

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**MARCO ANTONIO MARAIA VILLA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM PROTÓTIPO  
PARA A LOCOMOÇÃO DE PESSOAS COM MOBILIDADE REDUZIDA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2016**

MARCO ANTONIO MARAIA VILLA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM  
PROTÓTIPO PARA A LOCOMOÇÃO DE PESSOAS COM  
MOBILIDADE REDUZIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Ditzel Santos

PATO BRANCO

2016

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica de um Protótipo De Para a Locomoção de Pessoas com Mobilidade Reduzida

Marco Antonio Maraia Villa

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 23/06/2016 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

---

Prof. Dr. Gilson Adamczuk de Oliveira  
(UTFPR – Pato Branco)

---

Prof. Dr. José Donizetti de Lima  
(UTFPR – Pato Branco)

---

Prof. Dr. Gilson Ditzel Santos  
(UTFPR – Pato Branco)  
Orientador

---

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

## DEDICATÓRIA

À minha família, minha base de inspiração. Ao meu pai, por sempre me ensinar que a humildade é a melhor virtude de um homem além do quão importante é acreditar em mim mesmo, não importando a adversidade imposta. À minha mãe, base de afeto e espiritualidade, sempre me aconselhando a buscar a serenidade em minhas decisões, além da necessidade de elevação espiritual para a construção de um mundo mais justo e humano. À minha irmã, minha fiel amiga, a qual amo mais que tudo e confio todos meus medos, desejos e felicidades. Às amizades fíéis, puras e verdadeiras que construí ao longo de toda minha caminhada, irmãos de vida que foram capazes de me tornar um homem crente na lealdade entre seres humanos. Deixo aqui meu eterno respeito a todos que de alguma forma me fizeram uma pessoa melhor, destaco aqui a importância dos que estiveram comigo em todos os momentos da graduação: Rogério Antunes, Gil Guilherme, André Cotrim, Fábio Zanguettin, Alex Scallize, Renan Nardino, Felipe Patron, Ruan Susin, Vinicius Noal e Têtsuo Kato. Desejo que vocês busquem a felicidade plena e que lembrem-se sempre de suas origens.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, instituição que me acolheu e foi capaz de prover estrutura sólida de ensino. Em específico, agradeço o Departamento de Engenharia Mecânica, aos professores sem exceções e a todos que de alguma forma me fizeram absorver os conhecimentos necessários para o desempenho de minhas funções juntamente com os princípios da ética.

A h7 – Pesquisa & Desenvolvimento Empresa Júnior de Mecânica. Instituição que me forneceu profundos aprendizados e experiências.

Agradeço a equipe do Laboratório de Produção, alunos de graduação e pós-graduação que estiveram comigo e me forneceram base sólida para o desenvolvimento deste trabalho. Em específico, agradeço o Professor Dr. Gilson Adamczuk Oliveira por depositar em mim confiança no desenvolvimento de minhas atividades e também ao Professor Dr. José Donizetti de Lima, ilustre profissional na transferência de seus conhecimentos além de me despertar o interesse pelo assunto abordado neste trabalho.

Concluindo, meu profundo agradecimento ao Professor Dr. Gilson Ditzel Santos, meu orientador e por fim um amigo. Serei eternamente grato pelos ensinamentos transferidos professor!

## RESUMO

VILLA, Marco Antonio Maraia. **Estudo De Viabilidade Técnica E Econômica De Um Protótipo Para A Locomoção De Deficientes Físicos E Pessoas Com Mobilidade Reduzida**. 2016. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso Para a Obtenção de Título de Engenheiro Mecânico, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Este trabalho apresenta uma pesquisa referente ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) e analisa os fundamentos que norteiam a gestão de um sistema produtivo considerado sob-encomenda. Para isso, foram verificados todos os processos necessários para a produção do protótipo além da sua gestão de tempo e sequenciamento de atividades por meio da metodologia PERT/CPM. A análise da viabilidade econômica também foi verificada e fundamentada na abordagem determinística via metodologia multi-índice ampliada e simulação de Monte Carlo, aplicadas com o auxílio de software computacional a fim de verificar os indicadores econômicos que irão auxiliar na tomada de decisão no plano de investimento. Neste contexto, são consideradas a possibilidade de produção interna de um protótipo mecânico ou a sua terceirização. São abordados três cenários, o primeiro considera a produção *in-house*, o segundo a terceirização das etapas produtivas e o terceiro analisa além da terceirização do processo, considera também a substituição de componentes por outros relativamente menos custosos. Os resultados obtidos permitiram avaliar através de índices econômicos o desempenho que o plano de investimento terá no horizonte de planejamento. O cenário com melhores índices de desempenho foi o terceiro em análise, neste foram verificadas a terceirização da produção acarretando a redução dos investimentos iniciais e a substituição de componentes por outros menos custosos.

**Palavras-Chave:** Tecnologia Assistiva, Viabilidade Técnica e Econômica, Planejamento e Controle da Produção, Análise de Investimentos.

## ABSTRACT

This work presents a study in regard to Production Planning and Control (PPC) and analyzes the fundamentals that guide the management of a production system considered on demand. All necessary processes were verified for the prototype production in addition to its time management and activity sequencing through PERT/CPM methodology. The analysis of economic viability was also verified and based on classic methodology, expanded multi-index methodology and Monte Carlo simulation, these were applied in computational software in order to verify the economic indicators that will assist in decision making in the investment plan. In this context, the possibility of domestic production of a mechanical prototype or its outsourcing are considered. Three scenarios are discussed, the first one considers the in-house production, the second one considers the outsourcing of the production stages, and the third one analyzes beyond the outsourcing of the production, also considering the replacement of components for others relatively less expensive. The obtained results allowed the evaluation of the performance that the investment plan will have on the planning horizon through the economic indices. The scenario with better performance indices was the third in analysis, this was verified outsourcing production resulting in a lower initial investment and replacement of components by other less costly.

**Keywords:** Assistive Tecnology, Technical and Economic Viability, Production Planning and Control, Investment analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Stephen Farfler e sua cadeira de rodas.....	9
Figura 2 - Cadeira de rodas com estrutura de aço .....	9
Figura 3 - “Champion 3000”, cadeira de rodas para esportes desenvolvida na Suíça (1986)..	10
Figura 4 - Cadeira de rodas ortoestática desenvolvida no Brasil .....	10
Figura 5 - Exemplo de dadeira de rodas mecanomaneal.....	12
Figura 6 - Cadeiras de rodas motorizada JW – III da Yamaha.....	13
Figura 7 - Porcentagem de deficiências.....	15
Figura 8 - Dimensões referenciais para cadeiras de rodas.....	20
Figura 9 - Alcance manual frontal para uma pessoa sentada .....	20
Figura 10 - Estágios envolvidos no processo de terceirização .....	27
Figura 11 - Características básicas dos sistemas produtivos .....	30
Figura 12 - Flexibilidade de operação em relação a flexibilidade de recursos.....	36
Figura 13 - Rede de atividades PERT/COM .....	38
Figura 14 - Função densidade de probabilidade da distribuição triangular.....	47
Figura 15 - Fluxo do método de avaliação de viabilidade técnica .....	50
Figura 16 - Fluxo do método de avaliação de viabilidade econômica .....	52
Figura 17 - Visão em perspectiva do protótipo .....	53
Figura 18 - Processo de produção.....	55
Figura 19 - Primeiro desdobramento do processo produtivo .....	55
Figura 20 - Desenho virtual da estrutura de fixação do frontbike .....	59
Figura 21 - Desenho virtual da estrutura fixa à cadeira de rodas .....	60
Figura 22 - Vista lateral da estrutura de fixação do <i>frontbike</i> .....	60
Figura 23 - Vista superior da estrutura de fixação do <i>frontbike</i> .....	60
Figura 24 - Estrutura fixa à cadeira de rodas .....	62
Figura 25 - Presilha de fixação traseira .....	63
Figura 26 - Presilha de fixação dianteira .....	63
Figura 27 - Mancais de fixação traseiro e dianteiro .....	65
Figura 28 - Acoplamento das presilhas de fixação.....	68
Figura 29 - União da roda e seus componentes ao garfo de direção .....	68
Figura 30 - União do garfo de direção e estrutura de sustentação do <i>frontbike</i> .....	69
Figura 31 - Montagem do guidão .....	69
Figura 32 - Instalação sistema elétrico e hidráulico .....	70
Figura 33 - Método PERT/CPM Produção .....	72
Figura 34 - PERT/CPM Processos de Componentes Simultâneos.....	74
Figura 35 - Método PERT/CPM Montagem .....	75
Figura 36 - Confronto retorno esperado versus risco percebido/estimado/associado ao retorno .....	89
Figura 37 - Confronto retorno esperado versus risco percebido/estimado/associado ao retorno (2º Cenário).....	95
Figura 38 - Confronto retorno esperado versus risco percebido/estimado/associado ao retorno (3º Cenário).....	102



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade e valores gastos com cadeiras de rodas convencionais.....	16
Tabela 2 - Quantidade, valor sugerido e impacto orçamentário anual .....	16
Tabela 3 - Custos hora-máquina.....	82
Tabela 4 - Custos variáveis.....	83
Tabela 5 - Custos com pessoal .....	83
Tabela 6 - Custos de área ocupada .....	84
Tabela 7 - Investimento Inicial (Primeiro Cenário).....	86
Tabela 8 - Dados de entrada – Abordagem Determinística - 1º Cenário .....	86
Tabela 9 - Dados de entrada – Simulação de Monte Carlo - 1º Cenário.....	90
Tabela 10 - Indicadores estatísticos – Simulação de Monte Carlo - 1º Cenário .....	91
Tabela 11 - Contagem pela frequência – Simulação de Monte Carlo - 1º Cenário .....	91
Tabela 12 - Investimento inicial (Segundo Cenário).....	93
Tabela 13 - Dados de entrada – Abordagem Determinística - Segundo Cenário.....	93
Tabela 14 - Dados de entrada – Simulação de Monte Carlo - 2º Cenário.....	96
Tabela 15 - Indicadores estatísticos – Simulação de Monte Carlo - 2º Cenário .....	97
Tabela 16 - Contagem pela frequência – Simulação de Monte Carlo - 2º Cenário .....	97
Tabela 17 - Investimento inicial (Terceiro Cenário) .....	99
Tabela 18 - Dados de entrada – Abordagem Determinística - Terceiro Cenário .....	99
Tabela 19 - Dados de entrada – Simulação de Monte Carlo - 3º Cenário.....	102
Tabela 20 - Indicadores estatísticos – Simulação de Monte Carlo - 3º Cenário .....	103
Tabela 21 - Contagem pela frequência – Simulação de Monte Carlo - 3º Cenário .....	103
Tabela 22 - Comparativo de índices econômicos referentes aos três cenários.....	104

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição da composição estrutural de cadeiras de rodas pelo grau de tecnologia	14
Quadro 2 - População com mobilidade reduzida no estado do PR, SC e RS.....	15
Quadro 3 - Rendimento de pessoas com mobilidade reduzida nos estados PR, SC e RS.....	15
Quadro 4 - Recomendações ergonômicas para o posto de trabalho .....	18
Quadro 5 - Descrição de alcances frontal para uma pessoa sentada .....	21
Quadro 6 - Dimensões da inovação .....	22
Quadro 7 - Práticas da gestão da inovação .....	23
Quadro 8 - Aspectos da produção sob encomenda.....	31
Quadro 9 - Diretrizes de pontualidade total envolvidas com o planejamento e controle da produção sob encomenda.....	32
Quadro 10 - Fluxo genérico de PDP para a produção sob encomenda .....	32
Quadro 11 - Análise genérica para produções de empresas sob encomenda .....	33
Quadro 12 - Prioridades competitivas .....	35
Quadro 13 - Processos de Metalurgia.....	35
Quadro 14 - Comparativo entre a metodologia clássica e multi-índice de análise de investimentos .....	44
Quadro 15 - Maquinário e equipamentos para a produção.....	57
Quadro 16 - Componentes, matéria prima e capacidade de produção .....	58
Quadro 17 - Matéria-prima para a produção da estrutura de fixação do frontbike .....	61
Quadro 18 - Equipamentos para a produção da estrutura de fixação do frontbike .....	61
Quadro 19 - Matéria-prima para a produção da estrutura fixa à cadeira de rodas .....	62
Quadro 20 - Equipamentos para a produção da estrutura fixa à cadeira de rodas.....	63
Quadro 21 - Matéria-prima para a produção das presilhas de fixação .....	64
Quadro 22 - Equipamentos para a produção das presilhas de fixação .....	64
Quadro 23 - Equipamentos para a adaptação dos raios .....	64
Quadro 24 - Matéria-prima para a produção dos componentes do sistema de acople .....	65
Quadro 25 - Equipamentos para a produção do acople fixo a cadeira de rodas.....	66
Quadro 26 - Etapas da montagem do produto .....	67
Quadro 27 - Tempo de produção de componentes .....	71
Quadro 28 - Duração de processos na produção e suas dependências .....	72
Quadro 29 - Atividades em paralelo dos componentes .....	73
Quadro 30 - Duração de processos na montagem e suas dependências .....	74
Quadro 31 - Estimativa de tempo para cada processo.....	75
Quadro 32 - Sugestões de segurança no posto de trabalho.....	77
Quadro 33 - Custo de matéria-prima .....	80
Quadro 34 - Custos de aquisição de maquinário .....	81
Quadro 35 - Custos componentes de montagem .....	85
Quadro 36 - Custos fixos e variáveis (Primeiro Cenário) .....	85
Quadro 37 - Indicadores da MMIA – Primeiro Cenário .....	88
Quadro 39 - Custos fixos e variáveis (Segundo cenário) .....	93
Quadro 40 - Indicadores da MMIA – Segundo Cenário .....	94
Quadro 42 - Custos fixos e variáveis (Terceiro cenário).....	99
Quadro 43 - Indicadores da MMIA – Terceiro Cenário.....	100

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. ACESSIBILIDADE .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 CADEIRA DE RODAS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 USUÁRIOS DE CADEIRAS DE RODAS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA.....</b>	<b>17</b>
2.5.1 ERGONOMIA.....	17
2.5.2 CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTOS ASSISTIVOS .....	18
<b>2.6 GESTÃO DA INOVAÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>2.7 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
2.7.1 TERCEIRIZAÇÃO .....	25
2.7.1.2 PROCESSO DE TERCEIRIZAÇÃO.....	26
2.7.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA .....	29
2.7.3 FACILIDADE DE PRODUÇÃO.....	33
2.7.4 PLANEJAMENTO DE PROCESSOS .....	34
2.7.5 FLEXIBILIDADE DE PRODUÇÃO .....	35
2.7.6 GRAU DE AUTOMAÇÃO .....	37
2.7.7 DIAGRAMAS DO TIPO PERT/CPM .....	37
<b>2.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>	<b>39</b>
2.8.1 METODOLOGIA CLÁSSICA.....	41
2.8.2 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS (TOR).....	42
2.8.3 METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS .....	42
2.8.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO EM PROJETOS DE INVESTIMENTOS .....	45
2.8.4.1 PROCESSOS GERADORES DE VARIÁVEIS ALETÓRIAS.....	46
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 ANÁLISE TÉCNICA .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>	<b>50</b>
<b>4.0 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 PRIMEIRO CENÁRIO DE PRODUÇÃO - PRODUÇÃO INTERNA.....</b>	<b>54</b>
4.1.1 EQUIPAMENTOS .....	56
4.1.2 MATÉRIA PRIMA .....	57
4.1.3 PROCESSO PRODUTIVO .....	59
4.1.4 MONTAGEM.....	66
4.1.5 TEMPO DE PRODUÇÃO.....	70
4.1.6 POSTO DE TRABALHO.....	76

<b>4.2 SEGUNDO E TERCEIRO CENÁRIOS DE PRODUÇÃO - TERCEIRIZAÇÃO ....</b>	<b>77</b>
<b>4.3 ANÁLISE ECONÔMICA.....</b>	<b>79</b>
4.3.1 PRIMEIRO CENÁRIO DE PRODUÇÃO – RECURSOS PRÓPRIOS E LEASING ...	80
4.3.1.1 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA.....	86
4.3.1.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO – PRIMEIRO CENÁRIO ( <i>IN-HOUSE</i> ) .....	90
4.3.2 SEGUNDO CENÁRIO DE PRODUÇÃO – TERCEIRIZAÇÃO .....	92
4.3.2.1 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA.....	93
4.3.2.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO – SEGUNDO CENÁRIO .....	96
4.3.3 TERCEIRO CENÁRIO DE PRODUÇÃO – TERCEIRIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE COMPONENTES .....	98
4.3.3.1 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA.....	99
4.3.3.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO – TERCEIRO CENÁRIO .....	102
<b>5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>104</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>105</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>106</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O termo deficiência está ligado a uma multiplicidade de conceitos. Fazendo referência do termo à condição física relacionada à saúde do ser humano, o Decreto nº 3298/99 (BRASIL, 1999) que regulamenta a lei 7853/89, define deficiência como sendo a perda total ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano. Ainda, de acordo com o decreto, é considerada pessoa com deficiência a que se enquadra nas seguintes categorias: deficiência física, deficiência auditiva, deficiência visual, deficiência mental e deficiência múltipla. A respeito de deficiência física tem-se como alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzem para o desempenho de funções (BRASIL, 1999).

O contexto histórico relacionado às pessoas com deficiência ilustra a dificuldade encontrada rotineiramente por estas. Aguado Diaz (1995) aponta que sempre existiu uma constante histórica: a marginalização do deficiente.

Aranha (1995) analisa a Revolução Burguesa no final do século XV, caracterizada pela revolução de ideias, as pessoas com deficiência começam a ser vistas como sujeitos não produtivos, ou seja, incapazes, aqueles que oneram a sociedade no que se refere ao seu sustento e manutenção.

O documento de Avanços das Políticas Públicas Para as Pessoas com Deficiência (SECRETARIA DOS DIREITOS HUMANOS, 2012) cita que na era moderna a deficiência deveria ser tratada e corrigida, e a pessoa deveria receber algum tipo de intervenção de

profissionais para “resolver” o “problema”, e assim se adaptar à maneira como a sociedade é construída e organizada.

Entretanto, essa compreensão foi cedendo lugar à ideia de que a exclusão vivida pelas pessoas com deficiência era, na verdade, provocada pela organização social contemporânea, e a deficiência passou a ser entendida como produto das barreiras físicas, organizacionais e atitudinais presentes na sociedade, e não culpa individual daquele que tem a deficiência. Partindo desse paradigma, a deficiência é vista como uma característica da condição humana como tantas outras. Logo, as pessoas com deficiência têm direito à igualdade de condições e a equiparação de oportunidades, ou seja, todas devem ter garantidos e preservados seus direitos, em bases iguais com os demais cidadãos (SECRETARIA DOS DIREITOS HUMANOS, 2012).

A acessibilidade no Brasil, apesar de ainda possuir inúmeras falhas, vem sendo alvo de contínuas melhorias. Em relação à melhoria da acessibilidade para pessoas com deficiência física e mobilidade reduzida, a Lei Federal nº 10.048 (BRASIL, 2000) estabelece prioridade no atendimento de tais pessoas e a Lei Federal nº 10.098 (BRASIL, 2000) que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadores de deficiência ou com mobilidade reduzida.

O mercado de produtos que visa o aumento da independência de portadores de deficiência vem sofrendo constantes investimentos seja ele público ou privado. Porém, com o aumento da oferta, tem-se também o aumento das exigências dos consumidores e também a complexidade no ciclo de vida do produto enquanto este é ofertado, assim, o problema está em lançar um produto que atenda tanto as expectativas de seu mercado alvo quanto as exigências de normas técnicas e assim verificar dados e obter respostas de como realizar a análise do melhor método de produção do produto em questão aliado ao seu monitoramento de viabilidade econômica.

O presente estudo pretende analisar a viabilidade técnica e econômica de um protótipo híbrido produzido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, destinado às pessoas com mobilidade reduzida, sendo cadeirantes os principais beneficiados.

O protótipo possui em sua composição duas partes que são unidas por meio de um acoplamento rápido: a *frontbike* e a cadeira de rodas. A *frontbike* possui semelhança ao

sistema de direção de uma motocicleta convencional. Este sistema possui a propulsão fornecida por um motor elétrico de cubo acoplado a cadeira de rodas tornando o conjunto uma espécie de *trike*. O protótipo pode ser utilizado como apenas cadeira de rodas manual e quando acoplada ao *frontbike*, pode ser utilizado como um veículo adaptado para auxiliar seu usuário a se locomover em maiores distâncias.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho possui sua justificativa fundamentada em duas considerações, a primeira sendo de natureza social e a segunda a análise técnico-científica.

A sociedade necessita de produtos que façam o papel de facilitador no seu dia a dia, deste modo, a universidade entra com o papel fundamental de buscar a inovação conseguindo o desenvolvimento de novas tecnologias que consigam atender tal demanda e consequentemente contribuir com a situação socioeconômica do país. Dada às necessidades que surgem sejam estas em virtude da sociedade ou do meio empresarial, as universidades estão cada vez mais determinadas em buscar a inovação gerando assim patentes e realizando a transferência de tecnologia. A inovação é uns dos pilares para o desenvolvimento de uma sociedade, tal tema possui tamanha importância visto que a lei nº 10.973 (BRASIL, 2004) estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação e ao alcance de autonomia tecnológica e ao desenvolvimento industrial do país.

Dentro deste contexto, o trabalho busca por meio da aplicação de conceitos de engenharia e inovação realizar a análise técnica e econômica da produção de um produto que busque a acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida atendendo requisitos como qualidade e conforto juntamente com o aumento de eficiência e a facilidade de utilização do produto.

A necessidade de planejamento por parte dos desenvolvedores na implantação de um novo produto no mercado é cada vez maior. As análises prévias do comportamento técnico e financeiro do produto são fatores condicionantes do sucesso que este pode obter quando

lançado ao mercado consumidor. Desse modo, a não realização da análise econômica pode gerar decisões equivocadas devido às incertezas do mercado, gerar prejuízos e dificuldades de estruturação da empresa. Para a verificação da viabilidade econômica, as ferramentas fornecidas pela Engenharia Econômica são essenciais.

Para a correta análise econômica do produto, faz-se necessário a utilização de conceitos da Engenharia Econômica aplicados a engenharia e que para Blank e Tarquin (2008), envolvem formular, estimar e avaliar os resultados econômicos, quando alternativas para realizar determinado propósito estão disponíveis.

Já a viabilidade técnica, para Martins e Laugeni (2006) todo produto deve ter três características principais:

(i) Funcional: o produto deve ser de fácil utilização, considerar os aspectos ergonômicos envolvidos, ter estética, comandos auto-explicativos, ser compatível com as preocupações ambientais;

(ii) Manufaturável: o produto deve apoiar-se em tecnologias conhecidas e ter desenvolvimento por meio de equipes de áreas multidisciplinares no produto, no sentido de simplificar a sua fabricação; e

(iii) Vendável: deve agradar ao cliente e ser adequado às premissas de comercialização. Se esta última condição não for atendida de nada adiantarem os esforços das anteriores.

O engenheiro mecânico não deve apenas se preocupar com o desenvolvimento de projetos, deve também analisar fatores externos ao desenvolvimento do produto. A análise de viabilidade econômica do projeto deve ser verificada pelo profissional por meio das estimativas de investimentos necessários durante sua produção e os custos associados ao produto, sendo possível por exemplo, com base em indicadores de viabilidade econômica, determinar preços de venda e o seu desempenho econômico no mercado.



## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo pretende analisar a viabilidade técnica e econômica da produção de um veículo protótipo *trike* desenvolvido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco e financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com chamada MCTI SECIS/CNPq N° 84/2013. O protótipo é destinado às pessoas com mobilidade reduzida dos membros inferiores, sendo cadeirantes os principais beneficiados.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(i) Levantar informações sobre tecnologias assistivas, cadeiras de rodas, suas classificações e ergonomia;

(ii) Descrever as características técnicas do protótipo *trike*;

(iii) Análise da viabilidade técnica da produção do produto e seu detalhamento, verificando a viabilidade de terceirização de processos ou fabricação própria; e

(iv) Análise da viabilidade econômica e seu detalhamento a partir de indicadores econômicos que forneçam a análise crítica da expectativa de ganho com a inserção do produto em seu respectivo mercado consumidor.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ACESSIBILIDADE

A gênese da Política Pública ora denominada acessibilidade ocorreu em 1981, quando as Nações Unidas declarou como o “Ano Internacional dos Portadores de Deficiência”. Em 03.10.1982, por meio da resolução 37/82, a Assembleia Geral das Nações Unidas, foi aprovado o Programa de Ação Mundial para Pessoas Portadoras de Deficiência, equalizando o direito das pessoas com deficiência às mesmas oportunidades que os demais cidadãos além de usufruir das melhorias nas condições de vida resultantes do avanço econômico e social (MACIEL & CIENA, 2009).

De acordo com a Lei Federal nº 10.098, acessibilidade é a “possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, dos espaços mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida” (BRASIL, 2009).

Segundo Mello (1997), a tecnologia é considerada assistiva quando é usada para auxiliar no desempenho funcional de atividades, reduzindo incapacidades para a realização de atividades da vida diária e da vida prática, nos diversos domínios do cotidiano. É diferente da tecnologia reabilitadora, usada, por exemplo, para auxiliar na recuperação de movimentos diminuídos.

Segundo o documento de Avanços das Políticas Públicas para as Pessoas com Deficiência (BRASIL, 2012) os espaços públicos e de uso coletivo não podem mais ser excludentes, a acessibilidade ao meio físico, ao transporte, à comunicação e à informação deve ser provida a fim de garantir a todos, sem exceção, o direito de usufruir de seus direitos com equiparação de oportunidades.

## 2.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS

Segundo Rocha e Castiglioni (2005), a reabilitação de pessoas com deficiências, incapacidades ou idosas gera muitas expectativas em profissionais que desenvolvem tecnologias, uma vez que podem trazer para seus usuários maior independência e autonomia. Gradativamente são feitos investimentos na direção de produzir e aplicar conhecimentos em produtos específicos para essa população, tais produtos são denominados de recursos tecnológicos (RTs).

Várias são as terminologias utilizadas no Brasil para definir o que são RTs: Tecnologia Assistiva (EUA), Tecnologia de Assistência (CIF/OMS), Tecnologia de Apoio (Comissão Europeia/EUSTAT) e Ajudas Técnicas (Ministério da Saúde) (ROCHA; CASTIGLIONI, 2005).

Alves (2011) cita que por ser um termo novo, a “Tecnologia Assistiva” envolve recursos e serviços, englobando assim aspectos mecânicos, biomecânicos, ergonômicos, funcionais, cinesiológicos, éticos, estéticos e políticos.

Estes recursos são todo e qualquer item, equipamento ou parte dele que visam aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais de pessoas portadoras de deficiência, podendo variar de uma simples bengala a um complexo sistema computadorizado. Os serviços são caracterizados como aqueles que auxiliam diretamente uma pessoa com deficiência a adquirir e utilizar os recursos citados. Estes podem ser definidos como atividades transdisciplinares envolvendo profissionais de diversas áreas, tais como fisioterapia, engenharia e medicina (ALVES, 2011).

O decreto nº 3.298 de 20 de dezembro de 1999 determina em parágrafo único os seguintes termos de especificação para “Ajudas Técnicas”: “Próteses auditivas, visuais e físicas; órteses que favorecem a adequação funcional; equipamentos e elementos necessários à terapia e reabilitação da pessoa portadora de deficiência; equipamentos, maquinarias e utensílios de trabalho especialmente desenhados ou adaptados para uso por pessoa portadora de deficiência; elementos de mobilidade, cuidado e higiene pessoal necessários para facilitar a autonomia e a segurança da pessoa portadora de deficiência; elementos especiais para facilitar a comunicação, a informação e a sinalização para pessoa portadora de deficiência;

equipamentos e material pedagógico especial para educação, capacitação e recreação da pessoa portadora de deficiência; adaptações ambientais e outras que garantam o acesso, a melhoria funcional e a autonomia pessoal; bolsas coletoras para os portadores de ostomia” (BRASIL, 1999).

Estes recursos tecnológicos oferecem principalmente ao indivíduo que apresenta mobilidade reduzida a melhoria na comunicação, na mobilidade, no controle do ambiente, nas habilidades físicas e psicológicas e também a melhoria nas realizações comuns do seu cotidiano (CARRIEL, 2007).

Segundo Sommerville e Dewsbury (2007), ao longo dos últimos 20 anos, os avanços em sistemas de tecnologia assistiva foram muitos, alguns destes são projetados para fornecerem suporte ao usuário quando este desenvolve suas atividades normais da vida cotidiana. Os autores analisam a confiabilidade de tecnologias assistivas de acordo com o texto abaixo.

A confiabilidade nas tecnologias assistivas não pode ser analisada apenas sobre o *hardware* e *software* operando seus comandos, mas é também um reflexo do quão bem o sistema se encaixa no ambiente onde é utilizado. Muitos dos problemas envolvendo tecnologia assistiva ocorrem devido a concepção do projeto, ou seja, a raiz do problema é que muitos destes sistemas foram concebidos em torno da incapacidade do usuário e não é considerado o como esses usuários vivem suas vidas domésticas, seus desejos e necessidades de apoio. Tais sistemas se tornam inutilizáveis quando há algum contexto particular de um usuário ou não melhora a qualidade de vida global do utilizador. Assim, este sistema não pode ser considerado confiável, mesmo que opere sem falha técnica (SOMMERVILLE, DEWSBURY; 2007).

### 2.3 CADEIRA DE RODAS

Segundo Medola (2010), os primeiros registros de imagem de um dispositivo de mobilidade sentada datam do ano de 525 d.C., em um sarcófago chinês. Em 1655, o alemão Stephen Farfler, que era parapléptico, projetou um dispositivo que possui propulsão realizada por ele próprio. Tal cadeira de rodas marcou um importante avanço, sendo este a

possibilidade do usuário controlar sua locomoção, possibilitando assim, sua reintegração com a sociedade. A Figura 1 ilustra tal modelo.



Figura 1 - Stephen Farfler e sua cadeira de rodas

Fonte: Medola (2010)

Ainda segundo Medola (2010), no século XVIII, surge a preocupação com o conforto em cadeiras de rodas, sistemas de encosto reclinável e apoio para os pés ajustáveis foram desenvolvidos. Em 1933, o americano Herbert A. Everest juntamente com o engenheiro Harry C. Jennings, desenvolveram a cadeira de rodas com assento flexível, construída em tubo de aço, dobrável, com aro de propulsão fixo nas rodas traseiras e pequenas rodas na frente mostrada na Figura 2.



Figura 2 - Cadeira de rodas com estrutura de aço

Fonte: Medola (2010)

Sawatzky (2002) expõe os motivos das mudanças aplicadas às cadeiras de rodas, sendo principalmente estes a popularização dos automóveis tendo-se assim um crescimento no número de vítimas de acidentes automobilísticos. O desenvolvimento de programas de reabilitação com a consequente melhoria nos serviços médicos, a crescente demanda de

deficientes e o surgimento de esportes adaptados também favoreceram a evolução de equipamentos mais aprimorados com a finalidade de uma melhor adaptação às necessidades dos usuários de cadeiras de rodas.

Segundo Carriel (2007), entre os anos de 1937 a 1948, peças removíveis foram incluídas nos projetos de cadeiras de rodas, cujo o objetivo era facilitar o seu transporte e também tornar possível a manutenção ou troca de elementos com menor vida útil. Após a ocorrência das Paraolimpíadas de 1948, houve a preocupação em desenvolver, utilizando novos materiais, cadeiras de rodas mais leves que buscavam atender requisitos de versatilidade e usabilidade na garantia de melhores desempenhos dos atletas. O equipamento é mostrado pela Figura 3.



Figura 3 - “Champion 3000”, cadeira de rodas para esportes desenvolvida na Suíça (1986)  
Fonte: Carriel (2007)

A partir da década de 1980, até os dias de hoje atuais, novas alternativas de produtos médico-hospitalares foram sendo desenvolvidas, tais como a cadeira de rodas ortoestática, ilustrada pela Figura 4, da Rede de Hospital Sara Kubitschek, de Brasília (CARRIEL, 2007).

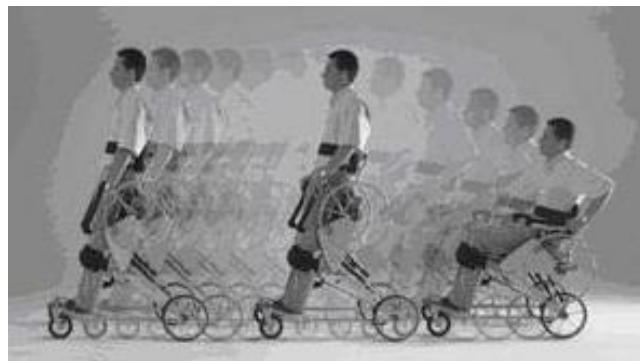


Figura 4 - Cadeira de rodas ortoestática desenvolvida no Brasil  
Fonte: Carriel (2007)

Esse produto assistivo é considerado uma das invenções que permitem a maior independência da pessoa com deficiência física ou mobilidade reduzida. É fundamental a idealização de uma ampla gama de acessórios para aumentar as possibilidades dos deficientes por partes dos inventores, engenheiros, terapeutas e profissionais capacitados, os quais buscam desenvolver mecanismos assistivos, desde um simples recolhedor de objetos caídos, até um sofisticado método para escrever a máquina por meio de alento (ALVES, 2011).

### 2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS

Segundo Bertoncello e Gomez (2009), estabelece uma divisão em quatro grandes grupos: cadeiras de rodas de armação rígida, para uso somente em interiores e em casos excepcionais; cadeiras de rodas dobráveis, para uso interno e externo e com propulsão manual; cadeiras de rodas motorizadas, para usuários com ampla paralisia dos membros superiores; cadeiras de rodas para uso em esportes, feitas com material ultraleve e submetidas a desenho aerodinâmico.

Há também a divisão dos grupos de cadeiras de rodas baseada no grau de tecnologia presente em cada produto. Os produtos podem ser classificados em produtos de baixa complexidade, são aqueles que permitem a solução de quase todos os problemas por um único projetista; de média complexidade, nestes, o projetista deverá apelar a profissionais de outras áreas para a resolução de problemas específicos que não estão inclusos em sua esfera de competência; e de alta complexidade tecnológica, nestes produtos o projetista irá participar apenas da resolução de alguns componentes de produto e de forma mais ampla na abordagem conceitual e metodológica (BERTONCELLO; GOMEZ, 2002).

Ainda segundo Bertoncello e Gomez (2002), as cadeiras de rodas de alto grau de complexidade foram denominadas de Eletroeletrônicas; as de média complexidade tecnológica, de Eletromecânicas e as de baixa complexidade tecnológica, de Mecanomanuais.

Seguindo as denominações sugeridas por Bertoncello e Gomez (2002), Alves (2011) realiza algumas descrições destes produtos:

- Cadeiras de Rodas Mecanomanuais: são subdividas por utilidades, dentre estas são disponibilizadas as cadeiras para banho, uso adulto e infantil além de ser aplicadas no ramo esportivo. São produtos de grande procura no mercado brasileiro uma vez que pelo baixo custo de aquisição, facilidade de transporte e manuseio em locais pequenos, as cadeiras de rodas mecanomanuais são predominantes entre os usuários. Este tipo de cadeira é representado pela Figura 5.



Figura 5 - Exemplo de cadeira de rodas mecanomanual  
Fonte: Carriel (2007)

- Cadeiras de rodas eletromecânicas e eletroeletrônicas: possuem vantagens em relação às cadeiras mecanomanuais, apesar de terem o custo mais elevado, possuem sistema de autopropulsão evitando assim, a força física do usuário. Estas podem apresentar outros dispositivos de acordo com as necessidades do indivíduo, sendo algumas destas: variação de velocidade, controle de gravidade diferenciado para amputados, comando direcional para condução de terceiros, comando por condução pela mandíbula, entre outros dispositivos. Cadeiras de rodas motorizadas, como também são conhecidas, são equipamentos de alta capacidade tecnológica, refletindo assim, no alto custo para a aquisição de um equipamento deste. A Figura 6 ilustra este tipo de equipamento.



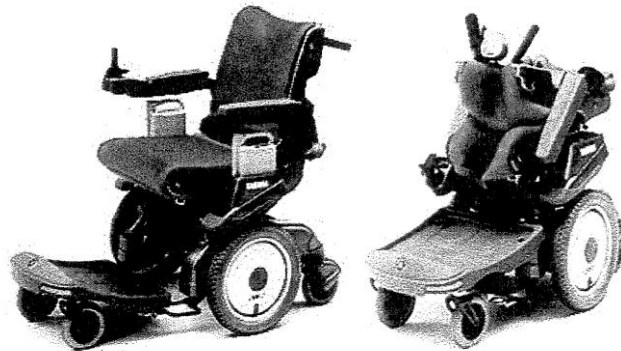


Figura 6 - Cadeiras de rodas motorizada JW – III da Yamaha  
Fonte: Alvarenga (2012)

O Quadro 1 expõe de forma descritiva a composição estrutural dos grupos de cadeiras de rodas mecanomanuais, eletromecânicas e eletroeletrônicas.

Grupo		Componente	Descrição
Cadeira de Rodas Eletromecânica / Eletromecânica	Cadeira de rodas Mecanomanual	Estrutura Tubular	Quadro ou <i>frame</i> , desenvolvida de acordo com o usuário, considerando-se biótipo e seqüela da deficiência.
		Rodas Traseiras	Compostas de pneus, aros, raios, cubos e aro de propulsão. Variam de 24 a 26 polegadas de diâmetro, de acordo com o usuário. São fixadas na cadeira através de eixos removíveis.
		Rodas Dianteiras	Confeccionadas em poliuretano, pelo fato de ser resistente e macio, facilitando o deslize. Geralmente apresentam de 3 a 5 polegadas de diâmetro. São fixadas em gardos, com sistema giratório o qual permite direcionar a cadeira.
		Pedal	Destinado ao posicionamento dos pés, geralmente é regulável.
		Protetor Lateral	Favorecer o equilíbrio do quadril e proteger o contato da roda com as pernas do usuário.
		Aro ou Volante Propulsor	Utilizado par dar propulsão à cadeira, facilitando o toque e a empunhadura, proporcionando agilidade à cadeira.
		Protetor de Raio	Proteger os raios das rodas, assim como os dedos do usuário.
		Controle	Geralmente é utilizado <i>joystick</i> controlado para regular a velocidade e direção da cadeira.

	Sistema de Transmissão	Interliga motor à rodas da cadeira, variam entre transmissão por engrenagem, transmissão direta e transmissão por correia.
	Baterias	Fator fundamental na determinação de autonomia e potência da cadeira. Variam entre diferentes composições, tais como, baterias de ácido, gel ou baterias lacradas.

Quadro 1 - Descrição da composição estrutural de cadeiras de rodas pelo grau de tecnologia  
 Fonte: Alves (2011)

## 2.4 USUÁRIOS DE CADEIRAS DE RODAS

Segundo Becker (2000), os usuários de cadeiras de rodas a utilizam para terem suas necessidades de mobilidade atendidas. Estes usuários podem ser divididos em dois grupos: pessoas momentaneamente portadoras de deficiência motora (acidentados, pós-operados, etc.) e pessoas portadoras de deficiência motora não momentânea e que subdivide-se em dois grupos: pessoas cuja mobilidade sem assistência é limitada (idosos, portadores de hemiplegia e atrofia muscular branda, etc.) e, cuja mobilidade sem assistência é impraticável (paraplégicos e tetraplégicos).

De acordo com a Cartilha do Censo Pessoas com Deficiência (2010) e considerando a população residente no país, 23,9% (45.606.048 de brasileiros) possuem algum tipo de deficiência, sendo estas, visual, auditiva, motora e mental ou intelectual e deste total, 26,5% (25.800.681) são mulheres e 21,2% (19.805.367) são homens. Vivendo em áreas urbanas tem-se 38.473.702 de pessoas e na área rural existem 7.132.347 de pessoas. A Figura 7 ilustra deste total a porcentagem de cada deficiência. Nota-se que a deficiência motora atinge 7% do total, ou seja, no Brasil existem 3.192.423 pessoas com capacidade de mobilidade reduzida.

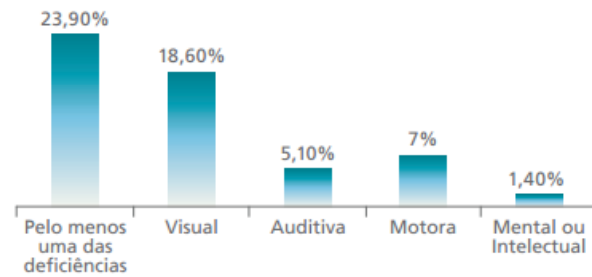


Figura 7 - Porcentagem de deficiências  
Fonte: Cartilha do Censo Pessoas com Deficiência (2010)

Os dados de pessoas residentes na região Sul do Brasil com mobilidade reduzida com grande ou alguma dificuldade estão expostas no quadros abaixo. No Quadro 2, é mostrada a quantidade destes indivíduos nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

População com	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
	Pessoas	Pessoas	Pessoas
Grande Dificuldade (GD)	203.268	125.893	240.508
Alguma Dificuldade (AD)	463.022	271.236	533.257

Quadro 2 - População com mobilidade reduzida no estado do PR, SC e RS.  
Fonte: IBGE, 2010

O Quadro 3 ilustra o rendimento das pessoas com mobilidade reduzida residente no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

População com mais de 10 anos	Paraná		Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
	GD	AD	GD	AD	GD	AD
Até 1/2 Sal. Mín.	6345	18.200	2.791	7.175	6.507	20.048
Entre 1/2 e 1 Sal. Mín.	13.343	41832	8.769	23.967	15.459	47.538
De 1 a 2 Sal. Mín.	14.079	49.989	10.165	34.123	15.242	53.722
De 2 a 3 Sal. Mín.	3.035	13532	3.262	11.095	3.817	15.768
De 3 a 5 Sal. Mín.	2.414	9.519	1.724	7.675	2.516	10.155
De 5 a 10 Sal. Mín.	1.287	6.379	874	3.848	1.211	6.668
Acima de 10 Sal. Mín.	1.660	2.487	1.223	1.155	669	3.008

Quadro 3 - Rendimento de pessoas com mobilidade reduzida nos estados PR, SC e RS.  
Fonte: IBGE, 2010

A incorporação da cadeira de rodas motorizada é imprescindível para permitir uma maior independência e qualidade de vida às pessoas com déficit de mobilidade que não conseguem utilizar a cadeira de rodas com propulsão manual de maneira autônoma, contribuindo assim para suas atividades profissionais, acadêmicas e de socialização. O Sistema Único de Saúde – SUS (2012) apresentou um levantamento técnico o qual há o interesse em substituir as cadeiras de rodas manuais convencionais por cadeiras de rodas

motorizadas a usuários que necessitem de tais equipamentos. A Tabela 1 ilustra a quantidade e os valores gastos em reais com cadeiras de rodas convencionais nos anos de 2008 a 2011.

Tabela 1 - Quantidade e valores gastos com cadeiras de rodas convencionais

Procedimento	2008		2009		2010		2011	
	Qtde.	Valor (R\$)	Qtde.	Valor (R\$)	Qtde.	Valor (R\$)	Qtde.	Valor (R\$)
Cadeira de rodas para tetraplégicos tipo padrão	6.725	6.725.340	9.627	11.263.590	12.973	15.178.410	13.689	16.016.130

Fonte: Ministério da Saúde (2012)

Por meio de estudos com usuários de cadeiras de rodas, realizado pelo Ministério da Saúde (2012), foi verificado que existem 1779 usuários de cadeiras de rodas convencionais que necessitam de transferência para a motorizada. Realizando a análise do mercado e verificando que há cerca de 28% de aumento de usuários de cadeiras de rodas a cada ano, a Tabela 2 ilustra a perspectiva do número de cadeiras de rodas motorizadas a serem distribuídas pelo SUS com seus respectivos impactos orçamentários.

Tabela 2 - Quantidade, valor sugerido e impacto orçamentário anual

Ano	Número de cadeiras de rodas motorizadas	Valor Sugerido (R\$)	Valor Anual (R\$)
<b>2012</b>	2278	4.999,00	11.387.722,00
<b>2013</b>	2916	4.999,00	14.577.084,00
<b>2014</b>	3732	4.999,00	18.656.268,00

Fonte: Ministério da Saúde (2012)

Para Cooper *et al.* (2002), para as pessoas que sofrem de uma deficiência traumática, a decisão de utilizar uma cadeira de rodas é simplesmente uma de todas as outras tomadas durante a reabilitação. Dentro desse contraste, para pessoas com deficiências progressivas, a decisão é mais prolongada, uma vez que o indivíduo deve se acomodar ao novo estilo de vida.

## 2.5 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

### 2.5.1 ERGONOMIA

Segundo Iida (1990), ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Tal concepção abrange não apenas máquinas e equipamentos utilizados para transformar os materiais, mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre homem e seu trabalho. Os objetivos práticos da ergonomia são a segurança, satisfação e o bem estar dos trabalhadores no seu relacionamento com sistemas produtivos.

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2012), ergonomia é o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projeto que visem a melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas.

Segundo Iida (1990), as contribuições da ergonomia para introduzir melhorias em situações de trabalho dentro de empresas podem variar, conforme a etapa em que elas ocorrem e também conforme a abrangência com que é realizada. Na indústria, a ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais. Isso pode ser feito basicamente por três vias: aperfeiçoamentos do sistema homem máquina, organização do trabalho e melhoria das condições de trabalho.

O aperfeiçoamento do sistema homem máquina pode ocorrer tanto na fase de projeto de máquinas, equipamentos e postos de trabalho, como na introdução de modificações em sistemas já existentes, adaptando-os às capacidades e limitações do organismo humano. Para a organização do trabalho, tem-se a procura em reduzir a fadiga e a monotonia, principalmente pela eliminação de trabalho altamente repetitivo. A melhoria nas condições de trabalho é feita pela análise das condições físicas de trabalho, como temperaturas, ruídos, vibrações, gases tóxicos e iluminação (IIDA, 1990).

Ainda segundo Iida (1990), no enfoque ergonômico, as máquinas, equipamentos, ferramentas e materiais são adaptados às características do trabalho e capacidades do trabalhador, visando promover o equilíbrio biomecânico, reduzir as contrações estáticas da

musculatura e o estresse geral. O Quadro 4 informa recomendações ergonômicas para prevenir dores e lesões ósteo-musculares nos postos de trabalho.

<b>Limitar os movimentos osteomusculares nos postos de trabalho</b>	<b>Evitar contrações estáticas da musculatura</b>
Os movimentos repetitivos devem ser limitados a 2000 por hora	Permitir movimentações para mudanças frequentes de postura
Frequências maiores que 1 ciclo/seg. prejudicam as articulações	Manter a cabeça na vertical
Eliminar as tarefas com ciclos menores a 90 seg.	Usar suportes para apoiar os braços e antebraços
Evitar tarefas repetitivas sob frio ou calor intensos	Providenciar fixações e outros tipos de apoios mecânicos para aliviar a ação de segurar
Providenciar micro pausas de 2 a 10 seg. a cada 2 ou 3 min	
<b>Promover o equilíbrio biomecânico</b>	<b>Evitar o estresse mental</b>
Alternar as tarefas altamente repetitivas com outros de ciclo mais longos	Não fixar prazos ou metas de produção irrealistas
Aumentar a variedade de tarefas, incluindo tarefas de inspeção, registros, cargas e limpezas	Evitar regulagens muito rápidas das máquinas
Não usar mais de 50% do tempo no mesmo tipo de tarefa	Evitar excesso de controles e cobranças
Evitar os movimentos que exijam rápida aceleração, mudanças bruscas de direção ou paradas repentinas	Evitar competição exagerada entre os membros do grupo
Evitar ações que exijam posturas inadequadas, alcances exagerados ou cargas superiores a 23 kg	Evitar remunerações por produtividade

Quadro 4 - Recomendações ergonômicas para o posto de trabalho  
Fonte: Iida (1990)

### 2.5.2 CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTOS ASSISTIVOS

Segundo Becker (2000), a importância da ergonomia na vida cotidiana das pessoas e, particularmente, a importância de se levar em conta as características anatômicas, psicológicas e fisiológicas das pessoas com a finalidade de obter uma melhor relação entre ambiente e pessoas. No caso de um projeto de tecnologia assistiva, os requisitos ergonômicos a serem considerados são:

- Usuário: suas características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais;
- Veículo: acessibilidade e conforto do usuário, facilidade de transporte, manutenção e modularidade do veículo e maximização da mobilidade independente eficiente do usuário;

- Ambiente: tipo de solo, de ambiente (aberto ou fechado), obstáculos existentes, a melhora da acessibilidade do ambiente, a retirada de obstáculos físicos à movimentação do veículo ABNT (1994 apud Becker, 2000);
- Imagem do veículo: evitar a associação do usuário com invalidez e incapacidade, fato muito frequente em cadeira de rodas convencionais, melhorando o aspecto psicológico do usuário, dando-lhe uma imagem corporal saudável e atraente Cooper (1998 apud Becker, 2000);
- Interface: adequar os tipos de interface usuário – veículo a cada tipo de deficiência do usuário, maximizando o seu conforto;
- Consequências da utilização do veículo: gasto de energia, fadiga e *stress*, prevenir e minimizar deformidades e lesões decorrentes de má postura do usuário e, para protegê-lo no veículo.

Segundo Alves (2011), há por parte de associações de engenharia e agências governamentais o interesse em desenvolver normas para as especificações de projetos em engenharia. Porém a maioria destas não estão amparadas por leis o que as tornam em apenas recomendações. O desenvolvimento de projetos devem atender critérios e parâmetros técnicos que são especificados por normas.

Para o desenvolvimento de equipamentos assistivos no Brasil, o documento que estabelece critérios a serem atendidos é a Norma NBR 9050:2004 sendo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a responsável pelo desenvolvimento deste.

A Norma NBR 9050:2004 estabelece critérios técnicos a serem observados quando o projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade. No estabelecimento desses critérios e parâmetros técnicos foram consideradas diversas condições de mobilidade e de percepção do ambiente, com ou sem ajuda de aparelhos específicos, como: próteses, aparelhos de apoio, cadeiras de rodas, bengalas de rastreamento, sistemas assistivos de audição ou qualquer outro que venha complementar necessidades individuais. Esta norma visa proporcionar à maior quantidade possível de pessoas, independentemente da idade, estatura ou limitação de mobilidade ou percepção, a utilização de maneira autônoma e segura do ambiente, edificações, equipamentos urbanos e elementos (BRASIL, 2004).

A respeito de critérios para o desenvolvimento de equipamentos de tecnologia assistiva, a Norma NBR 9050:2004 estipula diversos alcances que o usuário deverá ser capaz de atingir quando utilizar a uma cadeira de rodas mecanomanual ou motorizada e também as

dimensões referenciais para tais equipamentos. A Figura 8 e a Figura 9 ilustram as dimensões referências e o alcance de uma pessoa sentada que devem ser consideradas no projeto de equipamentos assistivos.

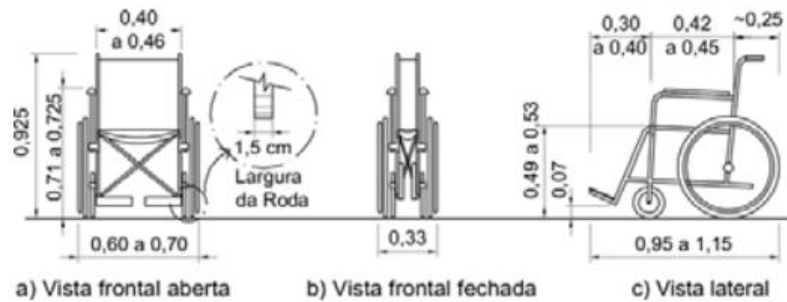


Figura 8 - Dimensões referenciais para cadeiras de rodas  
Fonte: ABNT (2004)

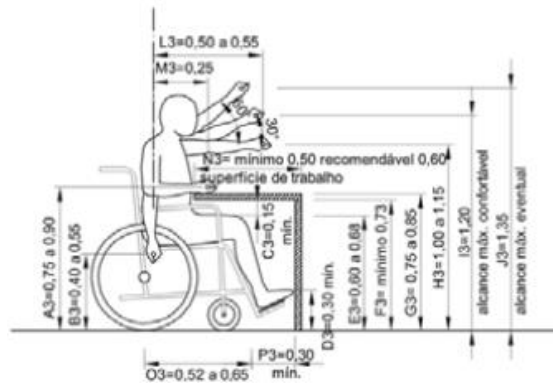


Figura 9 - Alcance manual frontal para uma pessoa sentada  
Fonte: ABNT (2004)

O Quadro 5 mostra as variáveis utilizadas na Figura 9.

Referência	Descrição
A3	Altura do centro da mão com antebraço formando 90° com o tronco
B3	Altura de centro da mão estendida ao longo do eixo longitudinal do corpo
C3	Altura mínima livre entre a coxa e a parte inferior de objetos e equipamentos
D3	Altura mínima livre para encaixe dos pés
E3	Altura do piso até a parte superior da coxa
F3	Altura mínima livre para encaixe da cadeira de rodas sob o objeto
G3	Altura das superfícies de trabalho ou mesas
H3	Altura do centro da mão com braço estendido paralelo ao piso
I3	Altura do centro da mão com o braço estendido formando 30° com o piso = alcance máximo confortável
J3	Altura do centro da mão com o braço estendido formando 60° com o piso = alcance máximo eventual



L3	Comprimento do braço na horizontal, do ombro ao centro da mão
M3	Comprimento do antebraço (do centro do cotovelo ao centro da mão)
N3	Profundidade da superfície de trabalho necessária para aproximação total
O3	Profundidade da nádega à parte superior do joelho
P3	Profundidade mínima necessária para encaixe dos pés

Quadro 5 - Descrição de alcances frontal para uma pessoa sentada  
Fonte: ABNT (2004)

Segundo Becker (2000), a construção de veículos voltados a pessoas com deficiência física e mobilidade reduzida deve considerar medidas antropométricas com a finalidade de verificar os limites de alcance destes quando manuseiam objetos e também a melhor fornecer uma adaptação dos usuários no veículo, evitando assim, o surgimento de lesões, deformações e ferimentos. A manufatura e montagem do produto influenciam o seu custo final, podendo torna-lo inviável. Dados antropométricos da sociedade podem auxiliar na padronização do produto melhorando e barateando a aquisição de peças e partes.

Segundo Carriel (2014), a maior parte dos usuários de cadeira de rodas se queixa de dores na coluna. Entre os fatores de risco apontados, o mais significativo relaciona-se com o má postura da posição sentada. O assento e os demais elementos da cadeira de rodas devem estar antropocentricamente adequados. Realizar manutenções periódicas, especialmente no assento, é importante para evitar que as deformações comprometa a postura.

## 2.6 GESTÃO DA INOVAÇÃO

Segundo o Manual de Oslo (2004), inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

Para Canongia *et al.* (2004) a capacidade de inovar é atualmente considerada uma das mais importantes características de organizações competitivas. Para isso, a busca sistemática por inovações que realmente são capazes de criar novos mercados e proporcionar rápida expansão produtiva e crescimento econômico, e por inovações de melhoria contínua, aquelas que melhoram o que já é feito é fundamental para a sobrevivência das empresas.

Barbieri *et al.* (2010) realizam um confronto entre a inovação e o desenvolvimento sustentável de organizações, uma vez que este parece ser um dos movimentos sociais mais importantes da atualidade. Assim, os autores afirmam que há a necessidade de substituir os meios e as práticas antigas por outras que traduzem os princípios, objetivos e diretrizes do novo movimento. Ao se comprometer com o desenvolvimento sustentável, a empresa deve necessariamente mudar sua forma de atuação para, no mínimo, reduzir os impactos sociais e ambientais adversos. Isso requer uma nova maneira de encarar a inovação, o que leva à ideia de inovação sustentável, ou seja, um tipo de inovação que contribua para o alcance do desenvolvimento sustentável.

Tidd e Bessant (2008) analisam a inovação em quatro dimensões, estas citadas no Quadro 6.

<b>Dimensão da Inovação</b>	<b>Categoria abrangente</b>
Inovação do Produto	Mudanças no que (produtos/serviços) uma empresa oferece.
Inovação de processo	Mudanças na forma como os produtos/serviços são criados e entregues.
Inovação de posição	Mudanças no contexto em que produtos/serviços são introduzidos.
Inovação de paradigma	Mudanças nos modelos mentais subjacentes que orientam o que a empresa faz.

Quadro 6 - Dimensões da inovação  
Fonte: Tidd e Bessant (2008)

Segundo Quadros (2008), a gestão da inovação varia de acordo com os condicionantes de cada empresa (ambiente competitivo, maturidade das tecnologias-chave e das possibilidades financeiras da empresa), porém, analisando práticas de empresas globais que efetivamente gerenciam seu processo de inovação, verifica-se que estas apresentam práticas estruturadas citadas no Quadro 7.

<b>Prática</b>	<b>Análise</b>
Mapeamento	Compreender oportunidades de mercado, riscos e oportunidades tecnológicas e monitoramento do ambiente competitivo e regulatório, com o intuito de criar uma inteligência que oriente a geração de novos projetos de inovação.
Ideação	Transformação da inteligência competitiva em ideias, pré-projetos que possam efetivamente levar ao aproveitamento das oportunidades identificadas.
Seleção Estratégica	Compreender ferramentas de gerenciamento do <i>portfólio</i> de projetos de novos produtos, processos, serviços e tecnologias, de forma alinhada com os objetivos da empresa.

Mobilização	Processo decisório que leva ao <i>outsourcing</i> ou à internalização da P&D e atividades tecnológicas complementares. Compreende ferramentas de apoio à decisão como mapeamento de competências externas e internas, a negociação de contratos e avaliação da localização da P&D.
Implementação	Processos decisórios que garantem a implementação efetiva dos projetos de inovação. Compreende ferramentas decisórias de gerenciamento de risco comercial e tecnológico.
Avaliação	Desenvolvimento e aplicação de métricas de resultados, de qualidade dos processos e de impacto da inovação na organização, nos consumidores e no ambiente.

Quadro 7 - Práticas da gestão da inovação  
Fonte: Quadros (2008)

## 2.7 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Chiavenato (2004) cita que a administração da produção possui dois objetivos, a eficiência e a eficácia. A eficiência é a correta utilização pela empresa dos recursos disponíveis e está relacionada aos meios tais como métodos, procedimentos, normas e processos. A eficácia está ligada aos fins, aos objetivos que a empresa pretende alcançar por meio de suas operações que são basicamente executar as tarefas que são importantes para o negócio.

Segundo Tubino (2007), as empresas são geralmente estudadas como um sistema que transforma por meio de processamentos, entradas (insumos) em saídas (produtos) de interesse dos clientes, tendo-se como sistema produtivo a denominação deste sistema. No trecho abaixo, o autor define que na transformação de insumos em produtos há a necessidade de um horizonte de planejamentos, sendo este dividido em três níveis: longo, médio e curto prazo.

Para que um sistema produtivo transforme insumos em produtos (bens e/ou serviços), ele precisa ser pensado em termos de prazos, em que planos são feitos e ações são disparadas com base nestes planos para que, transcorridos estes prazos, os eventos planejados pelas empresas venham a se tornar realidade. De forma geral, pode-se dividir o horizonte de planejamento de um sistema produtivo em três níveis: o longo, o médio e o curto prazo.

A longo prazo, no nível estratégico, os sistemas produtivos precisam montar um Plano de Produção cuja função é, com base na previsão de vendas de longo prazo, visualizar com que capacidade de produção o sistema deverá trabalhar para atender a seus clientes. É estratégico porque, caso a empresa não encaminhe seus recursos

físicos e financeiros para a efetivação deste Plano de Produção, ela terá seu desempenho seriamente comprometido no futuro. E, como sem tempo suficiente, com a injeção de capital pode-se redirecionar o sistema produtivo para praticamente qualquer estratégia produtiva desejada.

A médio prazo, com o sistema produtivo já estruturado em cima de um Plano de Produção, o chamado Plano-mestre de Produção (PMP) buscará táticas para operar de forma mais eficiente este sistema montado, planejando o uso desta capacidade instalada para atender as previsões de vendas de médio e/ou os pedidos em carteira já negociados com os clientes (TUBINO, 2007).

A curto prazo, com o sistema montado e a tática de operação definida, o sistema produtivo irá executar a Programação da Produção para produzir os bens e/ou serviços e entregá-los aos clientes.

Para Gaither e Frazier (2002), uma das primeiras questões a serem resolvidas na administração da produção é determinar quanto da produção/serviços uma empresa deve manter sob seu próprio teto. O grau segundo o qual uma empresa decide ser verticalmente integrada determina quantos processos de produção precisam ser planejados e projetados. No tracho abaixo os autores discursam a respeito da decisão entre produção interna e terceirização da produção conforme a empresa amadurece no mercado.

Devidos à escassez tanto de capital como de capacidade de produção, os pequenos negócios e os novos empreendimentos normalmente têm um grau muito baixo de integração vertical. No início, em geral, quando novos produtos são introduzidos no mercado, sua produção é terceirizada. Da mesma forma, a distribuição dos produtos é feita por empresas de transporte e distribuidoras. À medida que os negócios crescem e os produtos amadurecem, entretanto, cada vez mais a produção e a distribuição de produtos passam a ser feitas internamente (*in house*), quando as empresas procuram mais maneiras de reduzir os custos e consolidar seus negócios.

A decisão de fabricar componentes (ou executar serviços) ou compra-los de fornecedores (*outsourcing*) não é simples. Uma questão é se o custo de fazer os componentes é menor ou não do que o de compra-los de fornecedores. Outras questões são importantes, como a disponibilidade de capital de investimento para ampliar a capacidade de produção, a capacidade tecnológica, e se os processos de produção necessários são de propriedade da empresa (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Prazeres *et al.* (2015) cita que as decisões entre produção e terceirização podem ser relacionadas à estrutura das atividades empresariais, ou seja, o conjunto de atividades e processos necessários para produção de um insumo, produto ou serviço. Esta estrutura pode

ser avaliada de duas formas: a primeira envolve a produção interna das atividades e processos necessários à produção, e a segunda, está relacionada a terceirização. Assim, empresas distintas podem operar com diferentes estruturas, controlando todas as atividades, desde a produção até a distribuição final, ou, terceirizar algumas atividades de produção.

Segundo Glimstedt et al. (2010), quando deve-se realizar a escolha entre produção própria e terceirização, deve-se analisar os impactos que essas opções irão acarretar sobre a organização. Os impactos estão relacionados com custos, benefícios e riscos que cada alternativa pode fornecer à empresa.

O processo de tomada de decisão na escolha de uma dessas alternativas torna-se ainda mais crítico de acordo com o grau de complexidade do produto, tem-se por exemplo o automóvel, que em geral, envolve uma grande variedade de itens de peças, de componentes e de subsistemas (NETO, 1995).

Independentemente do tamanho, todas as empresas precisam produzir e entregar seus produtos e serviços de modo eficiente e eficaz. Entretanto, gerenciar a produção em uma organização pequena ou média tem seu próprio conjunto de problemas. As grandes empresas podem ter recursos para dedicar desde às tarefas individuais às especializadas, mas as empresas menores, frequentemente, não podem. Assim, as pessoas podem ter que exercer diferentes tarefas à medida que as necessidades surgem. Tal informalidade pode permitir uma resposta rápida à medida que as oportunidades apareçam. Mas a tomada de decisão pode também ser confusa, uma vez que os papéis individuais podem se sobrepor nas operações (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2013).

### 2.7.1 TERCEIRIZAÇÃO

Para Gaither e Frazier (2002), a terceirização (*outsourcing*) está emergindo como uma das ferramentas administrativas de mais rápido crescimento. Tradicionalmente, o *outsourcing* ajudava as empresas a reduzir custos, melhorar o foco dos negócios e liberar a administração de algumas de suas operações diárias. E ainda faz isso. Mas hoje as empresas estão o usando para ganhar flexibilidade de longo prazo, desenvolverem práticas consistentes

e novas habilidades. Tal prática oferece aos negócios maneiras inovadoras de entrar ou de criar novos mercados rapidamente sem um significativo investimento inicial de recursos. Ele proporciona um ambiente modular no qual é possível programar para cima e para baixo, dependendo das forças sazonais e das necessidades de produção.

Segundo Melchert (2008), a terceirização da manufatura é um fenômeno que tem crescido rapidamente no mercado. Há por parte das empresas o interesse em desenvolver suas competências centrais e terceirizando parte ou todas as suas atividades de manufatura para prestadores de serviços que devem atender alguns requisitos tais como, agregar valor ao cliente, ser de difícil imitação pelos concorrentes e permitir acesso potencial a uma variedade de mercados. Assim, para que seja alcançado o máximo potencial da terceirização, a empresa cliente deve assegurar a existência de um alinhamento estratégico entre ela e o fornecedor. Tal alinhamento deve envolver decisões e direcionamentos de ações em termos de estrutura e infra estrutura operacional que a empresa irá exercer, sendo as decisões estruturais aquelas que influenciam as atividades de projeto (escolha do processo, instalações e integração vertical) e as decisões de infra estrutura aquelas que atuam sobre a força de trabalho, as atividades de planejamento, de controle e de melhoria da manufatura, considerados como “táticas”, pois podem ser modificadas em um tempo relativamente curto.

Para Ferruzzi et al. (2011), a terceirização vem ganhando progressivamente espaço no mundo corporativo. Companhias nacionais e multinacionais têm transferido para terceiros uma parte do que era produzido e distribuído internamente. Os autores citam ainda que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), no Brasil a terceirização de serviços representou 48% do total de novos postos de trabalho com carteira assinada. Mantida a tendência, em alguns anos a maioria dos trabalhadores iniciará seus contratos por meio da terceirização de serviços.

#### 2.7.1.2 PROCESSO DE TERCEIRIZAÇÃO

Para McIvor (2000), muitas empresas não possuem nenhuma base sólida para avaliar a decisão de produzir ou terceirizar, logo, tais decisões são analisadas apenas com base na

redução de custos e de pessoal, gerando assim apenas a análise de maior economia nas despesas gerais.

Os estágios envolvidos na estrutura do processo de terceirização os quais abrangem uma análise crítica de outros fatores não comumente considerados pelas empresas são apresentados na Figura 10.

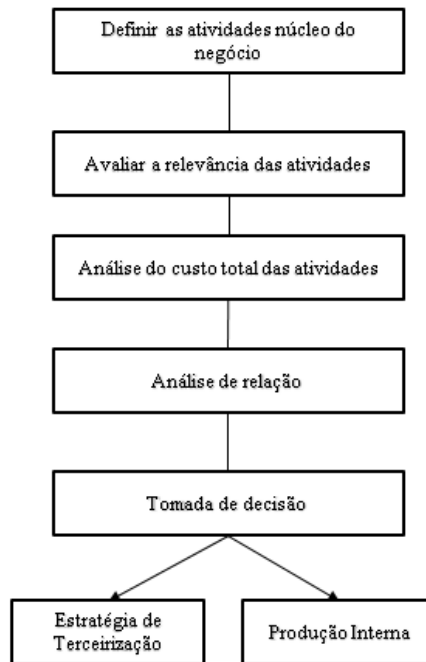


Figura 10 - Estágios envolvidos no processo de terceirização  
Fonte: Adaptado de McIvor (2000)

#### Fase 1 – Definir as atividades núcleo do negócio

Nesta fase, deve-se identificar as atividades essenciais e não-essenciais da organização. As atividades essenciais são aquelas que agregam valor a empresa perante aos clientes e potenciais clientes, conseqüentemente geram à empresa maior capacidade de competitividade.

Tal processo deve ser realizado pela alta gerência da empresa juntamente com as equipes de níveis menores as quais devem identificar os principais determinantes de vantagens competitivas no mercado, indústria ou em áreas estratégicas que a organização compete ou pretende competir. Nesse processo, deve-se sempre concentrar a atenção nas necessidades do cliente afim de concentrar as atividades no atendimento de tais exigências.

As atividades não essenciais da empresa devem portanto serem terceirizadas com o objetivo de construir com maior segurança a estratégia empresarial em torno das operações principais já definidas.

#### Fase 2 – Avaliar a relevância das atividades

Uma vez que as atividades essenciais e não essenciais foram identificadas, deve-se realizar a análise das competências da empresa nas operações principais, isto é, verificar se o desempenho da execução *in-house* destas operações acarretará em disparidades negativas com possíveis empresas terceiras, além da análise dos custos associados em ambas as operações. Estas duas análises fornecem alguns benefícios tais como a empresa conseguir concentrar recursos em atividades que realmente podem fornecer ao cliente valores exclusivos, além de atividades que a empresa não possui nenhuma necessidade estratégica crítica e que podem ser transferidas para terceiros especializados com custo de produção menor.

Uma questão estratégica no processo de terceirização é se a empresa consegue alcançar uma vantagem competitiva sustentável, ou seja, se permanece realizando sua atividade principal de forma competitiva. Em muitos casos uma análise mais aprofundada pode revelar uma disparidade significativa de capacidade entre a própria empresa e a empresa terceira.

#### Fase 3 – Análise do custo total das atividades

Esta etapa envolve a tentativa de identificar todas as atividades e custos associados à decisão de terceirização. Há dois tipos de custos identificados nesta etapa, o primeiro são os custos associados à atividade internamente e o segundo são os associados às empresas terceiras identificadas na etapa anterior.

Ainda para McIvor (2000), apesar das dificuldades encontradas em estimar os custos por atividade e ainda existir possíveis erros em tais estimativas, tal custeio se torna uma importante ferramenta de gestão estratégica, uma vez que será possível entender as melhores práticas ao executar as atividades centrais da empresa e também as que serão terceirizadas.

#### Fase 04 – Análise da relação

Uma das questões a serem abordadas antes da terceirização de alguma operação, é o fato da empresa querer manter o conhecimento (habilidades de design, habilidades de gestão, fabricação, etc.) que permitem que a tecnologia da atividade seja explorada, mesmo quando



está sendo fornecida por outro parceiro. Assim, a empresa pode estabelecer um relacionamento de colaboração com a empresa terceira a fim de explorar as suas capacidades.

Neste contexto, por exemplo, tal relacionamento pode garantir uma maior flexibilidade na produção, ou seja, a empresa terceira podendo expor suas capacidades, o produto produzido por esta passa a não correr o risco de ficar obsoleto no mercado.

É também importante a análise do perfil das empresas a serem contratadas, uma vez que estas podem adquirir o *know-how* da produção e posteriormente utilizá-lo a seu favor e assim concorrer com a empresa cliente. A partir dessa perspectiva, a empresa deve filtrar qualquer potencial fornecedor impróprio, e caso não exista empresas terceiras capazes de estabelecerem um relacionamento, então a empresa cliente deve considerar algum investimento com a finalidade de produzir internamente.

## 2.7.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA

Segundo Moreira (1999), para a compreensão da produção sob encomenda, é necessário compreender o sistema de produção tradicional. Os sistemas de produção podem ser agrupados em três categorias. Na primeira categoria está o sistema de produção contínua e que apresenta uma sequência linear para a produção dos produtos, estes podem ser padronizados e fluem de um posto de trabalho para outro.

Na segunda categoria tem-se o sistema de produção intermitente com a produção sendo realizada em lotes. Ao término da produção do lote de um produto, outros produtos tomam o seu lugar nas máquinas. Caso o cliente apresente seus próprios projetos de produto, devendo a empresa fabricá-los segundo esses projetos, tem-se então chamada produção intermitente por encomenda.

A terceira categoria é contemplada pela produção de grandes projetos. Neste caso, cada projeto torna-se único e não há fluxo de produto e sim uma sequência de tarefas ao longo do tempo.

A produção sob encomenda é um sistema produtivo direcionado para o atendimento das necessidades específicas dos clientes com baixa demanda, tendendo para a unidade, com

data determinada e negociada para a entrega. Nela, algumas características podem ser citadas tais como, “mix” de produção flexível, baixo volume e frequência de produção além de longos tempos de fabricação (GABRIEL, 2009).

Na Figura 11 pode-se comparar o sistema produtivo sob encomenda com outros sistemas de produção.

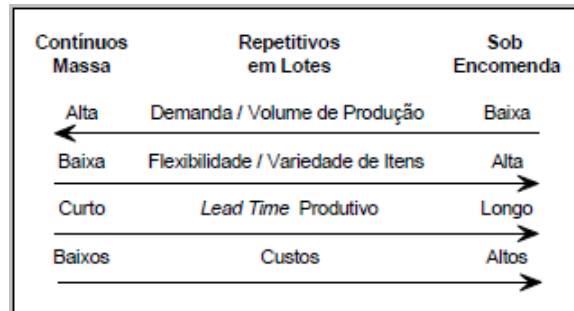


Figura 11 - Características básicas dos sistemas produtivos  
Fonte: Tubino (2007)

O Quadro 8 apresentado por Costa (1996) apresenta uma síntese das características da produção sob encomenda.

Situações típicas de produção sob encomenda	Tarefas após o recebimento do produto
Vendedor de projeto e capacidade	Projeto + Delineamento + Compra + Produção
Vendedor de capacidade / prestador de serviço	Delineamento + Compra + Produção
Vendedor de uma variedade de tipos de produto	Compra + Produção
<b>Classificação da estrutura de produção</b>	<b>Características</b>
Natureza da demanda	Por ordem de clientes
Volume de produção	Baixo, por vezes unitário
Frequência de produção	Não ou pouco repetitiva
Linha de produtos	Aberta ou incluindo várias famílias de produtos
Mix de produção	Muito instável
Tempo total de fabricação	Longo, incluindo além dos tempos de fabricação, tempos de compras, definição do roteiro e/ou projeto
Arranjo físico dos recursos da produção	Funcional
<b>Aspectos da competição no mercado</b>	<b>Fatores de competitividade</b>
Fatores ganhadores de novas ordens	Pontualidade; Conformidade com as especificações
Fatores relacionados aos fatores ganhadores	Flexibilidade de produto; Flexibilidade de entrega; Rapidez

Fatores qualificadores para a concorrência	Qualidade; Preço; Flexibilidade de mix
<b>Questões típicas de planejamento e controle</b>	<b>Dificuldades</b>
Sequenciamento das tarefas	Busca de uma solução adequada num universo de possibilidades virtualmente infinito
Gestão de curto prazo	Análises complexas de custo-benefício sendo feitas sob intensas pressões do dia a dia da fábrica
Promessa de prazos	Inexistência de dados anteriores e tempo total de produção dependente do carregamento da planta (tempo de fila)
Orçamento	Inexistência de dados anteriores e lucratividade dependente dos ajustes de capacidade (horas-extras, subcontratações, etc.)
Reprogramação	Variabilidade e instabilidade são fatos intrínsecos do contexto de produção sob encomenda
Rastreabilidade	Necessidade de apontamento e controle específico de cada ordem em meio a grande volume de dados

Quadro 8 - Aspectos da produção sob encomenda  
Fonte: Costa (1996)

Segundo Costa (1996), o conjunto de empresas de produção sob encomenda reúne basicamente indústrias de pequeno porte, assim, sugere-se que o sistema seja de simples operação e baixo custo. Para que esse requisito de baixo custo não comprometa a eficiência da abordagem de “tentativas e erros” pretendida, a implementação do sistema deverá privilegiar a velocidade de processamento.

O chão de fábrica da produção sob encomenda é estruturado para a pontualidade. Assim, sem um instrumento adequado, a gestão se torna extremamente complexa. O Quadro 9 ilustra as diretrizes de pontualidade atreladas ao sistema de produção sob encomenda.

Programação das atividades	Planejar antecipadamente
	Planejar realisticamente considerando os limites existentes de capacidade
	Programar com folga
	Programar detalhadamente o curto prazo
	Explorar as possibilidades de priorização existentes
	Evitar grandes antecipações na produção de componentes não-críticos
	Conhecer as alternativas de processamento existentes para exploração sistemática
Gestão de curto prazo	Explorar as possibilidades ligadas ao uso de máquinas e roteiros alternativos
	Explorar as possibilidades de ajuste do nível de capacidade

	Explorar as possibilidades de apressamento na fábrica (horas-extras, subcontratações)
	Explorar as possibilidades de apressamento na fábrica de pedidos urgentes
	Explorar as possibilidades de antecipação do recebimento dos materiais
	Explorar as possibilidades ligadas ao uso de projetos, processos e materiais alternativos
	Identificar as operações e recursos críticos para concentrar neles os ajustes de capacidade
	Conhecer as alternativas de gestão de curto prazo para exploração sistemática
Promessa de prazos	Prometer prazos e/ou decidir aceitar encomendas considerando os compromissos já assumidos
Orçamento	Apresentar os custos e benefícios de cada possível solução de programação
Rastreabilidade	Antecipar para os clientes possíveis problemas de entrega, quando inevitáveis
	Acompanhar o andamento e a pontualidade dos processos internos
Reprogramação	Replanejar rapidamente e sempre que fatos significativos aconteçam sem terem sido previstos
	Programar para dispor dos equipamentos o mais cedo possível

Quadro 9 - Diretrizes de pontualidade total envolvidas com o planejamento e controle da produção sob encomenda

Fonte: Costa (1996)

Ainda segundo Costa (1996), o Quadro 10 localiza a produção sob encomenda no universo dos vários tipos de estrutura de produção.

Fluxo Genérico de Planejamento e Produção ao Longo do Tempo						
Projeto do Produto	Definição do roteiro de fabricação	Compra de materiais	Fabricação de itens básicos	Montagem final de semi acabados	Estoque	Cliente
A→	A	A	A	A	A	X
	B →	B	B	B	B	X
	b →	-	b	B	b	X
		C →	C	C	C	X
			D →	D	D	X
				E →	E	X
					F →	X

Quadro 10 - Fluxo genérico de PDP para a produção sob encomenda

Fonte: Costa (1996)

O Quadro 11 realiza a análise de cada processo de produção para empresas com produções sob encomenda citadas do Quadro 10.

Ítem	Característica
A	Linhas de produção aberta com grande diversidade de produtos, assim, a variedade de produtos hoje, pode não ser a produzida amanhã. Necessidade de um planejamento para verificar os requisitos do projeto e assim organizar sua produção.
B	Projetos fornecidos pelo cliente. O fornecimento do projeto, por parte do cliente, simplifica as tarefas de planejamento e controle e diminui o tempo total de fabricação.
b	Além de projetos há fornecimento de materiais para processamento.
C	Linha fechada. Projetos e processos de fabricação já conhecidos.
D e E	Linha de produtos não extensa e heterogênea e o <i>mix</i> de produção é relativamente estável. O processo de compras é facilitado, com base em previsões de consumo ou por exemplo estabelecendo parcerias ou relações de fornecimento. Para o item "E", tem-se empresas que já possuem estocadas suas matérias primas e alguns itens de componentes. Em geral isso é feito com base em estimativas de consumo e tem como objetivo responder rapidamente às solicitações dos clientes.
F	Empresas que se propõem a atender aos pedidos de seus clientes com base na estocagem antecipada de produtos finais. Em função de uma conjuntura incerta, de acirradas disputas por mercado, queda de barreiras comerciais, diversidade de produtos, etc. esta não é uma situação muito comum.

Quadro 11 - Análise genérica para produções de empresas sob encomenda  
Fonte: Adaptado de Costa (1996)

### 2.7.3 FACILIDADE DE PRODUÇÃO

Segundo Gaither e Frazier (2002), projetar produtos para obter facilidade de produção é fundamental para que os fabricantes nacionais sejam competitivos em relação aos fabricantes estrangeiros. Para se ter a facilidade de produção, tem-se três conceitos, especificações, padronização e simplificação, são eles:

- (i) Especificação é a descrição detalhada de um material, peça ou produto, incluindo medidas diversas e dimensões físicas. Especificações, incluindo tolerâncias, são necessárias para permitir tanto a facilidade de montagem como o eficaz funcionamento dos produtos acabados. Partes produzidas de acordo com menores desvios de dimensões se encaixarão melhor, mas produzi-las pode custar mais.
- (ii) Padronização refere-se à atividade de projeto que reduz a variedade entre um grupo de produtos ou peças. Ela reflete em um volume mais elevado de produto, assim, custos de produção menores, qualidade de produto mais elevada, maior facilidade de automação e menor investimento em estoques.

(iii) Simplificação do projeto é a eliminação de recursos complexos de forma que a função pretendida seja executada, mas com custos reduzidos, qualidade mais elevada ou mais satisfação do cliente. Produzindo um produto fácil de ser reconhecido, comprar, instalar, manter ou usar pode-se obter uma maior satisfação do cliente. Os custos podem ser reduzidos por meio de uma montagem mais fácil, eliminação de operações, materiais substitutos menos dispendiosos e menos material desperdiçado como sucata.

#### 2.7.4 PLANEJAMENTO DE PROCESSOS

Para Gaither e Frazier (2002), o planejamento de processo é intenso para novos produtos e serviços, porém o replanejamento pode ocorrer de acordo com mudanças ocorridas na capacidade produtiva e mercado, quando máquinas tecnologicamente superiores se tornam disponíveis. O tipo de processo de produção a ser escolhido deve necessariamente decorrer diretamente das estratégias de operações, ou seja, as prioridades competitivas que podem ser usadas como ferramentas para captar fatias do mercado e estas não podem ser usadas para um único produto. O Quadro 16 relaciona as prioridades competitivas para determinar o sistema de produção necessário para fornecer as prioridades para o produto ou serviço.

<b>Prioridade Competitiva</b>	<b>Definição</b>	<b>Algumas Maneiras de Criar</b>
Baixos custos de produção	Custo unitário de cada produto/serviço, inclusive custos de mão de obra, materiais e gastos gerais.	Redesenho de produto; Nova tecnologia de produção; Aumento nos índices de produção; Redução de sucata; Redução de estoques
Desempenho de entrega	Entrega rápida	Maior estoque de produtos acabados; Maiores índices de produção; métodos de entrega rápida.
	Entrega no tempo certo	Promessas mais realísticas; Controle de produção e Melhores sistemas de informação.
Produtos e serviços de alta qualidade	Percepções dos clientes quanto ao grau de excelência exibido pelos produtos e serviços	Quanto aos produtos e serviços a melhorar: Aparência, Índices de mau funcionamento ou defeito, Desempenho e função, Redução de desgaste, Serviço de pós-venda.

Serviço ao cliente e flexibilidade	Capacidade de mudar rapidamente a produção conforme os produtos e serviços da encomenda e outros volumes de produção, receptividade ao cliente.	Utilização de CAD/CAM, Redução da quantidade de trabalho em andamento, Aumento da capacidade de produção.
------------------------------------	---	---

Quadro 12 - Prioridades competitivas  
Fonte: Gaither e Frazier (2002)

No projeto de processos de produção, traça-se e descrevem-se os processos específicos a serem utilizados na produção. O Quadro 13 apresenta processos metalúrgicos de produção normalmente utilizados.

Montagem	Fundição e Montagem	Corte	Formação	Acabamento
Soldar forte	Fundição:	Mandrilar	Desenhar	Polir com jato de areia
Cimentar	Matriz, areia, investimento	Perfurar com broca	Extrusar	Brunir
Prender	Molde: Injeção, Fundição a pó, Molde permanente	Frezar	Perfurar	Limpar
Ajustar por pressão		Polir	Rolar	Rebarbar
Ajustar por retração		Moer	Rebarbar	Tratar a calor
Soldar		Modelar	Estampar	Pintar
Caldear		Tornear	Enrolar	
			Polir	

Quadro 13 - Processos de Metalurgia  
Fonte: Gaither e Frazier (2002)

Os processos de produção devem ter capacidade adequada para produzir o volume dos produtos e serviços que os clientes querem. Deve-se também realizar a previsão de expansão ou de restrição da capacidade para acompanhar o ritmo das tendências de vendas.

### 2.7.5 FLEXIBILIDADE DE PRODUÇÃO

A flexibilidade é a capacidade que um determinado sistema de produção possui em atender variações ocorridas internamente e externamente. Entende-se por variações internas a quebra de máquinas e equipamentos, escassez de matéria prima e problemas com fornecedores, além de planejamentos e programações deficientes. Tem-se também a análise

do custo de resposta e em que tempo a produção irá conseguir obter respostas às variáveis internas e externas (GERWIN, 1993).

Segundo Slack (1993), a flexibilidade de uma operação depende da flexibilidade de seus recursos. Logo, possuindo a tecnologia, mão de obra e fornecedores flexíveis, tem-se um sistema flexível. A Figura 12 ilustra tal afirmação.

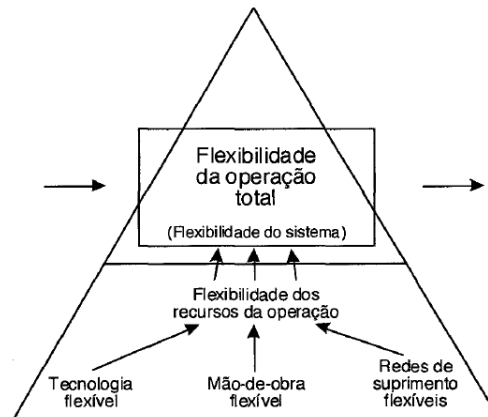


Figura 12 - Flexibilidade de operação em relação a flexibilidade de recursos  
Fonte: SLACK (1993)

Carvalho Junior (1997), cita que há diversas formas de flexibilidade. Sendo elas:

- (i) Flexibilidade do produto: capacidade de introduzir novos produtos ou de modificar os atuais. O grau de flexibilidade de um sistema depende de dois fatores, faixa e tempo de resposta. A faixa de resposta é a quantidade de novos produtos introduzidos por uma determinada empresa e o tempo de resposta é a capacidade em desenvolver e introduzir novos produtos no mercado.
- (ii) Flexibilidade de *mix* do produto: capacidade de mudar a variedade (tipos e modelos) que estão sendo produzidos em uma empresa em um determinado período de tempo. É necessário que haja uma correta identificação das flexibilidades requeridas nos diversos recursos disponíveis. Neste contexto, as modernas tecnologias de processo contribuem substancialmente para a obtenção de flexibilidade de *mix* de produtos.
- (iii) Flexibilidade de volume: é a capacidade de alterar o volume total de produção. As principais habilidades necessárias para atender tal flexibilidade está diretamente ligada aos recursos infra estruturais da produção. Requer habilidades em reprogramar fornecedores e administrar estoques (CARVALHO JUNIOR, 1997).



### 2.7.6 GRAU DE AUTOMAÇÃO

Uma questão-chave quando se projeta processos de produção é determinar quanto automação integrar no sistema de produção. A automação pode reduzir a mão-de-obra e os custos relacionados, mas em muitas aplicações a enorme quantidade de investimentos exigida pelos projetos de automação não pode ser justificada somente pela economia de mão de obra. O grau de automação apropriado para a produção do produto/serviço deve ser impulsionado pelas estratégias de operações da empresa. Tem-se também a qualidade do produto, o nível de qualidade necessária está diretamente relacionado com o grau de automação integrado nos processos de produção, já que máquinas automatizadas podem produzir produtos de incrível uniformidade (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Para Chiaventato (2005), a tecnologia empregada define o processo de produção, fluxo de materiais, métodos de trabalho, máquinas e equipamentos necessários, etc. É também a tecnologia que define os conhecimentos, as habilidades e competências que as pessoas devem possuir para poder trabalhar. A tecnologia pode ser mais ou menos versátil, ou seja, apresentar maior ou menor flexibilidade para permitir que a empresa possa escolher diferentes produtos/serviços para produzir

Tecnologia flexível é a que pode ser utilizada em várias e diferentes finalidades. Permite adaptabilidade e flexibilidade necessárias para que a empresa possa optar por uma variedade de produtos/serviços (CHIAVENATO, 2005).

### 2.7.7 DIAGRAMAS DO TIPO PERT/CPM

Segundo Cukierman (2000) o método *Program Evaluation and Review Technique* PERT foi desenvolvido em 1958 pela equipe de Projetos Espaciais da Marinha Norte-Americana e tem o objetivo de tornar mais eficiente o prazo previsto para a execução de tarefas, não atrasando desta forma o término da execução. Já o método *Critical Path Method* CPM foi criado em 1957 com o objetivo de atender cenários cada vez mais complexos visa

identificar o caminho dentro de uma rede de atividades que possui folga total igual à zero ou negativa, sendo este o maior caminho na rede.

O método PERT/CPM identifica por meio de um Diagrama de Rede, as atividades e o avanço de cada tarefa, quanto tempo levará a execução de cada uma delas, quais atividades estão sendo executadas ao mesmo tempo e toda a interdependência entre resultados. O principal objetivo desta ferramenta é determinar as informações para a programação de cada atividade no projeto, possibilitando calcular quando uma atividade deve iniciar e terminar. A análise do sistema proposta pelo método PERT/CPM também possibilita a identificação das atividades que compõem o caminho crítico do projeto (DUFFY, 2006).

O caminho crítico de um projeto, segundo Martins e Laugeni (2006), é a sequência de tarefas que determina a duração do projeto, e as atividades que compõem o caminho crítico são denominadas atividades críticas. Caso ocorra um atraso em alguma das atividades críticas, todo o projeto atrasará.

Segundo Cukierman (2000), para a aplicação do método, as atividades a serem desenvolvidas são determinadas, o tempo de duração de cada uma é verificado juntamente com as possíveis dependências entre os processos. Com estas informações é possível produzir uma rede de planejamento do projeto que respeite as interações existentes entre as atividades, de acordo com a Figura 13.

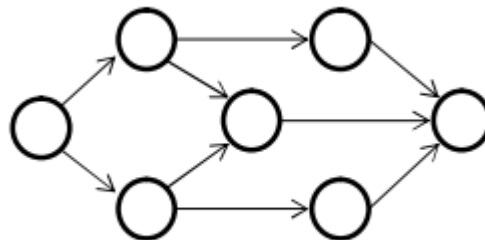


Figura 13 - Rede de atividades PERT/COM  
Fonte: O Autor

Neste método, os círculos caracterizam os eventos juntamente com o início ou o término de uma atividade enquanto as flechas representam as atividades do projeto (CUKIERMAN, 2000).

O caminho crítico de um projeto é determinado pelo conhecimento da primeira data de início (PDI), sendo a primeira data possível de início de algum processo considerando-se

suas atividades precedentes. Também verifica-se a última data de início (UDI), a última data em que a atividade pode começar sem comprometer o tempo do projeto. A PDI e UDI são calculadas por meio da Equação 01 e da Equação 02(adaptado de MOREIRA, 2011).

$$PDI = PDIA + DA \quad \text{Equação 1}$$

$$UDI = UDIp - DA \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

PDIA: Primeira data de início da atividade anterior;

UDI<sub>p</sub>: Última data de início da atividade posterior;

DA: Duração da atividade

Com tais datas determinadas, identificam-se as atividades críticas que compõem o caminho crítico e sequenciam as atividades mais longas que formam o projeto. A folga das atividades do projeto também pode ser determinada, ou seja, o tempo em que uma atividade pode atrasar sem comprometer a duração total do projeto. O cálculo da folga é mostrado pela Equação 03 (MOREIRA, 2011).

$$F = UDIp - PDIA - DA \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

F: Folga total de uma atividade;

UDI<sub>p</sub>: Última data de início;

PDIA: Primeira data de início;

DA: Duração da atividade.

## 2.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (1994), ao instalar um nova fábrica, comprar novos equipamentos ou simplesmente alugar uma máquina, isto é, ao fazer um novo investimento, uma empresa deve fazer uma análise da viabilidade do mesmo.

Num primeiro momento são considerados os aspectos econômicos do investimento. Pergunta-se se o investimento é rentável. Aplicando corretamente os critérios econômicos sabe-se quais os investimentos que rendem mais, ou seja, como aplicar o dinheiro de maneira a obter o maior retorno.

Na análise econômica e financeira, somente são considerados os fatores conversíveis em dinheiro uma vez que um investimento pode ter repercussões que não sejam ponderáveis.

A decisão de implantação de um projeto deve considerar os critérios econômicos (rentabilidade do investimento), critérios financeiros (disponibilidade de recursos) e critérios imponderáveis (fatores não conversíveis em dinheiro) (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 1994).

Para Souza e Clemente (2009), na análise de investimentos, a empresa é considerada como uma entidade orientada para a acumulação de capital. A empresa é uma entidade de capital cujo objetivo é sua valorização, que é alcançado quando as decisões tomadas pela diretoria conduzem a um saldo líquido de ganhos. Estas decisões implicam mudanças no relacionamento da empresa com seus clientes, fornecedores e concorrentes. Isso significa que as decisões de capital envolvem grandes somas de recursos e afetam a vida da empresa por grandes períodos de tempo e são totalmente irreversíveis ou apresentam custos de reversibilidade muito elevados.

As decisões de capital são cruciais para a sobrevivência da empresa. Por isso, é necessário que se baseiem tanto quanto possível em previsões e cálculos de todas suas implicações relevantes. Tais previsões não eliminam o riscos e assim a possibilidade de que os resultados previstos não se realizem pode acontecer, porém melhoram substancialmente o nível de informação e as condições de risco para a tomada de decisão (SOUZA, CLEMENTE; 2009).

Segundo Lima *et al.* (2015), para que ocorra uma avaliação eficiente da viabilidade econômica de um Projeto de Investimento (PI), é preciso realizar uma criteriosa análise dos riscos e retornos associados aos investimentos realizados. Há também a necessidade de uma melhor percepção dos riscos associados ao PI, tal avaliação pode ser promovida por meio de uma Análise de Sensibilidade (AS) e que é aplicada nos principais fatores que podem afetar o desempenho econômico do PI em estudo (custos e receitas).

Na Análise de Sensibilidade é verificado o efeito ocasionado pela variação de um dado de entrada nos resultados esperados. Assim, uma pequena variação em algum parâmetro pode alterar drasticamente a rentabilidade do projeto tornando-o muito sensível a este parâmetro (CASAROTTO e KOPITTKKE, 2010).

Souza e Clemente (2007) afirmam que a análise de viabilidade econômica de um projeto possui o objetivo de assegurar um mínimo de certeza sobre a decisão tomada dado os custos explícitos e ocultos associados a plano de investimento. Esses estudos estão

classificados em três metodologias: Metodologia Clássica; Teoria das Opções Reais e Metodologia Multi-índice.

Segundo Nogas *et al.* (2011), os três métodos possuem em comum o uso do fluxo de caixa projetado, a hipótese de perpetuidade representada pelo valor residual ao final do horizonte de planejamento e uma taxa de desconto para estabelecer as relações de equivalência do fluxo de caixa. As diferenças entre as 3 metodologias surgem em decorrência do que é incorporado no fluxo de caixa, na taxa de desconto e na seleção das métricas.

### 2.8.1 METODOLOGIA CLÁSSICA

Segundo Nogas *et al.* (2011), a principal característica deste método é expressar o risco como um “*spread*” da taxa de desconto (TMA) do fluxo de caixa. Os parâmetros de análise se concentram no Valor Presente Líquido (VPL) e na Taxa Interna de Retorno (TIR), tendo  $VPL > 0$  e  $TIR > TMA$  indicando a viabilidade do projeto de investimento. O Método de Monte Carlo é aplicável neste método devido à admissibilidade dos aspectos aleatórios no fluxo de caixa descontado e taxa de desconto utilizada. Porém, apesar da aplicação do Método de Monte Carlo melhorar a percepção dos riscos associados, tem-se que o risco admitido já tenha sido reduzido a um “*spread*”.

Outro indicador de análise de investimento na metodologia clássica é o Período de Recuperação do Investimento (*Payback*) e que segundo Souza e Clemente (2009), é o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios supere o capital investido. O risco do projeto aumenta a medida que o *pay-back* se aproxima do final do horizonte de planejamento.

Para Hazer *et al.* (2014), o fator decisivo neste método está centrado na determinação da melhor taxa de desconto que expresse o risco e, conseqüentemente, a expectativa de retorno dos investidores. Quanto maior a expectativa de retorno, maior será a TMA, menor será o VPL e também mais próxima a TMA estará da TIR.

### 2.8.2 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS (TOR)

Segundo Saito, Távora Júnior e Oliveira (2010), esta teoria faz uso de um modelo de precificação de projetos e pode ser utilizada para analisar decisões de investimentos, ou seja, é a flexibilidade de tomada de decisão a respeito de ativos reais. O grande diferencial da TOR é que ela valora a flexibilidade para reagir a eventos incertos, ou seja, ela preenche a lacuna deixada pelo fluxo de caixa descontado, o que não acontece com o VPL, servindo portanto para avaliar projetos de investimentos. O ponto central de análise da TOR é a valoração do resultado líquido do projeto, considerando incertezas.

Nogas *et al.* (2011) observa que esta teoria contesta a Metodologia Clássica por não incluir no fluxo de caixa projetado algumas opções que são inerentes a alguns tipos de investimentos: adiar; abandonar; expandir e reformular. Nos extremos estão as opções de abandonar, caso cenários pessimistas persistem e de expandir quando os cenários otimistas são verificados.

Ainda segundo Saito, Távora Júnior e Oliveira (2010), em outras metodologias, para um projeto ser aceito através da análise do VPL, basta o VPL ser positivo. Porém, por meio da TOR o projeto deve ser lucrativo o suficiente. E ao que se refere à possibilidade de adiamento do investimento, é um aspecto que não deve ser desconsiderado. Assim, a TOR capta o valor da flexibilidade gerencial de se adaptar as decisões, em resposta as mudanças inesperadas do mercado. A TOR se aplica em projetos de investimentos permitindo melhorar a tomada de decisão em condições de incerteza, além de auxiliar a verificar se o projeto está sendo gerido de forma correta.

### 2.8.3 METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

A Metodologia Multi-Índice (MMI) proposta por Souza e Clemente (2009) pode ser utilizada no processo de tomada de decisão de investimentos. Os principais indicadores de retorno são: (VP, VPL, VPLA, IBC e ROIA). Já os indicadores de risco: (TIR, TMA/TIR, *payback* e *payback/N*). Ainda, de acordo com os autores tem-se:

- (i) TMA: Taxa Mínima de Atratividade é a melhor taxa com baixo risco disponível para aplicação de capital em análise. A decisão de investir sempre terá pelo menos duas alternativas para serem avaliadas: investir no projeto ou na TMA;
- (ii) VPL: Valor Presente Líquido é a concentração de todos os valores esperados de um fluxo caixa na data zero usando-se como taxa de desconto a TMA;
- (iii) VPLA: Valor Presente Líquido Anualizado, possui a mesma definição do VPL, porém sua interpretação é realizada por período. Indicador muito utilizado em análises de projetos com horizontes de longos planejamentos e para comparar PI com vidas diferentes;
- (iv) IBC: Índice Custo/Benefício é uma medida de quanto se ganhar por unidade de capital investido. A hipótese implícita no cálculo do IBC é que o recursos liberados ao longo da vida útil do projeto seriam reinvestidos à TMA.
- (v) ROIA: Retorno sobre Investimento Adicionado, representa a melhor estimativa de rentabilidade, já eliminado o efeito da TMA, do projeto em análise.
- (vi) TIR: Taxa Interna de Retorno é a taxa que torna o VPL de um fluxo igual a zero.
- (vii) PRI (*Pay-back*): Período de Recuperação de Investimento, é o número de períodos necessários (tempo) para se recuperar o investimento realizado.

A utilidade de conhecer o PRI é que ele pode ser interpretado também como uma medida do grau de risco do projeto. As incertezas associadas a uma projeto tendem a aumentar à medida que as precisões das receitas e dos custos se afastam da data focal zero. Nesse sentido, é utilizado para mensurar o risco associado ao projeto, isto é, quanto maior for o PRI mais incerteza estará a recuperação de capital. Hazer *et al.* (2014) ilustra no Quadro 14 um comparativo entre as metodologias.

Metodologia Clássica	Metodologia Multi-Índice	Comentários
Elaboração do fluxo de caixa é apurado na forma contábil clássica sem separar os custos e despesas entre fixos e variáveis.	A demonstração do resultado é elaborada pelo custeio variável. Portanto, segrega os custos e despesas entre fixos e variáveis.	A separação dos custos e despesas entre fixos e variáveis proporciona uma melhor compreensão da estrutura de custos do empreendimento e fornece uma visão mais clara sobre a variação nos resultados em função do volume de atratividade.
O risco é limitado a um <i>spread</i> adicionado à TMA que subsidiará a tomada de decisão.	A TMA é uma taxa de livre risco. Corresponde à melhor alternativa de investimento com baixo nível de risco.	Na metodologia multi-índice o risco é analisado com um conjunto próprio de indicadores. Isso elimina a subjetividade que o <i>spread</i> incorpora e proporciona um valor presente dos fluxos de benefícios mais condizente com as diferentes alternativas de investimentos disponíveis no mercado.
Quando se utiliza de métricas de avaliação do risco, considera apenas o risco financeiro, normalmente limitando-se à análise de cenários pessimista e otimista.	Os riscos são separados em suas diferentes classes entre: risco de não recuperar o capital investido; risco operacional, risco de gestão e risco de negócios, que aliados aos indicadores de retorno, fundamentam a decisão de investir.	A segregação dos riscos clarifica a compreensão dos diferentes fatores que afetam o negócio e que podem comprometer sua sobrevivência. Contudo, embora a metodologia multi-índice alerte para os diferentes tipos de riscos envolvidos no projeto, ainda carece de estudos mais profundos de forma a tornar seu uso mais prático.
A decisão de investir basicamente é restrita ao VPL e/ou a TIR. Um VPL positivo e/ou uma TIR superior à TMA indica o aceite do investimento. O Índice de Lucratividade e o <i>payback</i> podem complementar a análise, mas, normalmente não são decisivos ou não são analisados de forma conjunta com os demais.	A decisão de investir se baseia em vários indicadores. Além de VP, VPL e TIR, a análise é ampliada com o VPLa, IBC, ROI, ROIA, <i>Payback</i> , em conjunto com os indicadores de risco.	Um VPL positivo indica que a análise do projeto de investimento pode prosseguir, mas não diz que ele deve ser aceito apenas com base nesse indicador. Só a utilização de vários indicadores em conjunto é capaz de fornecer uma visão mais ampliada sobre o investimento.
A TIR e o <i>Payback</i> são considerados indicadores de retorno.	A TIR comparada com a TMA e o <i>Payback</i> são considerados indicadores de risco financeiro. O retorno do investimento é medido pelo ROI e ROIA.	A TIR não pode ser considerada indicador de retorno, pois, os fluxos de benefícios do projeto não são reinvestidos à própria TIR, mas a uma taxa muito mais próxima à TMA. O <i>payback</i> nada diz sobre o retorno do investimento. Contudo, sua proximidade com o ciclo final de vida do investimento fornece uma visão do risco de não se recuperar o capital investido. Quanto mais perto do final do ciclo de vida do projeto, maior o risco assumido.

Quadro 14 - Comparativo entre a metodologia clássica e multi-índice de análise de investimentos

Fonte: Hazer *et al.* (2014)



Lima *et al.* (2015) e Lima (2016) ampliaram os Indicadores de Viabilidade de Projetos de Investimentos (IVEPIs) da Metodologia Multi-Índice (MMI), denominada MMIA, refere-se a incorporação de Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limite (VLs) para melhorar a percepção dos riscos associados ao PI. No caso dos LEs, tem-se as variações estimadas em índices econômicos relacionados ao PI (limites máximos tolerados, antes de inviabilizar o PI).

#### 2.8.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO EM PROJETOS DE INVESTIMENTOS

Para Harzer *et al.* (2014), os modelos clássicos de análise de investimentos consideram que todas as variáveis que compõem a demonstração de resultados e o decorrente fluxo de caixa são determinísticos como se fosse realizar exatamente da forma como foram estimados. Contudo, tais valores são incertos e o que se faz em análise de investimentos é uma estimativa dos valores de cada variável segundo o melhor julgamento da equipe responsável pela elaboração do projeto ou plano de negócio. Logo, os números envolvidos são probabilísticos e, portanto, assumem características de variáveis aleatórias.

Soares (2006) diz que a Simulação de Monte Carlo (SMC) é entendida como uma técnica matemática com a função de gerar amostras aleatórias de variáveis de saída a partir de várias amostras aleatórias de variáveis de entrada. Suas distribuições de probabilidade proporcionam uma melhor percepção de risco. O processo inicia com a identificação das variáveis a serem geradas de forma aleatória, inclusive com a possibilidade de fixar limites de variabilidade das entradas, o tipo de distribuição que melhor se adequa às características das variáveis de entrada, e a seleção das variáveis de saída que se pretende obter. O processo de simulação envolve repetidas interações aleatórias gerando uma série de distribuição de probabilidade dos resultados. As saídas da modelagem de Monte Carlo envolvem a distribuição de cada variável de saída, uma listagem de sensibilidade das variáveis chave segundo sua correlação com a variável de saída e diversos gráficos e resumos estatísticos que caracterizam os resultados simulados.

Para Harzer *et al.* (2014), a simulação de Monte Carlo possibilita a escolha de diversos tipos de distribuição de probabilidades com base no comportamento esperado.

Na simulação de Monte Carlo, utiliza-se implicitamente o Teorema do Limite Central. Barbetta *et al.* (2010), revela que para “n” grande, a média (“n” maior ou igual a 30) e o desvio padrão amostral (“n” maior ou igual a 100) convergem para a média e desvio padrão populacionais. Assim, construindo um gráfico da média e do desvio padrão obtido *versus* número de simulações encontra-se que ocorre uma estabilização dos valores da média e do risco do projeto.

#### 2.8.4.1 PROCESSOS GERADORES DE VARIÁVEIS ALETÓRIAS

Segundo Soares (2006), a simulação de Monte Carlo é uma técnica matemática que gera amostras aleatórias de variáveis de saída a partir de várias amostras aleatórias de variáveis de entrada e suas distribuições de probabilidades proporcionam uma melhor percepção do risco. O processo inicia com a identificação das variáveis a serem geradas de forma aleatória, inclusive com a possibilidade de fixar limites de variabilidade das entradas, o tipo de distribuição que melhor se adequa às características das variáveis de entrada, e a seleção das variáveis de saída que se pretende obter. Dentre os diversos tipos de distribuição possíveis de uso, verificam-se as distribuições uniforme, normal, discreta e a triangular. Neste trabalho a distribuição utilizada na simulação de Monte Carlo será a triangular.

A distribuição triangular para Lima (2016) é a distribuição de probabilidade contínua que possui um valor mínimo, um valor máximo e um valor mais provável, de modo que a função densidade de probabilidade (fdp) é zero para os extremos, e afim entre cada extremo e o valor mais provável, de forma que a sua representação gráfica é um triângulo. A Figura 14 ilustra tal distribuição.

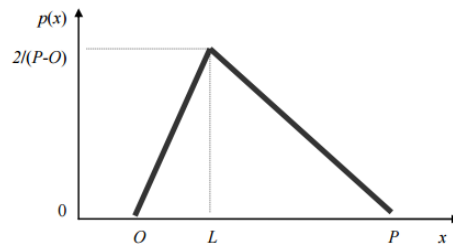


Figura 14 - Função densidade de probabilidade da distribuição triangular  
Fonte: Assis (2010)

Na representação da distribuição triangular mostrada pela Figura 14, os valores mínimo e máximo são representados pelos pontos O e P e a moda representada pelo ponto L.

Segundo Assis (2010), o processo gerador pode ser obtido pelo método inverso. Com este método, a distribuição simples é integrada para obter sua versão acumulada. A equação resultante é igualada a  $r$  (número aleatório uniforme) e resolvida de forma a obtermos a variável aleatória  $x$  em função de  $r$ . Assim, tem-se os seguintes geradores da distribuição triangular de acordo com a Equação 4 e Equação 5.

- Quando  $r < (L - O) / (P - O)$ ,

$$x = O + \sqrt{r \cdot (L - O) \cdot (P - O)} \quad \text{Equação 4}$$

- Quando  $r \geq (L - O) / (P - O)$ ,

$$x = P - \sqrt{(1 - r) \cdot (P - L) \cdot (P - O)} \quad \text{Equação 5}$$

De acordo com Soares (2006), esta distribuição é usada tipicamente quando se tem uma descrição subjetiva de uma população da qual se tem conhecimento limitado da sua distribuição. Ela se fundamenta com a estimativa de limites de variabilidade das variáveis de entrada estabelecendo o valor máximo e mínimo além do mais provável, o que a torna mais adequada nas aplicações utilizando o método de Monte Carlo.

### 3 METODOLOGIA

Quanto à sua natureza, este trabalho se caracteriza de forma teórica, sendo quantitativo quanto à abordagem do problema, uma vez que utiliza modelagem matemática para solução e análise dos resultados, e documental quanto aos procedimentos técnicos de

coleta de dados, uma vez que os dados coletados foram obtidos por meio de documentos licitatórios.

Embora os valores apresentados tenham sido analisados pelo autor do estudo, os resultados obtidos para obterem sua real efetivação necessitam de alguns aprofundamentos e estudos complementares.

O trabalho teve seu início na revisão bibliográfica pertinente ao tema com o objetivo de maior aprofundamento no assunto e também verificar as principais linhas de pesquisa construtoras do tema.

### 3.1 ANÁLISE TÉCNICA

Em um primeiro momento buscou-se verificar informações sobre acessibilidade, tecnologias assistivas, cadeiras de rodas, suas classificações e ergonomia. Nesta etapa a pesquisa foi direcionada a fim de verificar o que a política pública normatiza a respeito dos direitos relativos às pessoas com mobilidade reduzida, além de também realizar uma análise das definições e aplicações de tecnologias assistivas. Em sequência, neste mesmo contexto, verificou-se um breve histórico sobre cadeiras de rodas mostrando assim sua evolução até os dias atuais as quais podem ser classificadas, segundo Alves (2011), como cadeiras de rodas mecanomanuais, cadeiras de rodas eletromecânicas e eletroeletrônicas. Na conclusão dessa etapa houve uma análise de como a ergonomia deve ser aplicada não apenas em máquinas e equipamentos, mas também em toda situação que ocorre a interação entre homem e seu trabalho.

A sequência do trabalho foi a análise das características dos usuários de cadeiras de rodas. Neste tópico houve a divisão destes usuários em dois grupos: pessoas momentaneamente portadoras de deficiência motora (acidentados, pós-operados, etc.) e pessoas portadoras de deficiência motora não momentânea. Além disso, buscou-se dados quantitativos referentes a população no Brasil que possuem algum tipo de deficiência, além de verificar em específico o percentual de deficiência motora dentro dessa população.

Tendo realizada a análise sobre tecnologias assistivas em geral e também verificada as características quantitativas e comportamentais dos usuários de tecnologias assistivas, o trabalho passou a ser direcionado para as análises técnica e econômica do projeto em estudo.

Iniciando-se com o estudo da viabilidade técnica, houve o interesse em verificar aspectos técnicos para a construção de equipamentos assistivos. Nesse tópico, a necessidade de se levar em conta as características anatômicas, psicológicas e fisiológicas em projetos de equipamentos com tecnologias assistivas foi verificada em requisitos citados por Becker (2000). Também foi analisada a Norma NBR 9050:2004 que estabelece critérios técnicos a serem observados em projetos que envolvem parâmetros técnicos que consideram diversas condições de mobilidade e de percepção do ambiente.

Para a análise da produção *in-house* do produto, buscou-se na literatura fatores que devem ser considerados quando tem-se tal tipo de confecção de produtos. Tais fatores analisam pontos estratégicos que fornecem às empresas capacidades de serem competitivas em relação aos fabricantes estrangeiros, por exemplo. Dentro desta análise pode-se destacar a facilidade da produção, que segundo Gaither e Frazier (2002) pode ser dividida em especificação, padronização e simplificação do produto. A flexibilidade da produção, que segundo Gerwin (1993), é a capacidade que um determinado sistema de produção possui em atender variações ocorridas internamente e externamente ao sistema de produção e o grau de automação, que segundo Chiavenato (2005), além de ser o fator determinante na definição do processo de produção fluxo de materiais, métodos de trabalho, máquinas e equipamentos necessários, é também dividida em fixa e flexível.

Além de pontos estratégicos que buscam a maior competitividade, a análise também buscou abranger aspectos estratégicos que buscam auxiliar a produção em atender requisitos essenciais à sobrevivência da empresa no mercado de acordo com a sua estratégia de ação. De acordo com Gaither e Frazier (2002), tais aspectos são o baixo custo de produção, desempenho de entrega, produtos e serviços de alta qualidade, além do serviço ao cliente a flexibilidade da empresa.

Após a análise para a produção *in-house*, buscou-se fundamentação teórica para o segundo cenário de análise, ou seja, a terceirização da produção ou em parte dela. Para McIvor (2000), muitas empresas não possuem base sólida para avaliar a decisão de produzir ou terceirizar, logo, tais decisões são analisadas apenas com base na redução de custos e de

peçoal, gerando assim apenas a análise de maior economia nas despesas gerais. O mesmo autor sugere uma estrutura no processo de terceirização, os quais abrangem uma análise crítica de outros fatores não comumente considerados pelas empresas. Tais fatores são apresentados em estágios e são identificados como a definição das atividades núcleo do negócio, a avaliação das relevâncias das atividades, a análise do custo total das atividades e a análise da relação com as empresas parceiras.

O método PERT/COM será utilizado para a análise do processo produtivo e que segundo Duffy (2006), analisa por meio de um Diagrama de Rede as atividades e o avanço de cada tarefa, quanto tempo levará a execução de cada uma delas, quais atividades estão sendo executadas ao mesmo tempo e toda a interdependência entre resultados. Durante a aplicação do método PERT/CPM, também será verificado o caminho crítico do processo identificando assim a sequência de tarefas que determina a duração do projeto.

A Figura 15 ilustra o processo para a viabilidade técnica do PI.

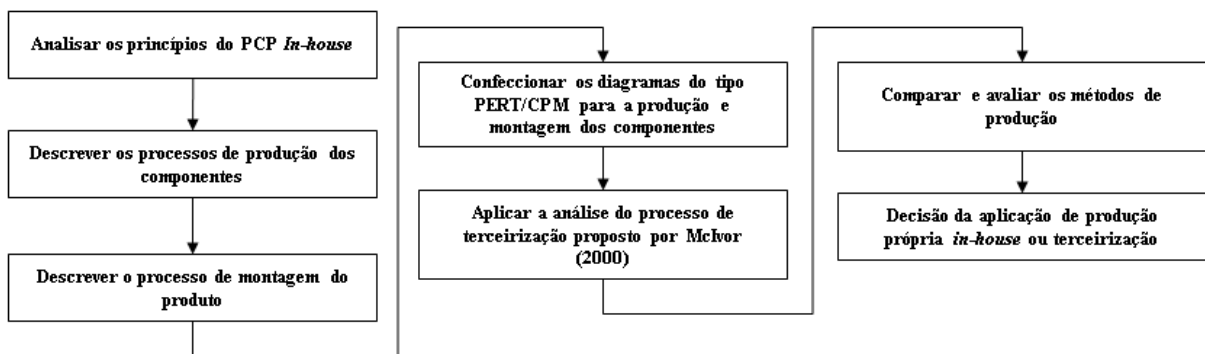


Figura 15 - Fluxo do método de avaliação de viabilidade técnica

### 3.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise da viabilidade econômica deste projeto foi analisada por meio da Metodologia Multi-Índice Ampliada juntamente com o auxílio da simulação de Monte Carlo (Lima *et al.*, 2015) e (Lima, 2016) na análise de investimentos para três possíveis cenários de produção. Será analisada a venda de 4, 5 ou 6 produtos vendidos mensalmente. Sendo eles os valores mínimo, mais provável e máximo:

- (i) Cenário 1 – produção interna do produto, tendo todas as atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto realizadas internamente. Preço de venda: R\$ 10.000,00, R\$ 10.500,00 ou R\$ 11.500,00;
- (ii) Cenário 2 – considera-se a terceirização de todas das atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto. Preço de venda: R\$ 10.000,00, R\$ 10.500,00 e/ou R\$ 11.500,00;
- (iii) Cenário 3 – considera-se a terceirização de todas das atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto e a substituição de componentes. Preço de venda: R\$ 7.000,00, R\$ 8.000,00 e/ou R\$ 8.500,00;

Os principais indicadores de retorno que serão analisados são: (VP, VPL, VPLA, IBC e ROIA), já os indicadores de risco (TIR, TMA/TIR, *pay-back* e *pay-back/N*). Os indicadores de elasticidade analisados ( $\Delta\%$  TMA,  $\Delta\%$  FCo e  $\Delta\%$  FCj).

A TMA e a TIR do projeto são consideradas variáveis aleatórias independentes e assim, assumindo-se determinados percentuais de alteração, para mais e para menos nos valores dessas variáveis tem-se o indicador TMA/TIR, que é um índice cuja escala vai de zero a um e é utilizado para medir o risco financeiro de um projeto de investimento (HARZER, 2014). O risco de perda medido por esse indicador é representado em formato de percentual.

Além do retorno esperado e dos riscos associados ao investimento, a metodologia também realizará uma análise de sensibilidade, e nesta sensibilidade ocorrerá uma verificação das tolerâncias de possíveis mudanças do investimento inicial, fluxo de caixa além do índice da TMA (LIMA *et al.*, 2015).

O método de Monte Carlo será utilizado com a finalidade de verificar os resultados nos riscos envolvidos em um total de 10.000 cenários possíveis de acordo com possíveis variações em dados de entrada, como por exemplo, TMA, Quantidade de Vendas e Custo Unitário.

Todas as análises de viabilidade econômica foram verificadas com o auxílio da ferramenta computacional SAVEPI – Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimentos.

O SAVEPI realiza o cálculo dos indicadores de Viabilidade de Projetos por meio da Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA) da análise de investimentos proposta por Souza e Clemente (2008) e ampliada por Lima *et al.* (2015) e Lima (2016).

É um sistema computacional desenvolvido em linguagem de programação PHP (*Hypertext Preprocessor*, originalmente *Personal Home Page*) e visa basicamente segundo Lima (2016):

- (i) Contribuir com o aprendizado sobre análise econômica de Projetos de Investimentos (PI), capacitando recursos humanos por meio de ambiente virtual de aprendizagem;
- (ii) Transferir conhecimento científico e tecnológico para a sociedade;
- (iii) Facilitar o processo de avaliação da viabilidade econômica de um Projeto de Investimento.

Após a obtenção destes dados, os resultados foram agrupados pelas suas médias e comparados entre si para a consequente verificação da viabilidade entre eles. A Figura 16 ilustra o processo para a viabilidade econômica do PI.

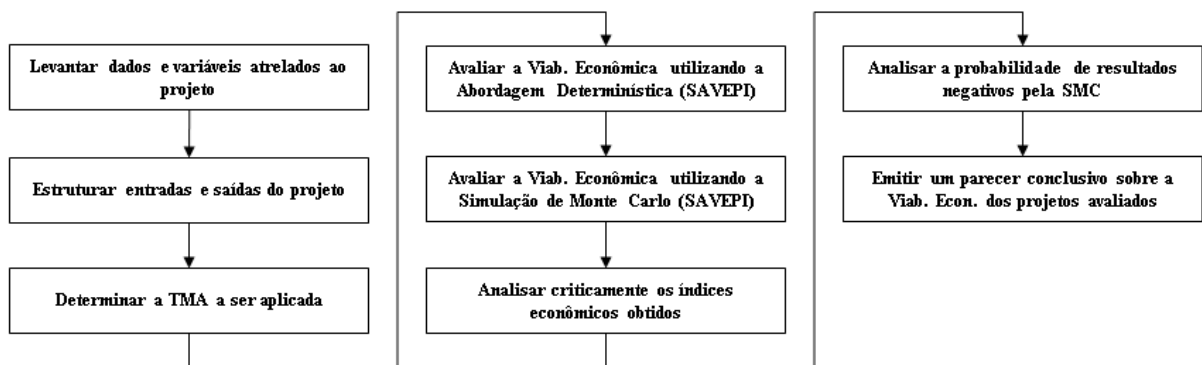


Figura 16 - Fluxo do método de avaliação de viabilidade econômica

#### 4.0 ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo é um protótipo mecânico em formato de *trike* com propulsão elétrica e que possui por finalidade fornecer ao usuário de cadeiras de rodas uma maior mobilidade para maiores distâncias.

Este projeto tem origem no Trabalho de Conclusão de Curso do acadêmico Vinícius Eduardo Grigolo do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR Campus Pato Branco) no ano de 2014. Neste trabalho o acadêmico desenvolveu um protótipo híbrido *frontbike* para pessoas com dificuldades de mobilidade



contando também com o apoio do Laboratório de Produção (LabPro), além do estudo econômico publicado no Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (CONBREPRO) de Lima *et al.* (2014). Após o término do trabalho, no LabPro iniciou-se um projeto de estudos para produtos que visam a acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida e o primeiro produto a ser desenvolvido foi uma nova versão do *frontbike* desenvolvido pelo acadêmico Vinícius Grigolo. A Figura 16 ilustra a perspectiva do protótipo virtual do novo *frontbike* produzido.



Figura 17 - Visão em perspectiva do protótipo  
Fonte: Guedes (2015) e Camargo e Aguiar(2016)

O desenvolvimento do produto contou com diversos colaboradores, tendo-se professores, alunos de graduação e pós-graduação. Sendo os professores envolvidos o Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira, o Prof. Dr. Gilson Ditzel Santos e o Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin. Os acadêmicos de Engenharia Mecânica Bruno Turmina Guedes, Eulino Silveira, Fabio José de Camargo, Guilherme Teixeira e Marco Antonio Maraia Villa além do aluno do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas Marcelo Junior dos Santos.

O início do projeto contou com a estruturação de um Processo de Desenvolvimento do Produto orientado pela literatura de Rozenfeld *et al.* (2006) tendo a realização dos projetos

informacional e conceitual. Neste momento houve o desenvolvimento de uma matriz *Quality Function Deployment* (QFD) construída a partir de um questionário com o público alvo do produto. Nela foram verificados por meio de um grupo focal com profissionais ligados à acessibilidade e também usuários de cadeiras de rodas, aspectos de qualidade do produto acabado condicionantes da aceitação deste no mercado tais como o *design* bem elaborado, nível de funcionalidade desejado, durabilidade e qualidade, atendendo assim, as necessidades do consumidor dentro da função que lhe foi proposta.

Composto de onze perguntas de múltipla escolha e quatro questões abertas, o questionário baseou-se no critério de avaliação proposto por Kano et al. (1984) a fim de identificar os atributos que provoquem reação ou satisfação dos usuários. As perguntas basearam-se nas afirmações levantadas pelos especialistas. Neste sentido, as onze primeiras questões possuíam perguntas adjacentes representando o seu oposto. Definindo a população como cadeirantes, que é o público alvo da pesquisa, o questionário contou com 43 respostas, sendo que a idade dos respondentes foi em média de 41 anos.

A análise da matriz QFD permitiu à equipe de desenvolvimento do produto verificar entre os trinta e três requisitos de projetos quais eram os de maior e menor interesse de usuários destes produtos.

#### 4.1 PRIMEIRO CENÁRIO DE PRODUÇÃO - PRODUÇÃO INTERNA

O propósito do PCP é garantir que a produção ocorra eficazmente e produza bens e serviços como deve, o que requer que os recursos produtivos estejam disponíveis na quantidade certa, no momento exato e no nível de qualidade adequado.

A produção do *trike* pode ser caracterizada de acordo com o Quadro 11 - Análise genérica para produções de empresas sob encomenda, como uma empresa que possui sua linha de produtos enxuta e não heterogênea, tendo-se assim um *mix* de produto estável. Tal fato se deve pelo produto já ser definido em catálogo com suas respectivas características técnicas sendo estas fixas no produto. Assim, de acordo com Costa (1996), o sequenciamento macro, sem nenhum desdobramento do processo de produção pode ser verificado pela Figura 17.

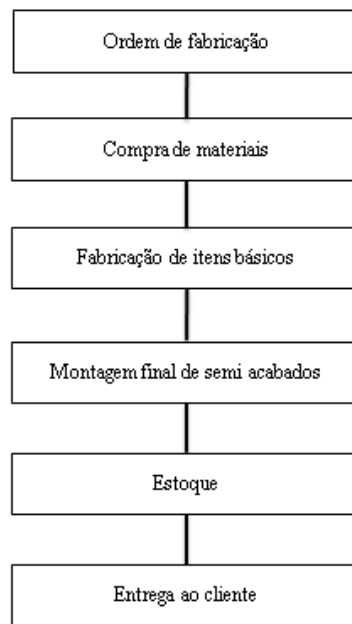


Figura 18 - Processo de produção

A Figura 19 ilustra o primeiro desdobramento. Nele contém a descrição genérica de cada fase pertencente ao processo produtivo.

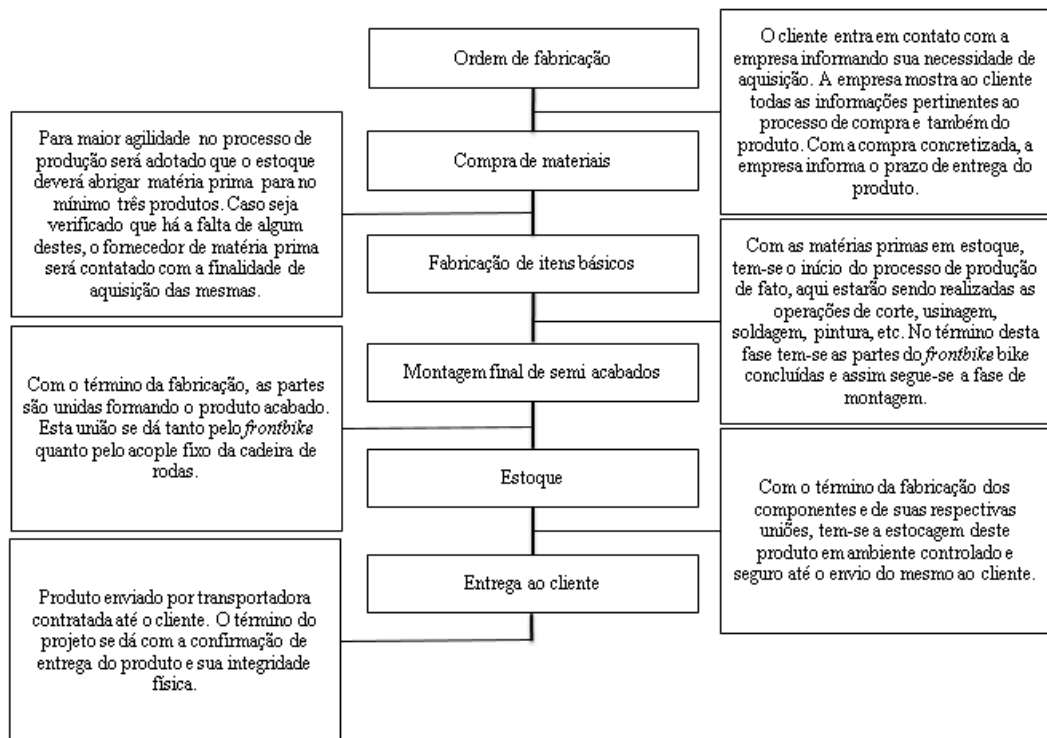


Figura 19 - Primeiro desdobramento do processo produtivo

#### 4.1.1 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos necessários para a produção estão descritos no Quadro 15 juntamente com suas representações em imagens. A sugestão de equipamentos é realizada por meio da análise das necessidades do projeto e também da relação custo/benefício de cada componente.

Equipamento	Características	Imagem
Máquina de Solda Multiprocessos Lynus	Máquina de solda Inversora Eletrodo Revestido + TIG + Corte a Plasma 220 V	
Serra Fita Para Metal Mr-101	3 velocidades (20,30 e 50 metros/min.); Capacidade de corte (90° = Ø 110 mm / Perfis de 110 x 150 mm e 45° = Ø 100 / Perfis de 85 x 65mm)	
Torno universal Nardini 500ES	Distância entre pontas: 1.000 mm; Ø sobre barramento: 410 mm; Placa 03 castanhas Ø8"; Luneta fixa; Refrigeração.	
Furadeira/Fresadora MANDROD Engrenada Trifásico 220 V	Capacidade de furação em aço e ferro fundido com Ø 32 mm / 400 mm; Capacidade de rosqueamento: M24/M32; Capacidade máxima de faceamento: Ø 80 mm; Capacidade máxima de fresamento de topo: Ø 22 mm.	

<p>Jogo Oficina Master ROBUST</p>	<p>Jogo composto por 177 ferramentas de diversas dimensões e formatos.</p>	
<p>Esmirlhadeira Angular 4 Bosch</p>	<p>Aparelho prático com um perímetro mínimo de punho; Rotação sem carga: 11.000 RPM; Disco de desbaste/corte: 4 1/2"; Eixo: M14.</p>	
<p>Compressor + Kit pintura CompBrasil Compressores</p>	<p>Vazão máxima: 215 litros/min.; Pressão máxima: 8 bar; Dupla saída de ar; Manômetro de pressão interna do tanque; 01 calibrador de pneu com manômetro; 01 pistola para limpeza; 01 mangueira com engate rápido; 01 pistola pulverizadora; 01 pistola para pintura.</p>	
<p>Centro de usinagem Veja MVU920</p>	<p>Sistema FANUC, computador e máquina conectada por Ethernet (LAN), eixos X, Y e Z acionados por servomotores.</p>	

Quadro 15 - Maquinário e equipamentos para a produção

#### 4.1.2 MATÉRIA PRIMA

Com a utilização de *software computer aided design* (CAD) em 3D, pode-se verificar cada parte projetada com suas respectivas especificações dimensionais, tolerâncias, materiais

com suas composições químicas e durezas, também é possível a partir das dimensões padrões das matérias primas, verificar a capacidade de produção para cada componente em específico.

O Quadro 16 identifica o material utilizado (perfis padrões de mercado com 6 metros de comprimento), o componente a ser produzido juntamente com a capacidade que cada material é capaz de produzir de acordo com as dimensões previstas por componente. Caso o material não esteja especificado na célula, considera-se a utilização do Aço SAE 1020.

Material	Componente	Dimensão Prevista [mm]	Capacidade de Produção [unidades]
Perfil Retangular 60x40x2,0	Barra Fixa à Cadeira de Rodas	380	6
	Barra de Fixação do <i>frontbike</i>	545	
Tubo Redondo 2(1/2)" x 3,35 mm	Tubo de fixação do <i>frontbike</i>	250	23
Barra Quadrada 1"	Presilha de fixação traseira [2 pares]	330	12
	Presilha de fixação dianteira [2 pares]	170	
Barra Chata 1" x 40(1(3/4))"	Acople barra fixa/Acople barra <i>frontbike</i>	160	36
Barra Red. 3/8"	Chapa acople interno	50	120
Barra Chata 5/8" x 1(1/8)"	Chapa de fixação da bateria (2 chapas)	300	18
	Chapa acople interno	30	
Barra Red. 16 mm (5/8")	Suporte [Par]	260	22

Quadro 16 - Componentes, matéria prima e capacidade de produção

#### 4.1.3 PROCESSO PRODUTIVO

O objetivo deste trabalho é a exemplificação da produção do protótipo e sua avaliação. Logo, não será considerado o detalhamento dos componentes a serem produzidos, tais como dimensões, tolerâncias e desenhos técnicos.

Como os perfis do material utilizado para a construção do componente são padrões, o processo de fabricação será basicamente a realização de cortes e furos nos perfis de acordo com as formas e dimensões do projeto. Após tal etapa concluída, há a união destes por cordões de solda. A Figura 20 e a Figura 21 ilustram as vistas dos projetos virtuais da estrutura do *frontbike* e da parte fixa à cadeira de rodas.

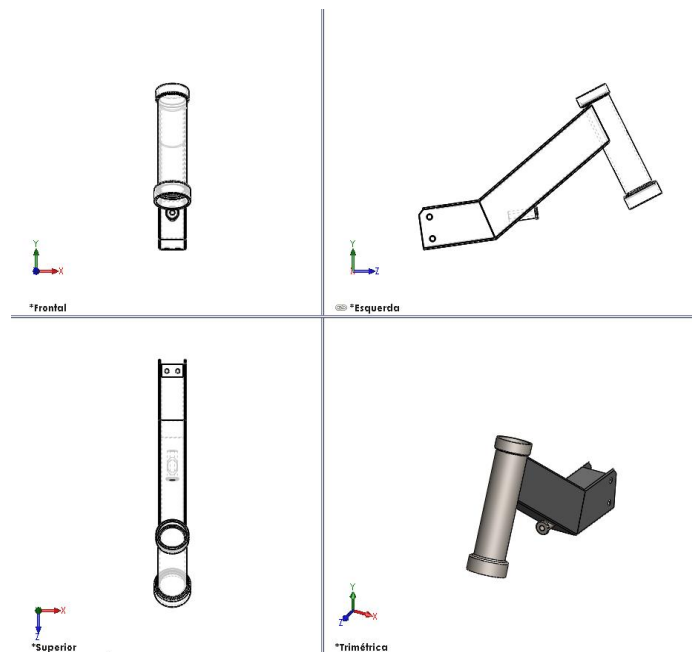


Figura 20 - Desenho virtual da estrutura de fixação do frontbike  
Fonte: Guedes (2015) e Camargo (2016)

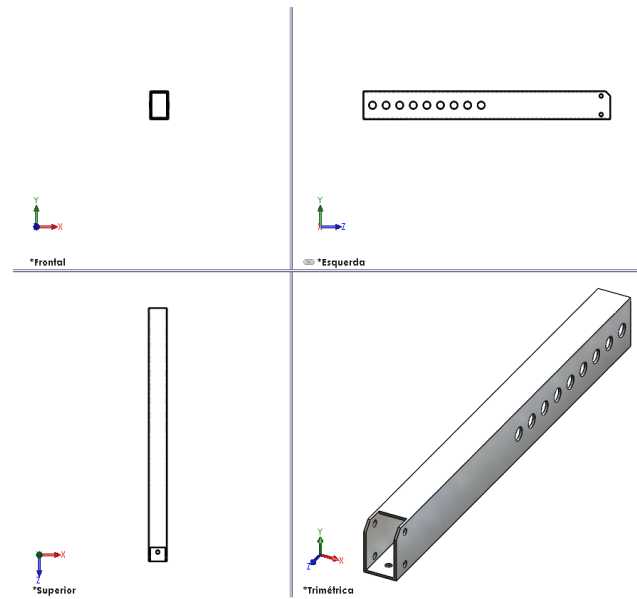


Figura 21 - Desenho virtual da estrutura fixa à cadeira de rodas  
 Fonte: Guedes (2015) e Camargo (2016)

A fixação do *frontbike* ocorre pela estrutura projetada e construída ilustrada pela Figura 22 e Figura 23.



Figura 22 - Vista lateral da estrutura de fixação do *frontbike*



Figura 23 - Vista superior da estrutura de fixação do *frontbike*



Na produção deste componente tem-se a utilização do materiais mostrados pelo Quadro 17.

<b>Material</b>	<b>Componente</b>	<b>Dimensão Prevista [mm]</b>
Perfil Retangular 60x40x2,0	Fixação do <i>frontbike</i>	380 [400]
Tubo Redondo 2(1/2)" x 3,35 mm	Fixação do <i>frontbike</i>	250 [260]

Quadro 17 - Matéria-prima para a produção da estrutura de fixação do *frontbike*

Os cortes realizados no perfil retangular devem seguir as dimensões do projeto, sendo estes produzidos pela serra fita. Os furos e os rasgos são realizados na fresa, os furos poderiam ser realizados por uma furadeira, porém por economia de tempo tem-se a fresa realizando todo o processo. O tubo redondo tem seu acabamento realizado por um torno manual, este acabamento ocorre para o apoio e melhor acople do rolamento que estará fixando o garfo do guidão. Após o término das operações citadas, tem-se a união da partes utilizando-se solda por eletrodo revestido.

O Quadro 18 relaciona os equipamentos utilizados na produção do chassi.

<b>Equipamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Justificativa</b>
Torno mecânico manual	Retirada de metal com a finalidade de formar o apoio do rolamento. Acabamento de superfície.	Forma e acabamento
Fresa	Furos necessários de acordo com o projeto.	Forma e acabamento
Máquina de solda por eletrodo revestido	União por eletrodo revestido dos componentes.	União de componentes
Serra-fita	Serra-fita para metais com alcance mínimo de 150 [mm]	Forma
Compressor de ar e Pistola	Utilização de ar comprimido para a pintura dos componentes.	Pintura
Metrologia	Paquímetro	Ferramentas para verificação dimensional
Fixação	Conjunto de ferramentas	Ferramentas para unir componentes

Quadro 18 - Equipamentos para a produção da estrutura de fixação do *frontbike*

A estrutura fixa é projetada para atender a variedade de cadeira de rodas existentes no mercado. A Figura 24 ilustra tal componente já acoplado por meio das presilhas de fixação à cadeira de rodas.



Figura 24 - Estrutura fixa à cadeira de rodas

Na produção deste componente tem-se a utilização do material mostrado pelo Quadro 19.

Material	Componente	Dimensão Prevista [mm]
Perfil Retangular 60x40x2,0	Estrutura fixa à cadeira de rodas	545 [550]

Quadro 19 - Matéria-prima para a produção da estrutura fixa à cadeira de rodas

Os cortes realizados no perfil retangular devem seguir as dimensões do projeto, sendo estes produzidos pela serra fita e serra manual. Os furos para a fixação do componente são realizados por uma furadeira. O Quadro 20 especifica os equipamentos necessários para o processamento deste componente.

Equipamento	Descrição	Justificativa
Serra-fita	Serra-fita para metais com alcance mínimo de 150 [mm]	Cortes de acordo com a especificação do projeto.
Furadeira	Furadeira com brocas padrão para metal de acordo com as dimensões do projeto	Furos para fixação da estrutura e componentes.
Compressor de ar e Pistola	Padrão	Pintura do componente visando seu acabamento e proteção contra oxidação.

Metrologia	Paquímetro	Ferramentas para verificação dimensional.
Fixação	Conjunto de ferramentas	Ferramentas para utilização geral.

Quadro 20 - Equipamentos para a produção da estrutura fixa à cadeira de rodas

Há a necessidade de quatro pares de presilhas para a fixação do acople fixo à cadeira de rodas. A produção destas é feita por meio do corte da barra quadrada por uma fresa de acordo com as dimensões de cada par. Após os cortes, os furos são produzidos fixando cada unidade ao seu par por uma morsa e utilizando-se uma fresa, realizam-se os furos com os diâmetros de projeto. As duas metades do componente são unidas por parafuso de fixação. A Figura 25 e Figura 26 ilustram os desenhos virtuais de cada mancal projetado.

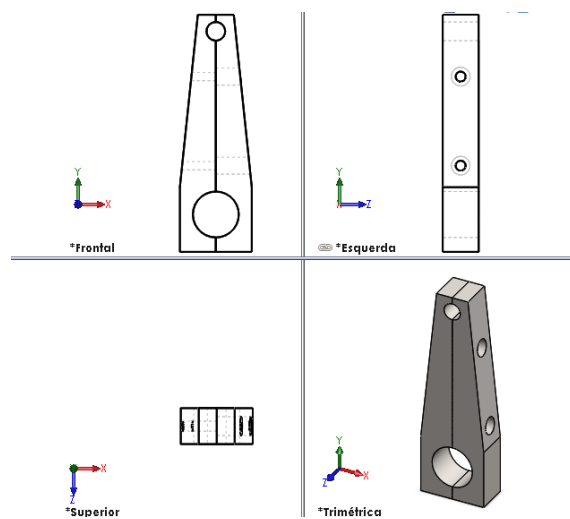


Figura 25 - Presilha de fixação traseira  
Fonte: Guedes (2015) e Camargo (2016)

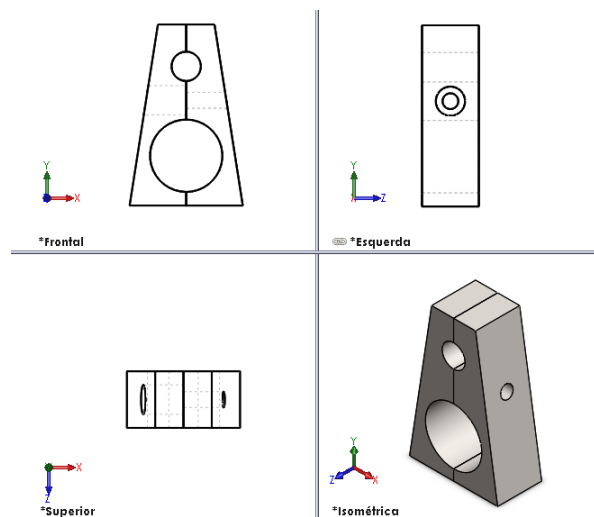


Figura 26 - Presilha de fixação dianteira  
Fonte: Guedes (2015) e Camargo (2016)

Na produção destes componentes tem-se a utilização do material mostrado pelo Quadro 21.

Material	Componente	Dimensão Prevista [mm]
Barra Quadrada 1"	Mancais de fixação traseiro (2 pares)	660
	Mancais de fixação dianteiro (2 pares)	320

Quadro 21 - Matéria-prima para a produção das presilhas de fixação

O Quadro 22 relaciona os equipamentos utilizados na produção dos mancais.

Equipamento	Descrição	Justificativa
Serra-fita	Serra-fita para metais com alcance mínimo de 150 [mm]	Cortes de acordo com a especificação do projeto.
Fresadora	Ferramenta de corte padrão e configuração de medidas na máquina.	Realização de cortes e furos de acordo com as especificações do projeto.
Compressor de ar e Pistola	Padrão	Pintura do componente visando seu acabamento e proteção contra oxidação.
Metrologia	Paquímetro	Ferramenta com a finalidade de verificação dimensional de acordo com o projeto.
Fixação	Conjunto de ferramentas.	Ferramentas para utilização geral.

Quadro 22 - Equipamentos para a produção das presilhas de fixação

O aro da roda utilizado no *frontbike* é pertencente ao conjunto de direção da motocicleta convencional de baixa cilindrada, diferente do aro pertencente ao conjunto do motor elétrico de cubo. Para que o sistema possa ser unido (aro da roda e motor elétrico de cubo), há a necessidade de uma adaptação dos raios de fixação. O processo de produção é feito basicamente trocando os raios do sistema pelo conjunto de raios pertencentes ao motor elétrico.

O Quadro 23 relaciona os equipamentos a serem utilizados na adaptação dos raios.

Equipamento	Descrição	Justificativa
Fixação	Chave para raio (aperta/solta)	Ferramentas para unir componentes
Metrologia	Paquímetro	Verificação dimensional dos raios com a finalidade de suas adaptabilidades.

Quadro 23 - Equipamentos para a adaptação dos raios

A Figura 27 ilustra os mancais de fixação traseiro e dianteiro produzidos e já unidos ao sistema.



Figura 27 - Mancais de fixação traseiro e dianteiro

O sistema de acople é dimensionado para além de realizar a união entre cadeira de rodas e *frontbike*, também evitar folgas de contato nos sentidos horizontais e verticais. Por possuir uma geometria complexa, a utilização de um torno CNC é fundamental, uma vez que o torno manual se torna inviável.

Sendo admitido como uma inovação do produto, aproximadamente 65% do desenvolvimento foi centrado no acoplamento. Este por sua vez, foi dimensionado, fabricado e testado, mas não atendeu as expectativas de usabilidade previstas. Com isso, o mecanismo foi novamente projetado, fabricado e testado, resultando em um sistema mais robusto e eficiente.

A inovação do acoplamento deve-se ao funcionamento do mecanismo não exigir a interação direta do usuário com o sistema de acoplamento (aperto de parafusos). Além disso, o acoplamento é inovador por apresentar um sistema mecânico e elétrico em um único dispositivo. Assim, sem a ação de conclusão de acoplamento, o produto não encontra-se energizado, resultando em uma maior segurança ao usuário.

Na produção deste conjunto tem-se a utilização do material mostrado pelo Quadro 24.

Material	Componente	Dimensão Prevista [mm]
Barra Chata 1" x 40(1(3/4))"	Acoplamento fixo à cadeira de rodas	160
	Acoplamento fixo ao <i>frontbike</i>	160
Barra Quadrada 1"	Hastes de fixação do cilindro	300

Quadro 24 - Matéria-prima para a produção dos componentes do sistema de acople

O Quadro 25, relaciona os equipamentos utilizados na produção dos componentes do sistema de acople.

<b>Equipamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Justificativa</b>
Serra-fita	Serra-fita para metais com alcance mínimo de 150 [mm]	Cortes de acordo com o projeto.
Torno CNC	Através de software CAM confeccionar o código para usinagem.	Complexidade de usinagem devido à complexidade do componente.
Fresa	Ferramenta de corte padrão e configuração de medidas na máquina.	Forma do componente de acordo com projeto.
Torno Manual	Ações de acabamento do componente.	Ajustes dimensionais, furos e acabamento superficial.
Metrologia	Paquímetro	Ferramentas para verificação dimensional.
Fixação	Conjunto de ferramentas	Ferramentas para utilização geral.

Quadro 25 - Equipamentos para a produção do acople fixo a cadeira de rodas

A serra fita realiza o trabalho de cortar a barra nas especificações do projeto, tendo-se o tarugo retangular de matéria prima, o material é levado ao torno CNC e assim através do comando gerado pelo software CAM tem-se a usinagem do componente. Com o item pré-processado, utiliza-se o torno manual para realizar ajustes dimensionais, furos e acabamentos de acordo com o projeto.

Os mancais são produzidos através do corte das barras nas dimensões iniciais do componente, tendo-se o tarugo em chapa da matéria-prima, este é processo por uma fresadora com a finalidade de atingir sua forma acabada além dos furos para fixação.

#### 4.1.4 MONTAGEM

A montagem do conjunto pertencente ao protótipo do *trike* pode ser obtida por meio das etapas descritas pelo Quadro 26.

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
Fixação dos componentes do sistema de acoplamento na estrutura fixa à cadeira de rodas e também na estrutura de fixação do <i>frontbike</i> .	O sistema de acople é instalado nas estruturas a serem conectadas para a formação do <i>trike</i> . Os componentes que envolvem este sistema são: Acople fixo à cadeira de rodas, Acople fixo ao <i>frontbike</i> , Mancais de fixação do cilindro, Cilindro. Os componentes são fixados através de parafusos especificados no projeto.
Fixação da estrutura à cadeira de rodas.	A estrutura fixa à cadeira de rodas é adaptada por quatro mancais de fixação presos à estrutura da cadeira de rodas.
União da roda e seus componentes ao garfo de direção.	Este conjunto é composto pela união dos seguintes componentes: Roda, pneu, aros, disco de freio, pinça de freio e cabos. Estes componentes são unidos de formas já padronizadas.
União do garfo de direção à estrutura de sustentação do <i>frontbike</i> .	O conjunto é unido através do acople entre o cilindro do garfo de direção e o tubo circular da estrutura de sustentação. Este acople ocorre através de um sistema já padrão através de rolamentos e componentes de fixação.
Guidão e seus componentes	Nesta etapa são fixados ao guidão os componentes: Manete do freio, retrovisores, acelerador, painel de controle, alavanca de desacople do <i>trike</i> .
Componentes elétricos	Instalação de sistema elétrico interligando a bateria os conjuntos que necessitam de alimentação elétrica.
Suporte da bateria	Estrutura que estará fixando a bateria ao <i>trike</i> .
Carenagem e iluminação	Instalação do sistema de carenagem com o objetivo de proteção do usuário. O sistema de iluminação compreende as lanternas traseiras e o farol dianteiro.

Quadro 26 - Etapas da montagem do produto

A fixação dos componentes do sistema de acoplamento na estrutura fixa à cadeira de rodas e também na estrutura de fixação do *frontbike* é realizada utilizando ferramentas de fixação necessárias como chaves do tipo Torx. Estes componentes são fixados nos rasgos realizados nas estruturas fixas além do cilindro que também é fixado em seus mancais pelo mesmo procedimento.

As presilhas são acopladas na estrutura metálica inferior da cadeira de rodas e são regulados pelo aperto de parafusos utilizando chave do tipo Torx de acordo com a espessura dos tubos. Na estrutura fixa têm-se dois cilindros passantes por ela e que são unidos aos outros furos dos mancais, sendo estes também regulados por parafusos especificados no projeto. A Figura 28 ilustra as presilhas dianteira e traseira acopladas na estrutura da cadeira de rodas.

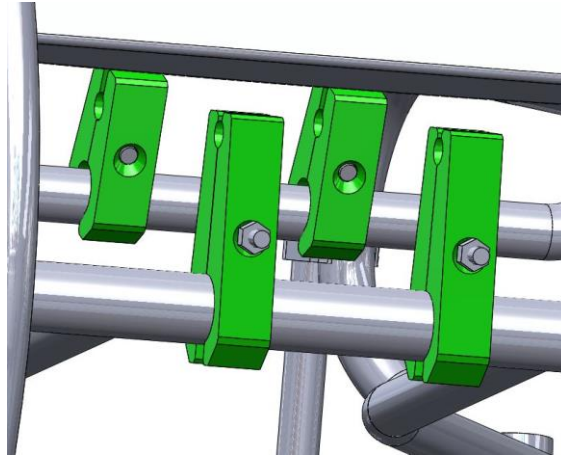


Figura 28 - Acoplamento das presilhas de fixação  
 Fonte: Guedes (2015) e Camargo (2016)

A união da roda e seus componentes ao garfo de direção é iniciada tendo-se completada a etapa de adaptação dos raios pertencentes ao conjunto do motor elétrico ao tipo de roda utilizada no produto. O eixo da roda passante pela roda e pelo motor de cubo é responsável pela sustentação destes itens. O disco de freio é acoplado por parafusos juntamente ao motor elétrico de cubo através de uma chapa redonda produzida especialmente para tal função. A pinça de freio é instalada na parte superior do disco, estando fixada ao garfo de direção. A Figura 29 ilustra a instalação dos componentes ao garfo.



Figura 29 - União da roda e seus componentes ao garfo de direção

A união do garfo de direção à estrutura de sustentação do *frontbike* é realizada através do acoplamento entre o tubo externo do garfo e a estrutura de sustentação do *frontbike* utilizando-se chaves de fixação apropriadas para cada item. A fixação das duas partes ocorre



através de rolamentos e itens de fixação e proteção (anel trava, retentor de óleo, protetor de poeira, vedação da direção). A Figura 30 ilustra a união das partes.



Figura 30 - União do garfo de direção e estrutura de sustentação do *frontbike*

Com a estrutura do *trike* já unida, tem-se a montagem do guidão ao *frontbike*. Nele são instalados componentes de auxílio na direção do produto tais como: manete do freio, retrovisores, painel de comendo, acelerador, alavanca de desacople do *trike*. A montagem ocorre através da utilização de chaves de fixação correspondentes aos tamanhos especificados para cada componente. A alavanca de desacople do *trike* é instalada ao lado esquerda do guidão e possui um cabo de aço que segue até o sistema de acople, assim, quando houver a necessidade de desacople do produto, o usuário estará acionando-a e assim iniciando o processo de desunião. A Figura 31 ilustra o guidão.



Figura 31 - Montagem do guidão

A montagem do sistema elétrico do produto é realizada por meio da conexão dos itens que necessitam de energia elétrica para seu funcionamento e a bateria. O sistema hidráulico do freio também é instalado e unido aos fios e cabos. A instalação já é padrão, uma vez que cada componente possui sua forma correta de instalação. Os fios e cabos são

instalados e unidos na frente do guidão através de chaves de fixação específicas para cada componente. A Figura 32 ilustra a instalação destes itens.



Figura 32 - Instalação sistema elétrico e hidráulico

#### 4.1.5 TEMPO DE PRODUÇÃO

Por caracterizar-se como uma produção sob encomenda, a capacidade produtiva não altera o resultado final da entrega do produto. Em pesquisa realizada, verificou-se que os pedidos de clientes acontecem em um intervalo razoável de tempo, assim, é possível que o planejamento da produção ocorra com a finalidade de sequenciar as atividades sem que essas se sobreponham, prejudicando assim, o desempenho da fabricação de algum componente.

Porém, caso exista a verificação por parte da equipe de gestão que ocorra um aumento na demanda do produto, o estudo do tempo de produção dos componentes e montagem se torna essencial.

O Quadro 27 informa o intervalo de tempo que cada componente leva para ser produzido. Por meio destas informações é possível verificar a estimativa de tempo total das operações de corte, usinagem, furo, etc. dos componentes do *trike*.

Componente	Tempo em Cada Etapa de Fabricação [min]			Quantidade	Tempo de produção [min]
Pino para o mancal	Serra fita (15)	Torno manual (180)	-	2	390
Mancal traseiro (par)	Serra fita (15)	Fresadora (240)	-	1	255
Mancal dianteiro (par)	Serra fita (15)	Fresadora (210)	-	1	225
Acoplamento - Macho	Serra fita (15)	CNC (240)	Torno manual (60)	1	315
Acoplamento - Fêmea	Serra fita (15)	CNC (240)	Torno manual (60)	1	315
Acoplamento - Pino	Serra fita (15)	Fresadora (60)	Torno manual (20)	1	95
Tubo Cadeira	Serra fita (20)	Fresadora (45)	-	1	65
Tubo <i>frontbike</i>	Serra fita (15)	Fresadora (120)	-	1	140
Tubo direção	Serra fita (15)	-	-	1	45
Suporte Disco de Freio	Corte a plasma (15)	CNC (90)	-	1	110
<b>Total</b>				<b>11</b>	<b>1955</b>

Quadro 27 - Tempo de produção de componentes

Realizando a análise dos dados apresentados no Quadro 27 - Tempo de produção de componentes, verifica-se que o tempo das operações relacionadas ao laboratório de usinagem é de aproximadamente 33 horas de serviço e considerando que apenas um técnico em mecânica realize tais atividades. As ações relacionadas aos processos de usinagem são as que mais necessitam de atenção em seu planejamento, uma vez que qualquer erro de operação pode gerar descarte de matéria prima e conseqüentemente gerar prejuízos. A análise da seqüência de produção também deve ser verificada com a finalidade de ter-se uma seqüência que forneça economia de tempo.

Pode-se identificar possíveis gargalos na produção. Assim, no sequenciamento de atividades, a produção deve ser analisada de acordo com a velocidade deste recurso. É necessário minimizar os problemas localizados do projeto, tais como atrasos, estrangulamentos da produção e interrupções de serviços.

As atividades envolvidas na produção do *trike* estão listadas no Quadro 28 juntamente com suas respectivas durações e dependências de atividades anteriores.

Equipamento de Atividade	Duração [min]	Dependência
Serra fita (A)	140	-
Fresadora (B)	675	A
Torno manual (C.)	320	A, B, D
Torno CNC (D)	570	A
Soldagem (E)	150	A, B, C, D
Pintura (F)	120	A, B, C, D, E

Quadro 28 - Duração de processos na produção e suas dependências

A ferramenta PERT/CPM pode ser aplicada neste contexto com a finalidade de verificar tais atividades e assim nortear o planejamento da produção à otimização do tempo e consequentemente gerar maior produtividade. O sequenciamento de atividades e suas relações estão verificadas na Figura 33.

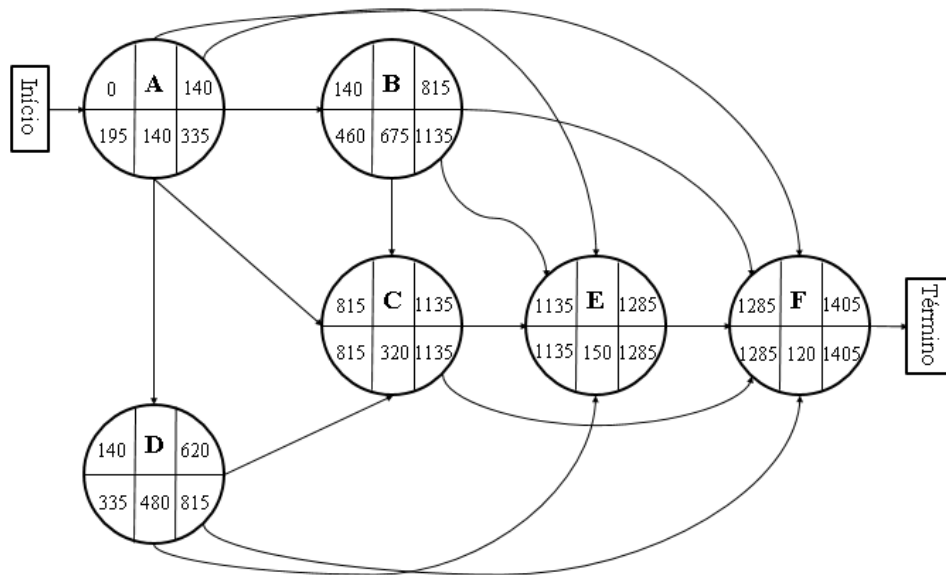


Figura 33 - Método PERT/CPM Produção

O tempo estimado para a produção de uma unidade do *trike* (analisando puramente o tempo das atividades desenvolvidas em laboratórios) em produção sequencial, sem o auxílio de nenhuma ferramenta de gerenciamento da produção, é de 1965 minutos (aproximadamente 33 horas). Observando a ferramenta PERT/CPM desenvolvida, verifica-se que o tempo de produção é reduzido de 1965 minutos para 1405 minutos (aproximadamente 24 horas). A produção dos componentes pode ser realizada em paralelo, ou seja, tem-se o corte dos componentes do acoplamento e em seguida sequenciados ao torno CNC. Paralelamente tem-se o corte dos outros componentes na serra fita e conforme saem desse processo, são direcionados ao processo de fresamento. Como os processos intermediários da produção

consomem tempo, foi verificada uma margem de 03 horas entre o manuseio de matéria prima, ajustes em máquinas, possíveis manutenções, entre outros. Realizando a soma dos tempos de produção e processos intermediários, chega-se a valor de 27 horas.

As atividades, suas durações e dependências da produção paralela dos componentes são mostradas pelo Quadro 29.

<b>Atividade</b>	<b>Duração [min]</b>	<b>Dependência</b>	<b>Atividade</b>	<b>Duração [min]</b>	<b>Dependência</b>
Serra fita (pino para o mancal) [A]	15	-	Fresadora (presilhas traseira e dianteira) [I]	450	B
Serra fita (mancal traseiro e dianteiro) [B]	30	-	CNC (acoplamentos 01 e 02) [J]	480	C
Serra fita (acoplamento 01 e 02) [C]	30	-	Fresadora (pino) [K]	60	D
Serra fita (pino) [D]	15	-	Fresadora (tubo cadeira) [L]	120	E
Serra fita (tubo cadeira) [E]	20	-	Fresadora (tubo frontbike) [M]	120	F
Serra fita (tubo frontbike) [F]	15	-	Torno manual (acoplamentos 01 e 02) [N]	120	C, J
Serra fita (tubo direção) [G]	15	-	Torno manual (pino) [O]	20	D, K
Torno manual (pino para o mancal) [H]	180	A	Pintura [P]	120	H, I, J, K, L, M, N, O

Quadro 29 - Atividades em paralelo dos componentes

A Figura 34 ilustra a possibilidade da produção de todos os componentes serem fabricados sem a restrição de disponibilidade de máquinas, ou seja, não seria necessário o término de um macro processo para o início de outro.

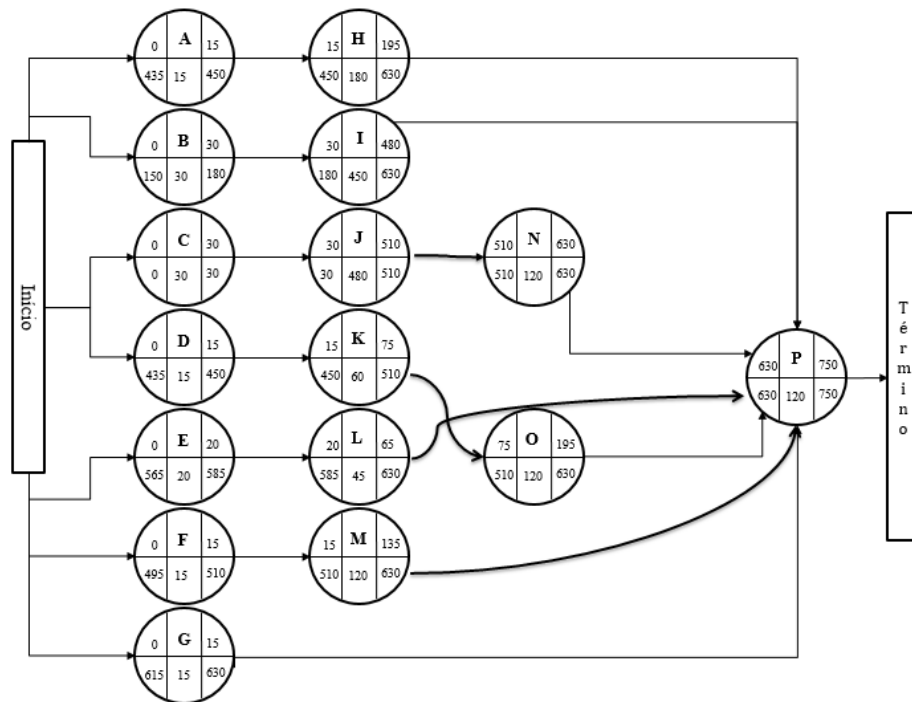


Figura 34 - PERT/CPM Processos de Componentes Simultâneos

Verifica-se que o tempo de produção em relação à Figura 34 cai para 750 min. (aproximadamente 12h30min). A desvantagem deste cronograma de produção seria o alto investimento inicial sendo viável economicamente apenas para uma empresa de maior porte e que já possua estrutura com maior flexibilidade de produção. O caminho crítico desta análise são as ações envolvidas no caminho Início - C - J - N - P - Término.

As atividades envolvidas na montagem do *trike* estão listadas no Quadro 30 juntamente com suas respectivas durações e dependências de atividades anteriores além de mostrar o tempo total de montagem em atividades sequenciais.

Processo	Denominação	Tempo [min]	Dependência
Sistema de acoplamento na estrutura fixa/estrutura <i>frontbike</i> .	M1	60	-
União da roda e seus componentes ao garfo de direção.	M2	60	-
União do garfo de direção à estrutura de sustentação do <i>frontbike</i> .	M3	30	M2
Guidão e seus componentes.	M4	150	M2, M3
Componentes elétricos.	M5	180	M2, M3, M4
Suporte da bateria.	M6	30	M2, M3, M4, M5
Carenagem e iluminação.	M7	150	M1, M2, M3, M4, M5, M6
<b>TOTAL [min]</b>			<b>660</b>

Quadro 30 - Duração de processos na montagem e suas dependências

A ferramenta PERT/CPM pode ser aplicada neste contexto com a finalidade de verificar tais atividades e assim nortear o planejamento da produção à otimização do tempo e consequentemente gerar maior produtividade. O sequenciamento de atividades e suas relações estão verificados na Figura 35.

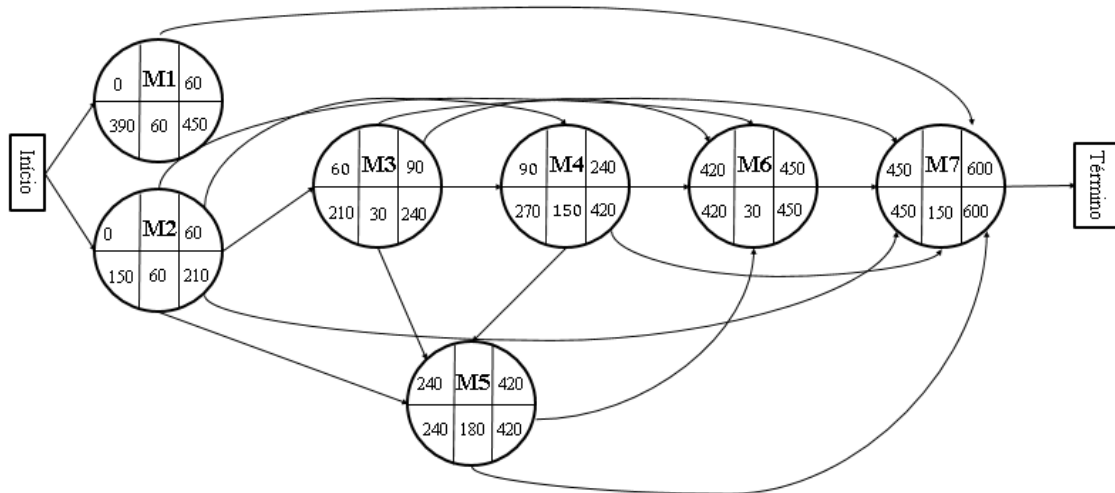


Figura 35 - Método PERT/CPM Montagem

O tempo estimado para a montagem de uma unidade do *trike* (analisando puramente o tempo das atividades desenvolvidas em laboratórios) em produção sequencial, sem o auxílio de nenhuma ferramenta de gerenciamento da produção, é de 660 minutos (11 horas). Observando a ferramenta PERT/CPM desenvolvida, verifica-se que o tempo de produção é reduzido de 660 minutos para 600 minutos (10 horas). As etapas de fixação do sistema de acople nas estruturas (M1) e união da roda e seus componentes ao garfo de direção (M2) por não possuírem dependências podem ser realizadas em paralelo.

Na análise do tempo de produção de uma unidade do *trike*, não se deve considerar apenas os tempos relacionados à sua montagem. Mas sim o tempo do processo em geral analisando-se o sequenciamento. O Quadro 31 realiza a estimativa de tempo a ser considerado na capacidade produtiva.

Processo	Expectativa de tempo
Ordem de fabricação	Tempo estimado: 01 dia. Tempo necessário para a verificação da forma de pagamento e autorização da produção.
Compra de materiais	Tempo estimado: Variável. Tempo necessário para a verificação de matéria prima em estoque e sua aquisição.
Fabricação de itens básicos	Tempo estimado: 27 horas
Montagem	Tempo estimado: 10 horas
Estoque e envio	Tempo estimado: 01 dia. Tempo necessário para preparar o produto e enviá-lo ao cliente via transportadora.

Quadro 31 - Estimativa de tempo para cada processo

A falta de materiais não deve ocorrer, uma vez que a matéria-prima deve existir em estoque para a produção mínima de três produtos. Porém, por eventual falha interna ou externa, na estimativa geral do tempo de produção houve a preocupação com este item. O estoque deve ser gerenciado utilizando o pensamento de produção enxuta, ou seja, mantendo-se pequeno e conseqüentemente tornando-o menos dispendioso.

No desenvolvimento da produção, uma preocupação constante é o tempo de produção estimado. É necessário que se consiga obter eficiência nas etapas da produção do *trike* com objetivo de atender o cliente com maior agilidade, conseguir produzir mais e conseqüentemente lucrar mais.

Verifica-se que o produto pode ser enviado ao cliente em um intervalo máximo de 07 (sete) dias. Considerando o cenário de produção de dois funcionários realizando as atividades de produção do trike, a capacidade produtiva mensal é de 04 (quatro) unidades do produto.

Outra análise possível de ser realizada são as ações paralelas relacionadas aos dois grupos de atividades, sendo a produção de componentes e a montagem do conjunto. Durante as operações de montagem, verifica-se que a partir das ações M1 e M2 não há a necessidade de dois funcionários realizando tais operações, uma vez que devido às dependências de atividades, estas devem ser feitas em sequência. Assim, a partir da primeira hora de montagem, um funcionário estará disponível para outras atividades. Logo, havendo a disponibilidade de mão de obra, este poderá estar sendo empregado na confecção de um novo produto. O funcionário que estará sendo alocado na produção do novo pedido realizará um adiantamento de 09 (nove) horas. Com esta estratégia de ação, verifica-se que a produção mensal do produto pode variar entre 05 (cinco) e 06 (seis) unidades.

#### 4.1.6 POSTO DE TRABALHO

Iida (1990) analisa a ergonomia como a introdução de melhorias nos postos de trabalho, sendo que na indústria está serve para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais.



Para as operações mecânicas que fazem parte da produção (corte, usinagem, soldagem e pintura), tem-se o seguimento das normas de segurança sugeridas por instituições ligadas a tais áreas.

O operador está exposto a diversos riscos ocupacionais e também a ergonômicos tais como fadiga, tendinites e lombalgias. Por isso, busca-se realizar algumas ações de segurança mostradas no Quadro 32.

Capacitação do trabalhador com cursos e treinamentos
Limpeza, sinalização e organização do laboratório
Local adequado para materiais, equipamentos e rejeitos
Revisão e manutenção dos equipamentos e instalações
Organização de emergência
Utilização de cabinas para as operações de soldagem
Utilização de equipamentos de proteção individual
Noções básicas de higiene e segurança do trabalho

Quadro 32 - Sugestões de segurança no posto de trabalho

Também se busca obter uma disposição do posto de trabalho adaptado às características do trabalhador além dos objetos utilizados pelo soldador estarem dentro da área de seu alcance ou de fácil acesso. A iluminação também é uma preocupação uma vez que pode oferecer limitações no desempenho das atividades além de riscos ao operador, assim, para cada laboratório tem-se nível suficiente de claridade.

A temperatura interna dos laboratórios é agradável, o laboratório de usinagem possui um ambiente bem ventilado e o de soldagem é equipado por um sistema de ventilação geral e exaustão de gases gerados.

O operador dos laboratórios também possui papel fundamental na constância da qualidade do posto de trabalho, uma vez que deve zelar pela atual qualidade do laboratório além de sugerir possíveis melhorias que melhor lhe atendam.

#### 4.2 SEGUNDO E TERCEIRO CENÁRIOS DE PRODUÇÃO - TERCEIRIZAÇÃO

O processo de terceirização segundo McIvor (2000) é composto de estágios que apresentam uma análise crítica que possibilitam sua melhor compreensão e assim auxiliar na tomada de decisão sobre a viabilidade ou não do processo.

No primeiro estágio, devem-se verificar as atividades que agregam valor à empresa perante aos clientes. No caso do produto em questão, o sistema de acople e desacople do *trike* é o principal diferencial, uma vez que fornece maior facilidade na união das partes. A facilidade é obtida por meio de seu sistema de alavanca que fornece uma maior segurança, confiabilidade e menor solicitação de força humana para seu funcionamento. Os demais sistemas, sendo eles a barra fixa na cadeira de rodas e suas presilhas além da estrutura de suporte do *frontbike* não são analisados como diferenciais. Realizando a análise deste estágio, verifica-se que o sistema de acople pode ter sua fabricação interna ao contrário dos demais sistemas citados, que devem ser considerados como componentes produzidos por empresas terceiras.

O segundo estágio sugere que seja verificado o desempenho da execução *in-house* desta operação quando comparado com o serviço prestado por uma empresa terceira. Além da verificação da qualidade do serviço entre os dois cenários, o custo das operações é um fator que deve ser considerado na viabilidade do processo. A fabricação dos componentes pertencentes ao conjunto do acoplamento, por possuírem complexidade geométrica deverão ser fabricados por meio de um centro de usinagem. Juntamente com a equipe de projetos, verificou-se que a qualidade da produção interna do produto quando comparada com um fabricante externo não é alterada. Assim, toda a estrutura a ser fabricada pode ser terceirizada, sendo a viabilidade econômica do processo a única análise a ser realizada. O sistema de acople estará sendo submetido ao processo de patenteamento, tal processo garante que o produto possa ser comercializado sem a preocupação com o plágio do mecanismo.

No terceiro estágio são verificados os custos relacionados tanto na produção interna quanto externa dos componentes, a análise está na subseção de Análise Econômica.

O quarto e último estágio sugere a análise de relação do produto, ou seja, analisar um processo de colaboração da empresa terceira na melhoria dos componentes. Os componentes projetados para o produto foram verificados a respeito de seus desempenhos quando solicitados mecanicamente, suas usabilidades verificadas com o usuário (matriz QFD) além de outras verificações que contribuíram para as formas finais de cada componente. Porém, como McIvor (2000) analisa, tal parceria auxilia no processo de inovação do produto, uma vez que a empresa terceira por possuir também o *know-how* na fabricação de itens similares,

estará cooperando com possíveis melhorias além de evitar o risco do produto se tornar obsoleto no mercado.

A análise dos estágios no processo de terceirização possibilitou verificar que tecnicamente há nenhuma restrição quanto a fabricação externa das partes projetadas para o produto. Assim, a análise que definirá quanto ao destino da fabricação dos componentes se dará pela viabilidade econômica do processo, ou seja, deve-se confrontar os custos e o tempo demandados para tais operações em cada cenário e assim proceder com a tomada de decisão entre produção interna ou terceirização.

A busca pelas empresas prestadoras de serviço ocorreu por meio de análises juntamente com profissionais do ramo metal-mecânico. Foi dada preferência para empresas que já realizaram serviços a tais profissionais e assim obtiveram a confirmação da qualidade de seus serviços.

#### 4.3 ANÁLISE ECONÔMICA

As decisões de capital são cruciais para a sobrevivência da empresa. Por isso, é necessário que se baseiem tanto quanto possível em previsões e cálculos de todas suas implicações relevantes. Tais previsões não eliminam os riscos. Assim a possibilidade de que os resultados previstos não se realizem pode acontecer, porém melhoram substancialmente o nível de informação e as condições de risco para a tomada de decisão (SOUZA, CLEMENTE; 2009).

4.3.1 PRIMEIRO CENÁRIO DE PRODUÇÃO – RECURSOS PRÓPRIOS E *LEASING*

A matéria-prima a ser utilizada é mostrada no Quadro 33. Nesse quadro está apresentado o material a ser utilizado juntamente com seu perfil e o componente que será produzido. A dimensão prevista é utilizada para a verificação de quantos componentes são possíveis de fabricação com uma perfil padrão de 6 metros. Tendo verificado a capacidade produtiva de cada perfil, obtém-se os custos por componente, por uma unidade completa do *trike* além dos custos de cinco unidades, sendo estas verificadas na capacidade de produção mensal.

Matéria Prima							
Material	Preço	Componente Produzido	Dimensão prevista [mm]	Capacidade produtiva	Custo por componente	Custo [1 unidade]	Custos [5 unidades]
Perfil Retangular 60x40x2,0	R\$ 83,00	Barra Fixa à Cadeira de Rodas	380	6	R\$ 5,53	R\$ 13,83	R\$ 69,15
		Barra de Fixação do <i>frontbike</i>	545		R\$ 8,30		
Tubo Redondo 2(1/2)" x 3,35 mm	R\$ 260,00	Tubo de fixação do <i>frontbike</i>	250	23	R\$ 11,30	R\$ 11,30	R\$ 56,50
Barra Quadrada 1"	R\$ 46,00	Mancais de fixação traseiro [2 pares]	330	12	R\$ 2,53	R\$ 3,83	R\$ 19,17
		Mancais de fixação dianteiro [2 pares]	170		R\$ 1,30		
Barra Chata 1" x 40(1(3/4))"	R\$ 50,00	Acople barra fixa/Acople barra <i>frontbike</i>	160	36	R\$ 1,39	R\$ 1,39	R\$ 6,94
Barra Red. 3/8"	R\$ 12,90	Pino acople interno	50	120	R\$ 0,11	R\$ 0,11	R\$ 0,54
Barra Chata 5/8" x 1(1/8)"	R\$ 50,00	Chapa acople interno	30	200	R\$ 0,25	R\$ 2,75	R\$ 13,75
	R\$ 50,00	Chapa de fixação da bateria (2 chapas)	300	20	R\$ 2,50		
Barra Red. 16 mm (5/8")	R\$ 37,60	Suporte [Par]	260	22	R\$ 1,71	R\$ 1,71	R\$ 8,55
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 34,92</b>	<b>R\$ 174,59</b>	

Quadro 33 - Custo de matéria-prima

O custo da hora-máquina na produção deve ser analisado por impactar no total de gastos ao se produzir um produto. A análise da infraestrutura fabril (máquinas e equipamentos), inicia-se pela depreciação das máquinas, ou seja, a perda de valor do mercado destas devido o tempo de utilização. O Quadro 34 mostra os valores das máquinas que compõem a fabricação de um produto do *trike* juntamente com sua taxa de depreciação contábil.

Equipamento	Vida útil (anos)	Taxa de depreciação contábil (a.a.)	Valor de aquisição	Depreciação anual	Depreciação mensal
Máquina de Solda Multiprocessos Lynus	10	10%	R\$ 2.300,00	R\$ 230,00	R\$ 19,17
Serra Fita p/ Metal Mr-101	10	10%	R\$ 5.500,00	R\$ 550,00	R\$ 45,83
Torno universal Nardini 500ES	10	10%	R\$ 17.000,00	R\$ 1.700,00	R\$ 141,67
Furadeira/Fresadora MANDROD Engrenada Trifásico 220 V	10	10%	R\$ 11.500,00	R\$ 1.150,00	R\$ 95,83
Jogo Oficina Master ROBUST	5	10%	R\$ 1.000,00	R\$ 200,00	R\$ 16,67
Esmirilhadeira Angular 4 Bosch	10	10%	R\$ 250,00	R\$ 25,00	R\$ 2,08
Compressor + Kit pintura CompBrasil Compressores	10	10%	R\$ 600,00	R\$ 60,00	R\$ 5,00
Computador de mesa	5	20%	R\$ 2.500,00	R\$ 500,00	R\$ 41,67
Componentes gerais (Líquido refrigerante, ferramentas de corte)	5	20%	R\$ 800,00	R\$ 160,00	R\$ 13,33
<b>Total</b>			<b>R\$ 41.450,00</b>	<b>R\$ 4.575,00</b>	<b>R\$ 381,25</b>

Quadro 34 - Custos de aquisição de maquinário

O centro de usinagem necessário para a confecção de geometrias mais complexas existentes em componentes do produto possui valor aquisitivo alto no mercado, tendo-se um valor em torno de R\$ 130.000,00. Assim, considerou-se um *leasing* de um centro de usinagem de pequeno porte no valor de R\$ 2.000,00 mensais.

Os custos associados à hora-máquina na produção de uma e cinco unidades de *trike* estão mostrados na Tabela 3. Os valores foram obtidos por meio da relação entre os valores das horas de funcionamento da máquina, valor do kW/hora e potência dos equipamentos.

Máquina	Horas [1 unidade]	Horas [5 unidades]	Custo hora-máquina	Custos [01 unidade]	Custos [05 unidades]
Serra-fita	2h20min	11h00min	R\$ 0,28	R\$ 0,62	R\$ 3,12
Torno manual	5h20min	26h00min	R\$ 1,14	R\$ 5,95	R\$ 29,73
Torno CNC	9h30min	47h30min	R\$ 3,83	R\$ 36,42	R\$ 181,36
Fresadora	11h15min	56h15min	R\$ 1,13	R\$ 12,63	R\$ 63,39
Máquina de solda	2h30min	12h30min	R\$ 3,07	R\$ 7,67	R\$ 38,37
Unidade de pintura	2h00min	10h00min	R\$ 1,14	R\$ 2,29	R\$ 11,44
<b>Total</b>			<b>R\$ 10,60</b>	<b>R\$ 65,59</b>	<b>R\$ 327,41</b>

Tabela 3 - Custos hora-máquina

Além dos custos relacionados à hora-máquina, há custos envolvendo a utilização de água, eletricidade e telefone. Estes custos estão relacionados a outras ações da produção, como computador, telefonemas para contato com clientes e empresas, etc.

Há a necessidade de 25 lâmpadas fluorescentes de 15 W que permanecerão acesas 8 horas por dia em um total de 20 dias por mês. O gasto médio unitário é de R\$ 0,14 por hora e um total de R\$ 1,12 em 08 horas. O total em um mês pago pelas 25 lâmpadas é de R\$ 560,00. O consumo médio mensal de um computador com potência de 256 W é de R\$ 31,40 somando-se R\$ 20,00 de consumos extras.

Para a água considera-se um consumo limite de 10 m<sup>3</sup> tendo-se um valor total de R\$ 109,19 sem excedentes segundo a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

Os custos relacionados ao telefone tem-se a contratação de planos para telefonia fixa ilimitada local e de longa distância. O valor somado dos planos para os dois tipos de ligação pela empresa Vivo é de R\$ 90,00.

Para o material de escritório tem-se a utilização de cartuchos de tinta para a impressora, folhas em branco, etc. O custo somado deste itens será de R\$ 100,00.

A Tabela 4 mostra tais valores realizando a previsão destes.

Descrição	Custos mensais
Eletricidade	R\$ 610,40
Água	R\$ 109,19
Telefone + Internet	R\$ 200,00
Material de escritório e outros	R\$ 100,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 830,40</b>

Nas análises de produção e montagem do produto foram considerados dois funcionários, um tendo a certificação de Técnico em Mecânica para a realização e supervisão de atividades específicas, um ajudante geral e um funcionário responsável por buscar vendas, receber pedidos e demais atividades administrativas. A Tabela 5 ilustra os custos mensais envolvendo estes funcionários que envolvem o salário base e encargos sociais e trabalhistas tais como: 13º salário, férias, FGTS e multa rescisão.

Descrição	Salário base	Vale transporte	Vale refeição	Encargos trabalhistas	Recebido pelo funcionário	Total pago pela empresa
Técnico em mecânica	R\$ 1.940,00	R\$ 108,00	R\$ 120,00	R\$ 609,93	R\$ 2.168,00	R\$ 2.777,93
Ajudante de serviços gerais	R\$ 1.300,00	R\$ 108,00	R\$ 120,00	R\$ 408,72	R\$ 1.528,00	R\$ 1.936,72
Vendedor/Administrador	R\$ 3.000,00	R\$ 108,00	R\$ 120,00	R\$ 1.013,10	R\$ 2.898,00	R\$ 4.013,10
						<b>Total</b>
						R\$ 8.727,75

O custo da área ocupada pelas máquinas deve ser considerado mesmo estas estando em imóvel sem a cobrança de aluguel. O cálculo é feito por meio da obtenção do valor médio de aluguel do metro quadrado na cidade de Pato Branco e a ocupação dos equipamentos utilizados na produção do produto. Realizando a multiplicação dos índices tem-se o custo mensal desta área, dividindo-se pelo número de horas trabalhadas, tem-se o custo por hora. O valor médio do aluguel do metro quadrado foi obtido por meio de uma média entre os valores dos aluguéis de barracões industriais e suas áreas chegando-se a um valor de R\$ 8,00 por m<sup>2</sup>. A Tabela 6 ilustra os custos relacionados à área ocupada.

Tabela 6 - Custos de área ocupada

Descrição	Área ocupada [m <sup>2</sup> ]	Custo Mensal	Custo por hora [5 unidades]
Fresadora	2,25	R\$ 18,00	R\$ 0,32
Torno manual	2,25	R\$ 18,00	R\$ 0,69
Serra-fita	2,25	R\$ 18,00	R\$ 1,64
Torno CNC	9	R\$ 72,00	R\$ 1,52
Máquina de solda	2,25	R\$ 18,00	R\$ 1,44
Área pintura e serviços gerais	9	R\$ 72,00	R\$ 7,20
Depósito	15	R\$ 120,00	R\$ 0,75
Sala administrativa	6	R\$ 48,00	R\$ 0,06
Banheiro (masculino feminino)	4,8	R\$ 38,40	R\$ 38,40
Bancada para higienização	2	R\$ 16,00	R\$ 16,00
<b>Total</b>	<b>48,8</b>	<b>R\$ 438,40</b>	<b>R\$ 68,02</b>
<b>ALUGUEL</b>	<b>100</b>	<b>R\$ 3.000,00</b>	<b>R\$ 3.000,00</b>

Os custos na confecção do produto podem ser divididos entre aqueles que independentemente da estratégia de produção (*in-house* ou terceirização) estarão presentes, e aqueles que devem ser analisados de acordo com a estratégia adotada. A busca dos preços envolvidos na aquisição de componentes utilizados no produto foi realizada verificando preferencialmente três fornecedores analisando entre estes os que possuíam melhor relação custo/benefício, ou seja, aqueles que possuíam melhor localização, melhores preços e componentes de boa qualidade. Os orçamentos e os fornecedores estão indicados no Plano de Negócios do produto. O Quadro 35 ilustra os custos independentes da estratégia de produção e que contemplam a montagem do *frontbike*.

Conjunto	Quantidade	Custo Unitário	Custos [01 unidade]	Custos [05 unidades]
Mesa do Guidão	1	R\$ 301,50	R\$ 301,50	R\$ 1.507,50
Garfo Dianteiro	1	R\$ 925,00	R\$ 925,00	R\$ 4.625,00
Roda Dianteira	1	R\$ 327,00	R\$ 327,00	R\$ 1.635,00
Pinça do Freio Dianteira	1	R\$ 739,00	R\$ 739,00	R\$ 3.695,00
Guidão e Cabos	1	R\$ 379,50	R\$ 379,50	R\$ 1.897,50
Cilindro Mestre Dianteiro	1	R\$ 428,00	R\$ 428,00	R\$ 2.140,00
Farol Dianteiro	1	R\$ 190,50	R\$ 190,50	R\$ 952,50
Interruptor do Guidão e Manete 1	1	R\$ 148,00	R\$ 148,00	R\$ 740,00
Sistema Elétrico 1	1	R\$ 686,10	R\$ 686,10	R\$ 3.430,50
Sistema Elétrico 2	1	R\$ 285,15	R\$ 285,15	R\$ 1.425,75



Parafuso M4X30 Com Cabeça ALLEN Escareada	10	R\$ 1,00	R\$ 10,00	R\$ 50,00
Parafuso M8X50 com cabeça ALLEN	10	R\$ 1,00	R\$ 10,00	R\$ 50,00
Porca sextava M8	10	R\$ 0,08	R\$ 0,80	R\$ 4,00
Arruela lisa para parafuso M8	10	R\$ 0,20	R\$ 2,00	R\$ 10,00
Cabo de Aço	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00	R\$ 5,00
Conduite	1	R\$ 3,00	R\$ 3,00	R\$ 15,00
Tinta Esmalte Sintética	1	R\$ 19,90	R\$ 6,63	R\$ 33,17
Lanterna de Freio com Piscas Embutido Para Motos	1	R\$ 116,70	R\$ 116,70	R\$ 583,50
Piscas de Moto	1	R\$ 40,86	R\$ 40,86	R\$ 204,30
Cinto de Segurança Retrátil 2 Pontos	1	R\$ 46,40	R\$ 46,40	R\$ 232,00
Buzina Tipo Caracol	1	R\$ 28,00	R\$ 28,00	R\$ 140,00
Kit bike Elétrica 800 W 48 V com Bateria de Lítio	1	R\$ 2.690,00	R\$ 2.690,00	R\$ 13.450,00
Embalagem (conjuntos de dois tamanhos com 20 unidades)	1	R\$ 80,00	R\$ 4,00	R\$ 20,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 7.437,89</b>	<b>R\$ 7.369,14</b>	<b>R\$ 36.845,72</b>

Quadro 35 - Custos componentes de montagem

Após o relacionamento de todos os custos, o Quadro 36 mostra os custos fixos e variáveis de 05 cinco unidades do produto somados com a finalidade de realizar as projeções de viabilidade econômica.

Custos Fixos		Custos Variáveis	
Descrição	Valor	Custos Variáveis	Valor
Eletricidade	R\$ 610,40	Hora-máquina	R\$ 327,41
Água	R\$ 109,19		
Telefone + Internet	R\$ 200,00		
Técnico em mecânica	R\$ 2.777,93	Matéria-prima	R\$ 174,59
Ajudante de serviços gerais	R\$ 1.936,72		
Vendedor/Administrador	R\$ 4.013,10		
Material de escritório e outros	R\$ 100,00	Componentes <i>frontbike</i>	R\$ 36.845,72
Depreciação Contábil	R\$ 381,25		
Área ocupada por máquinas	R\$ 3.000,00		
Leasing centro de usinagem	R\$ 2.000,00		
<b>Total</b>	<b>R\$ 15.128,59</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 37.347,73</b>
<b>TOTAL</b>			
<b>R\$</b>		<b>52.476,32</b>	

Quadro 36 - Custos fixos e variáveis (Primeiro Cenário)

O investimento inicial para a produção do produto é mostrado na Tabela 7. Nele, os componentes do *frontbike* são suficientes para a produção de três unidades do produto, como descrito no tópico relacionado ao estoque, ou seja, que este deveria possuir material para no mínimo 03 unidades.

Tabela 7 - Investimento Inicial (Primeiro Cenário)

<b>Investimento inicial</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Custos</b>
Máquinas	R\$ 41.450,00
Computador de mesa	R\$ 2.500,00
Jogos de ferramentas	R\$ 1.000,00
Matéria-prima	R\$ 585,50
Componentes <i>frontbike</i>	R\$ 36.845,72
Aluguel	R\$ 3.000,00
Abertura de empresa	R\$ 800,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 86.181,22</b>

É necessário verificar que o cliente talvez deseje analisar um produto físico antes de realizar a compra. Este produto será o protótipo teste que já estará produzido pela equipe de projetos.

#### 4.3.1.1 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA

Para aplicar a MMIA via sistema SAVEPI é preciso informar os dados do PI. Esses dados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados de entrada – Abordagem Determinística - 1º Cenário

Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)	1,15
Alíquota dos Impostos + Contribuições (IR+CSLL, %)	12
Horizonte de Planejamento	36
Investimento Inicial	R\$ 86.181,22
Valor Residual ou de Revenda (VR)	R\$ 27.725,00
Fluxo de Caixa (FCj)	R\$ 3.761,00
Depreciação por período	R\$ 381,25
Prazo Depreciação	36

Fonte: Dados da pesquisa

A TMA utilizada foi verificada de acordo com a taxa de juros equivalente à taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) mensal e buscou-se um valor médio para esta (BACEN, 2016). A alíquota de impostos foi verificada a partir do sistema simples empresarial e isenção de impostos devido a empresa fornecer produtos voltados à acessibilidade.

O preço de venda do produto foi analisado a partir de produtos similares em qualidade e funções no mercado, sendo este o valor de R\$ 10.500,00. O horizonte de planejamento considerado foi de 36 meses. O fluxo de caixa apresentado pela Tabela 8 é a combinação das entradas e saídas na produção do produto, estes valores estão apresentados nos quadros anteriores referentes aos custos fixos, variáveis, custos de montagem, matéria prima , entre outros.

O Quadro 41 mostra os indicadores calculados e em seguida a análise destes

<b>Dimensão</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultado Esperado (se viável)</b>	<b>Valor esperado (R\$)</b>
<b>Retorno (Souza e Clemente, 2008)</b>	VP	$VP \geq  FC_0 $	114.621,05
	VPL	$VPL \geq 0$	28.439,83
	VPLA	$VPLA \geq 0$	969,25
	IBC <sub>1</sub> ou IL	$IBC_1 \geq 1$	1,33
	ROIA (%)	$ROIA \geq 0$	0,8
	Índice ROIA/TMA (%)	$\text{Índice ROIA/TMA} \geq 0$	69,16
	ROI ou TIRM (%)	$ROI \geq TMA$	1,95
<b>Riscos (Souza e Clemente, 2008)</b>	Payback	$\text{Payback} \leq N$	31
	TIR (%)	$TIR \geq TMA$	2,69
	Índice Payback/N (%)	$\text{Índice Payback/N} \leq 100\%$	86,11

	Índice TMA/TIR (%)	Índice TMA/TIR $\leq$ 100%	42,79
<b>Limites de Elasticidade (Lima <i>et al.</i>,2015)</b>	$\Delta\%$ TMA	Quanto > a tolerância Melhor	133,73
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub>	Quanto > a tolerância Melhor	33
	$\Delta\%$ FC <sub>j</sub>	Quanto > a tolerância Melhor	24,81
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub> e FC <sub>j</sub>	Quanto > a tolerância Melhor	14,16
	$\Delta\%$ TMA e FC <sub>0</sub>	Quanto > a tolerância Melhor	26,47
	$\Delta\%$ TMA e FC <sub>j</sub>	Quanto > a tolerância Melhor	20,93
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub> e FC <sub>j</sub> e TMA	Quanto > a tolerância Melhor	12,81

Quadro 37 - Indicadores da MMIA – Primeiro Cenário

Fonte: Elaborado pelo autor com resultados obtidos via SAVEPI

A partir do Quadro 37 é possível realizar a seguinte análise a respeito dos índices econômicos do primeiro cenário de produção.

**ANÁLISE DA DIMENSÃO RETORNO:** Para o investimento de aproximadamente R\$ 85.000,00 espera-se que o retorno do investimento, indicado pelo índice VP, seja de R\$ 114.621,05. A riqueza gerada pelo PI em toda sua vida útil/avaliada, determinada pelo VPL equivale a R\$ 28.439,83, tendo-se um ganho mensal indicado pelo VPLA de R\$ 969,25.

O retorno em relação a cada unidade monetária investida, indicado pelo índice IBC, é de R\$ 1,33. Assim, implicando-se um ROIA de 0,80% por período e uma TMA de 1,15%, verifica-se que a porcentagem acima do ganho oportunizado pelo mercado, indicado pela relação ROIA/TMA é 69,16%. Tal índice mostra que este PI possui grau de retorno médio-alto.

**ANÁLISE DA DIMENSÃO RISCO:** O *payback* ocorre no período 31, assim, o índice Payback/N (em relação ao *payback* e a vida útil (N)), mostra o alto grau de risco (86,11%), implicando o alto risco de não pagamento do projeto. O risco financeiro de se ganhar mais ou menos dinheiro no mercado (TMA) do que no PI, indicado pela relação TMA/TIR é de

42,79%, tendo-se assim o médio risco de se ganhar mais no mercado do que no PI. A média dos dois índices de risco (risco médio) é de 64,45%, classificando o PI com o grau de risco médio.

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE (AS):** Para melhorar a percepção do risco associado ao PI (limites máximos tolerados). O PI torna-se inviável economicamente se os investimentos iniciais ultrapassarem 33,00% do valor previsto, desde que sejam mantidos os valores de TMA e FC. Para reduções de fluxos de caixa acima de 24,81%, o PI se tornará inviável, tornando o projeto pouco tolerante ao aumento dos investimentos iniciais e à redução no fluxo de caixa esperado. Para a variação da TMA, o PI se torna inviável se está for superior a 133,73%.

### PONDERAÇÃO: RISCO X RETORNO

A Figura 36 associa o confronto do retorno esperado versus ao risco de não recuperação do capital<sup>1</sup>, risco financeiro<sup>2</sup> e limites de elasticidade.

CATEGORIA	ÍNDICE	Observação	BAIXO	BAIXO-MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO-ALTO	ALTO	Observação
RETORNO	ROI/TMA	-				69,16		-
RISCOS	Payback <sup>N1</sup>	-					86,11	-
	TMA/TIR <sup>2</sup>	-			42,79			-
LIMITES DE ELASTICIDADE	Δ% TMA	-						Excepcional: 133,73
	Δ% FC <sub>0</sub>	-		33,00				-
	Δ% FC <sub>j</sub>	-		24,81				-
	Δ% CT <sub>j</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	Δ% RT <sub>j</sub>	-	-	-	-	-	-	-
Escala proposta		< 0%	0% a 20%	20% a 40%	40% a 60%	60% a 80%	80% a 100%	> 100%

Figura 36 - Confronto retorno esperado versus risco percebido/estimado/associado ao retorno  
Fonte: Elaborado por Lima (2016) a partir de Souza e Clemente (2008) e Lima *et al.* (2015)

A partir do confronto risco x retorno, verifica-se um alto risco de não pagamento do projeto, confirmando assim um PI com alto risco de investimento. Na próxima seção serão analisados os resultados obtidos através da SMC com os dados referentes ao primeiro cenário de produção (*in-house*).

#### 4.3.1.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO – PRIMEIRO CENÁRIO (*IN-HOUSE*)

Para a SMC foi utilizado o sistema SAVEPI e a distribuição triangular de probabilidades. A Tabela 9 apresenta os dados de entrada.

Tabela 9 - Dados de entrada – Simulação de Monte Carlo - 1º Cenário

Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)	Mínimo	1
	Provável	1,15
	Máximo	1,3
Horizonte de Planejamento (N)	Períodos	36
Investimento Inicial (FCo)	Mínimo	R\$ 68.944,98
	Provável	R\$ 86.181,22
	Máximo	R\$ 94.799,34
Valor Residual (VR)	Mínimo	R\$ 20.725,00
	Provável	R\$ 27.725,00
	Máximo	R\$ 34.725,00
Quantidade Vendida (Qj)	Mínimo	4
	Provável	5
	Máximo	6
Preço de Venda Unitário (PVuj)	Mínimo	R\$ 10.000,00
	Provável	R\$ 10.500,00
	Máximo	R\$ 11.500,00
Custo Variável Unitário (CVuj)	Mínimo	R\$ 5.895,31
	Provável	R\$ 7.469,64
	Máximo	R\$ 8.216,60
Custo Fixo (CFj)	Mínimo	R\$ 11.115,49
	Provável	R\$ 15.128,59
	Máximo	R\$ 15.628,59
Número de Simulações		10.000

Fonte: Dados da pesquisa

No Investimento Inicial e Custo Variável Unitário foi considerada uma variação de 20% para baixo e 10% para cima do valor provável da abordagem determinística. O intervalo referente ao Valor Residual foi verificado por meio de conversas com profissionais do ramo metal-mecânico, os quais possuem experiência com vendas e compras de equipamentos. Para o Custo Fixo, verificou-se para o mínimo a exclusão do custo referente ao Administrador/Vendedor, que por hipótese, pode ser o próprio investidor.

O Tabela 10 ilustra as estatísticas descritivas de VPL e TIR de acordo com os dados de entrada obtidos com a simulação de Monte Carlo utilizando um total de 10.000 interações.

Tabela 10 - Indicadores estatísticos – Simulação de Monte Carlo - 1º Cenário

<b>Estatísticas Descritivas</b>	<b>VPL</b>	<b>TIR</b>
<b>Quantidade</b>	10.000	10.000
<b>Mínimo</b>	-29.297,78	-0,55%
<b>Máximo</b>	106.888,24	6,60%
<b>Amplitude (Máx - Mín)</b>	136.186,01	7,15%
<b>Média</b>	34.010,63	2,99%
<b>Desvio-padrão</b>	17.250,63	0,95%
<b>Coefficiente de variação</b>	50,72%	31,77%
<b>Mediana</b>	33.892,76	2,97%

Fonte: Lima *et al.* (2015); Lima (2016)

A SMC resultou em um VPL médio de R\$ 34.010,63 próximo do VPL obtido na abordagem determinística, que foi de R\$ 28.439,83. Há uma dispersão dos resultados do VPL entre - R\$ 29.297,78 (valor mínimo) e R\$ 106.888,24 (valor máximo), o que pode representar certo risco. Há 50% de probabilidade do VPL resultar abaixo e acima da mediana de R\$ 33.892,76. De modo geral, a dispersão pode ser medida pelo desvio-padrão de R\$ 17.250,63.

Para melhorar a percepção do risco, a Tabela 11 apresenta os resultados da SMC considerando a contagem pela frequência.

Tabela 11 - Contagem pela frequência – Simulação de Monte Carlo - 1º Cenário

<b>VPL &lt; 0</b>	231
<b>p(VPL &lt; 0)</b>	2,31%
VPL < 16759,99	1.609
<b>p(VPL &lt; 16759,99)</b>	16,09%
(-)490,64 < (-) 17741.28	9.988
<b>p(VPL &gt; -17741.28)</b>	99,88%

Fonte: Elaborado pelo autor com resultados obtidos no SAVEPI

Pela distribuição de probabilidades resultante para o VPL em 10.000 simulações, observa-se que há 2,31% de probabilidade de o VPL ser negativo. Portanto, a probabilidade do PI ser promissor sob a ótica econômica é elevada.

#### 4.3.2 SEGUNDO CENÁRIO DE PRODUÇÃO – TERCEIRIZAÇÃO

O segundo cenário de produção tem por objetivo reduzir custos de investimento inicial e também custos fixos e variáveis. Em contraste com o primeiro cenário, verifica-se que a terceirização da produção aplica uma redução significativa de despesas.

Em pesquisa junto a empresas prestadoras de serviços de usinagem e soldagem, verificou-se que os valores cobrados pelos serviços relacionados à produção do *chassi* seriam menores se houvesse o fornecimento de matéria-prima. Assim, a análise optou pela continuação de aquisição e fornecimento de matéria-prima.

O investimento inicial em maquinário e consequentemente o custo hora-máquina foram reduzidos, uma vez que os processos de corte, usinagem e soldagem serão terceirizados. A montagem e avaliação do conjunto continuará sendo realizada internamente pelo técnico em mecânica.

Em consequência da redução das ações realizadas internamente, houve também a queda de custos com pessoal, tendo-se a não contratação do ajudante de serviços gerais e também da área necessária para o funcionamento da empresa. Devido à redução necessária de espaço, houve também a redução de custos com aluguel.

Os custos com os componentes de montagem do *frontbike* permanecerão os mesmos, uma vez que não houve substituição de componentes. O Quadro 38 ilustra os custos fixos e variáveis desse cenário juntamente com os fluxos de caixa com 04, 05 e 06 produtos vendidos mensalmente.

Custos Fixos		Custos Variáveis	
Descrição	Valor	Custos Variáveis	Valor
Eletricidade	R\$ 134,40	Hora-máquina	R\$ 2,85
Água	R\$ 109,19		
Telefone + Internet	R\$ 200,00		
Material de escritório e outros	R\$ 100,00	Matéria-prima	R\$ 174,60
Técnico em mecânica	R\$ 2.777,93		
Vendedor/Administrador	R\$ 4.013,10		



Depreciação	R\$ 63,34	Componentes <i>frontbike</i>	R\$ 33.108,22
Área ocupada por máquinas	R\$ 1.500,00		
		Terceirização [5 conjuntos]	R\$ 1.500,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 8.897,96</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 34.785,67</b>
<b>TOTAL</b>			
<b>R\$ 43.683,63</b>			
Fluxo de Caixa [5 unidades]			R\$ 8.816,37
Fluxo de Caixa [4 unidades]			-R\$ 1.683,63
Fluxo de Caixa [6 unidades]			R\$ 19.316,37

Quadro 38 - Custos fixos e variáveis (Segundo cenário)

A Tabela 12 ilustra o investimento inicial proposto para o início da produção referente ao segundo cenário.

Tabela 12 - Investimento inicial (Segundo Cenário)	
<b>Investimento inicial</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Custos</b>
Máquinas	R\$ 4.100,00
Jogos de ferramentas	R\$ 1.000,00
Matéria-prima	R\$ 585,50
Componentes <i>frontbike</i>	R\$ 33.108,22
Aluguel	R\$ 3.000,00
Abertura de empresa	R\$ 800,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 42.593,72</b>

#### 4.3.2.1 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA

Para aplicar a MMIA via sistema SAVEPI é preciso informar os dados do PI. Esses dados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Dados de entrada – Abordagem Determinística - Segundo Cenário

Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)	1,15
Alíquota dos Impostos + Contribuições (IR+CSLL, %)	12
Horizonte de Planejamento	36
Investimento Inicial	R\$ 42.593,72
Valor Residual ou de Revenda (VR)	R\$ 1.820,00

Fluxo de Caixa (FC <sub>j</sub> )	R\$ 8.816,37
Depreciação por período	R\$ 63,34
Prazo Depreciação	36

Fonte: Lima *et al.*, 2015; Lima, 2016

O Quadro 39 mostra os indicadores calculados e em seguida a análise destes.

Dimensão	Indicador	Valor Esperado (R\$)
<b>Retorno (Souza e Clemente, 2008)</b>	VP	228.933,11
	VPL	186.339,39
	VPLA	6.350,55
	IBC <sub>1</sub> ou IL	5,3748
	ROIA (%)	4,78
	Índice ROIA/TMA (%)	415,85
	ROI ou TIRM (%)	5,99
<b>Riscos (Souza e Clemente, 2008)</b>	Payback	6
	TIR (%)	18,19
	Índice Payback/N (%)	16,67
	Índice TMA/TIR (%)	6,32
<b>Limites de Elasticidade (Lima <i>et al.</i> 2015)</b>	$\Delta\%$ TMA	1.481,74
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub>	437,48
	$\Delta\%$ FC <sub>j</sub>	81,39
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub> e FC <sub>j</sub>	68,63
	$\Delta\%$ TMA e FC <sub>0</sub>	337,76
	$\Delta\%$ TMA e FC <sub>j</sub>	77,16
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub> e FC <sub>j</sub> e TMA	65,59

Quadro 39 - Indicadores da MMIA – Segundo Cenário

Fonte: Elaborado pelo autor com resultados obtidos via SAVEPI

A partir do Quadro 39 é possível realizar a seguinte análise a respeito dos índices econômicos do segundo cenário de produção.

**RETORNO ESPERADO:** Para o investimento de aproximadamente R\$ 45.000,00 espera-se que o retorno do investimento, indicado pelo índice VP, seja de R\$ 228.933,11. A riqueza gerada pelo PI em toda sua vida útil/avaliada, determinada pelo VPL equivale a R\$ 186.339,39, tendo-se um ganho mensal indicado pelo VPLA de R\$ 6.350,55.

O retorno em relação a cada unidade monetária investida, indicado pelo índice IBC, é de R\$ 5,3748. Assim, implicando-se um ROIA de 4,78% por período e uma TMA de 1,15%, verifica-se que a porcentagem acima do ganho oportunizado pelo mercado, indicado pela relação ROIA/TMA é 415,85%. Tal índice mostra que este PI possui grau de retorno alto.

**RISCO ESTIMADO:** : O *payback* ocorre no período 06, assim, o índice Payback/N (em relação ao *payback* e a vida útil (N)), mostra o baixo grau de risco (16,67%), implicando o baixo risco de não pagamento do projeto. O risco financeiro de se ganhar mais ou menos dinheiro no mercado (TMA) do que no PI, indicado pela relação TMA/TIR é de 6,32%, tendo-se assim o baixo risco de se ganhar mais no mercado do que no PI. A média dos dois índices de risco (risco médio) é de 11,50%, classificando o PI com o grau de risco baixo.

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE (AS):** Para melhorar a percepção do risco associado ao PI (limites máximos tolerados). O PI torna-se inviável economicamente se os investimentos iniciais ultrapassarem 437,48% do valor previsto, desde que sejam mantidos os valores de TMA e FC. Para reduções de fluxos de caixa acima de 81,39%, o PI se tornará inviável, tornando o projeto tolerante ao aumento dos investimentos iniciais e à redução no fluxo de caixa esperado. Para a variação da TMA, o PI se torna inviável se está for superior a 1.481,74%..

### PONDERAÇÃO: RISCO X RETORNO

A Figura 37 associa o confronto do retorno esperado versus ao risco de não recuperação do capital<sup>1</sup>, risco financeiro<sup>2</sup> e limites de elasticidade.

CATEGORIA	ÍNDICE	Observação	BAIXO	BAIXO-MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO-ALTO	ALTO	Observação
RETORNO	ROI/TMA	-						Excepcional: 415,85
RISCOS	Payback/N <sup>1</sup>	-	16,67					-
	TMA/TIR <sup>2</sup>	-	6,32					-
LIMITES DE ELASTICIDADE	Δ% TMA	-						Excepcional: 1.481,74
	Δ% FC <sub>0</sub>	-						Excepcional: 437,48
	Δ% FC <sub>j</sub>	-					81,39	-
	Δ% CT <sub>j</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	Δ% RT <sub>j</sub>	-	-	-	-	-	-	-
Escala proposta		< 0%	0% a 20%	20% a 40%	40% a 60%	60% a 80%	80% a 100%	> 100%

Figura 37 - Confronto retorno esperado versus risco percebido/estimado/associado ao retorno (2º Cenário)  
Fonte: Elaborado por Lima (2016) a partir de Souza e Clemente (2008) e Lima *et al.* (2015)

A partir do confronto risco x retorno, verifica-se um baixo risco de não pagamento do projeto, confirmando assim um PI com baixo risco de investimento. Na próxima seção

serão analisados os resultados obtidos através da SMC com os dados referentes ao segundo cenário de produção (terceirização da produção).

#### 4.3.2.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO – SEGUNDO CENÁRIO

Para a SMC foi utilizado o sistema SAVEPI e a distribuição triangular de probabilidades. A Tabela 14 informa os dados de entrada.

Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)	Mínimo	1
	Provável	1,15
	Máximo	1,3
Horizonte de Planejamento (N)	Períodos	36
Investimento Inicial (Fco)	Mínimo	R\$ 34.074,98
	Provável	R\$ 42.593,72
	Máximo	R\$ 46.853,10
Valor Residual (VR)	Mínimo	R\$ 1.000,00
	Provável	R\$ 1.820,00
	Máximo	R\$ 2.640,00
Quantidade Vendida (Qj)	Mínimo	4
	Provável	5
	Máximo	6
Preço de Venda Unitário (PVuj)	Mínimo	R\$ 10.000,00
	Provável	R\$ 10.500,00
	Máximo	R\$ 11.500,00
Custo Variável Unitário (CVuj)	Mínimo	R\$ 6.163,70
	Provável	R\$ 7.704,63
	Máximo	R\$ 8.475,10
Custo Fixo (CFj)	Mínimo	R\$ 4.884,86
	Provável	R\$ 8.897,96
	Máximo	R\$ 9.397,96
Número de Simulações		10.000

Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 15 ilustra as estatísticas descritivas de VPL e TIR de acordo com os dados de entrada obtidos com a simulação de Monte Carlo utilizando um total de 10.000 interações.

Tabela 15 - Indicadores estatísticos – Simulação de Monte Carlo - 2º Cenário

<b>Estatística Descritiva</b>	<b>VPL</b>	<b>TIR</b>
<b>Quantidade</b>	10.000	10.000
<b>Mínimo</b>	144.830,42	12,50%
<b>Máximo</b>	265.775,02	36,31%
<b>Amplitude (Máx - Mín)</b>	120.944,60	23,82%
<b>Média</b>	205.798,07	20,54%
<b>Desvio-padrão</b>	16.551,31	2,87%
<b>Coefficiente de variação</b>	8,04%	13,98%
<b>Mediana</b>	205.524,20	20,27%

Fonte: Lima *et al.* (2015); Lima (2016)

A SMC resultou em um VPL médio de R\$ 205.798,07 e possui uma diferença em relação ao VPL obtido na análise determinística de aproximadamente 10%, que foi de R\$ 186.339,39. Há uma dispersão dos resultados do VPL entre R\$ 144.830,42 (valor mínimo) e R\$ 265.775,02 (valor máximo), o que acaba por representar confiança no plano de investimento. Há 50% de probabilidade do VPL resultar abaixo e acima da mediana de R\$ 205.524,20. De modo geral, a dispersão pode ser medida pelo desvio-padrão de R\$ 16.551,31.

Para melhorar a percepção do risco, a Tabela 16 apresenta os resultados da SMC considerando a contagem pela frequência.

Tabela 16 - Contagem pela frequência – Simulação de Monte Carlo - 2º Cenário

<b>VPL &lt; 0</b>	0
<b>p(VPL &lt; 0)</b>	0,00%
VPL < (-) 126264,63	0
<b>p(VPL &lt; -126264.63)</b>	0,00%
(-) 140598,97 < VPL < (-) 83261,61	0
<b>p(VPL &gt; -154933.30)</b>	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com resultados obtidos no SAVEPI

Pela distribuição de probabilidades resultante para o VPL em 10.000 simulações, observa-se que há 0,00% de probabilidade de o VPL ser negativo. Portanto, a probabilidade do PI ser promissor sob a ótica econômica é elevada.

#### 4.3.3 TERCEIRO CENÁRIO DE PRODUÇÃO – TERCEIRIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE COMPONENTES

Buscou-se neste cenário a substituição de componentes pertencentes à montagem do *frontbike* por outros disponíveis no mercado com custos menores. Nessa análise verificou-se itens que ainda atendessem os resultados gerados pela ferramenta *Quality Function Deployment* (QFD) desenvolvida no início do projeto com o objetivo de verificar as necessidades do cliente.

Com a busca desenvolvida, foi possível obter uma redução de custos ainda mais expressiva quando comparada com o segundo cenário. Porém, devido à mudança de componentes e conseqüentemente a redução de funcionalidades disponíveis deste produto em relação ao produto produzido no primeiro e segundo cenários, houve também a redução do preço de venda. Assim, realizando a comparação de funcionalidades e preços de vendas com produtos similares disponíveis no mercado, chegou-se a um preço de venda de R\$ 8.500,00.

O Quadro 40 mostra os custos fixos e variáveis relacionados a esse cenário de produção juntamente com o fluxo de caixa. Nota-se elevada semelhança de custos entre o terceiro e o segundo cenário diferenciando-os apenas nos custos relacionados aos componentes do *frontbike*.

Custos Fixos		Custos Variáveis	
Descrição	Valor	Custos Variáveis	Valor
Eletricidade	R\$ 134,40	Hora-máquina	R\$ 2,85
Água	R\$ 109,19		
Telefone + Internet	R\$ 200,00		
Material de escritório e outros	R\$ 100,00	Matéria-prima	R\$ 174,60
Técnico em mecânica	R\$ 2.777,93		
Vendedor/Administrador	R\$ 4.013,10		
Depreciação	R\$ 63,34	Componentes <i>frontbike</i>	R\$ 21.128,20
Área ocupada por máquinas	R\$ 1.500,00	Terceirização [5 conjuntos]	R\$ 1.500,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 8.897,96</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 22.805,65</b>
<b>TOTAL</b>			
<b>R\$ 31.703,61</b>			
<b>Fluxo de Caixa [5 unidades]</b>			<b>R\$ 10.796,39</b>

<b>Fluxo de Caixa [4 unidades]</b>	<b>R\$ 2.296,39</b>
<b>Fluxo de Caixa [6 unidades]</b>	<b>R\$ 19.296,39</b>

Quadro 40 - Custos fixos e variáveis (Terceiro cenário)

A Tabela 17 ilustra o investimento inicial proposto para o início da produção referente ao terceiro cenário.

Tabela 17 - Investimento inicial (Terceiro Cenário)	
<b>Investimento inicial</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Custos</b>
Máquinas	R\$ 4.100,00
Computador de mesa	R\$ 2.500,00
Jogos de ferramentas	R\$ 1.000,00
Matéria-prima	R\$ 585,50
Componentes <i>frontbike</i>	R\$ 21.128,20
Aluguel	R\$ 1.500,00
Abertura de empresa	R\$ 800,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 31.613,70</b>

#### 4.3.3.1 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA

Para aplicar a MMIA via sistema SAVEPI é preciso informar os dados do PI. Esses dados são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Dados de entrada – Abordagem Determinística - Terceiro Cenário

Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)	1,15
Alíquota dos Impostos + Contribuições (IR+CSLL, %)	12
Horizonte de Planejamento	36
Investimento Inicial	R\$ 31.613,70
Valor Residual ou de Revenda (VR)	R\$ 1.820,00
Fluxo de Caixa (FCj)	R\$ 10.796,39
Depreciação por período	R\$ 63,34
Prazo Depreciação	36

Fonte: Dados da pesquisa

O Quadro 41 mostra os indicadores calculados e em seguida a análise destes.

<b>Dimensão</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor esperado (R\$)</b>
<b>Retorno</b>	VP	280.059,53
	VPL	248.445,83
	VPLA	8.467,18
	IBC <sub>1</sub> ou IL	8,8588
	ROIA (%)	6,25
	Índice ROIA/TMA (%)	543,2
	ROI ou TIRM (%)	7,47
<b>Riscos</b>	Payback	4
	TIR (%)	30,07
	Índice Payback/N (%)	11,11
	Índice TMA/TIR (%)	3,82
<b>Limites de Elasticidade</b>	$\Delta\%$ TMA	2.515,19
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub>	785,88
	$\Delta\%$ FC <sub>j</sub>	88,71
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub> e FC <sub>j</sub>	79,71
	$\Delta\%$ TMA e FC <sub>0</sub>	598,79
	$\Delta\%$ TMA e FC <sub>j</sub>	85,69
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub> e FC <sub>j</sub> e TMA	77,26

Quadro 41 - Indicadores da MMIA – Terceiro Cenário

Fonte: Elaborado pelo autor com resultados obtidos via SAVEPI

A partir do Quadro 41 é possível realizar a seguinte análise a respeito dos índices econômicos do terceiro cenário de produção.



**ANÁLISE DA DIMENSÃO RETORNO:** Para o investimento de aproximadamente R\$ 30.000,00 espera-se que o retorno do investimento, indicado pelo índice VP, seja de R\$ 280.059,53. A riqueza gerada pelo PI em toda sua vida útil/avaliada, determinada pelo VPL equivale a R\$ 248.445,83, tendo-se um ganho mensal indicado pelo VPLA de R\$ 8.467,18.

O retorno em relação a cada unidade monetária investida, indicado pelo índice IBC, é de R\$ 8,8588. Assim, implicando-se um ROIA de 6,25% por período e uma TMA de 1,15%, verifica-se que a porcentagem acima do ganho oportunizado pelo mercado, indicado pela relação ROIA/TMA é 543,2%. Tal índice mostra que este PI possui grau de retorno alto.

**ANÁLISE DA DIMENSÃO RISCO:** O *payback* ocorre no período 04, assim, o índice Payback/N (em relação ao *payback* e a vida útil (N)), mostra o alto grau de risco (11,1%), implicando o baixo risco de não pagamento do projeto. O risco financeiro de se ganhar mais ou menos dinheiro no mercado (TMA) do que no PI, indicado pela relação TMA/TIR é de 3,82%, tendo-se assim o baixo risco de se ganhar mais no mercado do que no PI. A média dos dois índices de risco (risco médio) é de 7,47%, classificando o PI com o grau de risco baixo.

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE (AS):** Para melhorar a percepção do risco associado ao PI (limites máximos tolerados). O PI torna-se inviável economicamente se os investimentos iniciais ultrapassarem 785,88% do valor previsto, desde que sejam mantidos os valores de TMA e FC. Para reduções de fluxos de caixa acima de 88,71%, o PI se tornará inviável, tornando o projeto tolerante ao aumento dos investimentos iniciais e à redução no fluxo de caixa esperado. Para a variação da TMA, o PI se torna inviável se está for superior a 2.515,19%.

#### **PONDERAÇÃO: RISCO X RETORNO**

A Figura 38 associa o confronto do retorno esperado versus ao risco de não recuperação do capital<sup>1</sup>, risco financeiro<sup>2</sup> e limites de elasticidade.

CATEGORIA	ÍNDICE	Observação	BAIXO	BAIXO-MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO-ALTO	ALTO	Observação
RETORNO	ROI/TMA	-						Excepcional: 543,20
RISCOS	Payback/N <sup>1</sup>	-	11,11					-
	TMA/TIR <sup>2</sup>	-	3,82					-
LIMITES DE ELASTICIDADE	Δ% TMA	-						Excepcional: 2.515,19
	Δ% FC <sub>0</sub>	-						Excepcional: 785,88
	Δ% FC <sub>j</sub>	-					88,71	-
	Δ% CT <sub>j</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	Δ% RT <sub>j</sub>	-	-	-	-	-	-	-
Escala proposta		< 0%	0% a 20%	20% a 40%	40% a 60%	60% a 80%	80% a 100%	> 100%

Figura 38 - Confronto retorno esperado versus risco percebido/estimado/associado ao retorno (3º Cenário)  
 Fonte: Elaborado por Lima (2016) a partir de Souza e Clemente (2008) e Lima *et al.* (2015)

A partir do confronto risco x retorno, verifica-se um baixo risco de não pagamento do projeto, confirmando assim um PI com baixo risco de investimento. Na próxima seção serão analisados os resultados obtidos através da SMC com os dados referentes ao terceiro cenário de produção (terceirização da produção e substituição de componentes).

#### 4.3.3.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO – TERCEIRO CENÁRIO

Para a SMC foi utilizado o sistema SAVEPI e a distribuição triangular de probabilidades. A Tabela 19 apresenta os dados de entrada.

Tabela 19 - Dados de entrada – Simulação de Monte Carlo - 3º Cenário

Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)	Mínimo	1
	Provável	1,15
	Máximo	1,3
Horizonte de Planejamento (N)	Períodos	36
Investimento Inicial (Fco)	Mínimo	R\$ 28.452,33
	Provável	R\$ 31.613,70
	Máximo	R\$ 34.775,07
Valor Residual (VR)	Mínimo	R\$ 1.000,00
	Provável	R\$ 1.820,00
	Máximo	R\$ 2.640,00
Quantidade Vendida (Qj)	Mínimo	4
	Provável	5
	Máximo	6
Preço de Venda Unitário (PV <sub>uj</sub> )	Mínimo	R\$ 7.000,00
	Provável	R\$ 8.000,00

	Máximo	R\$ 8.500,00
Custo Variável Unitário (CVuj)	Mínimo	R\$ 4.105,22
	Provável	R\$ 4.561,13
	Máximo	R\$ 5.017,24
Custo Fixo (CFj)	Mínimo	R\$ 4.884,86
	Provável	R\$ 8.897,96
	Máximo	R\$ 9.397,96
Número de Simulações		10.000

Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 20 ilustra os indicadores estatísticos de VPL e TIR de acordo com os dados de entrada obtidos com a simulação de Monte Carlo utilizando um total de 10.000 interações.

Tabela 20 - Indicadores estatísticos – Simulação de Monte Carlo - 3º Cenário

<b>Estatística Descritiva</b>	<b>VPL</b>	<b>TIR</b>
<b>Quantidade</b>	10.000	10.000
<b>Mínimo</b>	175.628,48	18,56%
<b>Máximo</b>	275.240,35	43,06%
<b>Amplitude (Máx - Mín)</b>	99.611,88	24,49%
<b>Média</b>	222.977,04	27,52%
<b>Desvio-padrão</b>	12.571,57	3,00%
<b>Coefficiente de variação</b>	5,64%	10,90%
<b>Mediana</b>	222.729,70	27,33%

Fonte: Lima *et al.* (2015); Lima (2016)

A SMC resultou em um VPL médio de R\$ 222.977,04 e possui uma diferença em relação ao VPL obtido na análise determinística de aproximadamente 11%, que foi de R\$ 248.445,83. Há uma dispersão dos resultados do VPL entre R\$ 175.628,48 (valor mínimo) e R\$ 275.240,35 (valor máximo), o que acaba por representar confiança no plano de investimento. Há 50% de probabilidade do VPL resultar abaixo e acima da mediana de R\$ 222.729,70. De modo geral, a dispersão pode ser medida pelo desvio-padrão de R\$ 12.571,57.

Para melhorar a percepção do risco, a Tabela 21 apresenta os resultados da SMC considerando a contagem pela frequência.

Tabela 21 - Contagem pela frequência – Simulação de Monte Carlo - 3º Cenário

<b>VPL &lt; 0</b>	0
<b>p(VPL &lt; 0)</b>	0,00%
VPL < (-) 126264,63	0
<b>p(VPL &lt; -126264.63)</b>	0,00%
(-) 140598,97 < VPL < (-) 83261,61	0
<b>p(VPL &gt; -154933.30)</b>	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com resultados obtidos no SAVEPI

Pela distribuição de probabilidades resultante para o VPL em 10.000 simulações, observa-se que há 0,00% de probabilidade de o VPL ser negativo. Portanto, a probabilidade do PI ser promissor sob a ótica econômica é elevada.

A Tabela 22 apresenta um resumo dos resultados obtidos das análises de viabilidade econômica dos três cenários.

Tabela 22 - Comparativo de índices econômicos referentes aos três cenários

Cenários	VPL	VPL SMC (R\$)	VPLA (R\$)	IBC	Payback [Períodos]	Grau de Risco
1° Cenário	R\$ 28.439,83	34.010,63	R\$ 969,25	1,33	31	Alto
2° Cenário	R\$ 186.339,39	205.798,07	R\$ 6.350,55	5,38	6	Baixo
3° Cenário	R\$ 248.445,83	222.977,04	R\$ 8.467,18	8,86	4	Baixo

Fonte: Elaborado pelo autor com resultados obtidos

## 5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo atingiu os objetivos propostos nesse trabalho. O trabalho apresentou uma estrutura a ser seguida onde foram levantadas informações a respeito de tecnologias assistivas, cadeiras de rodas, suas classificações e ergonomia.

A análise de viabilidade técnica do produto permitiu verificar o processo de tomada de decisão a respeito da produção interna ou a sua terceirização. A respeito desta análise, buscou-se verificar aspectos teóricos de auxílio no planejamento e controle da produção sob a ótica de um modelo sob-encomenda. Em relação à terceirização, verificou-se o método de análise dividido em estágios proposto por McIvor (2000), nesta investigação concluiu-se que todo o processo pode ser terceirizado uma vez que houve o atendimento de todos os requisitos propostos por tal metodologia. Após tal análise concluída, verificou-se que a tomada de decisão deveria ser amparada pela análise de viabilidade econômica do plano de investimento.

Os tempos de produção de produção e montagem foram verificados juntamente com os responsáveis da fabricação do protótipo e otimizados através da utilização dos diagramas PERT/CPM. Assim, foi possível realizar uma previsão da gestão do tempo durante todo o processo e reduzi-lo através da realização de alguns processos de forma paralela.

Na análise de viabilidade econômica pode-se verificar todos os custos relacionados com os cenários analisados com a produção além da previsão dos recursos entrantes. Desta forma, por meio da abordagem determinística via MMIA e simulação de Monte Carlo aplicadas pelo sistema SAVEPI, pode-se obter índices comparativos mais realísticos de auxílio na tomada de decisão para o plano de investimento.

Verificando os dados apresentados pela Tabela 22 além de todo o processo de análise anteriormente realizado, é possível concluir que o alto investimento inicial e o custo do produto influenciaram no baixo VPL e no alto risco de não pagamento do primeiro cenário. O processo de terceirização excluiu a necessidade de um alto investimento inicial, o que acabou por gerar um bom VPL e se enquadrar como baixo grau do risco de não pagamento do segundo cenário. Apesar da redução no preço devenda, o terceiro cenário através do processo de terceirização e também da substituição de componentes, foi o cenário que apresentou o VPL mais favorável, sendo este o recomendado a receber o investimento de capital.

Em resumo, analisando os resultados obtidos, pode-se afirmar que o trabalho alcançou grande parte dos objetivos propostos. A pesquisa se aproximar dos custos reais de mercado.

Sugere-se para trabalhos futuros uma melhor análise dos processos de produção com a finalidade de verificar seus custos de maneira mais aprofundada e assim a obtenção de valores ainda mais exatos. Há também a sugestão a continuidade da cooperativa no desenvolvimen

Este trabalho faz parte de uma totalidade de estudos correlatos, assim, sugere-se suas leituras a fim de uma maior compreensão do projeto: GUEDES (2015), CAMARGO e AGUIAR (2016).

## **REFERÊNCIAS**

AGUADO DIAZ, Antonio Leon. **Historia De Las Deficiencias**. Escuela Libre Editorial – Fundacion Once, Madrid, 1995.

ALVARENGA, Flávia Bonilha. **Desenvolvimento de Sistema de Motorização Alternativa para Cadeiras de Rodas Convencionais**. 2002. 214 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ALVES, Júlio Oliveto. **Protótipo de Sistema Automotor Para Cadeira de Rodas**. 2011. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ARANHA, M.S.F.; **Integração Social do Deficiente: Análise Conceitual e Metodológica**. Temas em Psicologia; 2; 63-70; 1995.

ASSIS, Rui. **Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos**. 07 ed. LIDEL, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004.

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. 2010. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. São Paulo: Atlas, Terceira Edição.

BARBIERI, José Carlos et al. **Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições**. Rae, São Paulo, v. 2, n. 50, p.146-154, abr. 2010.

BECKER, Marcelo. **Aplicação de Tecnologias Assistivas e Técnicas de Controle em Cadeiras de Rodas Inteligentes**. 2000. 192 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BERTONCELLO, Ione; GOMES, Luiz Vidal Negreiros. **Análise Diacrônica e Sincrônica da Cadeira de Rodas Mecanomanual**. Revista Produção, Santa Maria, v. 12, n. 1, p.72-82, jan. 2002.

BRASIL. **Avanços das Políticas Públicas para as Pessoas com Deficiência**. Brasília, 2012.

BRASIL. **Decreto Nº 3.298 de 20 de dezembro de 1999**. Presidência da República, Brasília, 1999.

BRASIL. **Cartilha do Censo 2010: Pessoas Com Deficiência**. Brasília: Brasil, 2010. 32 p.

BRASIL. **Lei Nº 10.048 de 8 de novembro de 2000**. Presidência da República, Brasília, 2000.

BRASIL. **Lei nº 10.973 de 2 de dezembro de 2004**. Presidência da República, Brasília, 2004.

CAMARGO, Fábio José de; AGUIAR, Guilherme Teixeira. **Fabricação e testes de protótipo para motorização de cadeiras de rodas**. 2016. 156f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

CANONGIA, Claudia et al. **Foresight, Inteligência Competitiva e Gestão do Conhecimento: instrumentos para a Gestão da Inovação**. *Gestão & Produção*, v.11, n.2, p.231-238, mai./ago. 2004.

CARRIEL, I. R. R. **Recomendações ergonômicas para o projeto de cadeira de rodas: considerando os aspetos fisiológicos e cognitivos dos idosos**. 244 f. Dissertação [ Mestrado em Desenho Industrial ] – Universidade Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Bauru, 2007.

CARVALHO JUNIOR, José Mario de. **Estratégias da Produção: A Manufatura Como Arma Competitiva: Um Estudo de Caso**. 1997. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos: Matemática financeira, Engenharia econômica e toma de decisão**. São Paulo: Atlas S.a., 1994.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração da Produção**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.

COOPER RA, Thorman T, Cooper R, Dvorznak MJ, Fitzgerald SG, Ammer W, Song-Feng G, Boninger ML. *Driving characteristics of electric-powered wheelchair users: how far, fast, and often do people drive? Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:250-5.

COSTA, Dirceu et al. Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. São Paulo. Junho de 2010.

COSTA, Ricardo Sarmiento. **Pontualidade total na produção sob encomenda: conceito, tecnologia e uso da simulação computacional na gestão do chão de fábrica**. Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ. 1996. 498 p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

CUKIERMAN, Zigmundo Salomão. **O modelo PERT/CPM aplicado a projetos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Riechmann & Affonso Ed., 2000.

DUFFY, Mary. **Gestão de projetos: Managing projects**. Trad. Eduardo Lasserre. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

Ferruzzi, Marcos Antonio; Sacomano Neto, Mário; Eugênio Spers, Eduardo; Canniatti Ponchio, Mateus. **Razões da terceirização de serviços em empresas de médio e grande porte**. BBR – Brazilian Business Review [online] 2011. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=123021596003>>. Acesso em Setembro de 2015.

GABRIEL, Walter Luiz Constante. **Gerenciamento do tempo de espera: um estudo de caso de tomada de decisões em ambiente de manufatura sob encomenda**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2002.

GERWIN, D.; **Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective**. *Management Science*, Vol. 39, n. 4, Abril 1993

GUEDES, Bruno Turmina. **Prototipagem Virtual: Simulação dinâmica de conjunto para mobilidade de cadeirantes**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

GLIMSTEDT, H.; BRATT, D.; KARLSSON, M. P. The decision to make or buy a critical technology: semiconductors at ericsson, 1980-2010. **Industrial and Corporate Change**, v. 19, n. 2, pp. 431-464, 2010.



HARZER, Jorge Harry et al. **Abordagem probabilística do indicador TMA/TIR para avaliação do risco financeiro em projetos de investimentos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 21., 2014, Natal.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, 2010.

IIDA, I. **Ergonomia – Projeto e Produção**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 465 p., 1997.

KANO, Noriaki; et al. **Attractive Quality and Must-be Quality**. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*. Tokyo: Hinshitsu, 1984.

LIMA, José Donizetti de; TRENTIN, Marcelo Gonçalves; OLIVEIRA, Gilson Adamczuk; BATISTUS, Dayse Regina, SETTI, Dalmarino. **A Systematic Approach for the Analysis of the Economic Viability of Investment Projects**. *Int. J. Engineering Management and Economics*, Vol. 5, Nos. ½, 2015.

LIMA, José Donizetti de; OLIVEIRA, Gilson Adamczuk; SANTOS, Gilson Ditzel; GRIGOLO Vinicius Eduardo; FILHO, José Roberto Kershaw. **Um Estudo De Viabilidade Econômica Para Fabricação De Um Protótipo Destinado Às Pessoas Com Paraplegia**. IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (CONBREPRO), Ponta Grossa, dezembro de 2014.

LIMA, José Donizetti de. **Notas de Aulas – Análise de Viabilidade Econômica em Projetos de Investimento Utilizando as Abordagens Determinística e Estocástica**. 2016.

MACIEL, A. S.; CIENA, F. P. **Acessibilidade: a inclusão do portador de deficiência física sob um ponto de vista filosófico**. Disponível em <[http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/bh/alvaro\\_dos\\_santos\\_maciel.pdf](http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/bh/alvaro_dos_santos_maciel.pdf)>. Acesso em Setembro de 2015.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos** 9 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MCIVOR, Ronan. “**A practical framework for understanding the outsourcing process**”, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 5 Iss 1 pp. 22 – 36; 2000.

MEDOLA, Fausto Orsi. **Desenvolvimento de um Aro de Propulsão Manual Ergonômico Para Cadeira de Rodas**. 2010. 124 f. Tese (Doutorado) - Curso de Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

MELCHERT, Eduardo Ruiz. **Análise do Desenvolvimento de Competências Operacionais Alinhadas à Política *make-to-order* em uma Empresa da Manufatura Contratada**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MELLO, M. Tecnologia assistiva. In: GREVE, J. M. D.; AMATUZZI, M. M. **Medicina de reabilitação aplicada a ortopedia e traumatologia**. São Paulo, 1997.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Procedimento Cadeira de Rodas Motorizada na Tabela de Órteses, Próteses e Materiais Especiais Não Relacionados ao Ato Cirúrgico do SUS**. 50. ed. Brasília: Brasil, 2012.

MONKS, Joseph G.; **Administração da Produção**/ Joseph G. Monks; (tradução Lauro Santos Blandy; revisão técnica Petrônio Garcia Martins). – São Paulo: McGraw – Hill, 1987.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira, 1999. 619 p.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

NBR 9050:2004. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2004.

NETO, J. A. **Reestruturação Industrial, Terceirização e Redes de Subcontratação**. Rev. Adm. de Empresas. São Paulo, v.35, n. 2, p. 33-42, Janeiro, 1995.

NOGAS, Paulo Sérgio Macuchen; Souza, Alceu; Silva, Wesley Vieira da. **Análise de Investimentos: Uma contribuição probabilística ao índice TMA/TIR da metodologia multi-índice.** Revista Iberoamericana de Ciencias Empresariales Y Economía, 2011.

OCDE. Manual de Oslo: **Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica.** Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento.

OLIVEIRA, Luís Martins de. **Contabilidade de Custos para não contadores.** São Paulo: Atlas, 2000.

PRAZERES, Rodrigo Vicente dos et al. Produzir ou terceirizar: Um estudo de caso sobre a utilização da técnica de análise diferencial sob o enfoque da escolha racional. **Revista Ambiente Contábil**, Natal, v. 7, n. 2, p.16-31; 07/2015.

QUADROS, RUY. **Aprendendo a Inovar: Padrões de Gestão da Inovação Tecnológica em Empresas Industriais Brasileiras.** UNICAMP, Campinas, Agosto de 2008.

ROCHA, E. F.; CASTIGLIONI, M. C. **Reflexões sobre recursos tecnológicos: ajudas técnicas, tecnologia assistiva, tecnologia de assistência e tecnologia de apoio.** Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo, v.16, n. 3, p. 97-104, set./dez., 2005.

SAITO, Michele Bezerra; TÁVORA JÚNIOR, José Lamartine; OLIVEIRA, Marcos Roberto Gois de. **A Teoria das opções reais: uma Aplicação de Projetos de Investimento em Inovação Tecnológica Considerando-se o Valor da Flexibilidade Gerencial.** VII Simpósio da Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.

SALLES, José Antonio Arantes. **Gestão Estratégica da Manufatura.** 1998. 257 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 1998.

SAVEPI. **Sistema De Análise De Viabilidade Econômica De Projetos De Investimentos.** Disponível em: < <http://pb.utfpr.edu.br/savepi/modulo.php>>. 2016.

SAWATZKY, Bonitta. **Wheeling in the New Millennium: The History of Wheelchair and the Driving Forces in Wheelchair Design Today.** Disponível em: <[http://www.wheelchairnet.org/wcn\\_wcu/slideslectures/sawatzky/wc\\_history.html](http://www.wheelchairnet.org/wcn_wcu/slideslectures/sawatzky/wc_history.html)>. Acesso em Setembro de 2015.

SECRETARIA DOS DIREITOS HUMANOS. **Avanço das Políticas Públicas para as Pessoas Com Deficiência**. 1º Edição, Brasília, 2012.

SLACK; Nigel. **Vantagem Competitiva em Manufatura: Atingindo a Competitividade nas Operações Industriais**. São Paulo, Atlas, 1993.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistar; JOHNSTON, Robert. **Princípios de Administração da Produção**. 2013: Atlas, 2013.

SOARES, J. A. R. **A análise de risco, segundo o método de Monte Carlo, aplicada à modelagem financeira das empresas**. 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SOMMERVILLE, I.; DEWSBURY. G.; **Dependable domestic systems design: A sócio-technical approach**. Interating with Computers – Computing Department, Lancaster University, Lancaster, 2007.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras E Análises de Investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir: **Gestão de custos: usos estratégicos e operacionais**. São Paulo: Atlas, 2007.

SUS. **Levantamento técnico de valores gastos em reais com cadeiras de rodas manuais**. Sistema Único de Saúde – Ministério da Saúde, 2012.

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. **Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change**. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, NJ 3. ed., 2005.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007.