapa 1x1,2m Aço	São Paulo	São Caetano	-
200 Arcos conformados	Diadema	São Caetano	250,00
200 pontas cortadas	São Caetano	São Caetano	30,00
Lote acabado	São Caetano	São Paulo	350,00
<i>Total</i>			<i>630,00</i>

Para o cálculo dos impostos, deve se usar as considerações iniciais sobre o tipo de empresa que fabrica o produto. Na faixa de faturamento entre R\$ 720.000,00 e R\$ 1.800.000,00 por ano, de acordo com o Anexo III do Simples Nacional, uma empresa prestadora de serviço deve pagar 16% de imposto sobre o valor declarado na nota fiscal, cujo valor deve ser no mínimo o preço de custo declarado. O valor que será usado como base para calcular é composto pelo custo

do tubo e da chapa de aço somados aos processos de conformação, totalizando R\$ 11.784,86.

Por fim, o kit comercializado no exterior acompanha itens como os seis elásticos com intensidades diferentes, a bolsa para transporte do arco desmontado, parafusos e uma pequena chave de fenda. Foi assumido que todos esses itens podem ser adquiridos por R\$ 50,00 por kit. Com todos esses custos em mãos, foi possível calcular o valor do lote e, conseqüentemente, o valor unitário do produto acabado que será comparado com o produto importado. Os valores por tipo de custo estão indicados na Tabela 5, que mostra um valor total de R\$ 19.844 para o lote, ou seja, **R\$ 198,44** por peça.

Tabela 5 - Custos finais do lote

Custo Material		7.709
	<i>Tubos</i>	2.376
	<i>Chapa</i>	333
	<i>Outras peças do kit</i>	5.000
Custo Serviço		9.620
	<i>Conformação do tubo</i>	8.400
	<i>Fabricação das pontas</i>	220
	<i>Soldagem</i>	1.000
Imposto		1.886
Logística		630
Total		R\$ 19.844

5.4 Análise da Cadeia de Suprimentos Importada

Para a cadeia de suprimentos importada, a cadeia novamente termina em uma empresa na zona oeste de São Paulo que irá comercializar o produto. Essa empresa tem um agente na China que fará a compra do lote de 100 produtos, que serão enviados para Ningbo, na costa leste chinesa. A carga será então embarcada em um container de 20 pés e despachada de navio para Santos, trajeto que demora 35 dias para ser concluído. Após a desova do container a empresa paga os encargos tributários e após a liberação paga o ICMS para finalmente recebê-la em São Paulo.

5.4.1 Custo do Produto

Os custos do produto no exterior foram obtidos pelo agente da empresa na China. Para a compra de 100 unidades com entrega em Ningbo, o melhor custo desse produto encontrado foi de 26 dólares.

5.4.2 Custos Logísticos

Os custos logísticos da importação foram cotados com uma empresa especializada em logística internacional. A cotação atual (2020) para um container de 20 pés é de \$5,00 por tonelada ou metro cúbico, o que for maior entre os dois. O produto é enviado em caixas individuais que medem 7cm de altura por 24 de comprimento por 80 de largura e pesam 3,4kg. Para o lote de 100 unidades, portanto, o volume é de 1,35m³ e a massa 340kg. Com isso, o custo de frete é de \$ 6,72. O seguro para esse tipo de transporte é de \$ 50,00.

Com essas informações é possível calcular o valor CIF (*Cost, Insurance and Freight*) da carga. Esse valor é a soma do valor da carga, do custo de frete e do

seguro pago. Com o dólar a 5,50 e a capatazia, que custa R\$ 30,00 por metro cúbico e compõe o custo do frete, o valor CIF está descrito na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição do Valor CIF da carga em Reais

Valor Lote	14.300,00
Frete	36,96
Capatazia	40,32
Seguro	275,00
Valor CIF	14.652,28

O valor CIF é importante pois é sobre ele que é calculado o valor dos tributos posteriormente. Outros custos relevantes relacionados à logística e liberação da carga são a armazenagem no porto de Santos, no valor de R\$ 2600,00, a taxa de utilização do SISCOMEX, no valor de R\$ 185,00, e o frete de Santos para São Paulo, no valor de R\$ 500,00. Esses custos foram cotados com a mesma empresa de logística internacional.

5.4.3 Impostos de importação

Para o cálculo dos impostos a serem pagos para a liberação da carga é necessário determinar o NCM que melhor descreve o produto importado. A partir disso, é possível avaliar o valor da alíquota dos diferentes impostos federais, que variam de acordo com o tipo de produto que está sendo importado. O NCM que melhor se encaixa o produto é 9506.91.00 - Artigos e equipamentos para cultura física, ginástica ou atletismo. Com as alíquotas desse NCM e o valor CIF da carga que foi calculado no tópico anterior, o cálculo dos impostos é apresentado na Tabela 7. A carga de impostos calculada equivale a 89% do valor CIF.

Tabela 7 - Cálculo dos impostos federais em Reais

Imposto	Alíquota	Valor
II	35%	5.128
IPI	5%	989
PIS	2%	308
COFINS	11%	1.560
ICMS	18%	5.010
Total		12.995

5.4.4 Custo Total

A Tabela 8 traz os componentes de cada custo e o valor total para a importação do lote de 100 peças. O valor final foi de R\$ 30.933, com o dólar cotado a R\$ 5,50. Portanto, o valor unitário ficou em **R\$ 309,33**.

Tabela 8 - Custos da Cadeia Importada em Reais

Material e Mão de Obra	14.300
Imposto	12.995
Logística	3.637
Total	30.933

5.5 Comparação entre as Cadeias

Com os custos das duas cadeias calculados e os diferentes agentes mapeados, é possível compará-las usando diferentes critérios explicados no capítulo 3.1.2.

5.5.1 Análise Econômica

Inicialmente a comparação de custos de cada forma de produção é importante. Com custo por peça de R\$ 198,44 contra R\$ 309,33 do produto importado, ao menos em termos financeiros, é possível afirmar comparando os dois valores por peça que a fabricação nacional é mais vantajosa do que a importação, para esse item específico no tamanho de lote estabelecido. Caso o lote fosse maior, é esperado que tanto os custos nacionais quanto importados fossem reduzidos.

Tabela 9 - Custos Importados vs. Nacionais

Custo	Importado	Nacional
Material e Mão de Obra	14.300	17.329
Imposto	12.995	1.886
Logística	3.637	630
Total	R\$ 30.933	R\$ 19.844

A Figura 3 mostra o comportamento teórico da participação de cada tipo de custo no custo total das cadeias. Colocando todos os custos obtidos em base 100, é possível construir um diagrama similar a esse e compará-lo. Esse diagrama está indicado na Figura 31. Em termos de padrão de variação de custo, o diagrama elaborado com os custos obtidos apresenta as mesmas variações que a figura de Ballou (2004): Custos de material e serviço maiores na cadeia nacional,

representando 87% do custo total contra 46% da representatividade do preço do produto no custo final importado, porém encargos tributários e logística menores do que a cadeia internacional.

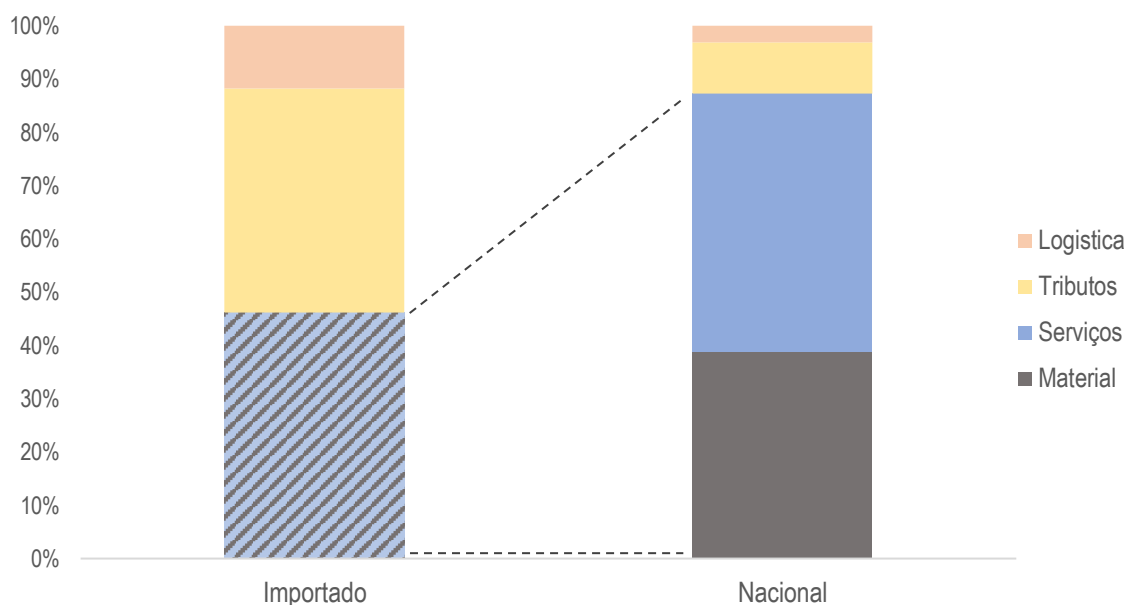


Figura 31 - Comparação da participação de cada tipo de custo na cadeia. Elaborada pelo autor.

Somando o material com o custo de mão de obra, a rota importada leva vantagem, sendo 17% mais barata do que o equivalente nacional, de acordo com a Tabela 9. Era esperado que esse valor fosse menor, pois além da matéria-prima chinesa ser mais barata, a mão-de-obra também é menos remunerada. Essa diferença, porém, não é suficiente para tirar a maior desvantagem para da cadeia importada: a carga de impostos cobrados. Eles representam 42% de todo o custo do lote importado, sendo mais de R\$ 10.000 maior do que os impostos pagos na cadeia nacional.

Um fator que é importante de ser notado é a cotação do dólar. Em 2020, período em que esse trabalho foi desenvolvido, o dólar chegou ao seu maior valor

histórico, atingindo R\$ 5,73 e flutuou em torno de R\$ 5,50, que foi a cotação usada para o cálculo do lote apresentado na Tabela 8. Foi feita uma análise de a partir de qual cotação do dólar a cadeia importada seria viabilizada, apresentada na Tabela 10. A variação de um dólar, de acordo com os resultados obtidos, traz uma variação próxima a R\$ 50 no custo final do produto. A partir dessa análise pode-se concluir que, em termos econômicos, a importação desse produto é com o dólar valendo R\$ 3,50 ou menos. A última vez que o dólar teve esse valor foi no primeiro semestre de 2018.

Tabela 10 - Variação do custo em função da variação do dólar

<u>Cotação do Dólar</u>	<u>Custo Final por Unidade (R\$)</u>
5,5	309,33
4,5	259,27
4	234,24
3,5	209,21

5.5.2 Aplicação de Teorias do Modelamento de Compra versus Produção

De acordo com a análise econômica feita no tópico anterior, é possível concluir que, com a cotação atual do dólar, a importação seria inviável. Porém já foi demonstrado que esse não é o único critério de decisão de compra *versus* produção.

Williamson (1991) criou um modelamento para essa tomada de decisão baseado nos custos de transação, que são maiores quanto maior for o número de relações comerciais. Para cada agente na cadeia de suprimentos é preciso manter uma relação comercial e impor mecanismos para que essa relação funcione. Nesse aspecto, a cadeia de suprimentos internacional leva vantagem. Entre

fornecedores, empresas da indústria de transformação e a necessidade de transporte entre elas, a cadeia de suprimentos nacional tem oito agentes, já descontando os fretes inclusos no preço de compra, antes de chegar à empresa final, que pode ser visto na Figura 32. Em comparação, a cadeia importada indicada na Figura 33 tem apenas dois agentes antes do final: o fornecedor na China e a empresa responsável pela logística de importação. A menor complexidade em termos de agentes envolvidos na importação traz uma vantagem estratégica para essa rota, com a redução dos custos de transação, segundo o modelo de Williamson (1991).

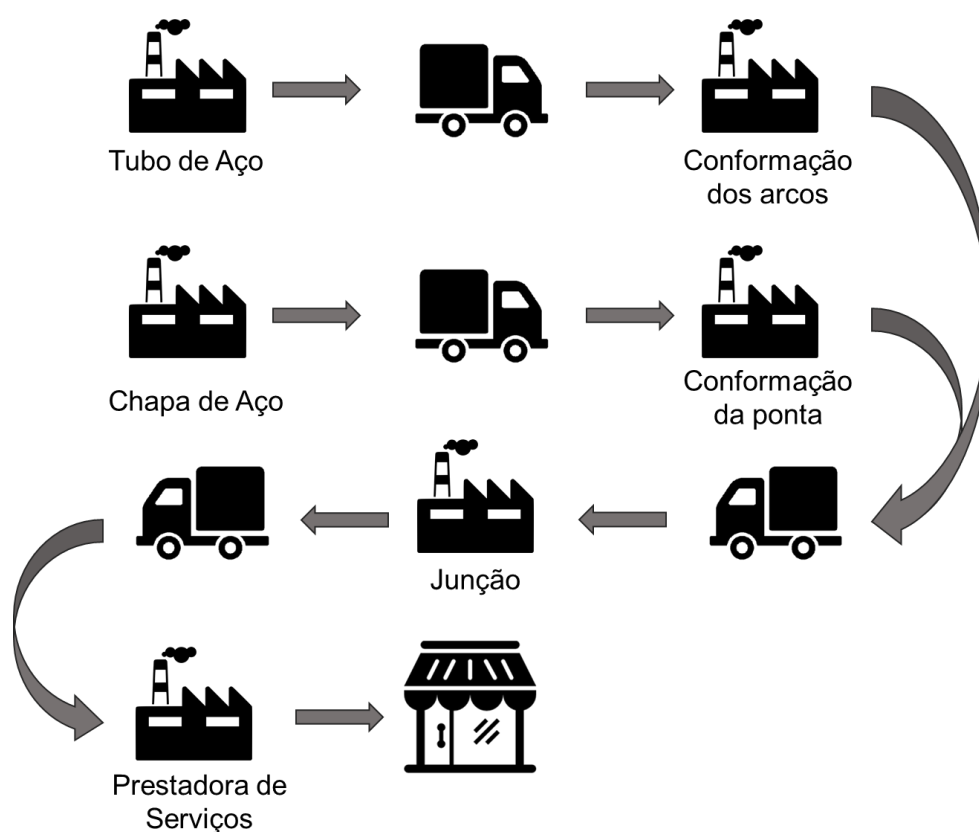


Figura 32 - Cadeia de Suprimentos da produção nacional. Elaborada pelo autor.

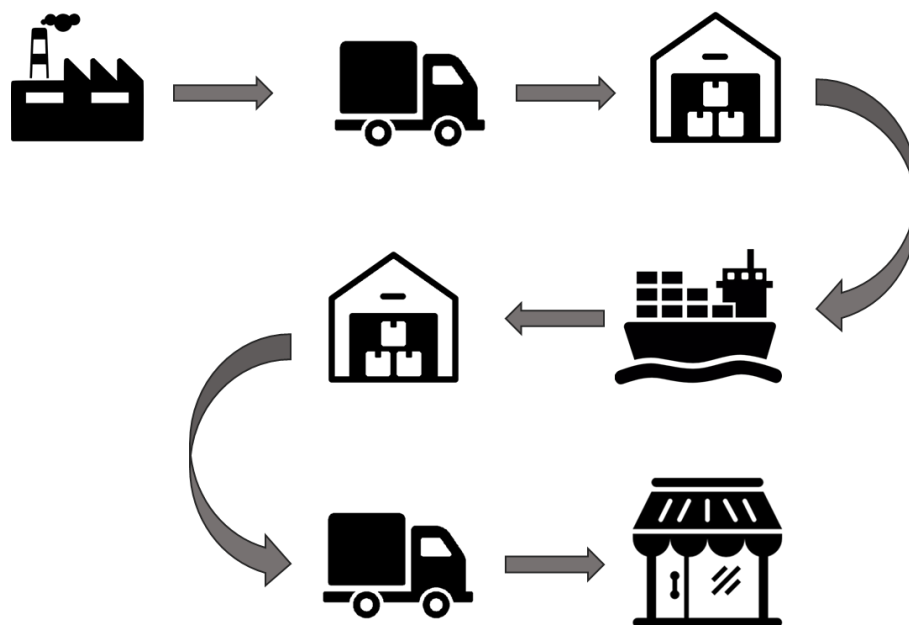


Figura 33 - Cadeia de Suprimentos da importação. Elaborada pelo autor.

Mesmo com o menor número de agentes, existe mais um fator que é necessário levar em conta, de acordo com o modelo de Lonsdale (1999), que é o controle dos riscos nas parcerias estabelecidas. Apesar do menor número de agentes, a rota importada não necessariamente traz menos riscos do que a nacional. Para ter uma compreensão melhor desse aspecto, é necessária uma análise mais ampla de oferta de mercado dos produtos e serviços envolvidos. De acordo com o *feedback* recebido pelo agente que fez o *sourcing* do produto no mercado chinês, no período em que esse trabalho foi desenvolvido, existiam apenas dois fornecedores que produziam o produto igual ao que foi analisado. Alguns outros forneciam um produto similar, como um arco formado por apenas uma peça ou o arco com três peças diferentes. Isso indica que atualmente o mercado chinês desse produto não apresenta alta competitividade e, de acordo com Lonsdale (1999), poderia levar a uma alta dependência dos poucos

fornecedores locais. Segundo esse modelo, não é viável tomar a decisão de comprar o produto nesse tipo de situação.

Em contraste, o mercado brasileiro dos diferentes processos necessários se mostrou vasto, com diferentes opções de fornecedores e prestadores de serviço. Caso um fornecedor não tivesse a quantidade desejada de tubos, por exemplo, poderia se recorrer ao mercado em busca de alternativas igualmente viáveis, o que traz vantagem estratégica para a cadeia nacional em termos de minimização de riscos relacionados a terceiros.

5.5.3 Indicadores de Performance

Além da análise pelos diferentes modelos de compra *versus* produção, a performance das cadeias também pode ser importante para a decisão de fabricação própria. Foram selecionados os indicadores propostos por Beamon (1998) que melhor se encaixam nas cadeias de suprimentos propostas no desenvolvimento desse trabalho.

Os indicadores quantitativos selecionados foram a minimização de custos e minimização do *lead time*, que é o tempo entre o começo e o fim da cadeia. A questão de custos já foi extensamente abordada nos capítulos anteriores e foi determinado que a cadeia que minimiza os custos na cotação de dólar do momento em que o trabalho foi realizado é a de produção nacional. Para analisar o tempo necessário para que o produto acabado seja recebido no destino final da cadeia, foram construídos os diagramas de Gantt para cada uma delas.

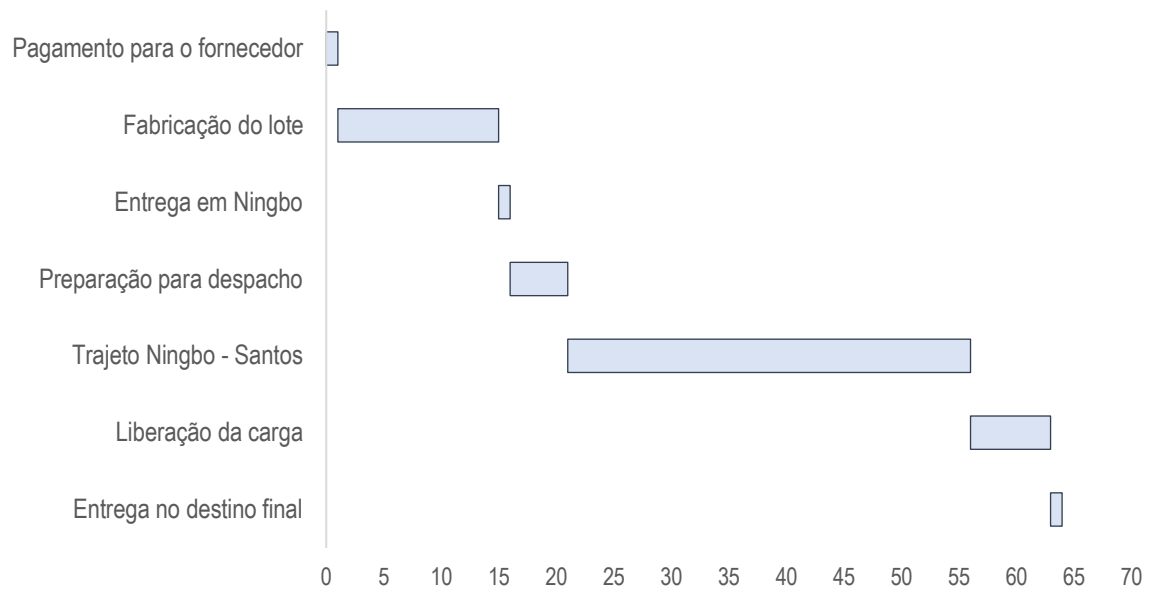


Figura 34 - Diagrama de Gantt para a cadeia de suprimentos importada. Elaborada pelo autor.

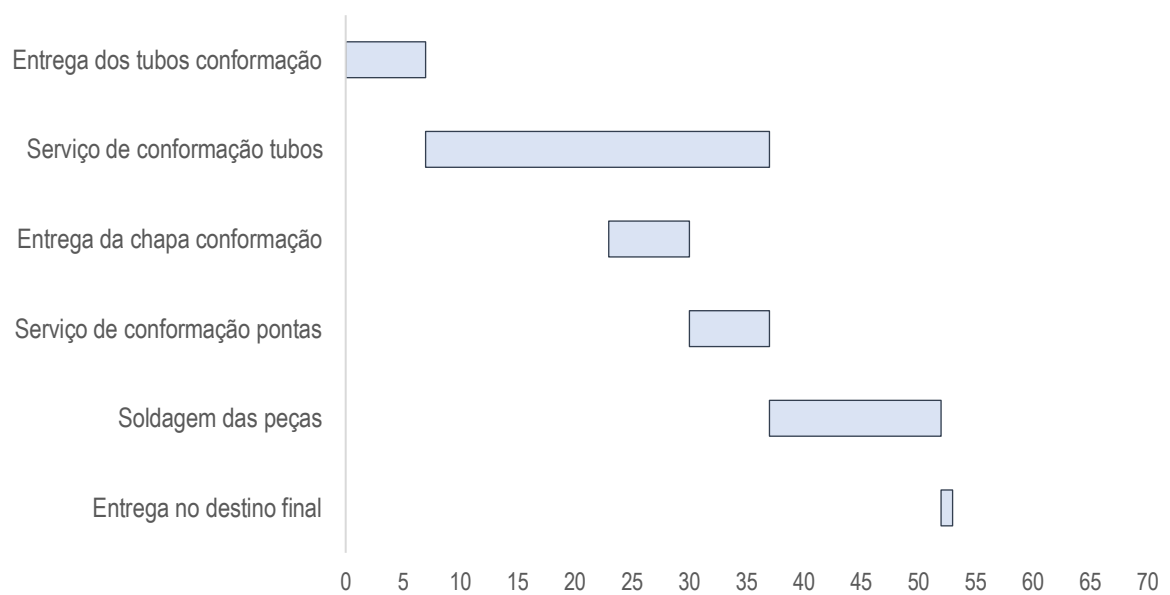


Figura 35 - Diagrama de Gantt para a cadeia de suprimentos nacional. Elaborada pelo autor.

A Figura 34 mostra o diagrama para a rota importada. Já a Figura 35 é o diagrama referente à rota nacional. A princípio, a cadeia nacional é a que minimiza

o *lead time*, com tempo total de 53 dias contra 64 da rota internacional. Observa-se que o maior prazo de entrega da produção nacional é a conformação do tubo. Para otimizar a cadeia, é possível adiantar a compra e a conformação das chapas nas pontas e fazer esses processos em paralelo à conformação do tubo, já que são processos totalmente independentes. O importante é que a empresa de soldagem receba esses dois componentes no mesmo dia, para que possa dar sequência à produção.

A cadeia importada tem como etapa mais longa os 35 dias necessários para a transporte marítimo. A menos que o transporte fosse por via aérea, com custo muito mais elevado, essa etapa não poderia ser acelerada. No primeiro momento o fornecedor precisa de 14 dia para a produção desse lote. Porém se fosse firmada uma parceria mais estável com demanda mais constante, o fornecedor poderia preparar esse produto com antecedência e despachar o lote assim que recebesse o pagamento. Isso faria com que a cadeia durasse 40 dias, passando a minimizar o *lead time* em relação à nacional.

Os indicadores qualitativos escolhidos foram a flexibilidade da cadeia, integração dos fluxos de material e informação e controle de riscos. A flexibilidade diz respeito ao grau de facilidade que a cadeia tem em lidar com flutuações randômicas de demanda. Caso a demanda subisse intensamente, a cadeia importada ficaria mais dependente do fornecedor conseguir fazer a produção de um número maior de unidades sem aumentar o prazo de entrega. No caso da nacional, mesmo que o fornecedor de tubos não tivesse estoque suficiente para o crescimento da demanda ou a empresa de conformação não conseguisse continuar entregando no prazo estimado, existem outras empresas que podem fazer os mesmos serviços em paralelo, mantendo o prazo de produção. Se a

demanda caísse, os custos fixos principalmente com logística e taxas afetariam mais no custo por unidade, aumentando o valor. Esse efeito não seria observado na cadeia nacional. Por essas duas razões, é possível concluir que a produção nacional tem maior flexibilidade.

Em termos de integração dos fluxos de informação, ambas apresentam dificuldades diferentes. Na nacional, o número elevado de agentes na cadeia demanda maior esforço para que as informações estejam alinhadas. Já na internacional, o fato de a comunicação ter que ser feita em inglês, uma linguagem estrangeira para os dois lados, pode ter um efeito negativo na troca de informações, além da grande diferença de fuso horário entre Brasil e China, que pode causar um *delay* nesse fluxo.

Ambas cadeias também apresentam riscos diferentes. No processo de importação desenhado, o valor integral deve ser pago antes de receber a mercadoria. Para minimizar esse risco, é ideal ter um agente intermediário na China e que sejam feitos contratos formais com o fornecedor para garantir que o produto será entregue. Já no processo nacional os fornecedores têm maior flexibilidade quanto ao parcelamento de pagamento. Mesmo que o valor integral tenha que ser pago à vista, cada pagamento é apenas uma parcela do custo total. O controle da qualidade também é dificultado, já que se alguma falha for identificada, serão necessário pelo menos 64 dias para receber um novo lote sem defeitos. Nesse aspecto a rota nacional apresenta vantagem, já que o controle de qualidade pode ser feito em qualquer etapa do processo. O maior risco nessa cadeia é o grande número de agentes envolvidos, que devem ter um acompanhamento próximo da empresa contratante para evitar atrasos ou outros tipos de problema.

6 Conclusão

Os principais objetivos desse trabalho eram realizar um estudo de caso sobre a viabilidade de produzir nacionalmente um produto importado específico e aplicar técnicas de Engenharia Reversa para avaliar as necessidades em relação aos materiais utilizados no desenvolvimento do produto. Ambos objetivos foram alcançados durante o desenvolvimento do trabalho.

As técnicas de engenharia reversa escolhidas para o trabalho se mostraram eficientes. Com aplicação de diferentes *softwares* e análises das propriedades da peça original, foi possível determinar que o material usado no arco metálico era um aço baixo carbono e baixa liga. A partir disso, foi possível procurar empresas nacionais que oferecessem esse material e também empresas que fizessem as conformações necessárias.

Foi possível desenhar as cadeias de suprimentos tanto de importação quanto de produção nacional e compará-las em diferentes critérios. Os principais modelamentos para tomada de decisão estratégica de compra *versus* produção foram usados para identificar quais as vantagens e desvantagens de cada uma dessas cadeias de suprimentos, que discutem a viabilidade de uma cadeia mais afundo do que apenas o custo. Em termos econômicos, com a cotação do dólar no período em que esse trabalho foi escrito, R\$ 5,50, a produção nacional seria 36% mais barata do que a importação. Porém foram indicados outros cenários de dólar em que a importação seria viável economicamente, chegando a um valor próximo ao de produção nacional em uma cotação de R\$ 3,50. Aspectos estratégicos como dependência de fornecedores, *lead time* e controle de riscos também foram abordados. Foi mostrado que mesmo que o valor por unidade fosse

o mesmo, a produção nacional apresenta diversas vantagens sobre a importação. Pode-se concluir, portanto, que a cadeia de suprimentos que foi construída para a fabricação desse produto específico, nas condições que foram apontadas durante o desenvolvimento desse trabalho, é viável.

7 Referências

ASHIKAGA, Carlos Eduardo Garcia, **Análise da tributação na importação e na exportação de bens e serviços**. São Paulo. Editora Aduaneiras, 2014.

BALLOU, R. H., **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2004.

BANCO MUNDIAL, **Imports of goods and services (% of GDP)**. Disponível em: < <https://data.worldbank.org/indicator/NE.IMP.GNFS.ZS>>. Acesso em: 09 jun. 2020.

BEAMON, Benita M., **Supply chain design and analysis: Models and methods**. International Journal of Production Economics, 55, issue 3, p. 281-29, 1998.

BRASIL. **Decreto 6.759 de 5 de fevereiro de 2009. Regulamento Aduaneiro**; Regulamenta a administração das atividades aduaneiras, e a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior.

CAPARROZ, Roberto, **Comércio Internacional Esquemático**. Editora Saraiva; 1ª Ed. 2012.

COASE, R. H., **The Nature of the Firm**. Economica, New Series, Vol. 4, No. 16., 1937

Comex Stats, Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

EILAM, E., **Reversing: Secrets of Reverse Engineering**. John Wiley & Sons, 2011.

Guia de Comércio Exterior e Investimento – Invest & Export Brasil,

Disponível em: <<http://www.investexportbrasil.gov.br/>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

GUTWALD, P. M., **Strategic outsourcing and technology supply chains**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1995. Master's thesis (Management).

HAMEL, G., PRAHALAD, C. K., **The core competence of the corporation**. Harvard Business Review, v. 68, n. 3, p. 79-91, 1990.

HAMEL, G., PRAHALAD, C. K., **Competing for the future**. Boston: Harvard Business School Press, 1994.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, **Ipeadata**, Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

JESUS, A., **Despacho aduaneiro de importação**. São Paulo. Editora Aduaneiras; 2013.

KUME, H., PIANI, G., SOUZA, C., **A política brasileira de importação no período 1987-98: descrição e avaliação**. IPEA, 2003.

LONSDALE, C., **Effectively managing vertical supply relationships: a risk management model for outsourcing**. Supply Chain Management: An International Journal, v. 4, n. 4, p. 176-183, 1999.

LUZ, R., **Comércio Internacional e Legislação Aduaneira - Série Provas e Concursos**. Editora Elsevier - Campus; 5ª Ed. 2012.

MINISTÉRIO DA FAZENDA, **ANEXO III - Alíquotas e Partilha do Simples Nacional**

ROZENFELD, H. et al., **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

UNESP, **Manual de Importação**. Pró-Reitoria de Administração, 2003.
Disponível em: < <http://www.unesp.br/prad/importacao/manual-importacao.pdf>>.
Acesso em: 10 jun. 2020.

VALE, R., **Comércio Internacional - Série Questões Comentadas**. Editora Método; 1ª Ed. 2010.

WANG, W., **Reverse Engineering: Technology of Reinvention**. CRC Press, 2011.

WILLIAMSON, O., **Strategizing, economizing and economic organization**. Strategic Management Journal, n. 12, 1991.