

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ELÉTRICA

Telmo Martinelli Böger

Roca de Fiar: Desenvolvimento de Produto de fiação manual de lãs de carneiro com
base na Avaliação Ergonômica do operador

Florianópolis

2023

Telmo Martinelli Böger

Roca de Fiar: Desenvolvimento de Produto de fiação manual de lãs de carneiro com base na Avaliação Ergonômica do operador

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel/Licenciado em Engenharia Elétrica com habilitação em Produção.
Orientadora: Prof.^a Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dr.^a

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Böger, Telmo Martinelli

Roca de Fiar : Desenvolvimento de Produto de fiação manual de lãs de carneiro com base na Avaliação Ergonômica do operador / Telmo Martinelli Böger ; orientadora, Lizandra Garcia Lupi Vergara, 2023.

122 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Produção Elétrica, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Elétrica. 2. Processo de Desenvolvimento de Produto. 3. Ergonomia. 4. Análise da Tarefa. 5. Análise da Atividade. I. Vergara, Lizandra Garcia Lupi. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Elétrica. III. Título.

Telmo Martinelli Böger

Roca de Fiar: Desenvolvimento de Produto de fiação manual de lãs de carneiro com base na Avaliação Ergonômica do operador

Florianópolis, 26 de Junho de 2023.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta dos seguintes membros

Prof.^a Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra.

Orientadora

Prof.^a Olga Regina Cardoso, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Doutoranda Daniele Cristina Gelain Rezende

Universidade Federal de Santa Catarina

Certifico que esta é a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo autor e julgado adequado por mim e pelos demais membros da banca para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica com habilitação em Produção.

Prof.^a Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra.

Orientadora

Dedico este trabalho a
Celma Marcos Martinelli (in memoriam)
Geraldo Martinelli (in memoriam)
Pedro Martinelli (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Célia Martinelli, por sempre ter me incentivado a alcançar os meus objetivos por mais que a caminhada dentro da universidade tenha sido longa, e a Nossa Senhora Aparecida e a Santíssima Trindade.

Agradeço ao meu namorado, Bruno de Andrade Vieira, por sempre me apoiar e prezar por tudo que me faz bem.

Agradeço a minha irmã, Tamiris Martinelli Böger, e ao meu cunhado, Vanderson Bianco Wessler, por sempre me apoiarem a ser quem eu sou, independente de quaisquer circunstâncias e por terem dado a nossa família um lindo presente chamado Antonella. Ainda, agradeço a todos os meus familiares que sempre me incentivaram a abrir meus horizontes e experimentar novos desafios, em especial a minha prima Daniela José que me dizia, ao entrar na universidade, que eu iria viver a melhor fase da minha vida e que por conta disso eu deveria viver intensamente cada momento. Assim o fiz.

Agradeço aos amigos que fiz durante esses últimos anos dentro e fora da universidade, sendo amizades que levo sempre em meu coração. Meus agradecimentos em especial para meus amigos Paulo Bernardo Dietrichkeit Pereira, Diego Schmitz, Diogo Schmitz, Luiza Helena Justino, Iasmin Morigi e Mailyn Kafer Gonçalves.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Lizandra Garcia Lupi Vergara, por sempre ser muito gentil e paciente comigo. Estendo meus agradecimentos também para a minha banca avaliadora, Profa. Dra. Olga Regina Cardoso e a Profa. Ma. Daniele Cristina Gelain Rezende, que agregaram em muito para a versão final desta monografia.

E finalizo agradecendo a Universidade Federal de Santa Catarina, que me fez crescer não só como profissional, mas principalmente como ser humano.

Viva a Universidade Pública!

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver uma concepção final de produto, especificamente uma Roca de Fiar lãs de carneiro, através da adaptação do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) proposta pelos Modelos Referenciais de Rozenfeld et al. (2006) e de Baxter (2000). Quanto aos procedimentos metodológicos, tem-se que a pesquisa é classificada como qualitativa, de natureza classificada como pesquisa aplicada, de objetivo exploratório e os procedimentos classificados como de estudo de caso. A adaptação dos modelos permite criar um processo de desenvolvimento da Roca de Fiar levando em consideração os aspectos ergonômicos da atividade realizada pela fiandeira. Desse modo, o estudo aborda conceitos de Ergonomia, com foco na análise das atividades realizadas pela operadora da máquina de fiação de lãs de carneiro, visando identificar as posturas e forças envolvidas durante a execução das atividades para identificar Requisitos do Cliente que são requisitados pelo modelo de PDP adaptado. Para isso, é aplicada uma Análise da Atividade e o Método RULA, a fim de obter um diagnóstico ergonômico e gerar recomendações ergonômicas. Assim, as recomendações ergonômicas obtidas são convertidas em requisitos do cliente e, posteriormente, transformadas em requisitos técnicos do produto por meio da aplicação de uma matriz QFD (Quality Function Deployment). Com base nesses requisitos, é identificada a estrutura funcional do produto, permitindo a geração de princípios de soluções individuais e totais do produto. Ao final do processo de pesquisa, são geradas três alternativas de concepção de rocas de fiar e apenas uma delas é selecionada com base no critério estabelecido.

Palavras-chave: Ergonomia; Processo de Desenvolvimento de Produtos; Diagnóstico Ergonômico; Roca de Fiar; Análise da Atividade; Método RULA; Matriz QFD.

ABSTRACT

This research aims to develop a final product concept, specifically a Spinning Wheel for sheep's wool, through the adaptation of the Product Development Process (PDP) proposed by Rozenfeld et al. (2006) and Baxter (2000) Reference Models. As for the methodological procedures, the research is classified as qualitative, classified as applied research in nature, with exploratory objectives, and the procedures classified as a case study. The adaptation of the models allows creating a development process for the Spinning Wheel, taking into consideration the ergonomic aspects of the activities performed by the spinner. Thus, the study addresses Ergonomics concepts, focusing on the analysis of the activities performed by the operator of the sheep's wool spinning machine, aiming to identify the postures and forces involved during the execution of activities to identify Customer Requirements that are requested by the adapted PDP model. To achieve this, an Activity Analysis and the RULA Method are applied to obtain an ergonomic diagnosis and generate ergonomic recommendations. Therefore, the obtained ergonomic recommendations are converted into customer requirements and subsequently transformed into technical product requirements through the application of a Quality Function Deployment (QFD) matrix. Based on these requirements, the functional structure of the product is identified, allowing the generation of individual and overall product solution principles. At the end of the research process, three spinning wheel design alternatives are generated, and only one of them is selected based on the established criteria.

Keywords: Ergonomics; Product Development Process; Ergonomic Diagnosis; Spinning Wheel; Activity Analysis; RULA Method; QFD Matrix.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Roca de Fiar.....	19
Figura 2 - Tipo de projetos de desenvolvimento de produtos.....	29
Figura 3 - Modelo Referencial de PDP de Rozenfeld et at. (2006).....	31
Figura 4 - Modelo de matriz QFD.....	33
Figura 5 - Etapas da fase de planejamento do produto.....	36
Figura 6 - Etapas da fase do projeto conceitual.....	36
Figura 7 - Entradas e principais resultados da fase de configuração do projeto.....	37
Figura 8 - Entradas e principais resultados da fase de projeto detalhado.....	38
Figura 9 - Fluxograma do Método de Trabalho.....	41
Figura 10 - Dados requisitados pelo Método RULA no software Ergolândia 8.0.....	43
Figura 11 - Dados referentes ao posicionamento do braço do operador.....	44
Figura 12 - Dados referentes ao posicionamento do punho do operador.....	44
Figura 13 - Dados referentes ao posicionamento do pescoço do operador.....	45
Figura 14 - Dados referentes ao posicionamento das pernas e pés do operador.....	45
Figura 15 - Dados referentes ao posicionamento do antebraço do operador.....	46
Figura 16 - Dados referentes à rotação do punho do operador.....	46
Figura 17 - Dados referentes ao tronco do operador.....	47
Figura 18 - Aspectos sobre a atividade realizada pelo operador.....	47
Figura 19 - Exemplo de resultado final do Método RULA.....	48
Figura 20 - Modelo Referencial de PDP adaptado de Rozenfeld et at. (2006) e Baxter (2000).....	49
Figura 21 - Modelo de Diagrama de Blocos (Função Total e seu Desdobramento)..	52
Figura 22 - Modelo de Matriz Morfológica.....	53
Figura 22 - Fluxograma da Atividade.....	56
Figura 23 - Atividade 1: Fiandeira coloca o rolo de mecha de lã ao lado da roca de fiar.....	59
Figura 24 - Atividade 2: Fiandeira pega mecha de lã no rolo.....	60
Figura 25 - Atividade 3: Fiandeira fixa a mecha de lã no carretel.....	61
Figura 26 - Atividade 4: Fiandeira passa a mecha de lã por um gancho do fuso.....	62
Figura 27 - Atividade 5: Fiandeira passa a mecha de lã pelo tubo do fuso.....	63
Figura 28 - Gancho improvisado utilizado pela fiandeira.....	63
Figura 29 - Atividade 6: Fiandeira aciona o pedal com a ajuda das mãos.....	64
Figura 30 - Atividade 7: Fiandeira movimenta a roca e estira a mecha de lã.....	65
Figura 31 - Atividade 8: Fiandeira retira/coloca correia da roldana.....	66
Figura 32 - Atividade 9: Fiandeira retira/coloca o eixo principal.....	67
Figura 33 - Atividade 10: Fiandeira retira/coloca carretel.....	68
Figura 34 - Fiandeira desenrola mecha de lã e realiza a torção da mesma.....	70
Figura 35 - A fiandeira erra o lado na colocação do carretel.....	71

Figura 36 - A fiandeira retira o carretel e ajusta-o da forma correta.....	71
Figura 37 - Modelo de eixo principal encontrado através do marketplace da Ebay...	86
Figura 38: Grau de importância dos Requisitos Técnicos do Produto.....	88
Figura 39 - Função total do produto.....	89
Figura 40 - Desdobramento da função total em funções individuais.....	90
Figura 41 - Anel deslizante elétrico.....	94
Figura 42 - Enrolador de fios à manivela.....	94
Figura 43 - Pedal plataforma em máquina de costura antiga.....	95
Figura 44 - Princípios de Solução Totais escolhidos através da Matriz Morfológica..	97
Figura 45 - Equação da transmissão do movimento circular uniforme.....	99
Figura 46 - Concepção da primeira alternativa da roca de fiar.....	101
Figura 47 - Componentes superiores da primeira alternativa de roca de fiar.....	102
Figura 48 - Fusão com o conjunto de roldanas.....	103
Figura 49 - Sistema que pressiona a correia.....	104
Figura 50 - Fusão da primeira alternativa de roca de fiar.....	104
Figura 51 - Argola utilizada na primeira alternativa de roca de fiar.....	105
Figura 52 - Concepção da segunda alternativa de roca de fiar.....	106
Figura 53 - Parte superior da segunda alternativa de roca de fiar.....	107
Figura 54 - Sistema de variação de velocidade do fuso da segunda alternativa de roca de fiar.....	108
Figura 55 - Eixo principal da segunda alternativa de roca de fiar.....	109
Figura 56 - Tubo do fuso com hachura da segunda alternativa de roca de fiar.....	110
Figura 57 - Gancho regulável e gancho fixo do fuso da segunda alternativa de roca de fiar.....	111
Figura 58 - Pedal elétrico ou botoeira de acionamento que movimenta o gancho do fuso da segunda alternativa de roca de fiar.....	111
Figura 59 - Motor elétrico de corrente contínua acoplado ao eixo principal da haste do fuso da segunda alternativa de roca de fiar.....	112
Figura 60 - Eixo giratório em formato de parafuso da haste do fuso da segunda alternativa de roca de fiar.....	113
Figura 61 - Visão geral da terceira alternativa de roca de fiar.....	114
Figura 62 - Parte superior da terceira alternativa de roca de fiar.....	115
Figura 63 - Sistema de enrolador de fios de lã da terceira alternativa.....	115
Figura 64 - Concepção da Roca de Fiar escolhida.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados analisados para aplicação no Método RULA.....	72
Tabela 2 - Resultados do Método RULA.....	75
Tabela 3 - Matriz de Correlação entre os Requisitos do Cliente (na esquerda) e do Produto (em cima), incluindo o grau de correlação.....	83
Tabela 4: Requisitos Técnicos do Produto através da matriz QFD.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos Específicos da Pesquisa em relação às fases do modelo.....	54
Quadro 2 - Requisitos do cliente identificados pelo pesquisador.....	69
Quadro 3 - Dados sobre a execução da atividade para aplicação no Método RULA	74
Quadro 4 - Observações das atividades críticas e recomendações ergonômicas....	77
Quadro 5 - Conversão das recomendações ergonômicas em requisitos do cliente..	78
Quadro 6 - Relatos da Fiandeira através de entrevista informal.....	79
Quadro 7 - Agrupamento e classificação dos requisitos do cliente.....	80
Quadro 8 - Requisitos do Produto.....	82
Quadro 9 - Efeitos físicos e portadores do efeito físico.....	91
Quadro 10 - Matriz Morfológica.....	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2	OBJETIVOS.....	17
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos.....	17
1.2.3	Delimitações da Pesquisa.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	ROCA DE FIAR.....	18
2.2	ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E ERGONOMIA.....	19
2.2.1	Norma Regulamentadora 17 (NR-17).....	21
2.2.1.1	<i>Análise Ergonômica do Trabalho (AET).....</i>	<i>21</i>
2.2.1.1.1	Análise da Demanda.....	22
2.2.1.1.2	Análise da Tarefa.....	23
2.2.1.1.3	Análise da Atividade.....	24
2.2.1.1.4	Diagnóstico e Recomendações Ergonômicas.....	25
2.3	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP).....	26
2.3.1	Modelo Referencial do PDP.....	30
2.3.1.1	<i>Modelo Referencial de Rozenfeld et al. (2006).....</i>	<i>31</i>
2.3.1.2	<i>Modelo Referencial de Baxter (2000).....</i>	<i>35</i>
2.3.1.3	<i>Diferenças entre os Modelos Referenciais de Rozenfeld et al. (2006) e Baxter (2000).....</i>	<i>38</i>
3	METODOLOGIA.....	39
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	39
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	40
3.2.1	Caracterização da Empresa.....	41
3.2.2	Coleta de Dados.....	42
4	DESENVOLVIMENTO.....	49
4.1	MODELO REFERENCIAL ADAPTADO PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	49
4.2	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO INFORMACIONAL.....	56
4.2.1	Definição dos Requisitos do Cliente.....	56
4.2.1.1	<i>Análise da Tarefa.....</i>	<i>56</i>
4.2.1.2	<i>Análise da Atividade.....</i>	<i>58</i>
4.2.1.2.1	Requisitos do cliente observados pelo pesquisador.....	68
4.2.1.2.2	Requisitos do cliente identificados através das demandas ergonômicas... 72	
4.2.1.3	<i>Entrevista com a fiandeira.....</i>	<i>78</i>
4.2.1.4	<i>Agrupamento e classificação dos Requisitos do Cliente.....</i>	<i>80</i>
4.2.2	Definição dos Requisitos do Produto.....	81

4.2.3	Definição dos Requisitos Técnicos do Produto.....	84
4.2.3.1	<i>Importância dos Requisitos do Cliente para o cliente.....</i>	85
4.2.3.2	<i>Benchmarking Externo.....</i>	85
4.2.3.3	<i>Atendimento aos Requisitos do Cliente pela roca de fiar atual.....</i>	87
4.2.3.4	<i>Obtenção dos Requisitos Técnicos do Produto através da matriz QFD.....</i>	87
4.3	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL.....	89
4.3.1	Estrutura Funcional do Produto.....	89
4.3.2	Princípios de Solução Individuais e Totais do produto.....	91
4.3.3	Alternativas de Concepção da Roca de Fiar.....	99
4.3.3.1	<i>Primeira Concepção da Roca de Fiar.....</i>	101
4.3.3.2	<i>Segunda Concepção da Roca de Fiar.....</i>	106
4.3.3.3	<i>Terceira Concepção da Roca de Fiar.....</i>	113
4.3.4	Seleção da Concepção do Produto.....	116
5	CONCLUSÃO.....	118
	REFERÊNCIAS.....	120

1 INTRODUÇÃO

A fiação de lãs de carneiro é uma atividade antiga que remonta a milhares de anos. Na Europa medieval, a fiação de lã era uma atividade importante e muitas famílias dependiam da produção de fios para sobreviver. Desse modo, surge então a ascensão do papel das mulheres dentro de suas famílias na composição da renda familiar, sendo elas responsáveis pela fiação de lãs de carneiro em muitas famílias e realizavam frequentemente a produção de fios em conjunto com outras atividades domésticas, como cuidar de crianças ou cozinhar (NETHERTON & OWEN-CROKER, 2010).

No século XVIII, a Revolução Industrial mudou radicalmente a indústria em geral, e essa mudança também se estendeu à indústria têxtil, onde a fiação de lãs de carneiro tornou-se uma atividade altamente mecanizada pela invenção do tear mecânico em 1733, permitiu-se que os fios fossem produzidos em grande quantidade, desta forma destacando a indústria de produção de tecidos de lã (STEARNS, 2018).

Atualmente, a fiação de lãs de carneiro continua sendo uma atividade importante em muitas partes do mundo, especialmente para aqueles que buscam preservar técnicas tradicionais, sendo valorizada por muitos que prezam pela sustentabilidade e pela produção local.

Por outro lado, na indústria de um modo geral, seguindo os períodos pós Revolução Industrial, há o surgimento de dificuldades na operação de máquinas, inclusive por uma falta de adaptação do maquinário ao ser humano, por parte dos trabalhadores, resultando em diversos problemas de saúde, tais como: dores, esgotamentos físico e mental, problemas de audição, entre outros. Um dos desencadeadores destes problemas é a falta de adequação ergonômica de equipamentos/máquinas às necessidades do usuário, o que evidencia o papel importante da ergonomia no desenvolvimento de produtos (IIDA & GUIMARÃES, 2018). Entretanto, esse papel não se restringe apenas aos trabalhos executados com máquinas e equipamentos que são utilizados para realizar a transformação da matéria-prima em produto acabado, mas também às mais diversas situações em que há uma relação entre o ser humano e uma atividade produtiva de bens ou serviços (IIDA & GUIMARÃES, 2018).

Ainda, dentre as diversas definições de ergonomia, todas buscam ressaltar o caráter interdisciplinar, que ficou evidente após a segunda guerra mundial, e o objeto de seu estudo, que é a interação entre o homem e o trabalho (IIDA, 2005). Para a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), "a ergonomia é um estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento, ambiente e particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas que surgem desse relacionamento."

A falta de aplicação da Ergonomia no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é percebida também na produção têxtil, pois com o surgimento das grandes indústrias têxteis, muitos processos que antes eram executados apenas pela mão de obra humana, hoje são executados em grande maioria pelo grande maquinário existente de forma automatizada, onde o ser humano ocupa em grande parte apenas as fases de inspeção. Porém, a produção artesanal da fiação e tecelagem, ainda apresenta diversos desafios ergonômicos justamente pelo maquinário que, apesar de possuir baixa complexidade, não são adequados ergonomicamente ao trabalhador.

Desse modo, tem-se que a demanda pela implementação do fator ergonômico no processo de desenvolvimento de produtos no setor têxtil artesanal, neste caso em relação a roca de fiar, demonstra ser relevante. Afinal, o lançamento de novos produtos ou a melhoria da qualidade dos existentes no mercado também fazem parte do escopo do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) e são duas questões relevantes para a capacidade competitiva das empresas (ROZENFELD et al., 2006).

1.1 JUSTIFICATIVA

As justificativas utilizadas para a escolha do tema que abrange este trabalho são:

- Necessidade da identificação das demandas ergonômicas no processo artesanal de fiação de lãs de carneiro, que é realizado por uma roca de fiar em uma empresa Empresa Catarinense;
- Analisar o relato da trabalhadora (fiandeira), sobre os problemas relacionados à roca de fiar;

- Desenvolvimento de um produto que integre a Ergonomia ao Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP).

1.2 OBJETIVOS

Por meio da justificativa explicitada, tem-se a delimitação, a seguir, dos objetivos geral e específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Tem-se por objetivo geral o desenvolvimento de um equipamento de processo de fiação manual de lãs de carneiro (roca de fiar) visando a qualidade e otimização do processo artesanal, além da atenção à saúde do trabalhador.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que foram delimitados para este trabalho são:

- Analisar a atividade de trabalho do operador da roca de fiar;
- Identificar as demandas ergonômicas e os requisitos técnicos para o desenvolvimento do produto;
- Gerar alternativas de solução que atendam os requisitos técnicos e ergonômicos.

1.2.3 Delimitações da Pesquisa

Não está no escopo deste trabalho a Análise de Custos envolvidos no desenvolvimento da roca de fiar, incluindo os valores dos materiais que devem ser utilizados, e tampouco a disponibilização de um protótipo físico para a realização de testes de falhas físicas e estudo da capacidade de carga. Ainda, não está no escopo deste trabalho a realização de uma análise minuciosa de Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSC) no desenvolvimento das alternativas de Concepção do Produto, mas ainda sim são estipuladas formas geométricas e a estrutura do produto através da modelagem em três dimensões. Além do mais, o levantamento dos

dados e as análises são feitas em uma empresa familiar, contendo apenas uma funcionária, que é a proprietária da empresa e artesã.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Fundamentação Teórica é dividida em três grupos que buscam introduzir e apresentar o tema que compõe a análise explicitada nos objetivos deste trabalho. Assim, o primeiro grupo trata da apresentação e funcionamento do equipamento que será objeto desse estudo, que é a Roca de Fiar artesanal. O segundo grupo busca apresentar a engenharia de produção e seus objetivos, além de apresentar as grandes áreas que a compõem. Ainda no segundo grupo, busca-se entender o papel da ergonomia dentro da engenharia de produção, incluindo os aspectos sobre a ergonomia no ambiente empresarial no Brasil, implementada através da Norma Regulamentadora 17 onde é definida a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e as etapas que a compõem.

O terceiro grupo evidencia o que é o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), qual é a importância dele dentro de uma empresa e apresenta o conceito de modelo referencial do PDP. Tendo o conceito de modelo referencial do PDP explicado, é apresentado então dois modelos que serão utilizados para alcançar os objetivos deste trabalho: o Modelo Referencial de Rozenfeld et al. (2006) e o Modelo Referencial de Baxter (2000).

2.1 ROCA DE FIAR

A roca de fiar é uma máquina que permite transformar fibras de lã de carneiro a ponto de torná-las um fio para ser usado para tecer tecidos. Ela é composta, de forma geral, como mostra a Figura 1, por um fuso, um carretel, um pedal e um eixo de transmissão com duas roldanas e uma correia.

Tendo as fibras de lã já preparadas e livres de impurezas ou detritos, o processo de fiação começa através da alimentação da roca com a colocação da fibra de lã, em forma de mecha, através de um orifício na parte superior da roca onde é direcionada para a área de torção. O processo de torção acontece com o acionamento da roldana inferior através do pedal, onde um eixo de transmissão, que conecta duas roldanas através de uma correia, faz com que a roldana superior, o

fuso e o carretel comecem a girar. Desse modo, girando em uma velocidade que é controlada pelo fiador, a fibra é torcida entre o fuso e o carretel, criando o fio de lã de carneiro.

Esse processo pode ser demorado e exige muita prática e habilidade do fiador para conseguir produzir um fio de alta qualidade, com as características necessárias, como espessura e rigidez.

Figura 1 - Modelo de Roca de Fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

Demonstrado pela Figura 1, o pedal, que se localiza do lado inferior direito, é o responsável por acionar a roldana inferior. Acionada a roldana inferior, o movimento de rotação é transmitido para a roldana localizada na parte superior da roca de fiar, mais precisamente no carretel, através de uma correia. Com o carretel em movimento, ocorre a transmissão do movimento para o eixo principal da roca através do atrito, que é onde estão alocados o carretel e o fuso. Com o eixo principal em rotação, o fuso, peça principal que realiza a torção das fibras de lã, também rotaciona por conta do atrito que possui entre ele e o eixo principal da roca.

2.2 ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E ERGONOMIA

A Engenharia de Produção é uma área que se dedica a otimizar processos produtivos, aumentar a eficiência e reduzir custos em diferentes tipos de indústrias e empresas. Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO),

a Engenharia de Produção é definida como a área do conhecimento que se dedica ao projeto, à melhoria e à implementação de sistemas integrados de pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia, tratando da gestão dos recursos humanos, financeiros e materiais, da análise, do projeto e da melhoria de sistemas produtivos integrados, bem como do projeto, desenvolvimento e melhoria de produtos e serviços.

Ainda, segundo Martins e Laugeni (2019), a Engenharia de Produção busca otimizar o uso dos recursos, maximizar a produtividade, reduzir custos e garantir a qualidade dos produtos e serviços. Desse modo, segundo a ABEPRO, tem-se que a Engenharia de Produção abrange dez grandes áreas, sendo elas:

1. Engenharia de Operações e Processos da Produção;
2. Cadeia de Suprimentos;
3. Pesquisa Operacional;
4. Engenharia da Qualidade;
5. Engenharia do Produto;
6. Engenharia Organizacional;
7. Engenharia Econômica;
8. Engenharia do Trabalho;
9. Engenharia da Sustentabilidade;
10. Educação em Engenharia de Produção.

Assim, dentro da grande área da engenharia do trabalho, tem-se a Ergonomia, que é responsável por tratar da adaptação do ser humano ao trabalho e é considerada multidisciplinar, com aplicação de conhecimentos de anatomia, fisiologia, psicologia e antropometria para projetar ou remodelar ambientes e equipamentos que se adequem às características físicas e mentais do trabalhador. Segundo Lida (2005), a Ergonomia é a ciência que estuda a relação entre o homem e o trabalho, visando melhorar a eficiência, a segurança e o bem-estar dos trabalhadores, ajudando a minimizar os riscos de lesões ocupacionais, como as Lesões por Esforços Repetitivos (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT).

De acordo com Martins e Laugeni (2019), a Ergonomia pode contribuir para a redução de acidentes de trabalho, para a melhoria do conforto e da saúde dos trabalhadores, para a otimização do uso dos equipamentos e para a maximização da produtividade. Além disso, a ergonomia é capaz de contribuir para a motivação e

satisfação dos trabalhadores, o que pode aumentar a sua produtividade e reduzir o seu absenteísmo na realização das atividades de trabalho. Ainda, segundo a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), a ergonomia é a disciplina científica preocupada com a compreensão das interações entre humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema.

2.2.1 Norma Regulamentadora 17 (NR-17)

No Brasil, o estabelecimento de diretrizes e requisitos de ergonomia em organizações se dá através da Norma Regulamentadora 17 (NR-17), criada pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, que tem por objetivo estabelecer as diretrizes e os requisitos que permitem adaptar o trabalho às condições psicofisiológicas do trabalhador de modo a proporcionar conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente no trabalho no Brasil (BRASIL, 1990). Ainda, a norma estabelece que as empresas devem realizar a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) a fim de identificar possíveis riscos ergonômicos presentes no ambiente de trabalho, com o objetivo de implementar medidas que reduzam ou eliminem o risco, sendo aplicada nos mais diversos setores da economia, desde que envolvam atividades realizadas pelo ser humano. Porém, segundo a Norma Regulamentadora 17, a obrigatoriedade da organização em realizar a avaliação ergonômica se dá quando: observada a necessidade de uma avaliação mais aprofundada da situação; identificadas inadequações ou insuficiência das ações adotadas; sugerida pelo acompanhamento de saúde dos trabalhadores, nos termos do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional e da alínea "c" do subitem 1.5.5.1.1 da Norma Regulamentadora 01; indicada causa relacionada às condições de trabalho na análise de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho, nos termos do Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR.

2.2.1.1 Análise Ergonômica do Trabalho (AET)

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) consiste em uma abordagem metodológica proposta pela Ergonomia, estruturada em várias etapas que se

encadeiam com o objetivo de compreender e transformar o trabalho com uma grande variedade de ferramentas que podem ser usadas para a coleta de dados, escolhidas em função da natureza dos problemas colocados no momento da demanda (ABRAHÃO *et al.*, 2009). Segundo Másculo e Vidal (2011), numa primeira ordenação, uma AET consiste nas seguintes características: combina técnicas de observação com métodos de quantificação e procedimentos interacionais; busca combinar procedimentos de descrição, validação e modelagem; e opera com variáveis quantitativas e qualitativas. A AET, que consiste em uma análise sistêmica, mostra que os determinantes de uma tarefa são múltiplos, sendo possível, segundo Abrahão *et al.* (2009, p. 232), "elaborar soluções integradas que contemplem questões referentes aos aspectos físicos do posto de trabalho, as características das ferramentas, a arquitetura dos sistemas de informação, a divisão das tarefas, a organização dos tempos de trabalho, às características do ambiente de trabalho, entre outros."

Conforme a NR-17, a AET deve incluir as seguintes etapas:

- análise da demanda e reformulação do problemas;
- análise do funcionamento da organização, dos processos, das situações de trabalho e da atividade;
- descrição e justificativa para definição de métodos, técnicas e ferramentas adequadas para a análise e sua aplicação;
- estabelecimento de diagnóstico;
- recomendações para as situações de trabalho analisadas;
- restituição dos resultados, validação e revisão das intervenções efetuadas.

Para Guérin *et al.* (2001), a AET consiste em cinco etapas: análise da demanda; análise da tarefa; análise da atividade; diagnóstico; e recomendações. Sendo as primeiras três etapas voltadas para a análise e que permitem que seja realizado posteriormente o diagnóstico a fim de formular as recomendações ergonômicas.

2.2.1.1.1 Análise da Demanda

A Análise da Demanda consiste na definição do problema a ser analisado, a partir de uma negociação com os diversos atores sociais envolvidos (MERINO,

2020). Ela procura entender a natureza e a dimensão do(s) problema(s) ou da(s) situação(ões) problemática(s) (IIDA, 2005). A formulação inicial da demanda geralmente é colocada em termos de problemas a serem resolvidos isolados do contexto e sua análise permite reformular e hierarquizar os diferentes problemas colocados, os articular e pode até mesmo evidenciar novos problemas (ABRAHÃO et al., 2009).

Segundo Abrahão *et al.* (2009), a Análise da Demanda visa:

- Formalizar as diferentes informações;
- Compreender melhor a natureza das questões e os problemas concretos dos operadores;
- Ponto de partida para as fases subsequentes da ação;
- Avaliar a amplitude do problema levantado;
- Identificar as diferentes lógicas sobre o mesmo problema;

Ainda segundo Abrahão *et al.* (2009), na maioria das vezes, a primeira formulação da demanda tende a ser carregada pelo ponto de vista de quem a formula, ou seja, pelos atores sociais que a compõem, e a partir daí que se começa a construção do problema, podendo confrontar os diferentes pontos de vista a fim de enriquecer a demanda a ponto de articular diferentes representações do problema levantado. Sendo esta etapa fundamental, pois permite que os diferentes atores sociais possam expressar suas representações sobre o problema. Entretanto, pode-se haver uma falta de consenso entre esses atores, sendo necessário haver um processo de negociação entre as partes para delimitar o problema, além da definição de outros aspectos, como os prazos e custos para a apresentação das recomendações ergonômicas (IIDA, 2005).

2.2.1.1.2 Análise da Tarefa

Na Análise da Tarefa, tem-se o que o trabalhador de fato deve realizar e as condições ambientais, técnicas e organização desta realização (MERINO, 2020). Para analisar o trabalho é importante que seja caracterizada a inserção do trabalho no processo de produção da empresa, considerando que todas as tarefas estão incluídas em um processo (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

O processo de análise da tarefa envolve a coleta de dados das demandas da tarefa, a representação desses dados de tal forma que se possa realizar comparações significantes entre as demandas do sistema e a capacidade do operador, sendo, portanto, uma metodologia apoiada por um número de técnicas específicas que buscam ajudar o analista a coletar informações, organizá-las e utilizá-las para fazer julgamentos, emitir diagnósticos ou tomar decisões no projeto (MORAES; MONTALVÃO, 2000).

Segundo Abrahão *et al.* (2009), a Análise da Tarefa busca organizar as informações para:

- Assegurar domínio sobre os dados técnicos referentes à situação do trabalho;
- Servir de base para a construção de hipóteses e para a elaboração de um pré-diagnóstico;
- Constituir ferramentas de referência úteis para a descrição e a interpretação dos dados que foram produzidos pela análise da demanda;
- Prover-se de apoio para a demonstração e a comunicação com diferentes interlocutores;

Os impactos representados no desempenho do sistema pela análise da tarefa são: alocar funções entre homens e máquinas e definir o papel do operador no controle do sistema; definir características e competências do pessoal necessário para capacitação do pessoal, buscando realizar a tarefa eficientemente; determinar a equipe e a organização do trabalho; adequação do design de interface e da tarefa; propiciar a aquisição de habilidades e conhecimentos; garantir desempenho (MORAES; MONTALVÃO, 2000). Desse modo, a análise da tarefa proporciona uma melhor integração do ser humano dentro de um processo.

2.2.1.1.3 Análise da Atividade

A Análise da Atividade consiste na forma em que o trabalhador efetivamente executa a tarefa. É a análise do comportamento do homem no trabalho (MERINO, 2020). A atividade é influenciada por fatores internos e externos, sendo os fatores internos aqueles que localizam-se no próprio trabalhador, sendo caracterizados pela sua formação, experiência, idade, sexo e outros, e os fatores externos aqueles que

se referem as condições em que a atividade é executada, que são classificados como: conteúdo do trabalho (objetivos, regras e normas); organização do trabalho (equipes, horários e turnos); e meios técnicos (máquinas, equipamentos, arranjo e dimensionamento do posto de trabalho, iluminação e temperatura) (IIDA, 2005).

Segundo Abrahão *et al.* (2009), tem-se como variáveis usuais coletadas durante a análise da atividade:

- A localização e os deslocamentos;
- A exploração visual do trabalhador, onde ele busca as informações visuais;
- As comunicações entre os indivíduos;
- As posturas do trabalhador durante o trabalho;
- As ações, incluindo gestos e objetos manipulados;
- As verbalizações;
- Instrumentos e outras técnicas;
- As condições do ambiente físico.

Portanto, a AET analisa as diferenças entre o trabalho que é prescrito, que é observado através da Análise da Tarefa, e a forma com que o trabalho realmente é executado, no que tange a Análise da Atividade. Desse modo, se conclui que a AET não pode apenas basear-se nas tarefas, devendo ela observar como as mesmas se distanciam da realidade (IIDA, 2005).

2.2.1.1.4 Diagnóstico e Recomendações Ergonômicas

O diagnóstico é o fruto do processo de análise anteriormente conduzido, ou seja, através das três etapas anteriores, não se resumindo apenas à interpretação dos dados da análise sistemática, mas sim em um recorte feito pelos responsáveis pela condução da ação ergonômica visando melhor identificar a expressão dos fenômenos significativos, de modo a relacionar a atividade desenvolvida com as questões colocadas desde a demanda (ABRAHÃO *et al.*, 2009). Ainda, o diagnóstico ergonômico não consiste em relacionar o problema particular a uma classe de problemas já bem conhecidos, ao contrário do diagnóstico médico, e sim consiste numa criação original que tenta dar conta da integração na atividade dos operadores dos constrangimentos da situação particular (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Segundo Guérin *et al.* (2001), o ergonomista tem a responsabilidade de não limitar seu diagnóstico aos fatores imediatamente constatados na situação de trabalho envolvida e de advertir a empresa para certos aspectos da sua gestão, da sua organização ou dos seus processos, de forma a contribuir com uma transformação rápida da situação de trabalho perigosa.

Após o diagnóstico, tem-se a elaboração das recomendações que irão servir para a concepção e para o projeto das transformações do trabalho (ABRAHÃO *et al.*, 2009). Elas referem-se às providências que devem ser tomadas para resolver o problema diagnosticado, sendo claramente especificadas, descrevendo todas as etapas que são necessárias para a resolução do problema (IIDA, 2005).

2.3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP)

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é uma subárea dentro de uma das dez grandes áreas da Engenharia de Produção denominada de Engenharia do Produto. A Engenharia do Produto, segundo a ABEPRO, é classificada como um conjunto de ferramentas, processos de projeto, planejamento, organização, decisão e execução envolvidas nas atividades estratégicas e operacionais de desenvolvimento de novos produtos, compreendendo desde a concepção até o lançamento do produto e sua retirada do mercado com a participação das diversas áreas funcionais da empresa.

Mas para entender o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é importante primeiramente entender os conceitos de produto e de processo. Segundo Kotler e Armstrong (2008, p. 274) um produto é definido como "qualquer coisa que possa ser oferecida em um mercado para receber atenção, ser adquirido, usado ou consumido a fim de satisfazer uma necessidade ou um desejo", não sendo limitado apenas a bens tangíveis, mas também a serviços, eventos, pessoas, lugares, organizações, ideias ou combinações dessas entidades. Já segundo a ABNT (2000), através da NBR ISO 9000, o produto é resultado de um conjunto de atividades que são inter-relacionadas ou interativas que transformam insumos em produtos. Por outro lado, o processo é considerado "um conjunto de atividades realizadas em uma sequência lógica com o objetivo de produzir um bem ou serviço que tem valor para um grupo específico de clientes" (ROZENFELD *et al.*, 2006, p. 10).

Assim, tem-se no amplo ambiente de negócios, onde muitas empresas competem entre si pela conquista de consumidores, a corrida pela criação de produtos, ou até mesmo o aprimoramento de produtos já existentes, que não só satisfaçam as necessidades do mercado, mas que também tragam inovação no segmento para tornarem-se referência na visão do consumidor. Segundo Baxter (2000), as empresas precisam continuamente introduzir novos produtos para impedirem que empresas mais agressivas acabem conquistando parte do seu mercado. Dessa forma, a agilidade na elaboração de conceitos de novos produtos é fundamental para garantir que a empresa não perca parte do mercado por conta da demora na entrega de um produto. Portanto, é aí que surgem diversos modelos referenciais de Processos de Desenvolvimento de Produtos (PDP), onde buscam ordenar atividades através de uma sequência lógica dentro das equipes de desenvolvimento de produtos a fim de agilizar a concepção de novos produtos.

Segundo Rozenfeld et al. (2006), desenvolver produtos consiste num conjunto de atividades por meio das quais busca-se chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção para que a manufatura seja capaz de produzi-lo, levando em conta as necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, além de considerar as estratégias competitivas e de produto da empresa. Ainda segundo o autor, esse processo não se limita apenas ao desenvolvimento do projeto do produto, sua concepção e sua entrega ao consumidor final, mas também atividades de acompanhamento do produto após seu lançamento para realização de eventuais mudanças no produto ou até mesmo optando pela sua descontinuidade (ROZENFELD et al., 2006).

Desse modo, o PDP é um processo de negócio importante para a sobrevivência das empresas frente a um mercado consumidor cada vez mais exigente e globalizado. Portanto, casos bem-sucedidos de empresas e países em termos de desenvolvimento de produtos evidenciaram que o desempenho desse processo depende muito do modelo e das práticas de gestão que são adotadas (ROZENFELD et al., 2006). Logo, compreender o PDP como um fluxo de atividades e informações auxilia na comunicação entre todos os agentes envolvidos no processo, de modo que exista a compreensão do papel de cada agente interno e/ou externo da empresa dentro do processo.

Dessa maneira, por abranger um espectro grande de agentes envolvidos dentro de uma empresa, o PDP, segundo Baxter (2000), envolve diversos interesses e habilidades, sendo eles:

- Os consumidores desejam novidades em produtos cada vez melhores e a preços razoáveis;
- Os vendedores desejam que os produtos sejam diferenciados e que tenham vantagens competitivas;
- Os engenheiros de produção buscam pela simplicidade na fabricação através de uma montagem mais simplificada;
- Os designers desejam implementar novos materiais, processos e soluções formais; e
- Os empresários desejam investir pouco e retorno rápido de capital.

Portanto, é necessário buscar atender aos mais diversos interesses envolvidos, mas sempre ponderando entre os fatores que adicionam valor ao produto, como aumento da funcionalidade e a melhoria de qualidade, e fatores que provocam o aumento de custo, como a escolha de componentes mais caros para o produto e a dilatação do tempo de projeto (BAXTER, 2000). Além disso, para Rozenfeld et al. (2006), envolver pessoas com diferentes visões do produto ainda na fase de desenvolvimento pode antecipar problemas e soluções, além de reduzir o tempo de lançamento do produto.

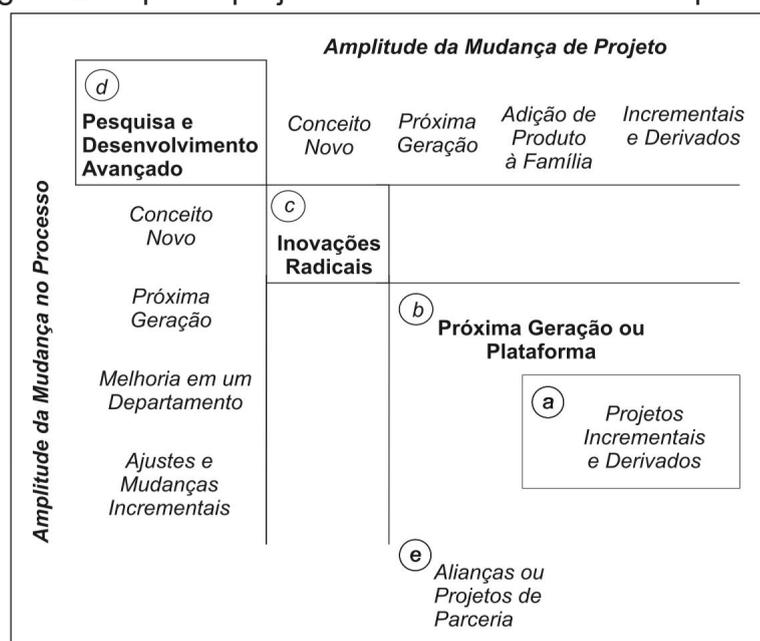
Ainda, o PDP, segundo Rozenfeld et al. (2006), quando comparado aos outros processos de negócios, possui diversas especificidades, sendo elas:

- Elevado grau de incertezas e riscos das atividades e dos seus resultados;
- Decisões importantes devem ser tomadas no início do processo, que é quando as incertezas são maiores;
- Há maior dificuldade em mudar decisões nas fases subsequentes;
- As atividades básicas seguem um ciclo iterativo do tipo: Projetar-Construir-Testar-Otimizar;
- Manipulação e geração de alto volume de informações;
- As informações e atividades provêm de várias fontes e áreas da empresa e da cadeia de suprimentos; e
- Há multiplicidade de requisitos a serem atendidos, considerando todas as fases do ciclo de vida do produto e seus clientes.

Então, observa-se que o PDP necessita de etapas muito bem definidas a fim de evitar possíveis erros ou dúvidas na sua execução, evitando que problemas surjam em etapas mais avançadas do projeto, onde qualquer erro cometido pode resultar em elevados custos para a empresa que, em casos mais extremos, pode optar pelo fim do lançamento do produto. E para que sejam evitados problemas no desenvolvimento de produtos é importante que se entenda o tipo de projeto no qual o produto está inserido.

Rozenfeld et al. (2006) exemplifica que os projetos de desenvolvimento de produtos podem ser classificados por diversos critérios e cita que o mais comum é baseado no grau de mudanças que o projeto representa com base ao grau de inovação em relação aos projetos anteriores e apresenta, conforme mostra a Figura 2, as classificações mais usuais nos setores de bens de capital e de bens de consumo duráveis.

Figura 2 - Tipo de projetos de desenvolvimento de produtos



Fonte: Rozenfeld et al. (2012)

Com base nisso, Rozenfeld et al. (2006) exemplificam alguns tipos de projetos, sendo eles: projetos radicais (*breakthrough*), que são os que envolvem significativas modificações no projeto do produto ou de processo existente, podendo criar uma nova categoria ou família de produtos; projetos plataforma ou próxima geração, que representam alterações significativas no projeto do produto ou

processo, sem introdução de novas tecnologias ou materiais, mas representando um novo sistema de soluções para o cliente; projetos incrementais ou derivados, que são aqueles que criam produtos e processos que são derivados, híbridos ou com pequenas modificações em relação aos projetos já existentes; projetos *follow-source*, que são mais comuns no Brasil e consistem em projetos que chegam da matriz ou de outras unidades do grupo ou de clientes e que não requerem alterações significativas da unidade brasileira que irá adequar o projeto e produzir o produto, realizando apenas algumas adaptações conforme a realidade local; e projetos de pesquisa avançada, que são menos comuns, mas têm por característica o objetivo de criar conhecimento para projetos futuros, sendo precursores do desenvolvimento comercial.

Por outro lado, a partir do momento em que é evidenciado dentro da empresa a importância do PDP e de se obter bons resultados através dele a partir de boas práticas de gestão, é sugerido que seja adotado um modelo de referência adequado, de tal forma que oriente a estruturação e gestão desse processo (ROZENFELD et al., 2006).

2.3.1 Modelo Referencial do PDP

Tendo em vista que o processo de desenvolvimento de produtos é complexo e exige uma certa familiaridade dos profissionais com o assunto, é importante que haja um norte para auxiliar os profissionais e é justamente por isso que surgem os mais diversos modelos referenciais do PDP, para auxiliar os envolvidos na gestão do PDP a terem bem definidas as etapas que devem ser seguidas na criação do projeto do produto. Segundo Rozenfeld et al. (2006), obter um modelo referencial do PDP significa descrever as atividades, recursos, informações, fases, responsabilidades e outras possíveis dimensões do processo, servindo como guia para todos os projetos de desenvolvimento de produtos dentro da empresa.

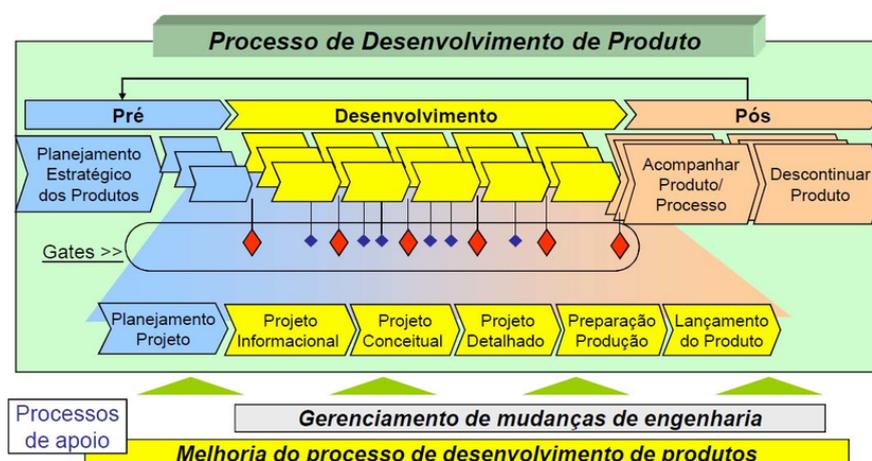
De modo geral, um modelo de referência costuma apresentar um conjunto de macro etapas, atividades e tarefas que buscam padronizar o desenvolvimento de produtos. Assim, segundo Gomes (2008), ter uma metodologia estruturada traz três vantagens diretas: torna o processo de decisão explícito; fornece listas para o controle do processo; e documenta de forma estruturada a história do processo.

2.3.1.1 Modelo Referencial de Rozenfeld et al. (2006)

O modelo referencial desenvolvido por Rozenfeld et al. (2006) é dividido em três macrofases, sendo elas: Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento. Essas macrofases são subdivididas em fases e atividades. Segundo Rozenfeld et al. (2006), uma fase é determinada pela entrega de um conjunto de resultados (*deliverables*) que juntos determinam um novo patamar de evolução do projeto de desenvolvimento e, quando as fases são finalizadas, ou seja, que já foram avaliadas e consideradas como satisfatórias, elas têm seus resultados "congelados", tendo as informações disponibilizadas para todos, mas não sendo mais possível que hajam modificações. Ainda, segundo Rozenfeld et al. (2006), a avaliação dos resultados de cada fase serve também como um marco importante para reflexão sobre o andamento do projeto, antecipando problemas e gerando aprendizado para a empresa.

O modelo apresentado por Rozenfeld et al. (2006) é organizado de forma sequencial para facilitar a visualização e apresentação de cada etapa, tornando o processo de desenvolvimento de produto mais intuitivo e de fácil compreensão, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Modelo Referencial de PDP de Rozenfeld et al. (2006)



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

A macrofase de pré-desenvolvimento contém as fases de Planejamento Estratégico dos Produtos e a de Planejamento do Projeto. Na fase de planejamento estratégico dos produtos "são consideradas as estratégias de mercado da empresa

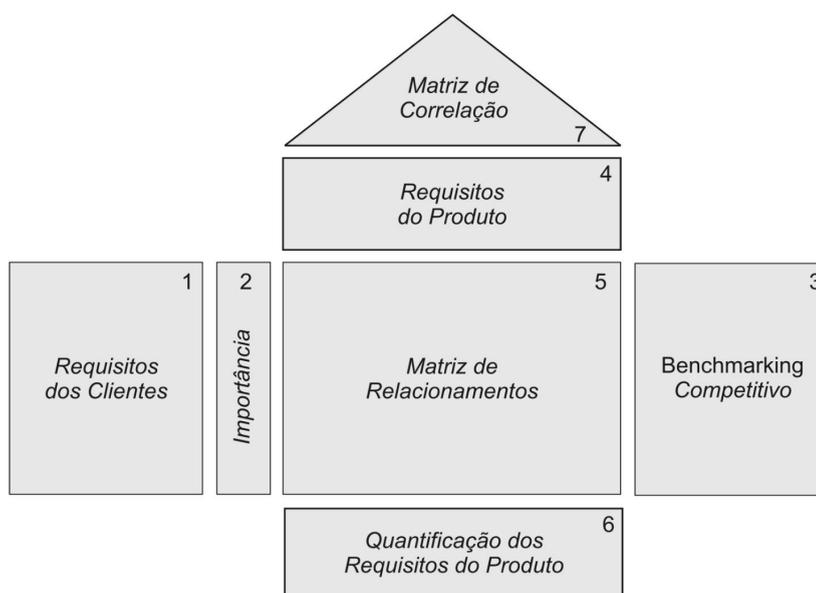
e também as tecnológicas" e "envolve todo o conjunto de produtos da empresa e sua relação com os mercados que se deseja atingir" (ROZENFELD et al., 2006, p. 45). Já a fase de planejamento do projeto trata de aspectos de um produto específico do portfólio, detalhando o escopo do produto e do projeto e os recursos que serão necessários, tanto o tempo quanto o custo, resultando em dois documentos principais: o portfólio de produto e a minuta do projeto.

Dentro da macrofase de desenvolvimento, são definidas e distribuídas as seguintes fases:

- Projeto informacional - onde são criadas os Requisitos Técnicos do Produto, ou especificações-meta, que são as especificações que se deseja obter ao finalizar as atividades de engenharia e são compostas por requisitos e informações qualitativas do futuro produto;
- Projeto Conceitual - nesta fase são geradas e estudadas soluções de projeto até que se encontre a melhor solução possível a fim de atender as especificações-meta, que são resumidas em um conjunto de documentos que são chamados de Concepção do Produto;
- Projeto Detalhado - aqui a concepção do produto é detalhada e transformada em um documento com as especificações finais, detalhando cada item que compõe o produto e seus respectivos processos de fabricação. Além disso, os documentos chamados de protótipo funcional, de projeto de recursos e de plano de fim de vida também são gerados nessa fase;
- Preparação da Produção - nesta fase o produto é certificado com base nos resultados dos lotes piloto, sendo aplicados testes com os produtos, preparando a homologação do produto e a sua liberação, a fim da empresa comunicar que o produto passa a ser produzido; e
- Lançamento do Produto - fase onde é emitido o documento oficial de lançamento do produto.

Vale destacar que o autor utiliza como principal ferramenta no Projeto Informacional a matriz QFD (*Quality Function Deployment*), conforme modelo apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo de matriz QFD



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

A matriz QFD é composta por sete matrizes que combinadas geram os Requisitos Técnicos do Produto. A primeira matriz corresponde aos Requisitos do Cliente, que são obtidos através da identificação das necessidades do cliente. Essas necessidades, na forma de variáveis linguísticas, podem ser obtidas através da utilização de listas de verificação ou por outros meios, como observação direta, entrevistas ou qualquer outro método de interação com o cliente (ROZENFELD et al., 2006). Essas necessidades então são agrupadas e classificadas a fim de identificar necessidades que são similares ou até mesmo irrelevantes para o projeto, gerando, portanto, os Requisitos do Cliente. Segundo Rozenfeld et al. (2006), os Requisitos do Cliente podem ser relacionados através de diversos aspectos, dentre eles: de desempenho funcional - que descrevem o comportamento desejado para o produto; de fatores humanos - que estão relacionados com a interface do produto com as pessoas; de propriedades físicas - como a aparência do produto; de propriedades mecânicas - que estão relacionadas ao desempenho mecânico do produto; e etc.

A segunda matriz, trata do grau de importância de cada requisito do cliente, onde é identificada qual é a visão do cliente sobre o requisito levantado, ou seja, quais são os requisitos que são mais importantes para ele na implementação no produto final.

Na terceira matriz, é identificada a situação atual do produto que está sendo projetado e comparado com os existentes no mercado, ou seja, em qual grau cada produto atende aos requisitos do cliente.

Já na quarta matriz, são elencados os requisitos do produto que, segundo Rozenfeld et al. (2006), representam como será medida a habilidade do produto para satisfazer os requisitos do cliente. Os Requisitos do Produto, também chamados pelo autor de Requisitos dos Clientes do Produto, são os parâmetros mensuráveis associados à descrição do desempenho esperado do produto (ROZENFELD et al., 2006). Desse modo, esses requisitos definem características definitivas que o produto tem ao ser finalizado o Processo de Desenvolvimento do Produto. De modo geral, os Requisitos do Produto buscam definir como é possível atender aos Requisitos do Cliente de forma técnica, ou seja, quais são os elementos necessários que devem ser utilizados no projeto do produto para atender às necessidades do cliente. Portanto, o Requisito do Cliente é o "o quê?" do projeto, enquanto o Requisito do Produto é o "como?".

Para a quinta matriz, é apresentada a "correlação entre os requisitos dos clientes (os 'quês') e os requisitos do produto (os 'como')" (ROZENFELD et al., 2006), representando as intensidades entre essas correlações.

Já na sexta matriz, cada requisito é quantificado, formando as especificações-meta do produto a ser desenvolvido. Segundo Rozenfeld et al. (2006), os requisitos técnicos, ou especificações-meta, são os requisitos do produto associados a valores-meta, reunindo parâmetros quantitativos e mensuráveis que o produto projetado deverá ter. Entretanto, segundo o autor, podem existir casos além desses requisitos, em que especificações-meta podem conter outros requisitos ou diretrizes que não são mensuráveis, desde que sejam entendidos como importantes pela equipe de desenvolvimento do produto. Desse modo, é necessário que sejam levantadas informações sobre os Requisitos do Cliente, para gerar os Requisitos do Produto e ainda realizar uma Análise dos Produtos Concorrentes.

Por fim, na matriz sete, são identificadas as interações entre todos os requisitos do produto.

Já na última macrofase, denominada de pós-desenvolvimento, onde o produto já está em produção e sendo comercializado, são determinadas duas fases: **acompanhar produto/processo** - onde é feito o acompanhamento do produto no mercado ou do processo de fabricação do produto a fim de identificar melhorias que

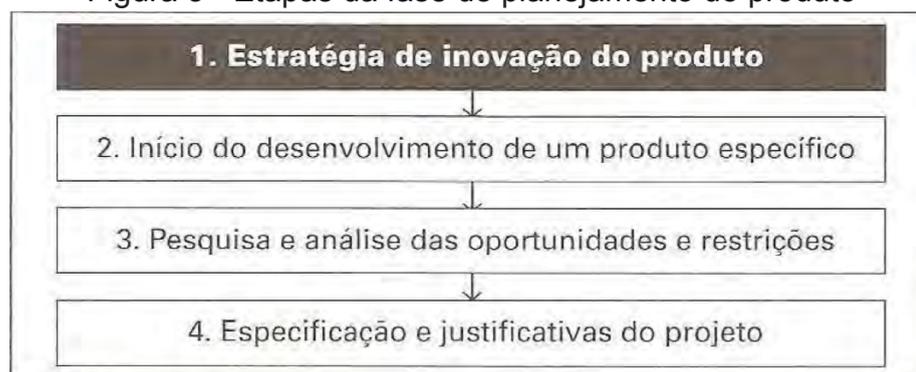
possam ser aplicadas ao produto/processo ou, caso contrário, seguir para a próxima fase; **descontinuar produto** - onde, após analisar o desempenho do produto/processo, é optado pela descontinuação do produto, planejando sua retirada do mercado consumidor.

2.3.1.2 Modelo Referencial de Baxter (2000)

O modelo referencial de Baxter (2000) apresenta de forma geral algumas fases para o processo desenvolvimento do produto. Segundo o autor, seu livro busca apresentar um modelo diferente dos demais livros sobre projeto de produtos, sendo que seu modelo "não apresenta um método a ser adotado como caminho único para o desenvolvimento de novos produtos", mas sim "uma estrutura para o gerenciamento do projeto de produto" (BAXTER, 2000, p. 5). Ainda, segundo Baxter (2000), dentro da estrutura gerencial proposta, são apresentados quadros, denominados "ferramentas" de projeto, a fim de condensar as principais etapas do PDP. Esse conjunto de ferramentas de projeto apresentado pelo autor se caracteriza por fazer uma abordagem sistemática do problema de desenvolvimento de produtos, por propor metodologias fortemente orientadas ao mercado e por apresentar técnicas que estimulam a criatividade na busca de soluções inovadoras. Entretanto, o próprio autor especifica que raramente é necessário usar todos os métodos simultaneamente, devendo ser utilizados apenas de acordo com as tarefas nas quais o profissional de PDP esteja trabalhando (BAXTER, 2000).

As fases apresentadas pelo autor são, de modo geral, quatro, sendo elas: planejamento do produto; projeto conceitual; configuração do projeto; e projeto detalhado. Na fase de planejamento do produto, vale ressaltar que ela é dividida em duas partes que são abordadas de forma distinta pelo autor. Na primeira abordagem, antes do projeto conceitual, busca-se propor um novo produto levando em consideração aspectos mercadológicos, como oportunidades e necessidades de mercado, análise de produtos concorrentes, sendo as etapas apresentadas na Figura 5.

Figura 5 - Etapas da fase de planejamento do produto



Fonte: Baxter (2000)

Na segunda abordagem do planejamento do produto, apresentada após a fase do projeto conceitual, o autor busca apresentar os desdobramentos da função qualidade do produto, apresentando etapas que podem ser seguidas para tal a fim de definir metas específicas do projeto. Para finalizar essa fase proposta pelo autor, é elaborado então o plano de desenvolvimento do projeto.

Já na fase do projeto conceitual, busca-se mostrar como o novo produto será feito para para atingir os benefícios básicos. Para isso, Baxter (2000, p. 174) ressalta que "é necessário que o benefício básico seja bem definido e se tenha uma boa compreensão das necessidades do consumidor e dos produtos concorrentes". Ainda, segundo o autor, existem dois segredos simples para o sucesso do projeto conceitual: gerar o maior número possível de conceitos; e selecionar o melhor deles. O processo dessa fase é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Etapas da fase do projeto conceitual

Etapas	Metodologia criativa	Projeto conceitual	Resultados	Métodos de projeto
1	Análise e definição do problema	Objetivos do projeto conceitual	Proposição do benefício básico, dentro das metas fixadas na especificação do projeto	Análise do espaço do problema
2	Geração de idéias sobre conceitos	Geração de conceitos possíveis	Geração de muitos conceitos	Análise das tarefas. Análise das funções do produto.
3	Seleção das idéias sobre conceitos	Seleção de conceito, de acordo com a especificação do projeto	Seleção do melhor conceito em comparação com as especificações do projeto	Matriz de seleção dos conceitos

Fonte: Baxter (2000).

Para a fase de configuração do projeto, objetiva-se projetar os componentes que fazem parte do produto, incluindo suas formas, funções, os materiais que serão utilizados e o processo de fabricação dos componentes do produto. Essa fase é

finalizada, segundo o autor, com a construção do protótipo experimental do produto para aplicar os testes de desempenho. Ainda segundo o autor, essa etapa compreende em quatro fases:

- Geração de idéias - a fim de explorar as mais diversas formas de fabricar o produto;
- Seleção de idéias - a fim de escolher a melhor idéia, tendo como base as especificações do projeto;
- Análise das possibilidades de falha e seus defeitos - para levantar os possíveis pontos de falha do produto; e
- Construção e teste do protótipo - para aprovar ou rejeitar o projeto.

Baxter (2000), ainda apresenta as entradas e principais resultados da fase de configuração do projeto, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Entradas e principais resultados da fase de configuração do projeto



Fonte: Baxter (2000)

Na última fase, chamada de projeto detalhado, que trabalha em cima dos resultados obtidos pela fase de configuração do projeto, é determinado como o produto será produzido, envolvendo decisões como fabricar pela própria empresa ou adquirir os componentes através de terceiros. Segundo Baxter (2000, p. 233), ao final do projeto detalhado "deve existir um conjunto completo de especificações do produto, que são instruções para a fabricação do produto, que são derivadas da especificação do projeto". No livro, o autor ainda apresenta as entradas e resultados da fase do projeto detalhado, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Entradas e principais resultados da fase de projeto detalhado



Fonte: Baxter (2000)

2.3.1.3 Diferenças entre os Modelos Referenciais de Rozenfeld et al. (2006) e Baxter (2000)

As diferenças entre os modelos referenciais de Rozenfeld et al. (2006) e de Baxter (2000) estão relacionadas principalmente à estrutura de cada modelo. Enquanto o modelo de Rozenfeld et al. (2006) é estruturado de forma sequencial, com etapas bem definidas, e bastante visual, com a apresentação de fluxogramas bem detalhados, o modelo de Baxter (2000) é apresentado como uma estrutura para o gerenciamento do projeto do produto. Desse modo, Baxter (2000) busca explicar o processo de desenvolvimento do produto de forma mais ampla, apresentando uma visão geral do PDP e recomendando ferramentas que auxiliem nesse processo.

Outra diferença entre os modelos é a forma como ambos abordam a Ergonomia no processo de Desenvolvimento do Produto. Enquanto Rozenfeld et al. (2006) cita brevemente a ergonomia, apresentando definições e a importância da implementação da ergonomia não somente no produto, mas também nos processos de fabricação dele, Baxter (2000) traz a Análise da Tarefa como uma importante ferramenta para entender como o consumidor pode interagir com o produto. Entretanto, Baxter (2000) apresenta tal análise apenas na etapa de Projeto Conceitual, onde é utilizada para o levantamento de alguns princípios de solução, como formas que o produto pode ter para atender a determinadas funções.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é classificada como qualitativa, onde preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Ainda, segundo Gerhardt e Silveira (2009), as características da pesquisa qualitativa são: a objetificação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender e explicar a precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno; observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados fidedignos; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências.

Quanto a natureza desta pesquisa, tem-se que ela é classificada como uma pesquisa aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Com relação aos objetivos da pesquisa, tem-se que são classificados como de objetivo exploratório, proporcionando maior familiaridade com o problema, com o propósito de torná-los mais explícitos e a partir disso construir hipóteses, podendo-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições (GIL, 2002).

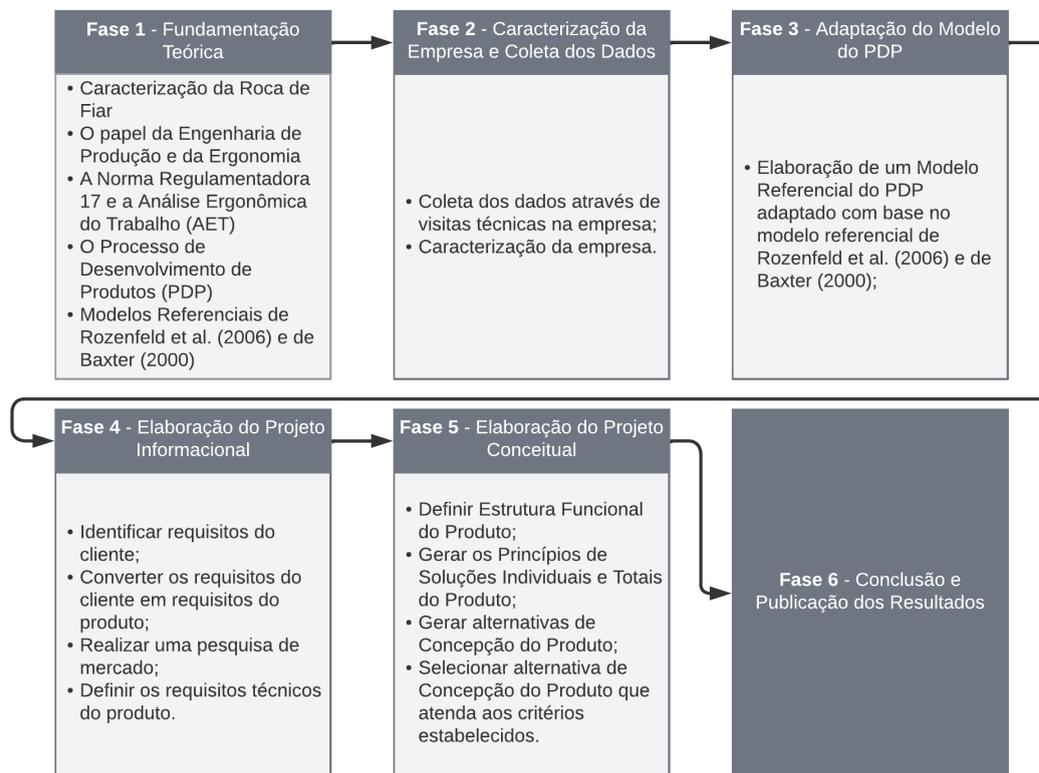
Em relação aos procedimentos desta pesquisa, tem-se que são classificados como de estudo de caso, que de forma geral é caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida, como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa ou uma unidade social, visando em conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial (FONSECA, 2002).

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A presente pesquisa busca desenvolver um novo equipamento, neste caso uma Roca de Fiar, que é a máquina responsável pelo processo artesanal de fiação das lãs de carneiro, através da adaptação de dois modelos referenciais para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP): o modelo referencial de Rozenfeld et al. (2006) e o modelo referencial de Baxter (2000). A escolha pela adaptação dos dois modelos se dá por dois fatores principais: o primeiro modelo é mais intuitivo, visual e melhor detalhado e o segundo busca trazer aspectos ergonômicos importantes ao produto através de ferramentas da Análise Ergonômica do Trabalho (AET).

Após a elaboração da adaptação do modelo que é utilizado para o desenvolvimento de uma nova roca de fiar, são apresentados os procedimentos e as atividades do modelo e as ferramentas que compõem as atividades. Ao chegar no final do modelo, tem-se a geração de três concepções da roca de fiar, geradas a partir de uma modelagem 3D, e a seleção de uma delas através dos critérios estabelecidos pela operadora da roca de fiar e proprietária da empresa. Desse modo, tem-se o fluxo de trabalho dividido em seis fases, como apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma do Método de Trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

Fase 1 – Revisão bibliográfica abrangendo os seguintes tópicos: i) Caracterização da Roca de Fiar; ii) A Engenharia de Produção e o papel da Ergonomia; iii) A Norma Regulamentadora 17 e a Análise Ergonômica do Trabalho (AET); iv) O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP); v) Modelos Referenciais do PDP; vi) Modelos Referenciais de Rozenfeld et al. (2006) e de Baxter (2000).

Fase 2 – Caracterização da Empresa e realização de visitas técnicas para a coleta de dados;

Fase 3 – Adaptação do Modelo Referencial com base no modelo de Rozenfeld et al. (2006) e de Baxter (2000);

Fase 4 – Elaboração do Projeto Informacional do Produto com base no Modelo Referencial adaptado, incluindo o levantamento dos requisitos do cliente através de entrevista informal e da observação assistemática. Ainda nesta fase, são analisadas as atividades desenvolvidas pela fiandeira para gerar recomendações ergonômicas para o produto em forma de requisitos do cliente. A fase é finalizada

com uma breve pesquisa de mercado e a definição dos requisitos técnicos do produto;

Fase 5 – Desenvolver o Projeto Conceitual conforme o Modelo Referencial adaptado, a fim de definir a Estrutura Funcional do produto e gerar os Princípios de Solução Individuais e Totais do produto para então fornecer alternativas de Concepção do Produto e selecionar a que mais atende ao critério estabelecido;

Fase 6 – Conclusão e Publicação dos Resultados.

3.2.1 Caracterização da Empresa

A empresa objeto de estudo deste trabalho é uma empresa pequena que conta com apenas uma funcionária, sendo ela a proprietária e a artesã envolvida no processo de fiação. A principal atividade da empresa é a venda de rolos de fios de lã personalizados conforme o pedido de cada cliente, variando a espessura, rigidez e cor das linhas. Ainda, a empresa utiliza como estratégia de marketing o fato de criar os fios de lã de forma artesanal, através das antigas técnicas de fiação manual de lãs de carneiro.

3.2.2 Coleta de Dados

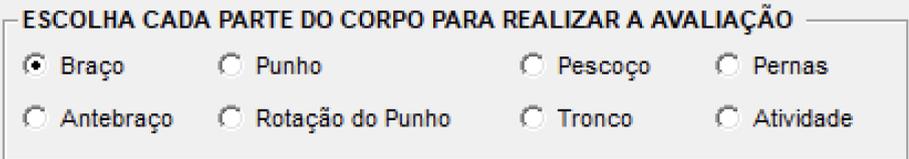
O processo de coleta de dados dessa pesquisa se deu através das técnicas de observação e entrevista. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a técnica de observação consiste em ver, ouvir e examinar os fatos, os fenômenos que se pretende investigar, desempenhando um papel importante no contexto de descoberta, obrigando o investigador a ter um contato mais próximo com o objeto de estudo. A participação do pesquisador na observação se deu de forma assistemática, ou seja, permanecendo abstraído da situação, observando de maneira espontânea a realização da atividade pela fiandeira na da roca de fiar, apenas controlando os dados obtidos de forma que sejam relevantes para a pesquisa em questão. A observação assistemática é comumente utilizada em estudos de caso exploratórios, não sendo necessária a utilização de meios técnicos especiais para a coleta de dados (GERHARDT; SILVEIRA; 2009).

A técnica de entrevista, segundo Gerhardt e Silveira (2009), é uma técnica de interação social, uma forma de diálogo assimétrico, em que uma das partes

busca obter dados e a outra se apresenta como fonte de informação. A entrevista com a fiandeira se deu de forma informal, a fim de possibilitar ao pesquisador um melhor aprofundamento no tema, juntando informações relevantes sobre o processo de fiação manual, incluindo requisitos de qualidade dos fios. Para Gerhardt e Silveira (2009), a entrevista informal é geralmente utilizada em estudos exploratórios, podendo fornecer pistas para o encaminhamento da pesquisa ou até mesmo possibilitando a revisão das hipóteses inicialmente levantadas.

Ainda, para a aplicação do **Método RULA** (*Rapid Upper Limb Assessment*), que é uma ferramenta utilizada para avaliar e identificar possíveis riscos de lesões musculoesqueléticas em atividades que são realizadas de forma repetitiva, é necessário levantar informações referentes ao posicionamento dos membros superiores e inferiores e a carga à qual eles estão submetidos. Desse modo, a ferramenta fornece um resultado final que indica a intervenção ergonômica que deve ser feita na atividade. O método em questão é aplicado através do uso do *software Ergolândia 8.0*. Os dados requisitados pelo *software* que aplica o método são referentes ao posicionamento dos braços, punhos, do pescoço, das pernas, do antebraço, da rotação do punho, do tronco e dados sobre a atividade que está sendo realizada, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 - Dados requisitados pelo Método RULA no *software Ergolândia 8.0*



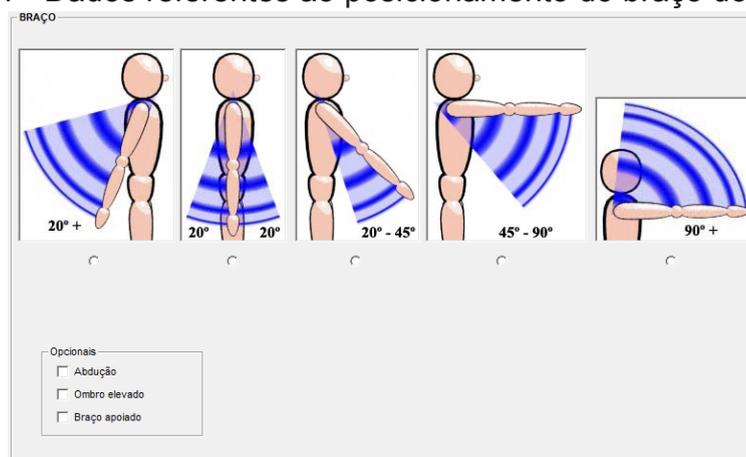
ESCOLHA CADA PARTE DO CORPO PARA REALIZAR A AVALIAÇÃO

<input checked="" type="radio"/> Braço	<input type="radio"/> Punho	<input type="radio"/> Pescoço	<input type="radio"/> Pernas
<input type="radio"/> Antebraço	<input type="radio"/> Rotação do Punho	<input type="radio"/> Tronco	<input type="radio"/> Atividade

Fonte: *Ergolândia 8.0*

Para os dados referentes ao posicionamento dos **braços**, tem-se que são analisadas a inclinação do braço, dada em graus, e através dos opcionais de movimento de abdução e movimento de ombro elevado, conforme mostrado na Figura 11.

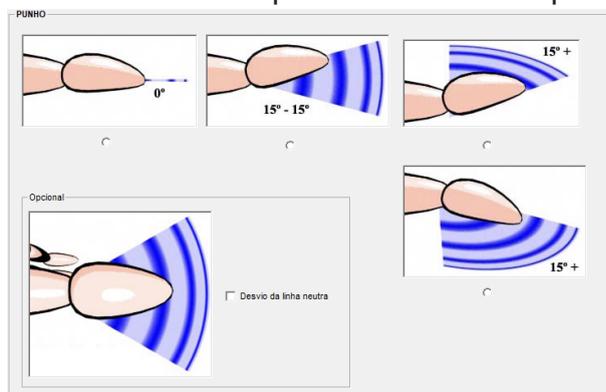
Figura 11 - Dados referentes ao posicionamento do braço do operador



Fonte: *Ergolândia 8.0*

Já os dados que são requisitados em relação ao **punho** do operador quando a atividade está sendo realizada são os de inclinação do punho e um opcional que representa o desvio do punho em relação à linha neutra, conforme apresentado na Figura 12.

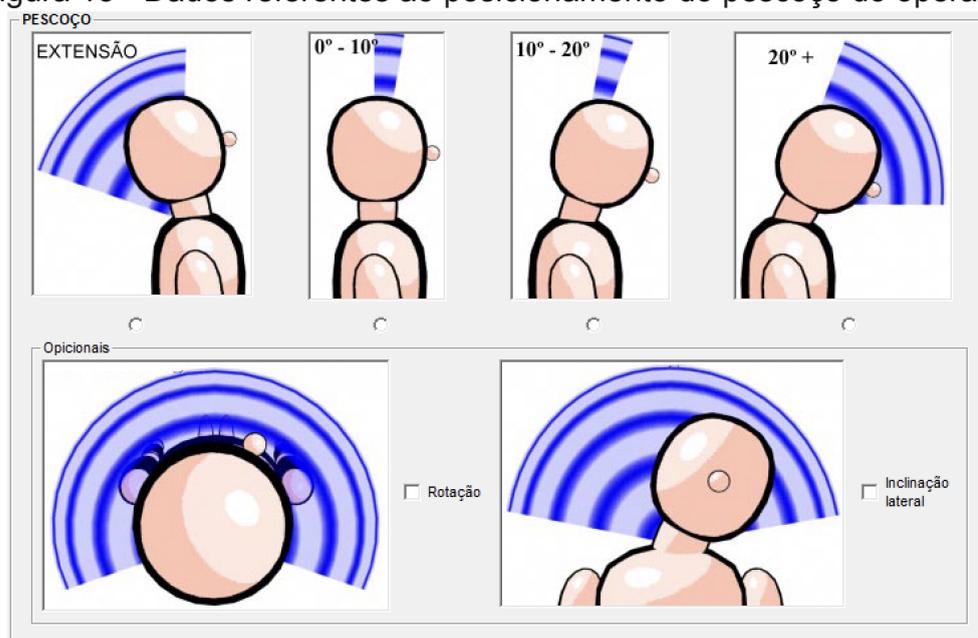
Figura 12 - Dados referentes ao posicionamento do punho do operador



Fonte: *Ergolândia 8.0*

Para os dados referentes ao **pescoço** do operador, conforme mostrado na Figura 13, são requisitadas as informações sobre a inclinação do pescoço, e os opcionais caso ocorra a rotação ou inclinação lateral do pescoço durante a realização da atividade.

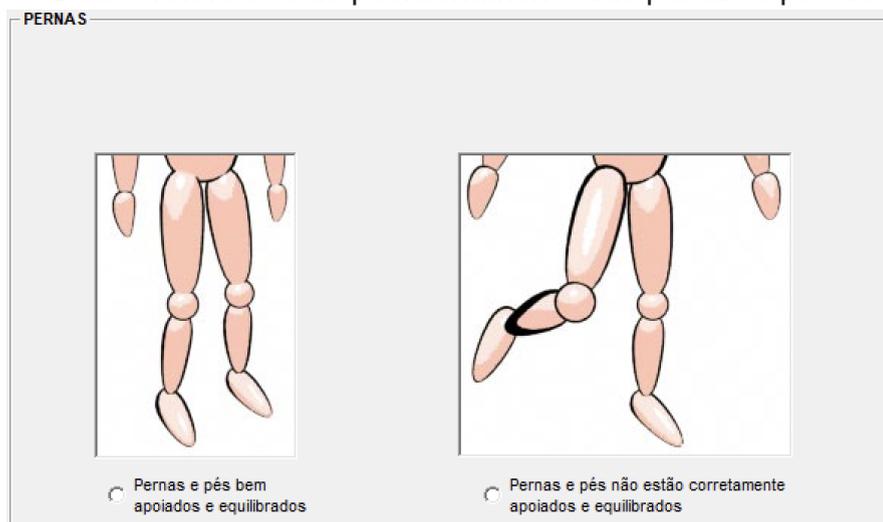
Figura 13 - Dados referentes ao posicionamento do pescoço do operador



Fonte: *Ergolândia 8.0*

Em relação ao posicionamento das **pernas** do operador durante a execução da atividade, tem-se se as pernas e pés estão bem apoiados e equilibrados ou se as pernas e pés não estão corretamente apoiados e equilibrados, conforme é mostrado na Figura 14.

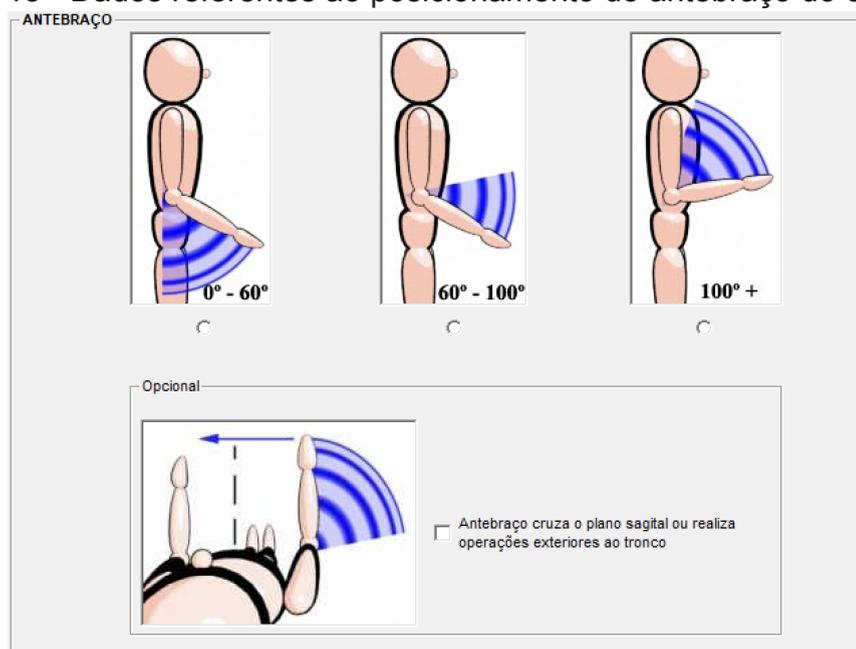
Figura 14 - Dados referentes ao posicionamento das pernas e pés do operador.



Fonte: *Ergolândia 8.0*

Já os dados do posicionamento do **antebraço** são os de inclinação do antebraço e o opcional de se ele cruza o plano sagital ou realiza operações exteriores ao tronco, conforme mostrado na Figura 15.

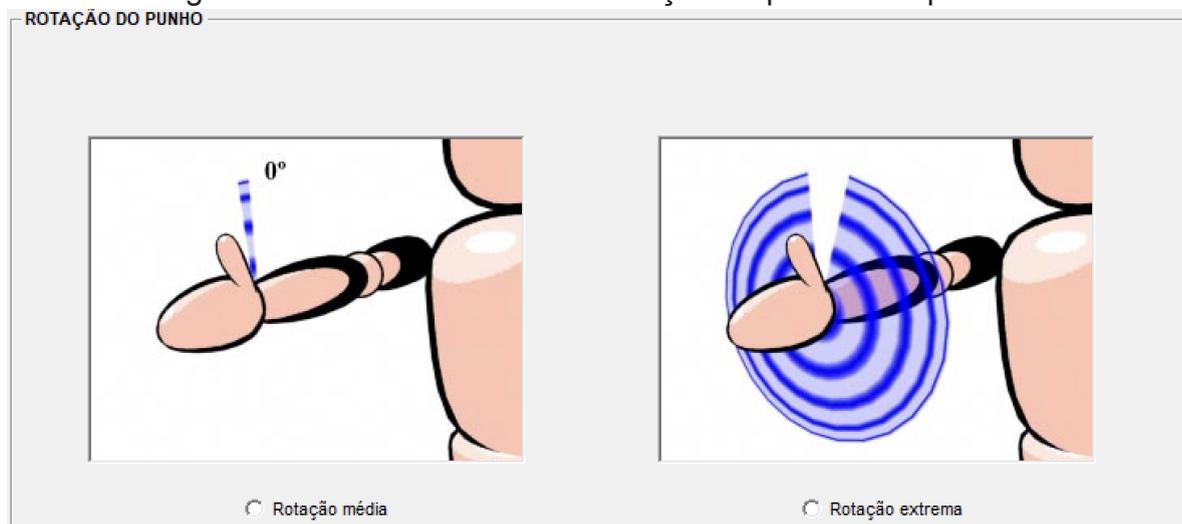
Figura 15 - Dados referentes ao posicionamento do antebraço do operador



Fonte: *Ergolândia 8.0*

Já os dados referentes à **rotação do punho** são se o punho realiza rotação média ou rotação extrema, conforme mostrado na Figura 16.

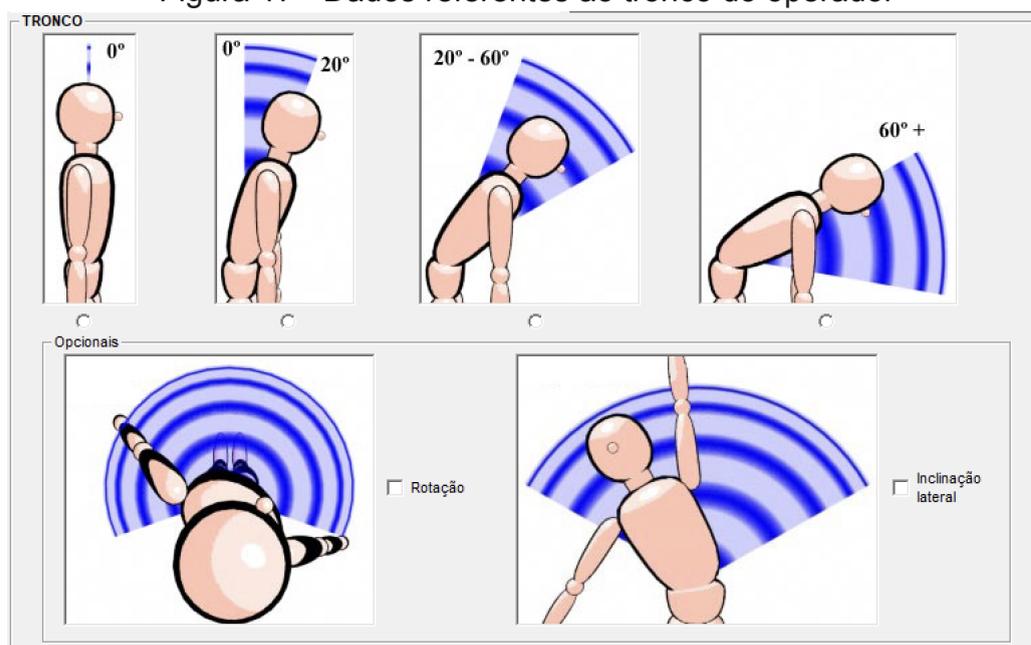
Figura 16 - Dados referentes à rotação do punho do operador.



Fonte: *Ergolândia 8.0*

Para os dados referentes à **posição do tronco**, é solicitada a inclinação que o tronco realiza durante a atividade e se ele rotaciona ou inclina lateralmente durante essa realização, conforme mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Dados referentes ao tronco do operador



Fonte: Ergolândia 8.0

Finalizando, tem-se os dados referentes aos **aspectos da atividade** realizada. Eles são divididos entre os Grupos A e B, conforme a Figura 18. O Grupo A corresponde ao uso da musculatura do braço, antebraço e punho e a carga da atividade realizada por esse grupo. Já o Grupo B, corresponde ao uso da musculatura e a carga realizada pelo pescoço, tronco e pernas do operador.

Figura 18 - Aspectos sobre a atividade realizada pelo operador

ATIVIDADE	
GRUPO A - Braço, Antebraço e Punho	GRUPO B - Pescoço, Tronco e Pernas
<p>Uso da musculatura</p> <p><input type="checkbox"/> Postura estática mantida por período superior a 1 min ou postura repetitiva, mais que 4 vezes/min</p>	<p>Uso da musculatura</p> <p><input type="checkbox"/> Postura estática mantida por período superior a 1 min ou postura repetitiva, mais que 4 vezes/min</p>
<p>Carga</p> <p><input type="radio"/> Sem carga ou carga menor que 2 Kg intermitente</p> <p><input type="radio"/> Carga entre 2 e 10 Kg intermitente</p> <p><input type="radio"/> Carga entre 2 e 10 Kg estática ou repetitiva</p> <p><input type="radio"/> Carga superior a 10 Kg intermitente</p> <p><input type="radio"/> Carga superior a 10 Kg estática ou repetitiva</p> <p><input type="radio"/> Há força brusca ou repentina</p>	<p>Carga</p> <p><input type="radio"/> Sem carga ou carga menor que 2 Kg intermitente</p> <p><input type="radio"/> Carga entre 2 e 10 Kg intermitente</p> <p><input type="radio"/> Carga entre 2 e 10 Kg estática ou repetitiva</p> <p><input type="radio"/> Carga superior a 10 Kg intermitente</p> <p><input type="radio"/> Carga superior a 10 Kg estática ou repetitiva</p> <p><input type="radio"/> Há força brusca ou repentina</p>

Fonte: Ergolândia 8.0

Desse modo, o Método RULA gera uma pontuação para a atividade que resulta nas intervenções que devem ser realizadas, conforme é mostrado na Figura 19.

Figura 19 - Exemplo de resultado final do Método RULA

PONTUAÇÃO FINAL DO MÉTODO RULA: **2**

PONTUAÇÃO	NÍVEL DE AÇÃO	INTERVENÇÃO
1 ou 2	1	Postura aceitável.
3 ou 4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5 ou 6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.

Fonte: *Ergolândia 8*.

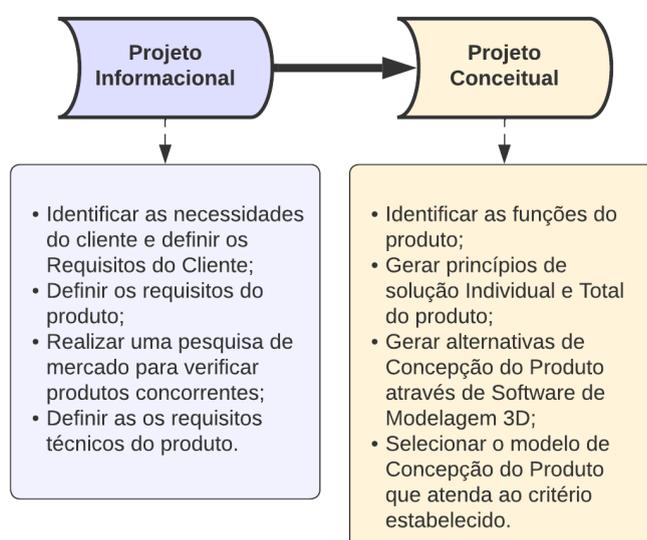
4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é realizado o desenvolvimento das fases 3, 4 e 5 apresentadas no procedimento metodológico. De forma geral, são levantadas todas as informações referentes aos requisitos do clientes para o produto e os requisitos do produto, para posteriormente gerar os requisitos técnicos do produto.

4.1 MODELO REFERENCIAL ADAPTADO PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O Modelo Referencial adaptado para o Processo de Desenvolvimento do Produto, neste caso de uma Roca de Fiar lãs de carneiro, tem como base o Modelo Referencial do PDP de Rozenfeld et al. (2006), apresentados na Figura 3 do Capítulo 2.3.1.1. Desse modo, conforme a delimitação da pesquisa apresentada no Capítulo 1, tem-se o Modelo Referencial adaptado da seguinte forma, como mostra a Figura 20.

Figura 20 - Modelo Referencial de PDP adaptado de Rozenfeld et al. (2006) e Baxter (2000)



Fonte: Elaborado pelo autor

No desenvolvimento do Projeto Informacional, busca-se, de um modo geral, definir ao final da fase os Requisitos Técnicos do Produto. Os Requisitos do Cliente, nesse modelo adaptado, são coletados através de uma análise das atividades

realizadas, que compõem a tarefa, pela fiandeira e de uma entrevista informal realizada com a fiandeira e proprietária da empresa. Rozenfeld et al. (2006), não citam a Análise da Tarefa e da Atividade como uma ferramenta para o levantamento de requisitos do cliente, mas aborda a Ergonomia somente no Projeto Conceitual.

Por outro lado, Baxter (2000) traz a Análise da Tarefa no desenvolvimento do Projeto Conceitual, pois segundo o autor, essa análise explora as interações entre o produto e seu usuário, fornecendo melhorias na interface homem-produto. Desse modo, trazer a Análise da Tarefa e posteriormente a Análise das Atividades realizadas pela fiandeira para o levantamento dos requisitos do cliente ajuda na antecipação de problemas ergonômicos que podem ser descartados para a concepção do produto, especificando os requisitos do cliente já no Projeto Informacional. Esse fato fica mais evidente quando se tratando de um produto que já está no mercado e que precisa da aplicação de melhorias, pois é possível analisar como o consumidor interage com o produto, identificando se existem riscos ergonômicos a serem minimizados ou até mesmo eliminados. Porém, Baxter (2000) não cita o uso da Análise da Atividade em sua obra, sendo essa análise escolhida pelo pesquisador justamente para analisar as posturas realizadas e antecipar os riscos ergonômicos gerados por elas já no Projeto Informacional do produto.

O levantamento dos Requisitos do Cliente através da Análise da Atividade é feito de duas formas: pelo pesquisador observando a atividade realizada pela fiandeira; e pelas recomendações ergonômicas geradas através do diagnóstico feito pelo Método RULA.

Os Requisitos do Produto nesta pesquisa são levantados através de uma Matriz de Relacionamentos, ou Primeira Matriz do Desdobramento da Função Qualidade - QFD (*Quality Function Deployment*), proposto no Modelo Referencial de Rozenfeld et al. (2006). Com os Requisitos do Produto definidos, tem-se a realização da Pesquisa de Mercado a fim de levantar os produtos concorrentes que existem no mercado, avaliar como eles atendem aos requisitos definidos e compará-los ao produto que está sendo projetado. Desse modo, é possível então completar os dados da matriz QFD e definir os Requisitos Técnicos do Produto.

Partindo para a fase do Projeto Conceitual, tem-se que as atividades dessa fase relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema do projeto (ROZENFELD et al., 2006). Nessa fase, são identificadas as Funções do Produto e apresentadas em forma de um modelo funcional que parte de

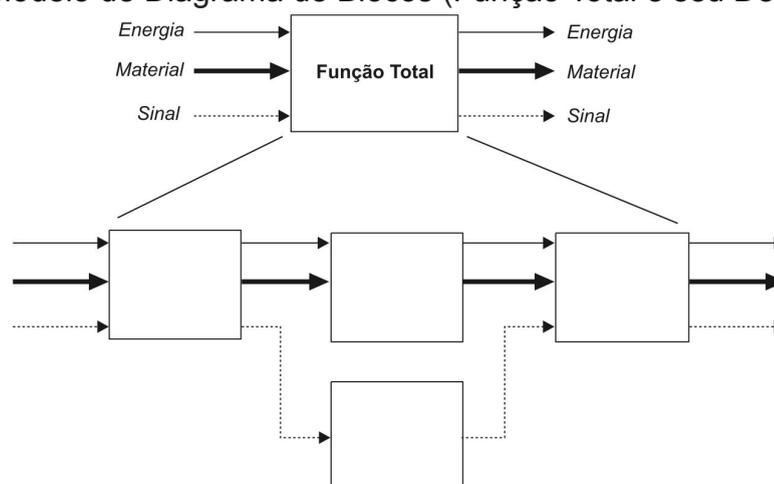
uma análise dos requisitos técnicos do produto e das funções inicialmente identificadas.

Para a elaboração da estrutura funcional do produto, é necessário primeiramente identificar a função total do produto e a partir dela identificar as funções individuais que compõem a função total. A função total é geralmente obtida pela análise dos requisitos funcionais contidos na lista de especificações-meta do produto (ROZENFELD et al., 2006). Desse modo, segundo Ferreira (1997, apud ROZENFELD et al., 2006), é apresentado um roteiro para a elaboração total seguindo os seguintes passos:

1. Localizar entre as especificações-meta aquelas que dizem respeito às funções do produto;
2. Identificar as principais entradas e saídas do sistema em termos de fluxo de energia, material e sinal nas especificações funcionais;
3. Estabelecer os estados das principais entradas e saídas listadas no segundo passo;
4. Detectar os fluxos principais de entrada e saída do sistema;
5. Tentar expressar a função total em termos de um par verbo + substantivo do relacionamento entre os fluxos principais de entrada e saída do sistema;
6. Representar os dados levantados nos itens anteriores na forma de um diagrama de blocos.

O diagrama de blocos utilizado na elaboração da estrutura funcional do produto segue o exemplo apresentado na Figura 21, onde as setas representam as entradas e saídas do sistema, em forma de fluxos de energia, material e sinal, e o bloco representa a função total. Ainda, nos desdobramentos da função total, os blocos também representam as funções individuais do produto.

Figura 21 - Modelo de Diagrama de Blocos (Função Total e seu Desdobramento)

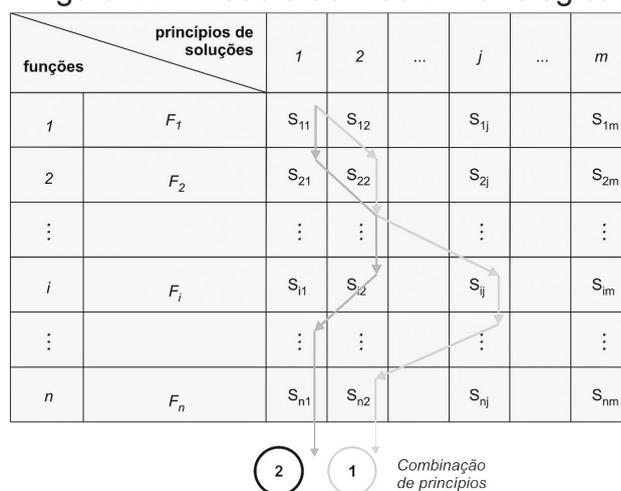


Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Com o modelo funcional definido, são então desenvolvidos os princípios de soluções individuais e totais para o produto, que é onde inicia-se a passagem do abstrato ao concreto (ROZENFELD et al., 2006). Os princípios de solução individuais são uma relação entre as soluções levantadas para as funções identificadas do produto. Para gerar esses princípios é necessário primeiramente identificar a relação entre o efeito físico e o portador do efeito físico. Para isso, segundo Rozenfeld et al. (2006), é necessário o correto entendimento das funções do produto a fim de buscar um efeito físico e um portador do efeito físico que, por meio de determinados comportamentos, realizem o objetivo de cada função. A ideia principal é identificar o efeito físico de determinada função e propor uma forma, através do portador do efeito físico, que é um sistema físico com elementos e relações entre elementos, capaz de realizar esse efeito.

Já os princípios de solução totais são a união do conjunto de soluções individuais a fim de gerar um modelo de concepção do produto. Portanto, para a geração dos Princípios de Funções Individuais e Totais, é utilizada a Matriz Morfológica, conforme modelo apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Modelo de Matriz Morfológica



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

A Matriz Morfológica é organizada de forma que na parte superior sejam alocadas as possíveis soluções para cada função do produto, definidas como Princípios de Soluções Individuais, que estão alocadas ao lado esquerdo da tabela. A linha que percorre a tabela é a combinação dos Princípios de Solução Individuais no qual gera o Princípio de Solução Total do produto, onde as diversas soluções para cada função são agrupadas e podem gerar um nova nova alternativa de concepção do produto.

A partir disso, parte-se para a geração de três alternativas de Concepção do Produto, onde é definida a arquitetura do produto e a estética do produto, definindo apenas alguns materiais e formas dos componentes que irão integrar o produto. Portanto, ao finalizar essa etapa, tem-se a modelagem em três dimensões do produto através do *software* chamado *Shapr3D*.

Por fim, geradas as alternativas de concepção do produto, é então selecionada a alternativa de concepção do produto que mais atenda aos critérios definidos pelo cliente.

Desse modo, tem-se os objetivos específicos desta pesquisa atendidos. Portanto, através do Quadro 1, é possível identificar em que momento da aplicação do Modelo Referencial adaptado cada objetivo específico é atendido, incluindo os procedimentos e as atividades realizadas e as técnicas ou ferramentas que são utilizadas para atingir tal objetivo.

Quadro 1 - Objetivos Específicos da Pesquisa em relação às fases do modelo
(continua)

	OBJETIVO ESPECÍFICO	PROCEDIMENTOS	ATIVIDADE	TÉCNICAS E FERRAMENTAS
Projeto Informacional	Analisar a atividade de trabalho do operador da roca de fiar	Visita <i>in loco</i> para coleta de dados	Registrar a atividade realizada pela fiandeira para posterior Análise da Atividade	Observação Assistemática
			Identificar as necessidades do cliente através de entrevista	Entrevista informal
	Identificar as demandas ergonômicas e os requisitos técnicos para o desenvolvimento do produto	Executar diagnóstico para levantar as demandas ergonômicas do operador para o desenvolvimento do produto	Analisar a Atividade realizada pela fiandeira	Análise da Atividade
			Diagnosticar demandas Ergonômicas, gerar recomendações e convertê-las em Requisitos do Cliente	Método RULA (<i>Ergolândia 8.0</i>)
			Definir Requisitos do Produto	Matriz de Conversão
			Definir Requisitos Técnicos do Produto	Matriz QFD
Gerar alternativas de solução que atendam os requisitos técnicos e ergonômicos	Desenvolver o Projeto Conceitual do Produto com base nos requisitos levantados	Definir Estrutura Funcional do Produto	Diagrama de Funções	
		Gerar Princípios de Solução Individuais	Análise de Efeitos Físicos e Portadores de Efeitos Físicos	

Quadro 1 - Alocação dos Objetivos Específicos da Pesquisa em relação às fases do modelo.

(conclusão)

Projeto Conceitual	Gerar alternativas de solução que atendam os requisitos técnicos e ergonômicos	Desenvolver o Projeto Conceitual do Produto com base nos requisitos levantados	Gerar Princípios de Solução Totais	Matriz Morfológica
			Gerar alternativas de Concepção do Produto	Análise de Materiais
			Selecionar alternativa de Concepção do Produto com base no critério estabelecido	Software de Modelagem 3D (<i>Shapr3D</i>)
				Escolha pelo modelo com menor grau de complexidade para produção

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para cada objetivo específico foi delimitado os procedimentos realizados, incluindo as atividades que devem ser feitas e as técnicas e ferramentas utilizadas. Para o primeiro objetivo específico, que é atendido dentro do Projeto Informacional do modelo referencial adaptado, o procedimento realizado é uma visita in loco na empresa para a coleta de dados. A coleta de dados tem como objetivo identificar as necessidades do cliente e registrar a atividade realizada pela fiandeira na roca de fiar a fim de transformar as lãs de carneiro em fios de lã. As técnicas utilizadas nessa etapa são a entrevista informal e a observação assistemática.

Já para atingir o segundo objetivo específico desta pesquisa, que também é atendido dentro do Projeto Informacional do modelo referencial adaptado, os procedimentos realizados são a execução do diagnóstico para o levantamento das demandas ergonômicas da fiandeira para sua aplicação no desenvolvimento do produto e a definição dos Requisitos Técnicos do Produto.

Por fim, para atingir o terceiro objetivo específico, que se encontra na etapa da criação do Projeto Conceitual do modelo referencial adaptado, o procedimento realizado é o desenvolvimento do Projeto Conceitual com base nos requisitos levantados.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO INFORMACIONAL

Neste tópic, é desenvolvido o Projeto Informacional do Modelo Referencial adaptado, seguindo os procedimentos, atividades e técnicas ou ferramentas explicitadas anteriormente na explicação do modelo adotado.

4.2.1 Definição dos Requisitos do Cliente

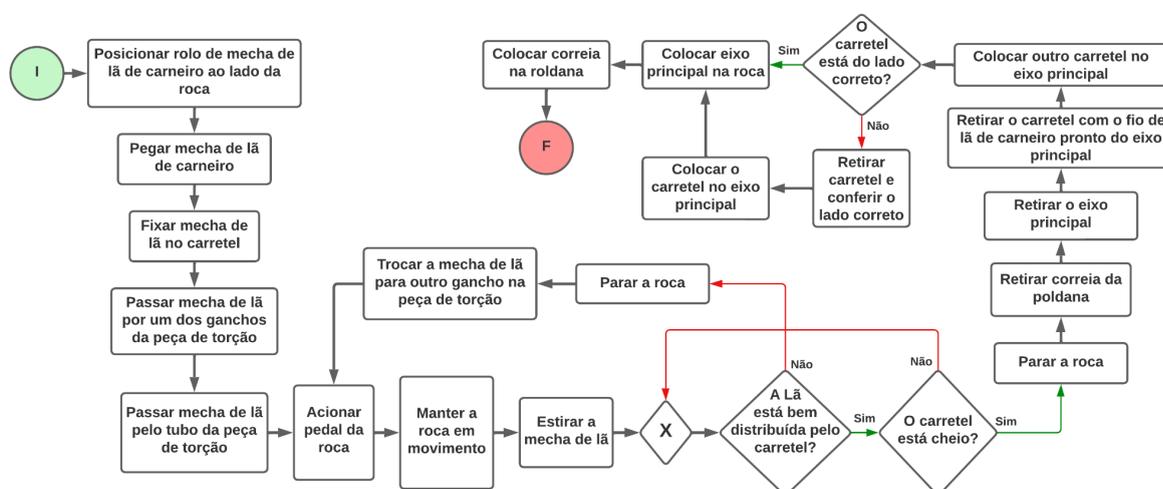
A definição dos Requisitos do Cliente desta pesquisa se dá de duas formas: pela Análise da Atividade realizada pela fiandeira através de uma **observação assistemática**; e através da **entrevista informal** realizada com a fiandeira e proprietária da empresa.

4.2.1.1 Análise da Tarefa

A Análise da Tarefa é realizada a fim de identificar as atividades que compõem a tarefa de "Fiar Lãs de Carneiro na Roca de Fiar". A tarefa é definida pelos passos que a fiandeira deve seguir para atingir o objetivo de produzir fios de lã de carneiro.

Através da visita *in loco*, obteve-se o registro da tarefa através da observação assistemática. O fluxograma, mostrado pela Figura 22, apresenta de forma sistemática as atividades que devem ser realizadas pela fiandeira.

Figura 22 - Fluxograma da Atividade



Fonte: Elaborado pelo autor

As atividades que são realizadas pela fiandeira são iniciadas em "I", que indica o início da tarefa e está representado por um círculo na cor verde, e segue para o posicionamento do rolo de mecha de lã ao lado da roca. Feito isso, é necessário pegar a mecha de lã de carneiro que fica no rolo que foi posicionado e fixá-la ao carretel. Depois, é necessário passar a mecha de lã fixada no carretel por um dos ganchos que ficam no fuso e em seguida passar a mecha por um tubo que também se localiza no fuso. Sendo isso realizado, é então acionado o pedal da roca de fiar a fim de colocá-la em movimento, sendo necessário manter o pedal em funcionamento para manter o movimento da roca. Com a roca em movimento, é necessário ficar estirando a mecha de lã conforme as especificações do fio desejado. Depois disso, tem-se o primeiro momento de decisão da tarefa, onde é analisado o preenchimento do carretel e verificado se o fio de lã está bem distribuído ou não. Caso o fio de lã não esteja bem distribuído no carretel, é necessário parar a roca de fiar através da pausa do movimento no pedal, trocar a mecha de lã para outro gancho do fuso, acionar novamente o pedal, manter a roca em movimento e continuar estirando a mecha de lã a fim de continuar a preenchendo o carretel uniformemente. Caso contrário, o fluxo segue para a próxima atividade.

Na próxima atividade é analisado se o carretel está cheio, desta forma tem-se o segundo momento de decisão. Caso o carretel não esteja cheio, continua-se o movimento da roca e o estiramento da mecha de lã. Caso contrário, a roca é parada, retirada a correia da roldana, retirado o eixo principal da roca, retirado o carretel com o fio de lã do eixo principal e substituído por outro carretel. Caso o carretel não tenha sido colocado do lado correto, a fiandeira retira o carretel e verifica o lado correto e coloca-o novamente no eixo principal. Caso contrário, ela segue para a colocação do eixo principal na roca. Encaixado o eixo principal na roca, então é colocada a correia na roldana e finalizada a tarefa.

É importante lembrar que os dois momentos de decisão, onde são inspecionados o preenchimento do carretel, são realizados de forma visual, sem que o movimento da roca seja interrompido.

Através da Análise da Tarefa apresentada, é possível identificar algumas atividades que são realizadas pela fiandeira, como:

- Posicionar o rolo de mecha de lã de carneiro ao lado da roca;
- Pegar a mecha de lã de carneiro que está no rolo;

- Fixar a mecha de lã de carneiro ao carretel;
- Passar a mecha de lã por um dos ganchos do fuso;
- Passar a mecha de lã pelo tubo do fuso;
- Acionar o pedal da roca de fiar;
- Manter a roca em movimento;
- Estirar a mecha de lã;
- Trocar a mecha de lã para outro gancho do fuso;
- Parar a roca de fiar;
- Retirar correia da roldana;
- Retirar o eixo principal;
- Retirar o carretel do eixo principal;
- Substituir por outro carretel;
- Colocar o eixo principal na roca;
- Colocar correia na roldana.

Portanto, a Análise da Atividade é realizada avaliando as atividades anteriormente listadas, que estão envolvidas na tarefa de fiar fios de lã de carneiro na roca de fiar, a fim de identificar demandas ergonômicas através do Método RULA.

4.2.1.2 Análise da Atividade

A atividade de parar a roca de fiar, apresentada no fluxograma, consiste apenas em suspender qualquer tipo de movimento ou força exercida pelos membros da fiandeira sobre a roca. Portanto, para essa atividade não é aplicado o Método RULA, por não haver qualquer risco ergonômico. Assim, para facilitar a análise, são agrupadas as atividades que possuem posturas e movimentos similares e classificadas para então serem analisadas pelo Método RULA.

A primeira atividade realizada pela fiandeira, classificada como Atividade 1, é a de posicionar o rolo de mecha de lã ao lado da roca de fiar. Assim, a fiandeira executa essa atividade conforme mostra a Figura 23.

Figura 23 - Atividade 1: Fiandeira coloca o rolo de mecha de lã ao lado da roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado, a fiandeira apoia o rolo de mecha de lã no chão e realiza uma inclinação do tronco de mais de sessenta graus, inclinação do braço em relação ao tronco entre quarenta e cinco e noventa graus. Também é possível analisar que o punho se desloca quinze graus para cima e para baixo e possui uma rotação média. Já a inclinação do pescoço varia entre dez e vinte graus enquanto realiza um leve movimento de rotação para o lado. Por outro lado, as pernas estão bem apoiadas e equilibradas. Essa atividade é realizada apenas no início da tarefa, sendo realizada apenas uma vez.

Na Figura 24, é apresentada a atividade realizada pela fiandeira de pegar a mecha de lã que está no rolo posicionado no chão, classificada como Atividade 2.

Figura 24 - Atividade 2: Fiandeira pega mecha de lã no rolo



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado, apesar da fiandeira estar sentada e com as pernas bem apoiadas e equilibradas, o movimento do tronco é de mais de sessenta graus para frente de inclinação enquanto realiza uma leve rotação para os lados. O punho possui uma variação máxima de quinze graus para cima e para baixo, apresentando desvio em relação à linha neutra, enquanto sua rotação é máxima. Já os braços realizam uma variação entre vinte e quarenta e cinco graus de inclinação em relação ao tronco e o antebraço de zero a sessenta graus em relação ao braço. O pescoço apresenta inclinação entre dez a vinte graus enquanto dá uma leve rotacionada. A frequência dessa atividade também é baixa, sendo realizada apenas uma vez durante todo o processo de fiação.

Já na Figura 25, é mostrada a atividade realizada pela fiandeira de fixar a mecha de lã de carneiro no carretel, que é classificada como Atividade 3.

Figura 25 - Atividade 3: Fiandeira fixa a mecha de lã no carretel



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme mostrado na Figura 25, a fiandeira inclina os braços para frente em relação ao tronco entre quarenta e cinco e noventa graus, enquanto o antebraço apresenta inclinação variando entre zero e sessenta graus. O punho apresenta uma variação de inclinação de quinze graus para baixo e para cima, enquanto realiza uma rotação extrema. O tronco da fiandeira durante a realização da atividade é de até vinte graus, enquanto o pescoço varia entre zero e dez graus de inclinação. Essa atividade é realizada apenas uma vez no início do processo de fiação de lãs de carneiro.

As atividades de passar a mecha de lã por um dos ganchos do fuso da roca e trocar a mecha de lã por outro gancho do fuso possuem os mesmos posicionamentos dos membros. Portanto, elas são consideradas similares e são analisadas em conjunto, sendo elas classificadas como Atividade 4, que é representada pela Figura 26. Nessa atividade a fiandeira para a máquina diversas vezes para mudar o gancho onde a lã se localiza. Essa mudança de gancho ocorre pelo fato de que é necessário distribuir o fio de lã por todo o carretel uniformemente.

Figura 26 - Atividade 4: Fiandeira passa a mecha de lã por um gancho do fuso



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a Figura 26, é possível observar que na realização da atividade a fiandeira apresenta inclinação no braço que varia entre quarenta e cinco e noventa graus, enquanto o antebraço varia entre sessenta e cem graus. Já o punho apresenta variação para mais de quinze graus enquanto realiza o movimento de rotação extrema. O tronco varia entre zero e vinte graus e o pescoço entre zero e dez graus. Essa atividade é realizada diversas vezes pela fiandeira durante o processo de fiação de lãs de carneiro, pois ao verificar que o carretel está com o fio mal distribuído, a fiandeira deve trocar o gancho no qual o fio de lã passa.

Já a atividade de passar a mecha de lã pelo tubo do fuso da roca é representada pela Figura 27, sendo ela classificada como Atividade 5. Para isso, a fiandeira utiliza um gancho improvisado para ajudá-la a puxar a mecha por dentro do tubo, sendo ele representado pela Figura 28.

Figura 27 - Atividade 5: Fiandeira passa a mecha de lã pelo tubo do fuso



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 28 - Gancho improvisado utilizado pela fiandeira



Fonte: Elaborado pelo autor

Observando a realização da atividade, é possível identificar que o braço da fiandeira realiza um movimento variando entre vinte e quarenta e cinco graus enquanto o antebraço inclina variando entre sessenta e cem graus. O punho realiza um movimento de mais de quinze graus e apresenta desvio em relação à linha média, além de apresentar rotação extrema. Já o tronco apresenta inclinação para frente que varia entre zero e vinte graus enquanto o pescoço varia entre zero e dez

graus. Essa atividade é realizada com pouca frequência, sendo exercida apenas no início do processo de fiação de lãs de carneiro.

Para a atividade de acionar o pedal da roca de fiar, classificada como Atividade 6, tem-se representação feita pela Figura 29.

Figura 29 - Atividade 6: Fiandeira aciona o pedal com a ajuda das mãos.



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme observado através da Figura 29, a fiandeira, ao acionar o pedal, inclina o tronco em mais de sessenta graus, apresentando inclinação lateral, enquanto o pescoço apresenta um movimento de extensão para alcançar a roldana inferior para auxiliá-la a dar partida no pedal. Enquanto isso, os braços apresentam uma um movimento que varia entre quarenta e cinco e noventa graus e um dos braços, o que segura a mecha de lã, apresenta um movimento de mais de cem graus de inclinação em relação ao braço. Já o punho apresenta uma variação de quinze graus para baixo e para cima. Ainda, é possível observar que as pernas não estão corretamente apoiadas e equilibradas. A Atividade 6 é realizada diversas vezes durante o processo de fiação de lãs de carneiro por conta de que toda vez que a fiandeira precisa trocar o fio de lã de gancho, é necessário parar a roca de fiar para realizar a atividade e depois colocá-la em movimento novamente.

Para as atividades de manter a roca em movimento e estirar a mecha de lã, tem-se que elas são realizadas simultaneamente. Desse modo, a fiandeira,

enquanto utiliza os pés para manter o movimento da roca, utiliza as mãos para fazer o estiramento da mecha de lã. Assim, essas duas atividades em conjunto compõem a Atividade 7 a ser analisada. Portanto, tem-se ela representada pela Figura 30.

Figura 30 - Atividade 7: Fiandeira movimenta a roca e estira a mecha de lã



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme é observado na Figura 30, a realização da Atividade 7 pela fiandeira apresenta uma inclinação do tronco que varia entre zero e vinte graus, apresentando uma inclinação lateral em decorrência da altura do pedal da roca, enquanto o pescoço varia entre dez e vinte graus. Os braços da fiandeira realizam um movimento que varia entre zero e vinte graus, enquanto o antebraço varia entre sessenta e cem graus. Já o punho da fiandeira apresenta variação de quinze graus para baixo e para cima enquanto apresenta desvio em relação ao eixo neutro e realiza uma rotação máxima. Já as pernas estão incorretamente apoiadas e equilibradas. Nessa atividade a fiandeira apresenta uma postura estática dos membros superiores mantida por um longo período, além de que os membros inferiores ficam em um movimento que é repetitivo por conta da necessidade de movimentação dos pedais.

Para as duas atividades seguintes, que são as atividades de retirar a correia da roldana e colocar a correia na roldana, tem-se a mesma relação de similaridade. Portanto, elas são classificadas como Atividade 8 e são representadas através da Figura 31.

Figura 31 - Atividade 8: Fiandeira retira/coloca correia da roldana



Fonte: Elaborado pelo autor

Na realização da Atividade 8, é possível observar que a fiandeira inclina o tronco em mais de sessenta graus para frente, apresentando rotação e inclinação lateral, enquanto o pescoço apresenta um movimento de extensão, rotação e inclinação lateral. Ainda, os braços da fiandeira apresentam inclinação que varia entre quarenta e cinco e noventa graus, enquanto o antebraço varia entre zero e sessenta graus. Os punhos apresentam variação de quinze graus para baixo e para cima enquanto realizam um movimento de rotação máxima. Já as pernas não apresentam um bom apoio e equilíbrio. Sobre a repetição da atividade, tem-se que ela é executada com pouca frequência, sendo realizada apenas no início e no fim do processo de fiação.

Outra relação de similaridade entre as atividades é observada pelas atividades de retirar o eixo principal e colocar o eixo principal. Desse modo, elas

também são analisadas em conjunto e classificadas como Atividade 9. Essa atividade é representada através da Figura 32.

Figura 32 - Atividade 9: Fiandeira retira/coloca o eixo principal



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a Atividade 9, é possível observar que os braços da fiandeira apresentam variação de inclinação entre quarenta e cinco e noventa graus, enquanto o antebraço varia entre zero e sessenta graus. Os punhos da fiandeira realizam movimento de quinze graus para baixo e para cima, apresentando desvio em relação à linha neutra e rotação extrema. As pernas estão bem apoiadas e equilibradas. Já o tronco apresenta inclinação que varia entre zero e vinte graus, enquanto o pescoço varia entre zero e dez graus. Essa atividade também é executada apenas no início e no fim do processo de fiação de lãs de carneiro.

Por fim, as atividades de retirar o carretel do eixo principal e colocar outro carretel, classificadas como Atividade 10 e representada pela Figura 33, também possuem a realização de movimentos similares.

Figura 33 - Atividade 10: Fiandeira retira/coloca carretel



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a Atividade 10, é possível observar que a fiandeira realiza um movimento nos braços que varia de quarenta e cinco a noventa graus de inclinação enquanto o antebraço varia de zero a sessenta graus. Já o punho apresenta mais de quinze graus de inclinação enquanto apresenta rotação extrema. O tronco apresenta variação entre zero e vinte graus, enquanto o pescoço varia de zero a dez graus de inclinação. As pernas nessa atividade estão bem apoiadas e equilibradas. A Atividade 10 também é realizada poucas vezes durante o processo de fiação de lãs de carneiro.

Portanto, levantou-se dois conjuntos de requisitos do cliente através da Análise da Atividade: os **requisitos identificados pelo pesquisador**; e as recomendações ergonômicas geradas através do **diagnóstico do Método RULA** de cada atividade.

4.2.1.2.1 Requisitos do cliente observados pelo pesquisador

Através da observação assistemática, foi possível analisar alguns aspectos no decorrer da realização das atividades da fiandeira, mas que não são explicitados por ela durante a entrevista. O Quadro 2 apresenta alguns aspectos observados pelo pesquisador e classifica alguns requisitos do cliente derivados desses aspectos.

Quadro 2 - Requisitos do cliente identificados pelo pesquisador

OBSERVAÇÃO DO PESQUISADOR	REQUISITOS DO CLIENTE
É possível identificar que ao apoiar o rolo de mechas de lã no chão na vertical, conforme a lã vai sendo puxada pela roca, a mecha vai torcendo. Porém, a fiandeira diversas vezes acaba parando o processo para destorcer a mecha.	Posicionar melhor o rolo de lã em mecha
Durante o processo de fiação é notável a intensa trepidação da roca de fiar, ocasionando inclusive ruídos.	Diminuir trepidação da Roca de Fiar
Ao realizar o processo, a fiandeira deve sempre analisar o lado no qual coloca o carretel, pois ele possui um lado específico onde há suporte para colocar a correia.	Padronizar os dois lados do carretel
É possível analisar que a correia utilizada para transferir o movimento entre as roldanas fica frouxa, acarretando na perda de energia cinética.	Utilizar um sistema de correia mais eficiente

Fonte: Elaborado pelo autor

A primeira observação feita refere-se ao fato de que a fiandeira, durante a execução da atividade de fiar, realiza diversas vezes movimento para desenrolar o rolo de mecha de lã que está apoiado ao chão. Ao desenrolar a lã, como mostra a Figura 34, ela acaba torcendo a mecha e isso resulta na paralisação da atividade para destorcer a mecha. Desse modo, o requisito do cliente levantando através dessa observação é proporcionar um melhor posicionamento do rolo de lã em mecha.

Figura 34 - Fiandeira desenrola mecha de lã e realiza a torção da mesma



Fonte: Elaborado pelo autor

Já a segunda observação realizada pelo pesquisador é a intensa trepidação da roca de fiar durante o processo de fiação. Ao acionar o pedal e começar a colocar o equipamento em movimento, a roca fica constantemente balançando, ocasionando uma notável falta de estabilidade da máquina. O requisito do cliente levantado através dessa observação é a necessidade da diminuição da trepidação da máquina.

A terceira observação levantada pelo pesquisador está relacionada ao fato de que quando a fiandeira realiza o engate do carretel juntamente com o eixo de torção na estrutura da roca, existe a necessidade de colocar o carretel do lado correto, pois ele possui apenas um lado que é possível colocar a correia. Durante a realização da atividade, inclusive, ao colocar a correia no carretel, a fiandeira repara que o carretel está colocado de forma errada e necessita novamente tirar o fuso e o carretel da máquina para ajustar o carretel do lado correto, como é mostrado na Figura 35 e na Figura 36. Desse modo, um requisito do cliente seria a padronização do carretel, eliminando o erro explicitado.

Figura 35 - A fiandeira erra o lado na colocação do carretel



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 36 - A fiandeira retira o carretel e ajusta-o da forma correta



Fonte: Elaborado pelo autor

A quarta e última observação está relacionada à correia utilizada na roca de fiar. Durante a realização da atividade, é possível observar que a correia está frouxa e isso resulta em uma perda na transmissão do movimento (energia cinética) entre

as roldanas. Portanto, o último requisito do cliente identificado pelo pesquisador é a utilização de um sistema de correia mais eficiente.

4.2.1.2.2 Requisitos do cliente identificados através das demandas ergonômicas

Através do Método RULA, são identificadas as demandas ergonômicas e as recomendações de intervenção que devem ser realizadas nas atividades. Para isso, são organizados os dados da análise de cada atividade, apresentados anteriormente, a serem aplicados no método. Esses dados são os referentes ao movimento dos braços, punhos, do pescoço, das pernas, do antebraço, da rotação do punho e do tronco. Desse modo, eles são organizados conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Dados analisados para aplicação no Método RULA (continua)

MEMBROS		ATIVIDADES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Braços	Inclinação	45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	0° - 20°	45° - 90°	45° - 90°	45° - 90°
	Abdução	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Ombro Elevado	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Braço apoiado	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Punho	Inclinação	15° - 15°	15° - 15°	15° - 15°	15° +	15° +	15° - 15°	15° - 15°	15° - 15°	15° - 15°	15° +
	Com Desvio	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Pescoço	Inclinação	10° - 20°	10° - 20°	0° - 10°	0° - 10°	0° - 10°	Extensão	10° - 20°	Extensão	0° - 10°	0° - 10°
	Rotação	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
	Inclinação Lateral	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
Pernas	Apoiados e Equilibrados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim

Tabela 1 - Dados analisados para aplicação no Método RULA
(conclusão)

	Incorretamente Apoiados e Equilibrados	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Antebraço	Inclinação	0° - 60°	0° - 60°	0° - 60°	60° - 100°	60° - 100°	100° +	60° - 100°	0° - 60°	0° - 60°	0° - 60°
	Cruza Linha Neutra	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Rotação do Punho	Média	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Extrema	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tronco	Inclinação	60° +	60° +	0° - 20°	0° - 20°	0° - 20°	60° +	0° - 20°	60° +	0° - 20°	0° - 20°
	Rotação	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
	Inclinação Lateral	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda, são necessários os dados referentes aos aspectos da realização de cada atividade. Esses dados são divididos entre os grupos A e B. O Grupo A refere-se aos aspectos da realização da atividade para os braços, antebraços e punhos, enquanto o Grupo B são os dados referentes às pernas, tronco e pescoço.

Nas atividades 1, 2, 3, 5 e 10, a carga utilizada pela fiandeira nos dois grupos é sem carga ou carga intermitente menor que dois quilogramas, não apresentando postura estática mantida por mais de um minuto ou postura repetitiva realizada mais de quatro vezes por minuto.

Para a Atividade 4, o Grupo A apresenta postura estática mantida por um período superior a um minuto ou postura repetitiva realizada mais de quatro vezes por minuto e sem carga ou com carga intermitente menor que dois quilogramas.

Já as atividades 6 e 7, apresentam postura estática mantida por um período superior a um minuto ou postura repetitiva realizada mais de quatro vezes por minuto nos dois grupos. Ainda, os dois grupos são sem carga ou com carga intermitente menor que dois quilogramas.

Finalizando, para as atividades 8 e 9, elas não apresentam em nenhum dos dois grupos posturas estáticas mantidas por mais de um minuto ou posturas repetitivas realizadas por mais de quatro vezes por minuto. Porém, para o Grupo A,

existe a aplicação de uma força bruta ou repentina, enquanto o Grupo B é sem carga ou com carga intermitente menor que dois quilogramas.

Os dados referentes às características da execução de cada atividade são organizados através do Quadro 3.

Quadro 3 - Dados sobre a execução da atividade para aplicação no Método RULA

ASPECTOS DA ATIVIDADE		ATIVIDADES																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Uso da Musculatura	Postura estática mantida por um período superior a 1 min ou postura repetitiva, mais de 4 vezes/min	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
Carga	Sem carga ou carga menor que 2kg intermitente	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X	X	X
	Entre 2 e 10 kg intermitente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entre 2 e 10 kg estática ou repetitiva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Superior a 10 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Há força brusca ou repentina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, com os dados levantados para a aplicação do método através do software Ergolândia 8.0, tem-se os resultados demonstrados na Tabela 2 para cada atividade analisada e descrita.

Tabela 2 - Resultados do Método RULA

ATIVIDADES	RESULTADOS		
	Pontuação	Nível de Ação	Intervenção
1	5	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
2	6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
3	3	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
4	4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5	3	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
6	7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.
7	6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
8	7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.
9	5	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
10	3	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.

Fonte: Elaborado pelo autor

As cores utilizadas na coluna de nível de ação refletem a gravidade do problema encontrado na execução de cada atividade. Assim, a cor vermelha classifica a atividade como muito grave, a laranja como grave e a amarela como moderada.

Assim, conforme é mostrado, as atividades mais críticas são as atividades 6 e 8, na qual obtiveram pontuação sete e o nível de ação classificado como quatro,

onde devem ser introduzidas mudanças imediatamente. Já as atividades 1, 2, 7 e 9, possuem uma pontuação entre cinco e seis e apresentam nível de ação classificado como três, onde devem ser investigadas e devem ser introduzidas mudanças. As demais atividades receberam pontuação entre três e quatro e apresentaram nível de ação igual a dois, onde devem ser observadas e que podem ser necessárias mudanças.

Desse modo, para o levantamento dos requisitos do cliente através do diagnóstico gerado pelo Método RULA, são analisadas as atividades que apresentam riscos muito graves e graves e são geradas recomendações ergonômicas para cada uma dessas atividades. Após serem geradas, as recomendações ergonômicas são agrupadas e convertidas em requisitos do cliente.

Portanto, as análises de cada atividade são apresentadas no Quadro 4, juntamente com as recomendações ergonômicas.

Quadro 4 - Observações das atividades críticas e recomendações ergonômicas

ATV	OBSERVAÇÕES DA ATIVIDADE	RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS
1	Ao colocar o rolo de mecha de lã de carneiro apoiado no chão ao lado da roca, a fiandeira inclina muito o tronco, fazendo com que o risco de lesões aumente.	Eliminar ou diminuir a necessidade da fiandeira precisar inclinar o tronco para apoiar o rolo de mecha de lã.
2	Apesar de realizar a atividade sentada, a fiandeira necessita novamente inclinar muito o tronco para puxar a mecha de lã que está no rolo que se localiza apoiado no chão, aumentando o risco de lesões.	Eliminar ou diminuir a necessidade da fiandeira precisar inclinar o tronco para pegar mecha de lã.
6	A fiandeira inclina para frente, inclina lateralmente e rotaciona o tronco para alcançar com uma das mãos a roldana inferior da roca a fim de girá-la para então conseguir acionar o pedal. Além disso, essa atividade é realizada constantemente por conta de que toda vez que a fiandeira precisa trocar a lã entre os ganchos do fuso, ela precisa parar a roca e em seguida voltar a acionar o pedal.	Eliminar a necessidade da fiandeira precisar inclinar o tronco para acionar o pedal da roca.
7	O maior risco dessa atividade é a inclinação do quadril e conseqüentemente a inclinação do tronco por conta da altura do pedal que é acionado e mantido em movimento por apenas uma das pernas. Desse modo, como essa atividade é realizada por um longo período de tempo, os riscos de lesões aumentam.	Eliminar ou diminuir a elevação do quadril ocasionada pela altura do pedal.
8	Ao retirar e colocar a correia nas roldanas, a fiandeira acaba por inclinar muito o tronco para frente e lateralmente, apresentando riscos de lesões.	Eliminar a necessidade de inclinar o tronco para frente para colocar a correia nas roldanas.
9	O principal risco dessa atividade é a aplicação de força para retirar e colocar o eixo principal da roca com os braços estendidos para frente.	Eliminar ou diminuir a necessidade de aplicar força para retirar e colocar o eixo principal na roca.

Fonte: Elaborado pelo autor

As observações feitas para cada atividade que apresenta risco **muito grave** e **grave**, referem-se principalmente às posturas críticas realizadas em cada uma a fim de levantar recomendações que busquem minimizar ou até mesmo eliminar o motivo da realização de tal postura.

Desse modo, levantadas as recomendações ergonômicas das atividades mais críticas, são definidos os requisitos do cliente, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Conversão das recomendações ergonômicas em requisitos do cliente

RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS	REQUISITOS DO CLIENTE
Eliminar ou diminuir a necessidade da fiandeira precisar inclinar o tronco para apoiar o rolo de mecha de lã.	Posicionar melhor o rolo de lã em mecha
Eliminar ou diminuir a necessidade da fiandeira precisar inclinar o tronco para pegar mecha de lã.	Posicionar melhor o rolo de lã em mecha
Eliminar a necessidade da fiandeira precisar inclinar o tronco para acionar o pedal da roca.	Utilizar um sistema de pedal mais eficiente
Eliminar ou diminuir a elevação do quadril ocasionada pela altura do pedal.	Utilizar um sistema de pedal mais eficiente
Eliminar a necessidade de inclinar o tronco para frente para colocar a correia nas roldanas.	Utilizar um sistema de correia mais eficiente
Eliminar ou diminuir a necessidade de aplicar força para retirar e colocar o eixo principal na roca.	Utilizar um eixo principal mais eficiente

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, conforme as recomendações geradas anteriormente, são levantados os requisitos do cliente que colaboram com a eliminação ou minimização das demandas ergonômicas.

4.2.1.3 *Entrevista com a fiandeira*

Por fim, os demais requisitos do cliente, apresentados através do Quadro 6, são coletados através da realização de uma entrevista com a fiandeira, no qual

foram especificados por ela alguns aspectos que são relevantes para o aprimoramento da qualidade do produto final, que é o fio de lã de carneiro.

Quadro 6 - Relatos da Fiandeira através de entrevista informal

RELATO DA FIANDEIRA	REQUISITOS DO CLIENTE
A Fiandeira reclama que é necessário trocar a lã no gancho no fuso diversas vezes durante o processo para que o fio seja distribuído uniformemente no carretel. Além disso, as hastes fuso são menores que o carretel, não distribuindo o fio de lã por todo o carretel.	Distribuir o fio de lã de forma mais eficiente
A Fiandeira relata que o uso por pessoas canhotas é bastante inviabilizado por conta do pedal que se localiza apenas no lado direito.	Poder ser utilizado por canhotos e destros
É necessário utilizar um gancho improvisado para puxar a lã através do tubo onde ocorre a torção, localizado no fuso.	Facilitar passagem da lã pelo tubo do fuso
É relatado o intenso desgaste da madeira por conta do atrito entre as peças.	Usar peças que diminuem o atrito
A Fiandeira comenta que gostaria que a nova Roca de Fiar preservasse uma aparência mais artesanal, por conta de que a ideia principal da empresa é produzir fios de lã de forma artesanal.	Design do produto que remeta ser mais artesanal
A Fiandeira conta que não consegue produzir fios coloridos triplos, sendo que existe demanda na empresa para este tipo de fio.	Poder produzir fios triplos
A fiandeira comenta que caso fosse possível variar a velocidade do fuso, poderia produzir fios mais rígidos, médios ou mais macios. A variação da velocidade do fuso se dá em relação à velocidade que o carretel gira.	Poder produzir fios com maior ou menor rigidez

Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, conforme apresentado, a fiandeira comenta com o pesquisador diversos requisitos que ela identifica ao realizar a atividade, além de outras limitações que o equipamento apresenta e que interferem diretamente no atendimento da demanda da empresa.

4.2.1.4 Agrupamento e classificação dos Requisitos do Cliente

Com os requisitos do cliente coletados, eles são então agrupados a fim de eliminar requisitos iguais. Ainda, com o agrupamento realizado, eles são classificados por sua natureza, sendo elas suas propriedades físicas, propriedades mecânicas, fatores humanos relacionados e desempenho funcional.

Tem-se, portanto, o agrupamento e a classificação dos requisitos do cliente representados no Quadro 7.

Quadro 7 - Agrupamento e classificação dos requisitos do cliente

Requisitos do Cliente	Propriedade Física	Design que remete ao artesanal
	Propriedade Mecânica	Usar peças que diminuem o atrito
	Fator Humano	Poder ser utilizada por canhotos e destros
		Utilizar pedal que possibilite apoio para os dois pés
	Desempenho Funcional	Diminuir trepidação da Roca de Fiar
		Poder produzir fios triplos
		Distribuir o fio de lã de forma mais eficiente pelo carretel
		Posicionar melhor o rolo de lã em mecha
		Padronizar os dois lados do carretel
		Utilizar um sistema de correia mais eficiente
		Utilizar um sistema de pedal mais eficiente
		Utilizar um eixo principal mais eficiente
		Poder produzir fios com maior ou menor rigidez
Facilitar a passagem da lã pelo tubo do fuso		

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, para a propriedade física esperada pelo cliente, tem-se que ela está principalmente relacionada à aparência do produto, onde a fiandeira comenta que seria imprescindível que a roca continuasse a transparecer ser um produto mais artesanal. Para a propriedade mecânica, tem-se que a fiandeira gostaria que fosse gerado menos atrito entre as peças, pois relata o intenso desgaste das peças que são compostas por madeira. Já para o fator humano, é elencado os requisitos de que a roca possa ser utilizada por canhotos e destros e que ela ofereça um pedal que possibilite apoio para os dois pés, para não ser necessária a elevação do

quadril, e conseqüentemente a inclinação lateral do tronco, durante a realização da atividade.

Para o desempenho funcional, tem-se ele relacionado com diversos requisitos do cliente, como a diminuição da trepidação da roca de fiar, a possibilidade de produção de fios triplos, a distribuição do fio de lã de forma mais eficiente pelo carretel, o melhor posicionamento do rolo de lã em mecha, a padronização dos dois lados do carretel, a utilização de um sistema de correia mais eficiente, a utilização de um sistema de pedal mais eficiente, a utilização de um eixo principal mais eficiente, a possibilidade de produção de fios com maior ou menor rigidez e facilitar a passagem da mecha de lã pelo tubo onde ela é torcida.

Portanto, com os requisitos do cliente agrupados e classificados, são analisados e transformados em requisitos do produto, como é mostrado no tópico 4.2.2.

4.2.2 Definição dos Requisitos do Produto

Conforme explicado no Capítulo 4.1, os Requisitos do Produto são as possíveis soluções para os Requisitos dos Clientes. Desse modo, foram levantados os requisitos que são cruciais para atender tais necessidades. Desse modo, os Requisitos do Produto são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Requisitos do Produto

REQUISITO DO PRODUTO (COMO?)
Gancho do fuso regulável
Haste do fuso maior
Tubo do fuso com hachura ou argola
Rolamentos
Suporte para carretéis de fio pronto
Largura do pedal
Suporte para rolo de lã em mecha
Estrutura da base da roca feita em madeira rígida
Carretel com lados iguais
Modificar roldanas
Correia mais apertada e com mais atrito
Velocidade de rotação do fuso variável
Eixo principal fixo

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o requisito representado pelo **gancho do fuso regulável**, ele possui correlação com os requisitos do cliente de design que remete ao artesanal, ao uso de peças que diminuam o atrito e à distribuição do fio de lã de forma mais eficiente pelo carretel. Para a **haste do fuso maior**, tem-se a correlação com a distribuição do fio de lã de forma mais eficiente pelo carretel. Já a utilização de um **tubo com hachura ou uma argola**, possui correlação com a facilidade de passar a mecha de lã pelo local onde ocorre a torção do fio, que atualmente é um tubo que se localiza no fuso. Para o requisito de **rolamentos**, ele possui correlação com o uso de peças que diminuam o atrito na roca, à diminuição da trepidação da roca, à utilização de um sistema de correia mais eficiente, à utilização de um sistema de pedal mais eficiente e à produção de fios com maior ou menor rigidez.

Já o requisito de utilização de **suporte para carretéis de fio pronto**, tem-se a correlação com o design que remete ao artesanal e a possibilidade de produzir fios triplos. Para o requisito de **largura do pedal**, tem sua correlação com o design da roca que remete ao artesanal, pela possibilidade de ser utilizada por canhotos e destros, com a utilização de um pedal que proporcione apoio para os dois pés e com

a utilização de um sistema de pedal mais eficiente. O requisito de **suporte para rolo de lã em mecha** tem correlação com o design que remete ao artesanal e ao melhor posicionamento do rolo de lã em mecha. Já o requisito de **estrutura da base da roca em madeira rígida** possui a correlação com o design que remete ao artesanal e à diminuição da trepidação da roca de fiar. Para o requisito do **carretel com dois lados iguais**, tem-se correlação com a padronização do carretel a à utilização de um eixo principal mais eficiente.

O requisito de **modificar roldanas** tem correlação com o uso de peças que diminuem o atrito, à diminuição da trepidação da roca de fiar, à utilização de um sistema mais eficiente de correia, de pedal e de um eixo principal mais eficiente. Ainda, há correlação com a possibilidade de produção de fios com maior e menor rigidez. O requisito de **correia mais apertada e com maior atrito** tem correlação com a diminuição da trepidação da roca de fiar e com a utilização de um sistema de correia mais eficiente. Por fim, enquanto o requisito de **velocidade de rotação do fuso variável** possui correlação com a possibilidade de produção de fios com maior e menor rigidez, o requisito de **eixo principal fixo** possui correlação com a utilização de um sistema de correia mais eficiente e a utilização de um eixo principal mais eficiente.

Assim, com as correlações definidas, tem-se o grau de correlação entre esses itens representados através da Matriz de Correlação apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz de Correlação entre os Requisitos do Cliente (na esquerda) e do Produto (em cima), incluindo o grau de correlação

		Gancho do fuso regulável	Haste do fuso maior	Tubo com hachura ou argola	Roilamentos	Suporte para carretéis de fio pronto	Largura do pedal	Suporte para rolo de lã em mecha	Estrutura da base em madeira rígida	Carretel com lados iguais	Modificar roldanas	Correia mais apertada e com mais atrito	Velocidade de rotação do fuso variável	Eixo principal fixo	
		Requisitos do Cliente													
Desempenho Funcional	Propriedade Física	Design que remete ao artesanal	1			3	3	1	9						
	Propriedade Mecânica	Usar peças que diminuam o atrito	1		9						1				
	Fator Humano	Poder ser utilizada por canhotos e destros						9							
		Utilizar pedal que possibilite apoio para os dois pés						9							
	Desempenho Funcional	Diminuir trepidação da Roca de Fiar				3				9		3	3		
		Poder produzir fios triplos					9								
		Distribuir o fio de lã de forma mais eficiente pelo carretel	9	9											
		Posicionar melhor o rolo de lã em mecha							9						
		Padronizar os dois lados do carretel									9				
		Utilizar um sistema de correia mais eficiente				3						9	9		3
		Utilizar um sistema de pedal mais eficiente				3		9				3			
		Utilizar um eixo principal mais eficiente									3	9			9
		Poder produzir fios com maior ou menor rigidez				1						3		9	
		Facilitar a passagem da lã pelo tubo do fuso			9										

Fonte: Elaborado pelo autor

O grau de correlação utilizado é composto por três notas, sendo elas: nove para uma correlação forte; três para um grau moderado; e um para um grau fraco. Já os espaços não preenchidos demonstram que não há qualquer tipo de correlação entre os requisitos do cliente e do produto.

4.2.3 Definição dos Requisitos Técnicos do Produto

Através da elaboração da matriz QFD é possível definir os Requisitos Técnicos do Produto. Porém, antes de defini-los, é importante completar as demais partes do modelo de matriz apresentado no Capítulo 4.1. Assim, é necessária a coleta dos dados referentes ao *Benchmarking* externo, onde é avaliado em qual grau os produtos concorrentes atendem aos requisitos levantados, e interno, onde é avaliado em que grau o produto utilizado pela fiandeira atende aos mesmos requisitos, e o grau de importância de cada requisito do cliente para o cliente. Também é estipulado o plano de atendimento aos requisitos do produto a ser projetado, onde são estipulados em qual grau o produto a ser projetado vai atender ao requisito do cliente. Além disso, também são levantados os dados referentes à correlação entre cada requisito do produto.

A escala utilizada para relacionar as importâncias de cada requisito para o cliente e em que grau os produtos concorrentes analisados atendem a esses requisitos varia de um a cinco, onde o número um representa o menor valor e o número cinco representa o maior valor.

Para o grau de importância de cada requisito para o cliente, onde o valor um representa ser nada importante para o cliente e o valor cinco representa ser muito importante para o cliente, tem-se o seguinte questionamento: "Quão relevante é esse Requisito do Cliente para a Concepção do Produto final?".

Em relação aos produtos concorrentes atenderem aos requisitos do cliente, com escala variando de um, onde não atende em nada o requisito, e cinco, onde atende completamente o requisito, tem-se o seguinte questionamento: "O produto analisado atende aos requisitos do cliente?".

Já sobre se o produto atual atende aos requisitos do cliente, o número um representa não atender em nada o requisito e o número cinco representa atender

completamente ao requisito, respondendo ao seguinte questionamento: "Em qual grau o produto atual atende aos requisitos do cliente?".

Para finalizar, tem-se em qual grau o produto a ser desenvolvido atende aos requisitos do cliente, com o número um representando que o produto em nada irá atender ao requisito do cliente e o número cinco representando que o produto irá atender completamente o requisito do cliente. Para isso, é aplicado o seguinte questionamento: "O produto a ser desenvolvido irá atender ao requisito do cliente?".

4.2.3.1 Importância dos Requisitos do Cliente para o cliente

Solicitado à fiandeira e proprietária da empresa o grau de importância que ela dá para cada um dos Requisitos do Cliente levantados, ela classificou como muito importantes, valor cinco, para todos os requisitos apresentados.

4.2.3.2 Benchmarking Externo

A realização do *Benchmarking* Externo tem por objetivo analisar os produtos que estão disponíveis no mercado consumidor e analisar em que grau eles atendem aos requisitos do cliente já estabelecidos.

A procura se dá através da realização de pesquisas na internet e é possível observar que a maioria dos modelos que estão disponíveis no mercado consumidor são mais antigos do que o atual utilizado pela fiandeira, não atendendo a nenhum dos requisitos do cliente levantados. Entretanto, ao realizar uma pesquisa pelo *marketplace* da *Ebay* foi possível encontrar um modelo de eixo principal adaptado, contendo o fuso e o carretel, que atende a alguns requisitos do cliente coletados. Entretanto, para a compra de tal produto seria necessária a sua importação. O modelo encontrado é apresentado na Figura 37.

Figura 37 - Modelo de eixo principal encontrado através do *marketplace* da *Ebay*



Fonte: *Ebay*, 2023

Através da imagem, é possível identificar que a venda somente do eixo principal pode atender alguns dos requisitos do cliente levantados, desde o atendimento completo dos requisitos até o atendimento parcial de alguns deles. Porém, o uso de um eixo principal diferente não soluciona os requisitos do cliente relacionados ao pedal, à diminuição da trepidação da roca, ao uso de peças que diminuem o atrito, à produção de fios triplos, ao melhor posicionamento do rolo de lã em mecha, à um sistema de correia mais eficiente, à um sistema de pedal mais eficiente e à facilidade de passagem da lã pelo tudo de torção.

Já para os requisitos do cliente que são atendidos de forma total ou parcial, tem-se que o eixo principal vendido atende ao *design* que remete ao artesanal de forma total e atende de forma parcial ao requisito de uso de peças que diminuem o atrito. Ainda, tal modelo atende quase que completamente ao requisito de distribuir o fio de lã de forma eficiente pelo carretel e atende completamente ao requisito de padronização dos dois lados do carretel. Por fim, o modelo encontrado atende completamente aos requisitos de utilizar um eixo principal diferente e de possibilidade de produzir fios com maior ou menor rigidez e pouco atende ao requisito de facilitar a passagem da mecha de lã pelo tubo.

4.2.3.3 Atendimento aos Requisitos do Cliente pela roca de fiar atual

Sobre a roca de fiar atualmente utilizada pela fiandeira, tem-se que a mesma não atende a nenhum dos requisitos do cliente levantados, sendo justamente através dela a geração dos requisitos do cliente considerados na elaboração de uma nova Concepção de Produto, neste caso uma nova roca de fiar.

4.2.3.4 Obtenção dos Requisitos Técnicos do Produto através da matriz QFD

Com os dados levantados, tem-se então a geração dos Requisitos Técnicos do produto através da matriz QFD, que é apresentada na Tabela 4.

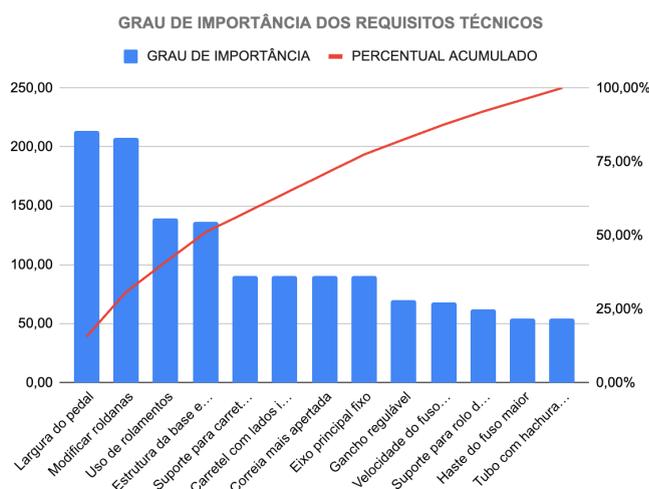
Tabela 4: Requisitos Técnicos do Produto através da matriz QFD

															Bechmarking Externo			Qualidade Planejada				
		Gancho do fuso regulável	Haste do fuso maior	Tubo com hachura ou argola	Rolamentos	Suporte para carretilis de fio pronto	Largura do pedal	Suporte para rolo de lã em mecha	Estrutura da base em madeira rígida	Carretil com laços iguais	Modificar roldanas	Correia mais apertada e com mais atrito	Velocidade de rotação do fuso variável	Eixo principal fixo		Grau de importância (geral)	Nosso Produto	Concorrente X	Plano	Índice de melhoria	Peso absoluto	Peso relativo
Requisitos do Cliente	Propriedade Física	Design que remete ao artesanal	1			3	3	1	9							5	1	5	5	5	25	7,6
	Propriedade Mecânica	Usar peças que diminuam o atrito	1		9						1					5	1	3	5	5	25	7,6
	Fator Humano	Poder ser utilizada por canhotos e destros					9									5	1	1	5	5	25	7,6
	Desempenho Funcional	Utilizar pedal que possibilite apoio para os dois pés					9									5	1	1	5	5	25	7,6
		Diminuir trepidação da Roca de Fiar				3			9		3	3				5	1	1	5	5	25	7,6
		Poder produzir fios triplos					9									5	1	1	5	5	25	7,6
		Distribuir o fio de lã de forma mais eficiente pelo carretil	9	9												5	1	4	4	4	20	6,1
		Posicionar melhor o rolo de lã em mecha						9								5	1	1	4	4	20	6,1
		Padronizar os dois lados do carretil								9						5	1	5	5	5	25	7,6
		Utilizar um sistema de correia mais eficiente				3					9	9		3		5	1	1	5	5	25	7,6
		Utilizar um sistema de pedal mais eficiente				3		9				3				5	1	1	4	4	20	6,1
		Utilizar um eixo principal mais eficiente								3	9			9		5	1	5	5	5	25	7,6
		Poder produzir fios com maior ou menor rigidez				1					3		9			5	1	5	5	5	25	7,6
	Facilitar a passagem da lã pelo tubo do fuso			9											5	1	2	4	4	20	6,1	
	Grau de importância do Requisito Do Produto		69,7	54,5	54,5	139,4	90,9	213,6	62,1	136,4	90,9	207,6	90,9	68,2	90,9	1369,7						
Percentual		5,1	4,0	4,0	10,2	6,6	15,6	4,5	10,0	6,6	15,2	6,6	5,0	6,6	100,0							
Unidade		1 ou 0	cm	1 ou 0	1 ou 0	1 ou 0	cm	1 ou 0	1 ou 0	1 ou 0	1 ou 0	1 ou 0	rpm	1 ou 0								
Bechmarking Técnico de Produto	Produto Atual	0	12	0	0	0	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Concorrente X	1	12	0	0	0	15	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Requisito Técnico do Produto		1	>14,8 cm	1	1	1	35 cm	1	1	1	1	1	±15% rpm	1								

Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, através dos resultados da matriz QFD, tem-se que grau de importância de cada um dos requisitos técnicos e a porcentagem acumulada deles são apresentados através da Figura 38.

Figura 38: Grau de importância dos Requisitos Técnicos do Produto



Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, analisando o produto concorrente e o grau de importância de cada requisito do produto levantado, são definidos os requisitos técnicos do produto.

Os requisitos técnicos do produto foram definidos, conforme apresentado na Tabela 4, da seguinte forma: é optado a utilização de um gancho regulável na roca de fiar; o fuso deve ser de tamanho maior que 14,8 centímetros, permitindo o completo preenchimento do carretel; é optado pela utilização de um tubo com hachura ou uso de argola a fim de facilitar a passagem da mecha de lã; é optado pelo uso de rolamentos para diminuir o atrito entre as peças, evitando o desperdício de energia cinética; o projeto deve conter um suporte para no mínimo três carretéis, a fim de possibilitar a fabricação de fios triplos pela fiandeira; a largura do pedal deve ser maior que 15 centímetros para proporcionar o apoio para os dois pés do operador; é optado pela implementação de um suporte para o rolo de lã em mecha no projeto; é optado pela utilização de uma base construída em madeira de modo a preservar a ideia de tratar-se de um produto artesanal; é optado pela padronização dos dois lados do carretel; é optado pela modificação das roldanas, a fim de atender aos requisitos de velocidade variável e de um sistema de correia mais eficiente; é optado pela utilização de um sistema que pressione a correia a fim de fixá-la melhor e gerar mais atrito, resultando em um melhor aproveitamento na transmissão de velocidade entre as roldanas; é optado pela implementação de um sistema no qual seja possível variar a velocidade do fuso entre quinze por cento para mais e para menos em relação ao carretel, além de também poder girar na mesma velocidade do

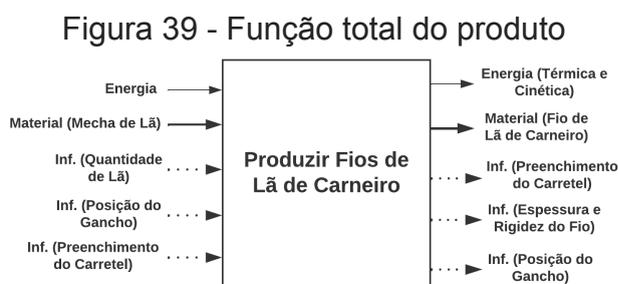
carretel, a fim de produzir fios com maior ou menor rigidez; e por último, é optado pela implementação de um eixo principal fixo.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL

O desenvolvimento do projeto conceitual se dá a partir dos requisitos técnicos definidos. Assim, é analisada a estrutura funcional do produto e identificados os princípios de soluções individuais e totais do produto para gerar três concepções da roca de fiar. Para isso, são analisados os efeitos físicos e os portadores de efeitos físicos para entender melhor como cada função do produto pode ser atendida. Portanto, ao final deste capítulo são geradas as modelagens em três dimensões que são capazes de fornecer informações visuais sobre as formas e materiais que compõem a roca de fiar desenvolvida.

4.3.1 Estrutura Funcional do Produto

Analisando as especificações-meta do produto estabelecidas no projeto informacional, é possível identificar que a função total do produto é "Produzir Fios de Lã de Carneiro", como é mostrado na Figura 39.



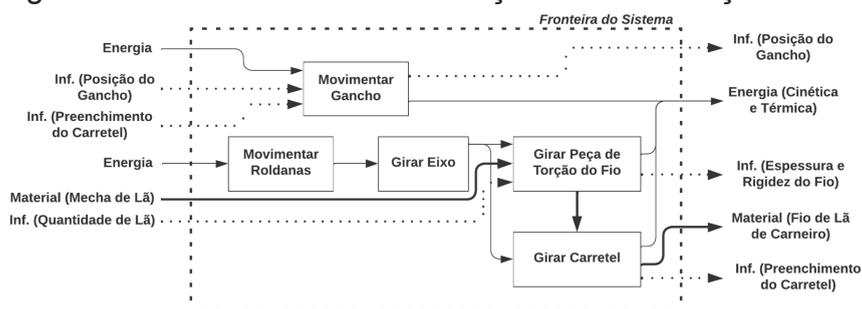
Fonte: Elaborado pelo autor

Os fluxos de energia apresentados na Figura 39, referem-se à energia utilizada para movimentar o sistema, sendo ela ainda não definida. Para o fluxo de material, tem-se apenas a matéria-prima utilizada na fabricação do fio de lã de carneiro, que é a mecha de lã utilizada no processo. Já as informações que entram no sistema, são a quantidade de material que a fiandeira libera para a roca de fiar, a informação referente ao preenchimento do carretel, se ele está cheio ou vazio e se o fio está uniformemente distribuído, e a informação sobre a posição do gancho, que é

responsável por distribuir uniformemente o fio no carretel. Já o fluxo de saída do sistema é a energia térmica produzida no sistema através do atrito e a energia cinética em forma de vibrações e sons. O fluxo de material na saída é justamente o fio pronto de lã de carneiro. Ainda, existem os fluxos de informações que estão associados à distribuição do fio de lã no carretel, ou seja, ao preenchimento do carretel, no qual a fiandeira está sempre atenta, a espessura e rigidez do fio que está sendo produzido e a posição do gancho localizado no fuso. Essas informações que saem do sistema são importantes pois é através delas que a fiandeira decide se diminui ou libera mais material para o sistema. A variação dessa distribuição da lã é justamente a responsável pelas qualidades do fio, deixando ele mais rígido/macio ou mais espesso/fino.

O desdobramento da função total é apresentado na Figura 40, onde são mostradas as funções individuais que compõem a função total, e, portanto, a Estrutura Funcional do Produto.

Figura 40 - Desdobramento da função total em funções individuais



Fonte: Elaborado pelo autor

No desdobramento apresentado através da Figura 40, onde é verificada a Estrutura Funcional do Produto, é possível identificar as funções individuais que compõem a função total. Desse modo, existem dois fluxos de energia. O primeiro é responsável por movimentar o gancho que se localiza no fuso. Já o segundo é responsável por movimentar as roldanas da roca de fiar, na qual é responsável por girar o eixo onde estão localizados o fuso e o carretel, que são os responsáveis por torcer a lã e puxar e enrolar a lã torcida no carretel, respectivamente. O tipo de energia não foi definido a priori pois é necessário identificar as possíveis soluções para as novas funções, para então delimitar se a energia será cinética, mecânica ou elétrica. O material, representado através do fluxo de material, entra no processo de girar o fuso e é puxado para o carretel, onde é enrolado através do processo de girar o carretel. A informação da quantidade de material que deve ser liberado pela

fiandeira entra na etapa de girar o fuso e segue para a etapa de girar o carretel gerando então as informações de saída referentes à rigidez e espessura do fio e sobre o preenchimento do carretel. Ainda, existem os fluxos de informações referentes a posição do gancho localizado no fuso e sobre o preenchimento do carretel, que seguem para a função de movimentar o gancho, resultando em um fluxo de informação de saída referente à posição do gancho.

4.3.2 Princípios de Solução Individuais e Totais do produto

Com a Estrutura Funcional do Produto definida, são gerados os Princípios de Solução Individuais e Totais da nova Roca de Fiar. Desse modo, analisando a sua estrutura funcional tem-se, através do Quadro 9, a definição dos efeitos físicos e os portadores de cada efeito físico listado.

Quadro 9 - Efeitos físicos e portadores do efeito físico

FUNÇÃO	EFEITO FÍSICO	PORTADOR DO EFEITO FÍSICO
Movimentar roldanas	Torque	- Sistema de pedais - Motor elétrico
Girar eixo principal	Torque	- Sistema com roldanas circulares e correia - Motor elétrico
Girar fuso	Torque Atrito	- Sistema com engrenagens - Sistema com roldanas circulares e correia - Sistema em que o fuso esteja no eixo principal e gira através do atrito entre eles
Girar carretel	Torque	- Sistema com engrenagens - Sistema com roldanas circulares e correia - Usar parafuso para aumentar atrito em relação ao eixo principal
Movimentar gancho do fuso	Força	- Sistema com engrenagens - Motor elétrico - Manualmente - Movimento livre

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, para a função de movimentar as roldanas, as opções de sistemas que podem atender ao cumprimento do objetivo seriam a utilização de um sistema de pedal acoplado a roldana inferior, como é feito atualmente, ou um motor elétrico, que utilizaria energia elétrica. Para a função de girar o eixo, os sistemas possíveis seriam o sistema com correia conectando a roldana inferior com a roldana do eixo principal ou a utilização de um motor elétrico acoplado diretamente no eixo principal. Pode-se observar que caso seja utilizado um motor elétrico para girar o eixo, é totalmente descartável a ideia de utilizar um motor para movimentar as roldanas, pois o sistema de roldanas é justamente o utilizado somente para movimentar o eixo. Para a função de girar o fuso é sugerido um sistema com engrenagens, um sistema com roldanas circulares e correia ou simplesmente deixar o fuso girar através do atrito gerado entre ele e o eixo principal. Já para a função de girar o carretel, é proposto um sistema com engrenagens ou um sistema com roldanas e correia. Finalizando, tem-se a função de movimentar o gancho localizado no fuso, onde é sugerido um sistema com engrenagens, um motor elétrico DC, um gancho que se move livremente conforme a linha se distribui pelo carretel, ou movimentar o gancho manualmente.

Desse modo, definidos os efeitos físicos e os portadores dos efeitos físicos, é possível montar uma Matriz Morfológica que relaciona as soluções com as funções definidas. A Matriz Morfológica é um método sistemático que visa desdobrar um problema complexo em partes mais simples, buscando soluções para as partes (ROZENFELD et al., 2006). Ainda segundo o autor, através desse método é possível produzir uma grande variedade de concepções para o produto. Assim, através da combinação entre os princípios de soluções individuais e as funções é possível gerar um princípio de solução total do produto, para então gerar conceitos do produto.

Tem-se, portanto, a Matriz Morfológica da nova roca de fiar apresentada através do Quadro 10.

Quadro 10 - Matriz Morfológica

FUNÇÕES ELEMENTARES	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO				
	1	2	3	4	5
Movimentar Gancho do Fuso	 Engrenagens	 Motor Elétrico DC com Pedal Elétrico/Botoeira	 Manualmente	 Enrolador de fios	 Livrementemente para os lados
Movimentar Roldanas	 Motor Elétrico com Pedal Elétrico	 Pedal			
Girar Eixo Principal	 Roldanas com correia	 Motor Elétrico com Pedal Elétrico	 Manivela		
Girar Fuso	 Engrenagens	 Roldanas com correia	 Livrementemente com atrito		
Girar Carretel	 Engrenagens	 Roldanas com correia	 Livrementemente com atrito	 Enrolador de fios	

Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro grupo de alternativas de solução são referentes à função elementar de movimentar o gancho do fuso. A alternativa um é a de usar um conjunto de engrenagens que possibilite movimentar o gancho, entretanto essa alternativa de solução se torna muito complexa e pode ser necessário envolver um enorme conjunto de engrenagens para chegar à solução da função de forma eficiente. A segunda alternativa é utilizar um motor elétrico de corrente contínua acionado por um pedal elétrico ou por uma botoeira de acionamento, movimentado conforme a necessidade da fiandeira. Esse sistema seria possível com a aplicação de um anel deslizante elétrico, conforme mostrado na Figura 41, realizando a transmissão da energia elétrica de um eixo fixo para um eixo giratório.

Figura 41 - Anel deslizante elétrico



Fonte: *Aliexpress*, 2023

Já a terceira alternativa seria movimentar o gancho de forma manual, como é feito atualmente pela fiandeira. A quarta alternativa seria utilizar um sistema observado através de outro produto utilizado pela fiandeira, um enrolador de fios à manivela. Esse equipamento é utilizado para enrolar os fios de forma que fiquem bem distribuídos em formato de bola, conforme apresentado na Figura 42.

Figura 42 - Enrolador de fios à manivela



Fonte: *Mercado Livre*, 2023

Finalizando as soluções levantadas para a função de movimentar o gancho do fuso, a quinta solução seria a de deixar o gancho realizar movimentos de forma

livre, onde conforme o carretel vai enchendo, ele vai sendo puxado pela lã para preencher os espaços que estão vazios. Esse sistema foi identificado através da análise do produto concorrente apresentado no Capítulo 4.2.3.2, onde ele fornece essa solução.

Passando para o segundo grupo de soluções, que são levantadas para a função elementar de movimentar roldanas, são identificadas duas alternativas, sendo elas a aplicação de motor elétrico para girar as roldanas ou a utilização de um pedal horizontal. Movimentar as roldanas através de um motor elétrico não seria a alternativa mais eficiente, pois seria mais eficiente aplicar um motor diretamente no eixo principal, ocasionando na total inutilidade do uso de roldanas. Além disso, o motor elétrico precisaria ser potente para conseguir movimentar um sistema de roldanas, causando ruídos incômodos, e também poderia prejudicar a estética artesanal levantada como requisito do cliente. Já o sistema de pedal em formato de plataforma, bastante utilizado por antigas máquinas de costura, conforme mostrado na Figura 43, atenderia aos requisitos de proporcionar apoio para os dois pés e de que a roca de fiar possa ser utilizada por canhotos e destros, além de preservar a estética artesanal.

Figura 43 - Pedal plataforma em máquina de costura antiga.



Fonte: *Store Online*, 2023

Para a função elementar de girar o eixo principal, tem-se que as três alternativas de solução se dão através do uso de um sistema de correia e roldanas, uso de motor elétrico com pedal elétrico ou através do uso de manivela. A primeira solução, de utilizar um sistema de correia e roldanas, é o método utilizado

atualmente na roca de fiar que a fiandeira exerce sua atividade. Assim, utilizando essa solução, é possível preservar o aspecto artesanal do produto que a fiandeira e proprietária da empresa busca. A segunda solução, referente ao uso do motor elétrico, não preservaria o aspecto artesanal do produto, mas eliminaria completamente a necessidade da utilização de roldanas. Já a última solução, de utilizar manivela, causaria bastante movimento da fiandeira e impossibilitaria a utilização de uma de suas mãos na execução da atividade, o que pode ser totalmente inviável.

Para o conjunto de soluções envolvendo a função de girar o fuso, são levantadas três soluções: uso de engrenagens; uso de um sistema de correia e roldanas; ou deixar o fuso girar livremente. A primeira alternativa, de usar engrenagens, é, em um primeiro momento, bastante trabalhosa, mas permitiria atender ao requisito de variar a rotação do fuso da roca em relação ao carretel, resultando em fios mais ou menos rígidos. O mesmo ocorre com a solução dois, de utilizar roldanas e correia, onde seria possível também variar a velocidade de rotação do fuso. Entretanto, para a solução três, não seria possível atender a esse requisito, sendo que poderia ser gerada uma menor rotação do fuso em relação ao carretel, diminuindo o atrito do fuso em relação ao eixo principal, ou mantendo a mesma velocidade entre o fuso e o carretel, fixando o fuso e o carretel ao eixo principal. Porém não seria possível fazer o fuso girar mais rápido que o carretel, pois em relação ao atrito somente é possível diminuir a velocidade do fuso, mas não aumentar, apenas se considerar diminuir o atrito do carretel e fixar o fuso no eixo principal.

Finalizando, para o conjunto de soluções relacionados à função de girar o carretel, tem-se o levantamento da possibilidade de utilização de engrenagens, de sistema de correia e roldanas e o uso do mesmo sistema do enrolador de fios apresentado anteriormente. A primeira solução, de utilização de engrenagens, pode ser complexa e talvez seja necessária a utilização de um conjunto grande de engrenagens a fim de atender a função, tornando sua aplicação mais dificultosa. Já a segunda solução é a mesma utilizada na roca de fiar analisada durante a tarefa da fiandeira e sua utilização ajudaria a remeter ao aspecto artesanal requisitado pela fiandeira. Para a terceira solução, seria de deixar o carretel girar livremente através do atrito gerado entre ele e o eixo principal. Para a última solução levantada, de utilizar um sistema parecido com o do enrolador de fios, tem-se que sua adoção no

projeto atenderia as funções de mover gancho do fuso e de girar o carretel ao mesmo tempo, pois sua utilização faria com que ao girar o carretel inclinado, distribuiria o fio de forma uniforme, formando uma bola de fio de lã.

Desse modo, levantados os princípios de solução individuais, são definidos os princípios de solução totais através da mesma Matriz Morfológica. Assim, os princípios de soluções totais escolhidos pelo pesquisador para realizar as três concepções do produto final são apresentados na Figura 44.

Figura 44 - Princípios de Solução Totais escolhidos através da Matriz Morfológica

FUNÇÕES ELEMENTARES	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO				
	1	2	3	4	5
Movimentar Gancho do Fuso	 Engrenagens	 Motor Elétrico DC com Pedal Elétrico/Botoeira	 Manualmente	 Enrolador de fios	 Livramento para os lados
Movimentar Roldanas	 Motor Elétrico com Pedal Elétrico	 Pedal	 Roldanas com correia		
Girar Eixo Principal	 Roldanas com correia	 Motor Elétrico com Pedal Elétrico	 Manivela		
Girar Fuso	 Engrenagens	 Roldanas com correia	 Livramento com atrito		
Girar Carretel	 Engrenagens	 Roldanas com correia	 Livramento com atrito	 Enrolador de fios	

Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro princípio de solução total escolhido para gerar uma concepção do produto é apresentado na cor vermelha na Figura 44. O Princípio 1 é composto da seguinte forma:

- Solução de girar livremente para os lados para a função de movimentar o gancho do fuso;
- Solução de uso de pedal em formato de plataforma para a função de movimentar roldanas;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o eixo principal;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o fuso;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o carretel.

Para o segundo princípio de solução total escolhido para gerar a segunda concepção do produto, tem-se ele apresentado na cor azul na Figura 44. Desse modo, o Princípio 2 é composto da seguinte forma:

- Solução de usar um motor elétrico de corrente contínua com um sistema de pedal elétrico ou botoeira para a função de movimentar o gancho do fuso;
- Solução de uso de pedal em formato de plataforma para a função de movimentar roldanas;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o eixo principal;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o fuso;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o carretel.

E para a terceira concepção do produto final, tem-se que o terceiro princípio de solução total escolhido, apresentado na cor verde na Figura 44, é composto da seguinte forma:

- Solução de usar o sistema do enrolador de fios para a função de movimentar o gancho do fuso;
- Solução de uso de pedal em formato de plataforma para a função de movimentar roldanas;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o eixo principal;
- Solução de uso de um sistema de roldanas e correia para a função de girar o fuso;
- Solução de uso de um sistema do enrolador de fios para a função de girar o carretel.

Para finalizar, um aspecto importante ao ser observadas as funções que o produto carrega, pode-se identificar que nenhuma das funções envolve a forma como o rolo de mecha de lã ou os carretéis de fio triplo são armazenados ou dispostos. Desse modo, para atender aos requisitos do produto levantados e deixar a estrutura da roca de fiar menos complexa e confusa para o operador, é sugerido à proprietária da empresa e fiandeira a criação de um segundo produto que comporte

tanto o rolo de lã em mecha, quanto os carretéis de fios prontos que são utilizados para a produção de fios triplos na roca de fiar.

4.3.3 Alternativas de Concepção da Roca de Fiar

Definidos os três princípios de solução totais que devem compor as três concepções da roca de fiar, nos quais apenas uma é selecionada através dos critérios estabelecidos pela cliente, são desenvolvidos a modelagem em três dimensões de cada concepção do produto através do **software Shapr3D**.

Entretanto, antes de apresentar a modelagem tridimensional das três concepções, é importante salientar cinco pontos importantes que foram utilizados nas três concepções de roca de fiar. O primeiro ponto é referente ao **tamanho das roldanas**. Para que haja o atendimento do requisito do produto de velocidade do fuso regulável em quinze por cento a mais e quinze por cento a menos em relação a velocidade do carretel, é utilizada a equação de transmissão de movimento circular uniforme. Assim, a velocidade angular da primeira roldana vezes o raio da primeira roldana é igual a velocidade angular da segunda roldana vezes o raio da segunda roldana, sendo a equação apresentada através da Figura 45.

Figura 45 - Equação da transmissão do movimento circular uniforme

$$w_1 \times R_1 = w_2 \times R_2$$

Fonte: Elaborado pelo autor

O segundo ponto a ser destacado é em relação a **arquitetura do produto**. Rozenfeld et al. (2006), explica que a arquitetura de um produto é o esquema pelo qual os elementos funcionais do produto são arranjados em partes físicas e como essas partes interagem por meio de interfaces e podem ser classificadas como modular ou integral. Ainda, segundo Rozenfeld et al. (2006), a arquitetura modular é caracterizada por um dos módulos possuírem uma ou algumas poucas funções, não existindo o compartilhamento de funções entre dois ou mais módulos, enquanto a arquitetura integral é caracterizada por ter as funções do produto distribuídas em vários conjuntos de componentes. Desse modo, as concepções do produto desenvolvidas foram definidas como de arquitetura integral.

Já para o terceiro ponto a ser destacado, tem-se ele relacionado **à largura do pedal da roca de fiar**. Como ele foi definido para as três alternativas de concepção do produto em ser em formato de plataforma para atender aos requisitos do cliente de poder ser utilizado por canhotos e destros e de dar apoio para os dois pés, reduzindo os desvios posturais da fiandeira durante a realização da atividade, tem-se que o tamanho adotado para a largura do pedal é de trinta centímetros. Essa medida foi escolhida tomando como base o pé de uma pessoa adulta com largura de treze centímetros, incluindo o calçado que esteja sendo utilizado. Desse modo, para alocar os dois pés sobre a plataforma, ela necessitaria ter um tamanho mínimo de vinte e seis centímetros. Porém, para garantir que o requisito seja atendido, foi estipulado uma margem de aproximadamente quinze por cento de variação para mais da largura do pé estipulado.

O quarto ponto se refere ao **uso de rolamentos**. O uso de rolamentos foi considerado em todas as concepções do produto em componentes que envolvem rotações, pois o seu uso gera muitos benefícios por conta da redução no desgaste das peças e na diminuição da perda cinética, além de maior facilidade em gerar os movimentos de rotação por conta da diminuição do atrito. Desse modo, todas as alternativas geradas atendem ao requisito de **diminuir a trepidação da roca**.

Por fim, o quinto ponto refere-se ao atendimento dos requisitos do produto relacionados à implementação de um suporte para o rolo de mecha de lã e um suporte para três carretéis de fio pronto. É definido que, conforme analisado nas funções individuais do produto, estes itens não são relevantes na concepção de uma arquitetura integral da roca de fiar, podendo não ser implementados no produto. Desse modo, para satisfazer as necessidades do cliente relacionadas a esses requisitos do produto, sugere-se que a proprietária da empresa e fiandeira implemente um suporte simples para que os rolos e carretéis sejam dispostos de forma que, ao serem puxados, não realizem a torção dos fios. A implementação desse suporte pode ser dada através da fixação de um suporte horizontal na parede ao lado da roca, facilitando o trabalho da fiandeira em puxar a mecha de lã e os fios.

Vale ressaltar que, respeitando as delimitações da pesquisa, as dimensões exatas do produto final não são objetivos desta pesquisa, mas ainda sim são apresentadas as formas de cada componente que será utilizado no produto final, incluindo o tipo de material utilizado. Desse modo, é possível visualizar e entender as soluções adotadas para cada função do produto e suas inter-relações e de que

forma são atendidos os requisitos do projeto definidos. Ainda, é importante ressaltar que a fiandeira utiliza uma cadeira com regulagem de altura durante a realização de suas atividades, o que minimiza a necessidade de que seja implementada uma regulagem de altura na roca de fiar. Portanto, para a utilização de todas as alternativas de concepção do produto final, recomenda-se o uso de uma cadeira com regulagem de altura a fim de minimizar riscos ergonômicos referentes ao posicionamento das pernas da operadora.

4.3.3.1 Primeira Concepção da Roca de Fiar

A primeira alternativa de concepção da roca de fiar, representada através da Figura 46, apresenta de maneira macro as peças que compõem a alternativa e suas inter-relações.

Figura 46 - Concepção da primeira alternativa da roca de fiar



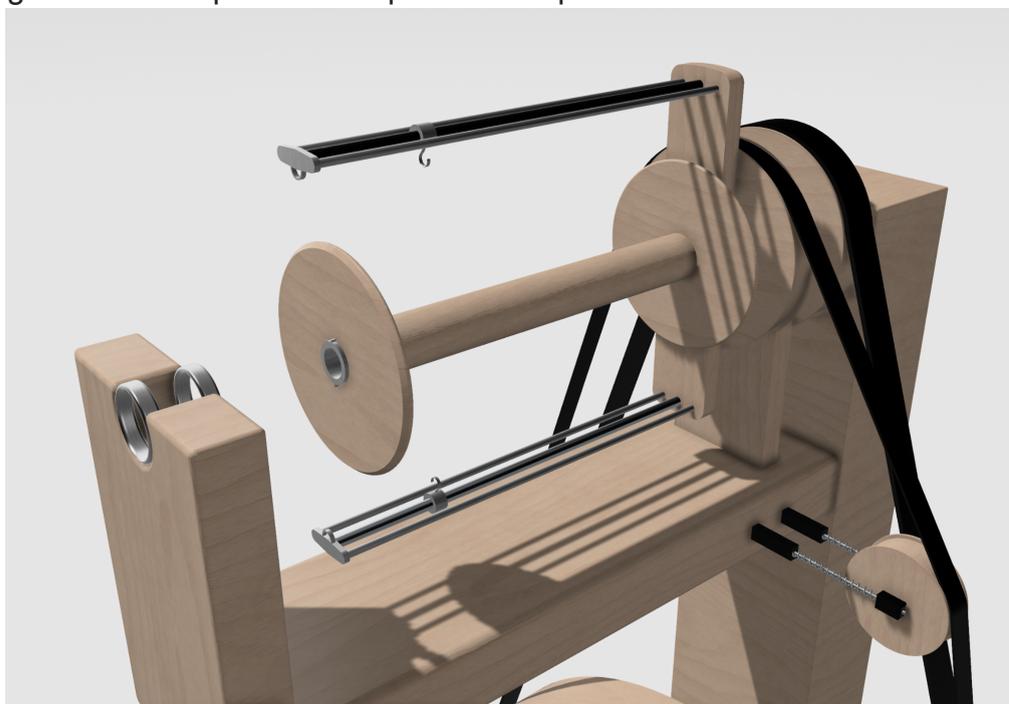
Fonte: Elaborado pelo autor

Como é possível observar, o pedal implementado nessa concepção é um pedal em formato de plataforma, aumentando a largura do pedal - que é um requisito do produto - em relação ao pedal utilizado pela fiandeira durante a análise da atividade realizada por ela, atendendo assim aos requisitos do cliente de possibilitar

o uso da roca de fiar por canhotos e destros, além de utilizar um pedal que tenha suporte para os dois pés do operador da roca, a fim de eliminar a elevação do quadril ocasionada pelo levantamento de apenas uma das pernas durante a realização da atividade, minimizando os riscos ergonômicos. Ainda, é possível observar que o requisito do produto de construir a base em madeira também é atendido, a fim de trazer um aspecto mais artesanal para a roca de fiar.

Para analisar os demais componentes dessa alternativa, a Figura 47 apresenta uma melhor visualização dos componentes da parte superior da roca de fiar.

Figura 47 - Componentes superiores da primeira alternativa de roca de fiar

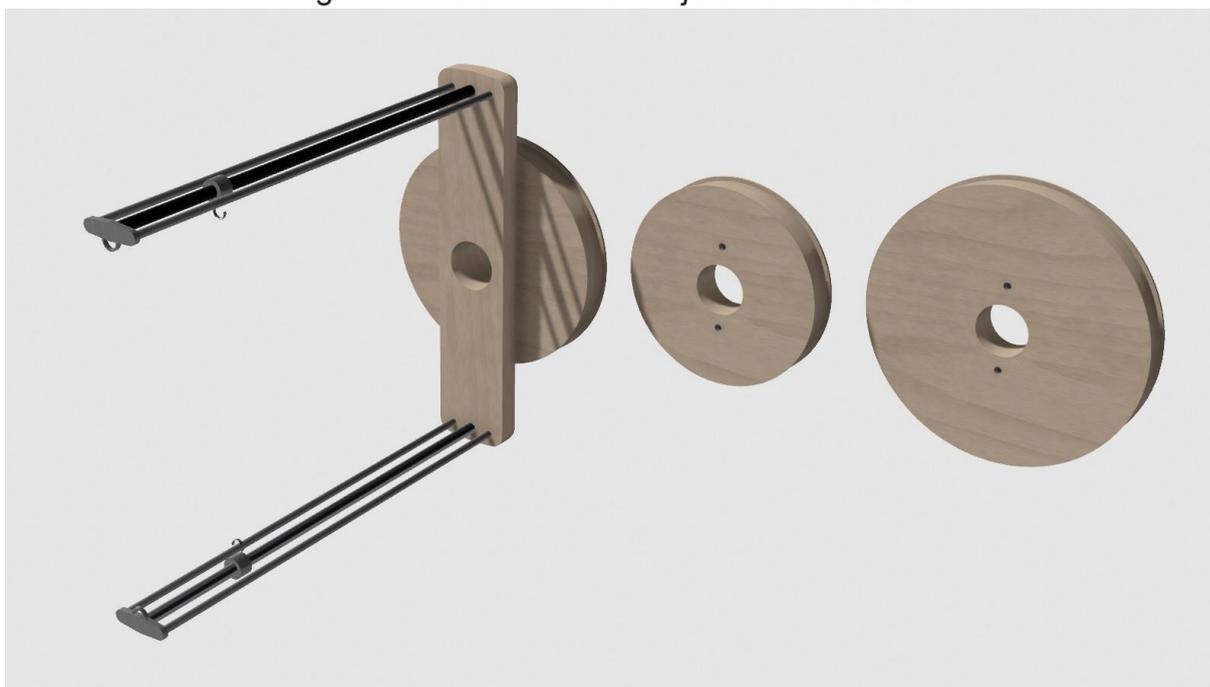


Fonte: Elaborado pelo autor

Como é possível observar, essa alternativa de roca de fiar apresenta um eixo principal fixo, mas que efetua movimento de rotação, onde o carretel gira na mesma velocidade do eixo, pode ser retirado e possui os dois lados padronizados, atendendo aos requisitos do produto de padronizar os dois lados do carretel e utilizar um eixo fixo. Através da imagem, ainda é possível identificar que as roldanas sofreram modificação. Agora, para proporcionar diferença na velocidade de rotação entre o carretel e o fuso, são utilizadas duas correias que interligam a roda inferior, que é acionada pelo pedal, e a roldana que é acoplada ao eixo fixo, responsável por girar o carretel, e a roldana que é acoplada ao fuso.

Para possibilitar a variação de velocidade do fuso em relação ao carretel, são utilizados um conjunto contendo três roldanas com tamanhos diferentes, conforme mostrado na Figura 48. Ainda, para ser possível a utilização de roldanas com tamanhos diferentes, o fuso também pode ser desacoplado do eixo principal, sendo possível efetuar a troca da roldana responsável por movimentá-lo.

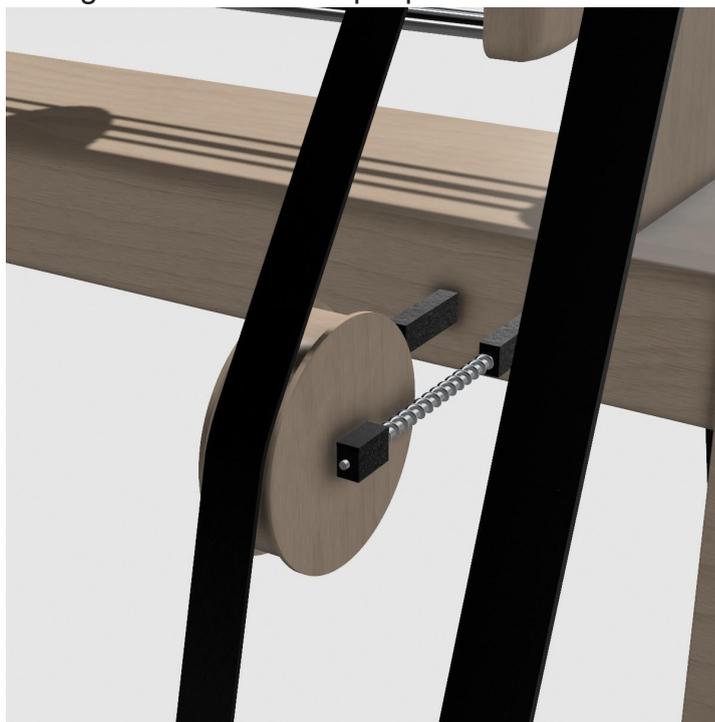
Figura 48 - Fuso com o conjunto de roldanas



Fonte: Elaborado pelo autor

Os diâmetros de cada roldana foram definidos através da equação de transferência de movimento circular, onde obteve-se o tamanho do raio necessário para cada roldana tendo como base a variação na velocidade angular de quinze por cento para mais ou para menos. Entretanto, para ser possível a utilização de roldanas com tamanhos diferentes, é necessário que seja aplicado um sistema que pressione a correia a fim de deixá-la firme quando for colocada uma roldana de tamanho menor, o que ocasionaria no afrouxamento da correia. Esse sistema é apresentado pela Figura 49.

Figura 49 - Sistema que pressiona a correia



Fonte: Elaborado pelo autor

O sistema responsável por apertar a correia conforme a variação no tamanho da roldana do fuso é composto por uma outra roldana que é pressionada contra a correia através de uma mola. Desse modo, através dos componentes apresentados, é possível identificar que os requisitos do produto de velocidade de rotação do fuso variável, correia mais apertada e com mais atrito e modificação das roldanas são atendidos.

Por fim, é analisado mais minuciosamente o fuso da primeira alternativa de roca de fiar através da Figura 50.

Figura 50 - Fuso da primeira alternativa de roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

Através da figura apresentada é possível identificar o sistema de gancho regulável localizado no fuso utilizado nessa alternativa de concepção, onde ele é deixado para se movimentar de forma livre para os lados conforme o carretel vai enchendo, os locais onde não estão bem preenchidos vão "puxando" o gancho. Esse sistema foi identificado através do *Benchmarking* externo. Desse modo, ao iniciar o processo de fiação, a fiandeira deve mover o gancho para o fim da haste do fuso, para que conforme o carretel se encha, o gancho vai sendo puxado para o outro lado da haste. Ainda, através da imagem, é possível ver uma argola por onde é passada a mecha de lã a fim de auxiliar no processo de torção. Desse modo, é possível identificar o atendimento aos requisitos do produto de utilizar um gancho regulável e de aumentar o tamanho da haste do fuso, facilitando o preenchimento de todo o carretel.

Por fim, em relação ao último requisito do produto que falta ser atendido, que é a utilização de um tubo com hachura ou o uso de argola, tem-se seu atendimento apresentado através da Figura 51.

Figura 51 - Argola utilizada na primeira alternativa de roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, os componentes utilizados para facilitar a passagem da lã que é torcida no fuso são duas argolas em aço escovado. Desse modo elas fazem o mesmo papel do antigo tubo utilizado pela roca de fiar analisada, mas oferecem uma

passagem mais facilitada da mecha de lã por elas. Portanto, tem-se todos os requisitos do cliente atendidos.

4.3.3.2 Segunda Concepção da Roca de Fiar

A segunda concepção da roca de fiar é apresentada de forma macro através da Figura 52.

Figura 52 - Concepção da segunda alternativa de roca de fiar

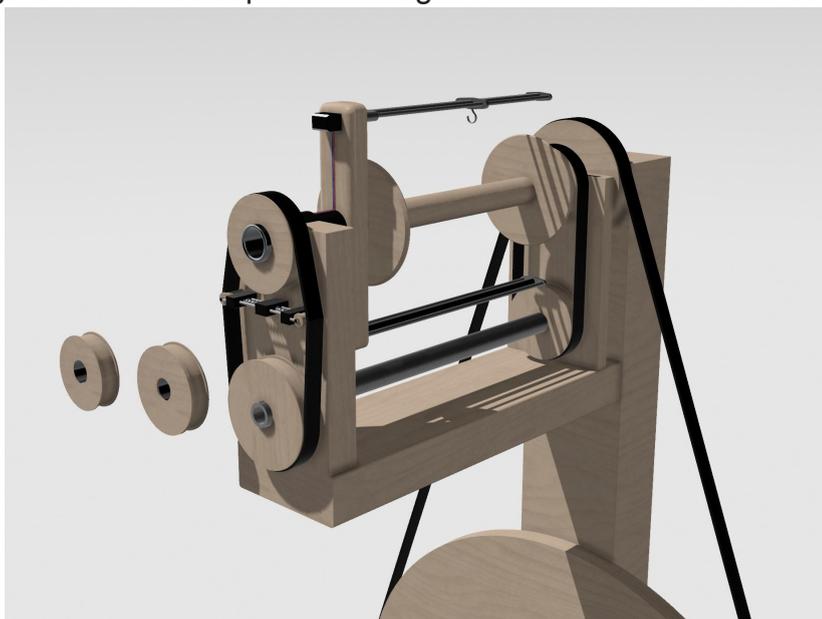


Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme é mostrado, a segunda concepção da roca de fiar utiliza o mesmo sistema de pedal em formato de plataforma, contendo as mesmas medidas apresentadas anteriormente, atendendo ao requisito técnico de aumentar a largura do pedal, proporcionando o apoio para os dois pés do operador e sendo possível utilizar por canhotos e destros. Ainda, é possível analisar que a estrutura da base da roca é modelada em madeira, atendendo o requisito técnico de usar madeira rígida na estrutura da base da roca, buscando atender ao requisito do cliente sobre a roca aparentar ser mais artesanal.

Agora, através da Figura 53, é possível analisar mais precisamente a parte superior da segunda alternativa de roca.

Figura 53 - Parte superior da segunda alternativa de roca de fiar

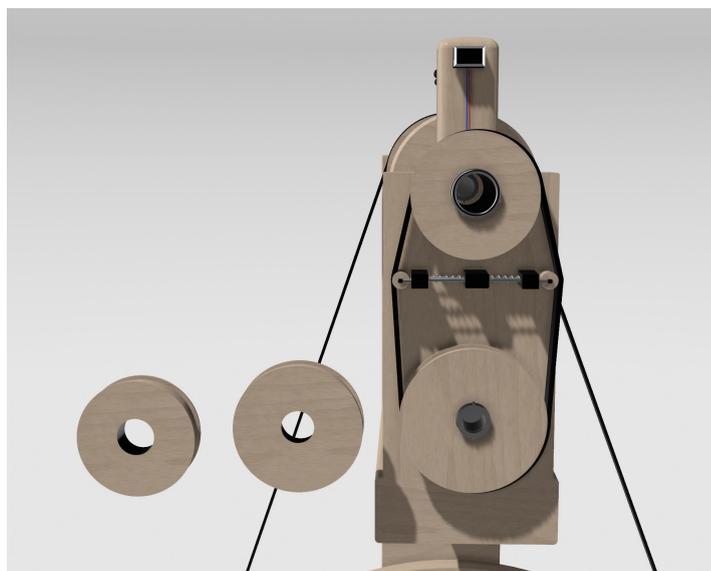


Fonte: Elaborado pelo autor

Como é possível observar, essa alternativa utilizou um novo sistema de roldanas que ajudam a atender aos requisitos técnicos de modificar roldanas, de utilizar correia mais apertada e com mais atrito e de ser possível a variação na velocidade do fuso. Ainda, é possível analisar que o eixo utilizado nessa alternativa é fixo, atendendo ao requisito do produto de ser utilizado um eixo principal fixo. Além disso, o carretel utilizado é padronizado dos dois lados, atendendo ao requisito de utilizar um carretel com dois lados iguais.

Entretanto, é necessário analisar de forma mais precisa como cada requisito é atendido. Desse modo, a Figura 54 apresenta o sistema utilizado para ser possível a alteração na velocidade de rotação do fuso, de quinze por cento para mais e para menos, em relação ao carretel.

Figura 54 - Sistema de variação de velocidade do fuso da segunda alternativa de roca de fiar

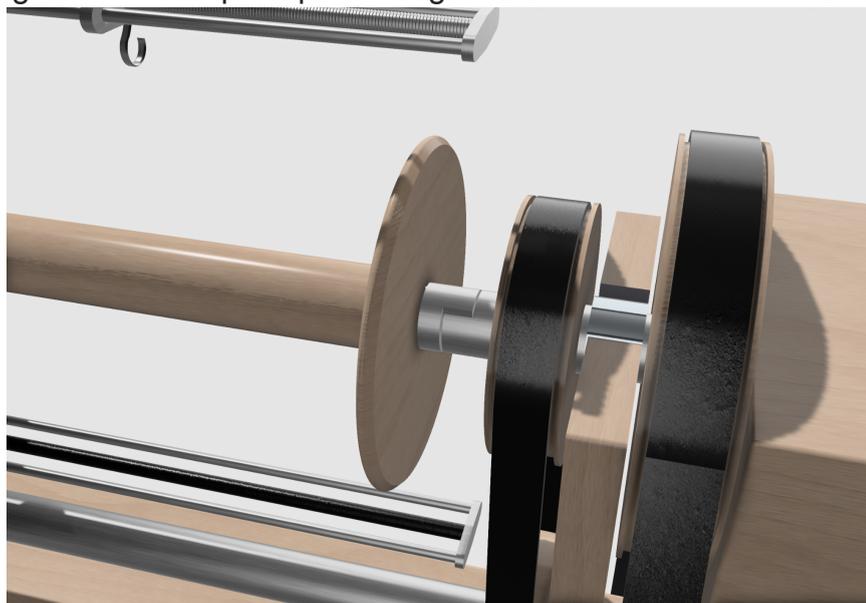


Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme é apresentado, a roca possui um conjunto de três roldanas que são intercambiáveis, de modo que seja possível alterar a velocidade de rotação do fuso para mais ou para menos em relação ao carretel, além de também ser possível que o fuso gire na mesma velocidade de rotação que o carretel. Para isso ser possível, analisando que a correia pode ficar frouxa caso uma roldana de maior diâmetro seja trocada por uma de menor diâmetro, é utilizado um sistema que firma a correia para que ela não fique frouxa contendo molas e pequenas roldanas.

Para analisar mais precisamente como o requisito do produto de utilizar um eixo principal fixo é atendido, ele é apresentado através da Figura 55.

Figura 55 - Eixo principal da segunda alternativa de roca de fiar.

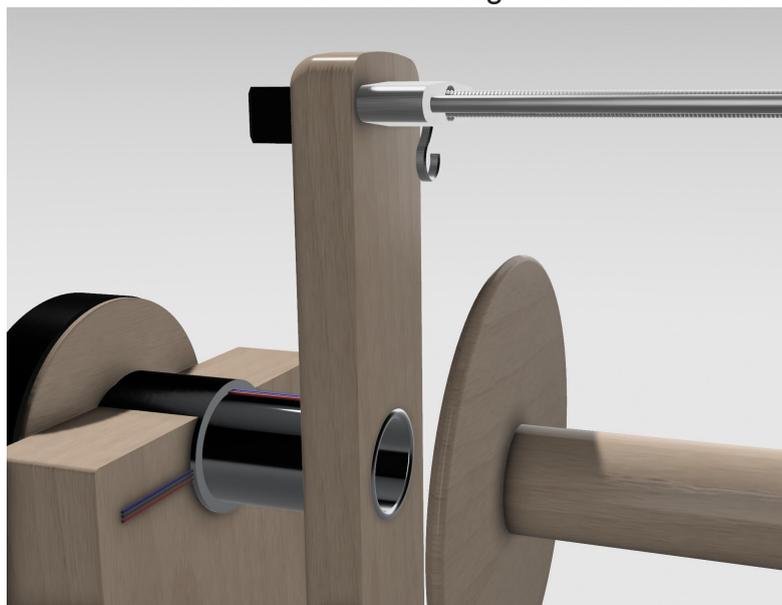


Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, é possível analisar que o eixo principal é fixo na roca e gira, através de rolamentos, por conta da roldana que é fixada nele e conectada por uma correia com a roldana inferior da roca que é acionada pelo pedal. Ainda, o eixo principal foi desenhado de forma que ele possa realizar um movimento de flexão, de tal modo que seja possível retirar o carretel do eixo.

Para atender aos requisitos técnicos de utilização de um tubo com hachura no fuso, a fim de facilitar a passagem da lã em mecha, é apresentado através da Figura 56 o modelo utilizado.

Figura 56 - Tubo do fuso com hachura da segunda alternativa de roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar de não ser a forma mais eficiente para facilitar que a mecha de lã seja passada por dentro do tubo localizado no fuso, essa é a única alternativa que possibilita a utilização de um motor elétrico de corrente contínua capaz de movimentar o gancho da haste do fuso. Portanto, apesar do sistema de tubo utilizado não facilitar a passagem da mecha de lã, ele proporciona a utilização de um sistema eficiente que movimenta o gancho da haste do fuso, conforme mostrado na Figura 57, onde através da utilização de um pedal elétrico ou de uma botoeira de acionamento, ilustrativamente apresentado em formato aleatório na Figura 58, a fiandeira pode acionar um motor elétrico de corrente contínua, mostrado ilustrativamente em formato de cubo na Figura 59, e posicionar o gancho da forma que ela quer através do giro de um eixo em formato de parafuso, apresentado na Figura 60. Para isso, não é necessária uma intervenção no movimento da roca de fiar, fazendo com que a realização da sua atividade não tenha que ser interrompida.

Figura 57 - Gancho regulável e gancho fixo do fuso da segunda alternativa de roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro gancho refere-se ao gancho que serve de suporte para a passagem da mecha de lã torcida pelo tubo do fuso da roca de fiar, sendo ele fixo no início da haste do fuso. Já o segundo gancho é regulável, podendo ser movimentado conforme a fiandeira percebe ser necessário. Ainda, é possível observar que o tamanho da haste do fuso atende ao requisito do cliente de ser maior que o tamanho do carretel, distribuindo de forma uniforme o fio pelo carretel.

Figura 58 - Pedal elétrico ou botoeira de acionamento que movimenta o gancho do fuso da segunda alternativa de roca de fiar

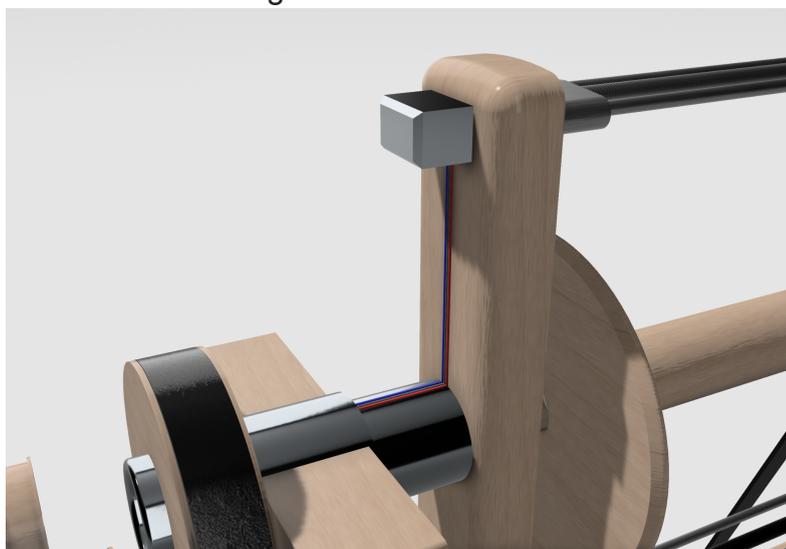


Fonte: Elaborado pelo autor

O pedal elétrico ou botoeira de acionamento apresentado é ilustrativo, sendo que existem no mercado consumidor diversos modelos que podem ser utilizados nesse projeto. Os fios que saem do pedal/botoeira demonstram sua natureza

elétrica, onde são conectados ao motor elétrico de corrente contínua. Importante ressaltar que a fonte de alimentação não é representada na modelagem em três dimensões, mas pode ser o acoplamento de uma bateria próxima ao pedal/botoneira a fim de transmitir tensão e corrente para o motor. Ainda, o local de posicionamento do pedal pode ser alterado conforme a fiandeira deseje na parte inferior da roca. Já para a botoneira, poderia ser colocada na parte superior da roca de fiar, pois ela seria acionada com as mãos conforme a fiandeira necessitar.

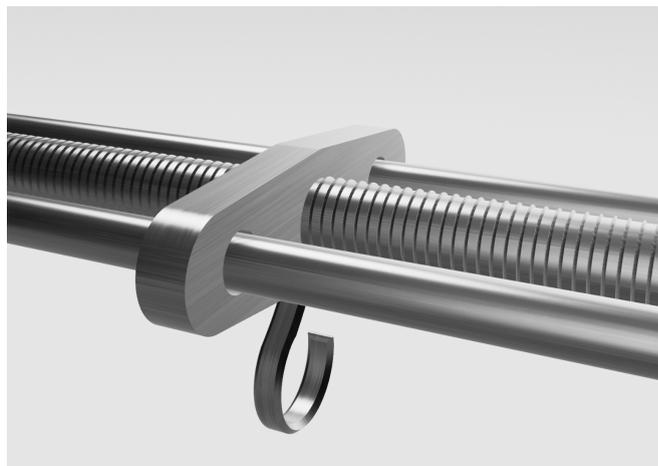
Figura 59 - Motor elétrico de corrente contínua acoplado ao eixo principal da haste do fuso da segunda alternativa de roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

O motor elétrico de corrente contínua é representado ilustrativamente em formato de bloco por conta de existirem no mercado consumidor diversos modelos que são capazes de atender ao projeto, mas que seu levantamento não faz parte do escopo desta pesquisa. Assim, o motor é fixado ao eixo em forma de parafuso da haste do fuso, a fim de girá-lo tanto em sentido horário, movimentando o gancho em direção à outra extremidade da haste, quanto em sentido anti-horário, movimentando o gancho para próximo do motor. A transmissão de energia para o motor que está acoplado ao fuso que rotaciona constantemente é possível através de um anel deslizante elétrico, apresentado anteriormente.

Figura 60 - Eixo giratório em formato de parafuso da haste do fuso da segunda alternativa de roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

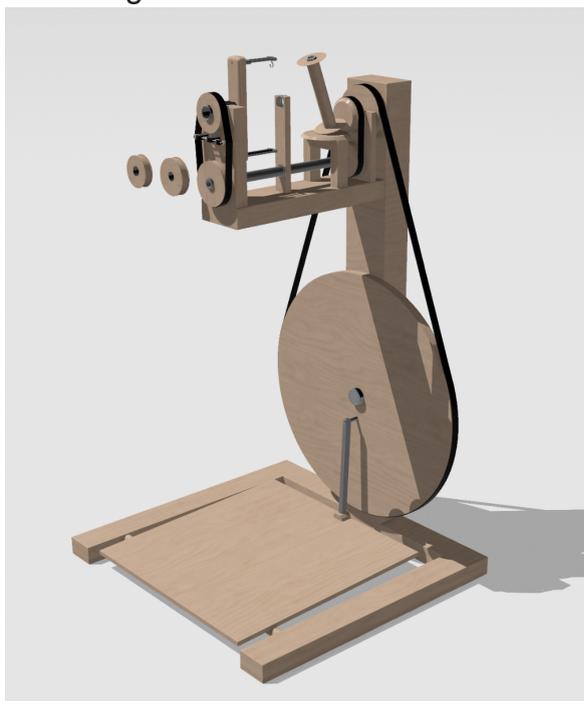
O eixo principal da haste do fuso em formato de parafuso permite que o gancho seja movimentado através da sua rotação, onde o centro da peça em que o gancho está acoplado funciona como uma porca, possuindo um furo cilíndrico em formato de rosca, encaixado ao parafuso e as extremidades da peça são compostas por dois furos que são ultrapassados por eixos não fixos, garantido que o gancho não efetue giro enquanto o eixo central é rotacionado, resultando apenas na sua locomoção horizontal.

Desse modo, todos os requisitos técnicos apresentados anteriormente são também atendidos pela segunda alternativa de roca de fiar.

4.3.3.3 Terceira Concepção da Roca de Fiar

Finalizando, a terceira e última alternativa de concepção da roca de fiar é apresentada na Figura 61, onde são mostrados os componentes e suas relações de forma macro.

Figura 61 - Visão geral da terceira alternativa de roca de fiar



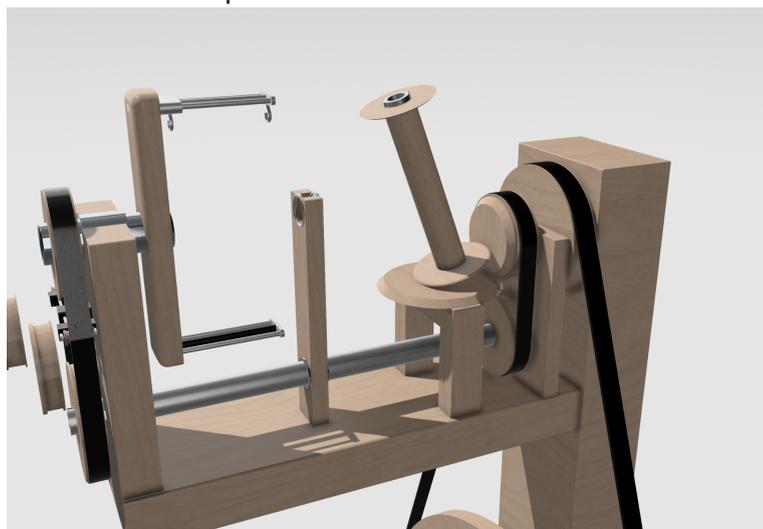
Fonte: Elaborado pelo autor

O ponto principal dessa alternativa de roca de fiar é a utilização de um sistema de distribuição de fio de lã de carneiro tendo como base o funcionamento do enrolador de fios de lã. A principal modificação em relação às alternativas anteriores é a aplicação de um eixo inclinado diagonalmente que gira, onde se localiza o carretel. Desse modo, conforme analisado no funcionamento do enrolador de fios de lã, o carretel gira, puxando o fio de lã torcido através de duas argolas localizadas na altura do centro do carretel, enquanto o fuso realiza apenas a torção da mecha de lã, não sendo mais o responsável pela distribuição uniforme do fio de lã pelo carretel.

Desse modo, essa alternativa de roca compartilha dois sistemas iguais com a segunda alternativa de roca de fiar: o sistema de alternar a velocidade do fuso, que foi apresentado detalhadamente na segunda alternativa de concepção da roca de fiar; e o sistema de pedal, que também é em formato de plataforma e utiliza as mesmas dimensões.

Portanto, a Figura 62 mostra a parte superior da roca, onde são feitas as principais mudanças dessa alternativa.

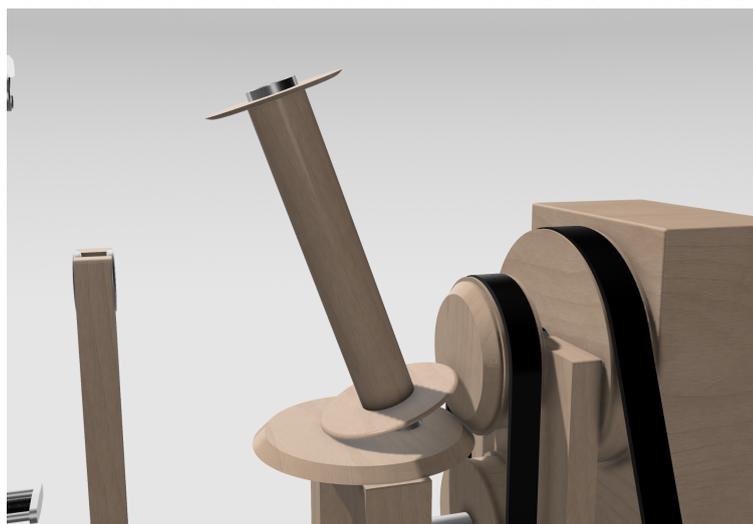
Figura 62 - Parte superior da terceira alternativa de roca de fiar



Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, é possível identificar que as hastes do fuso não apresentam mais um tamanho grande, onde eram necessárias medidas maiores que a do carretel para que fosse possível a distribuição uniforme dos fios de lã. Porém, o fuso, nessa alternativa, não possui mais a função de distribuir uniformemente os fios de lã pelo carretel, sendo possível, portanto, a redução do tamanho das hastes do fuso. Nesta alternativa, o sistema responsável pela distribuição do fio de lã, conforme mostrado na Figura 63, é o analisado no produto enrolador de fios de lã.

Figura 63 - Sistema de enrolador de fios de lã da terceira alternativa



Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar de não ser fielmente apresentado na modelagem em três dimensões, a transmissão de movimento para girar o carretel inclinado é feita por

um sistema de engrenagens em formato cônico com dentes retos, onde uma engrenagem cônica é acoplada a roldana que está no eixo de principal da roca e a outra engrenagem é utilizada como base para a fixação do carretel inclinado. Desse modo, é possível transmitir o movimento entre o eixo principal, que está na horizontal, e o eixo do carretel, que está inclinado verticalmente.

Portanto, para essa terceira alternativa de concepção da roca de fiar, todos os requisitos técnicos do produto são atendidos.

4.3.4 Seleção da Concepção do Produto

A seleção da concepção final do produto se dá através de um minucioso entendimento de como cada solução apresentada nas alternativas do produto atende aos requisitos do cliente. Nesse sentido, todas as três alternativas demonstram uma capacidade satisfatória de cumprir os requisitos estabelecidos. No entanto, o fator preponderante na escolha definitiva da concepção do produto reside na avaliação da complexidade envolvida no desenvolvimento de um possível protótipo.

Ao realizar uma análise aprofundada das três alternativas desenvolvidas, é possível constatar que a primeira opção de concepção da roca de fiar se destaca por apresentar um menor grau de complexidade em relação às demais. Essa alternativa demanda um número reduzido de correias e peças, o que simplifica consideravelmente o processo de desenvolvimento de um protótipo viável.

Diante disso, a concepção final da roca de fiar escolhida é a proposta pela primeira alternativa, conforme pode ser visualizado na Figura 64. Através dessa escolha, busca-se otimizar a eficiência e a viabilidade do desenvolvimento do produto, levando em consideração a redução de complexidade e os recursos disponíveis.

Figura 64 - Concepção da Roca de Fiar escolhida



Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

Combinando os Modelos Referenciais de Rozenfeld et al. (2006) e de Baxter (2000) foi possível desenvolver uma nova roca de fiar levando em consideração as demandas ergonômicas identificadas através de uma análise sobre as atividades realizadas pela fiandeira, resultando na antecipação de requisitos já na elaboração do projeto informacional do produto. Por outro lado, o processo de elaboração de um modelo referencial a ser utilizado na concepção da roca de fiar se deu de forma bem trabalhosa por dois motivos principais. O primeiro motivo é por conta da necessidade de realização de um *benchmarking* externo para a aplicação da matriz QFD, que, pela roca de fiar se tratar de um produto que data de séculos atrás, foi bastante trabalhoso identificar tal produto até mesmo para venda. O segundo motivo é levando em consideração que a definição dos princípios de solução individuais e totais do produto utilizados nas alternativas de concepção da roca de fiar foi feita de forma individual pelo pesquisador, não sendo possível levantar as diversas visões que os mais diversos agentes envolvidos no desenvolvimento de produtos dentro de empresas podem gerar de ideias para o produto final. Sendo, portanto, a aplicação de técnicas como o *brainstorming* de extrema importância para a identificação de soluções para os produtos.

Portanto, foi possível desenvolver três alternativas de concepção de rocas de fiar que atendam aos diversos requisitos do cliente levantados para no final escolher apenas uma alternativa, sendo ela escolhida principal pelo menor grau de complexidade em sua construção, apresentando componentes que são menos complexos de implementar em uma construção de protótipo final. Além disso, pelo Processo de Desenvolvimento do Produto se tratar de um método complexo e imprevisível foi possível verificar no decorrer do trabalho, analisando as funções da roca de fiar, que o atendimento de alguns requisitos técnicos levantados seria mais eficiente através da criação de um outro produto, neste caso um suporte para o rolo de lã em mecha e de carretéis de fio pronto.

Desse modo, através da realização desta pesquisa, é possível observar que o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é bastante flexível, podendo ser bastante modelado para o desenvolvimento de novos produtos ou para o aprimoramento de produtos já existentes, gerando um conjunto de etapas capazes de satisfazer os mais diversos objetivos de cada projeto. Entretanto, a realização do

PDP não é trivial, sendo uma atividade complexa e que exige da equipe de desenvolvimento de produtos um elevado grau de conhecimento sobre tais procedimentos. Portanto, o PDP se mostra complexo até mesmo com o auxílio da utilização de modelos referenciais pré-estabelecidos.

Ainda, quando se trata da implementação da Ergonomia no desenvolvimento de produtos, o grau de complexidade aumenta ainda mais, pois são difíceis de serem encontrados modelos referenciais que tragam as demandas ergonômicas como um fator relevante para a definição de requisitos técnicos do produto a ser desenvolvido. Até mesmo a Ergonomia como um todo é tratada de forma superficial em diversos modelos, onde o tema é abordado em apenas algumas poucas linhas ou até mesmo é descartado. Em contrapartida, não há sentido em tratar a Ergonomia como algo superficial, pois a maioria dos produtos são desenvolvidos para pessoas e suas relações com o produto podem definir o sucesso ou o fracasso financeiro de um produto mal planejado ergonomicamente.

Portanto, para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de um Modelo Referencial de PDP que seja ainda mais flexível e que traga a conversão das demandas ergonômicas em requisitos do produto já no projeto informacional de forma esquematizada e de fácil entendimento. Ainda, recomenda-se o desenvolvimento de um Modelo Referencial de PDP eficiente que foque exclusivamente no aprimoramento de produtos já existentes, eliminando etapas que são desnecessárias.

REFERÊNCIAS

ABERGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA (Rio de Janeiro). **O que é ergonomia?** Disponível em:

[https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia#:~:text=Ergonomia%20\(ou%20fatores%20humanos\)%20%C3%A9,o%20desempenho%20geral%20do%20sistema..](https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia#:~:text=Ergonomia%20(ou%20fatores%20humanos)%20%C3%A9,o%20desempenho%20geral%20do%20sistema..) Acesso em: 24 abr. 2023.

ABRAHÃO, Júlia *et al.* **Introdução à Ergonomia: da prática à teoria.** São Paulo: Blucher, 2009.

ALIEXPRESS. **Conector elétrico giratório 6 circuitos 20a.** 2023. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/1526506259.html>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **A Profissão da Engenharia de Produção: saiba mais sobre a engenharia de produção.** Saiba mais sobre a Engenharia de Produção. Disponível em:

<https://portal.abepro.org.br/profissao/>. Acesso em: 24 abr. 2023.

BAXTER, Mike R. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos.** 2. ed. São Paulo: Blusher, 2000.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 17 - Ergonomia.** Brasília, 1990. Disponível em:

<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secraria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-17.pdf/view>. Acesso em: 04 ago. 2022

EBAY. **Panfleto de gancho deslizante - Kiwi.** 2023. Disponível em:

<https://www.ebay.com/itm/175693784775?hash=item28e82a66c7:g:pLwAAOSwujZkPrtp&amdata=enc%3AAQAIAAAA0JT5GyOYrdi%2BAelPAFZbFh7xH8nFqNincTXIkUttwynCbWaWSldwKB5hsjC3iH7R8DNHg4X5aYQkWhCwIBLttNEzovgpmVgi3sPM8h8waQ1T6zSxhvWHKpX4Di%2BciQkqBLL1Hgj18cDoQ71Agp1K24D6OL8zQxKmRXv%2FnQaBVXGpOLBkEU37hP3EjqOvO%2BbOGXHujgg2uV3ENNa16R0%2FUogR%2FBM8W%2F97RXhqrRh0N4VCNGk%2BeXSIWiJiH3cL1pZwGp94x236RYrL%2Byw4QsrAe0w%3D%7Ctkp%3ABFBMoJ3Jm5li>. Acesso em: 17 jun. 2023.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da Pesquisa Científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

GOMES, António José de Jesus. **Processo de Desenvolvimento de Produto: influência da utilização de uma metodologia estruturada.** 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Universidade do Porto, Porto, 2008.

GUÉRIN, F. *et al.* **Comprender o Trabalho para Transformá-lo**: a prática da ergonomia. São Paulo: Blucher, 2001. Tradução de: Gilliane M. J. Ingrassia e Marcos Maffei.

IIDA, Itiro; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia**: projeto e produção. 3. ed. rev. São Paulo, SP: Edgard. Blücher, 2016. 850 p.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Principios de Marketing**. 10. ed. Madrid: Pearson Educación S.A., 2008. 880 p. Tradução de: Yago Moreno López.

KOURINKA, I. *et al.* Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. **Butterworth & Co (Publishers) Ltd**, [s. l.], v. 3, n. 18, p. 233-237, set. 1987.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. Ed. 3. Saraiva, 2019.

MÁSCULO, Francisco Soares; VIDAL, Mario César (org.). **Ergonomia**: trabalho adequado e eficiente. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011.

MERCADO LIVRE. **Máquina Enrolador De Linha Lã Fio Tricô Rebobinador Novo**. 2023. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3487587694-maquina-enrolador-de-linha-l-fio-tric-rebobinador>. Acesso em: 18 jun. 2023.

MERINO, Eugenio Andres Diaz. **Fundamentos da Ergonomia**. 2020. Disponível em: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/748660/mod_resource/content/1/Ergo_Fundamentos.pdf. Acesso em: 19 jun. 2023.

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia**: conceitos e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: 2Ab, 2000.

NETHERTON, R.; OWEN-CROCKER, G. R. **Medieval clothing and textiles**. Woodbridge: Boydell Press, 2010.

ROBSON, D.; EKARIUS, C. **The fleece & fiber sourcebook**: More than 200 fibers, from animal to spun yarn. North Adams: Storey Publishing, 2011.

ROZENFELD, Henrique *et al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva Uni, 2006.

SELLTIZ, Claire *et al.* **Métodos de pesquisa nas relações sociais**: delineamentos de pesquisa. 2. ed. São Paulo: Editora E.P.u, 2005. Tradução por Maria Martha Hübner D'Oliveira e Miriam Marinotti Del Rey.

STEARNS, P. N. **The industrial revolution in world history**. 2. ed. London: Routledge, 2018.

STORE ONLINE. **Lote 4238 - MÁQUINA COSTURA ANTIGA SINGER**. 2023. Disponível em: <https://onlineshop.storeonline2023.ru/content?c=pre%C3%A7o+de+maquina+de+costura+singer+antiga&id=16>. Acesso em: 18 jun. 2023.