



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho



LILIAN KÁSSIA C. S. DE ASSIS

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DO MAQUINÁRIO DA OFICINA MECÂNICA
DO INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM UNIÃO E REVESTIMENTO
DE MATERIAIS**

Cabo de Santo Agostinho

Janeiro de 2019

LILIAN KÁSSIA C. S. DE ASSIS

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DO MAQUINÁRIO DA OFICINA MECÂNICA
DO INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM UNIÃO E REVESTIMENTO
DE MATERIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Tec-
nólogo em Mecânica - Processos
Industriais, pelo Curso de Enge-
nharia Mecânica da UFRPE-
UACSA.

Orientador: Dr. Maxime Montoya

Cabo de Santo Agostinho

Janeiro de 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Esmeraldina Pereira da Silva, Cabo de Santo Agostinho-PE, Brasil

A848a Assis, Lilian Kássia Cavalcante da Silva de
Análise técnico-econômico do maquinário da oficina mecânica do
Instituto Nacional de Tecnologia em União e revestimento de
Materiais / Lilian Kássia Cavalcante da Silva de Assis. – 2019.
77 f.: il.

Orientador (a): Maxime Montoya.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Mecânica-
Processos Industriais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, Cabo de Santo
Agostinho, BR- PE, 2019.

Inclui referências, apêndice (s) e anexo (s)

1. POP 2. Usinagem. 3. Gestão 4. Engenharia de Custos.
5. Custos de usinagem I. Montoya, Maxime, orient. II. Título

CDD 620.1

LILIAN KÁSSIA C. S. DE ASSIS

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DO MAQUINÁRIO DA OFICINA MECÂNICA
DO INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM UNIÃO E REVESTIMENTO
DE MATERIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Tec-
nólogo em Mecânica - Processos
Industriais, pelo Curso de Enge-
nharia Mecânica da UFRPE-
UACSA.

Aprovado em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maxime Montoya (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Karla Carolina Alves da Silva (Examinadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Euclides Apolinário Cabral de Pina (Examinador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, ao bom Pai Celeste, que me permitiu ter saúde para desenvolver este trabalho, bem como a todas as atividades na qual eu tive e tenho a oportunidade de participar.

A meus pais, que desde muito pequena se esforçaram para que eu tivesse uma boa base educacional e me ensinaram valores pessoais que jamais esquecerei.

Ao meu esposo, que desde sempre, com muita paciência, tem me ajudado e me incentiva a continuar e nunca desistir.

Ao professor Maxime Montoya, que gentilmente aceitou me orientar para execução deste trabalho, mesmo não sendo aluna da universidade da qual faz parte.

Aos professores Karla Silva e Euclides Pina por terem aceitado de bom grado participar da banca examinadora deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Tecnologia em União e Revestimento de Materiais – INTM, que me permitiu a realização deste estudo em suas dependências.

Aos professores, amigos e todos aqueles que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

A análise de custos e o desenvolvimento de uma rotina padronizada para tal, em qualquer processo produtivo, são de grande importância para garantir o crescimento contínuo de uma empresa. Dessa forma, foi aplicada uma metodologia para análise dos dispêndios para fabricação de peças mecânicas na oficina Mecânica do Instituto Nacional de Tecnologia em União e Revestimento de Materiais – INTM, baseada nos conceitos gerados pela Engenharia de custos. Uma rotina para estudo das peças foi definida e aplicada para um suporte de amostras embutidas de uma lixadeira polítrix automática, que consiste de três peças fixadas entre si. Para todas elas foram definidos os roteiros de fabricação de menor custo, sendo possível a obtenção do orçamento para fabricação de cada uma das partes e, conseqüentemente, para o suporte. A metodologia foi considerada eficiente e adequada para a oficina em estudo.

Palavras-chaves: POP. Operações de usinagem. Engenharia de custos. Custos de usinagem.

ABSTRACT

Cost analysis and the development of a standardized routine for this, in any production process, are of great importance to ensure the continuous growth of a company. Thus, a methodology was applied to analyze the expenditures for the manufacture of mechanical parts in the Mechanical Workshop of the National Institute of Technology in Union and Coating of Materials - INTM, based on the concepts generated by cost engineering. A routine for the study of the parts was defined and applied to a support of embedded samples of an automatic polishing sander, which consists of three pieces fixed together. For all of them, the lowest cost manufacturing scripts were defined, being possible to obtain the budget for the manufacturing of each of the parts and, consequently, for the support. The methodology was considered efficient and adequate for the Workshop under study.

Keywords: POP. Machining operations. Cost engineering. Machining costs.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 ANÁLISE DE CUSTOS DE PRODUÇÃO	12
3.2 USINAGEM	15
3.2.1 Ferramentas de corte	16
3.2.2 Processos de fabricação mecânica por usinagem	17
3.2.2.1 Torneamento	19
3.2.2.2 Fresamento	19
3.2.2.3 Retificação	20
3.2.2.4 Serramento	20
3.2.2.5 Furação	21
3.2.2.6 Jateamento	21
3.2.3 Potência de corte	22
3.3 MANUTENÇÃO	23
4 METODOLOGIA	26
4.1 RECONHECIMENTO DO MAQUINÁRIO DISPONÍVEL NA OFICINA	26
4.2 ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO MAQUINÁRIO	26
4.3 ELABORAÇÃO DA ROTINA DE CÁLCULO DE CUSTO	27
4.3.1 Análise técnica da execução da peça	27
4.3.2 Análise financeira para execução da peça	27
4.3.2.1 Custos de Operação	28
4.3.2.1.1 <u>Custo Máquina</u>	28

4.3.2.1.2	<u>Custo com ferramentas de corte</u>	28
4.3.2.1.3	<u>Custo Operador</u>	29
4.3.2.1.4	<u>Custo Energia</u>	30
4.3.2.1.5	<u>Custo Manutenção</u>	31
4.3.2.2	Custos de Fabricação	32
4.3.2.2.1	<u>Custo matéria prima</u>	33
4.3.2.2.2	<u>Custo usinagem</u>	33
4.3.2.2.3	<u>Custo ajuste</u>	33
4.3.2.2.4	<u>Custo programação</u>	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1	ANÁLISE PRELIMINAR DO MAQUINÁRIO DA OFICINA	35
5.2	ELABORAÇÃO DA ROTINA DE CÁLCULO DE CUSTOS	36
5.2.1	Análise técnica da peça e de suas superfícies usinadas	36
5.2.2	Associação aos possíveis processos de usinagem	37
5.2.3	Análise das anterioridades	37
5.2.4	Análise técnica-econômica para definição dos roteiros de menor custo	38
5.3	ESTUDO DE CASO: SUPORTE DE LIXADEIRA PARA AMOSTRAS EMBUTIDAS	39
5.3.1	Modelagem das peças solicitadas	39
5.3.2	Elaboração dos roteiros de fabricação	40
5.3.3	Estudo de custos: custo de operações e custo de fabricações	41
5.3.3.1	Custos de Operação	41
5.3.3.1.1	<u>Custo Máquina</u>	41
5.3.3.1.2	<u>Custo com ferramentas de corte</u>	42
5.3.3.1.3	<u>Custo Operador</u>	42
5.3.3.1.4	<u>Custo Energia</u>	43
5.3.3.1.5	<u>Custo Manutenção</u>	43

5.3.3.2 Custos de Fabricação	43
5.3.3.2.1 <u>Custo matéria prima</u>	44
5.3.3.2.2 <u>Custo usinagem</u>	44
5.3.3.2.3 <u>Custo ajuste</u>	44
5.3.3.2.4 <u>Custo programação</u>	45
5.2.4 Aplicação da metodologia apresentada	45
6 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICES	50
ANEXO A – ESTUDO DAS SUPERFÍCIES ELEMENTARES DE PEÇAS MECÂNICAS	75
ANEXO B – ESTUDO DA ANTERIORIDADE DA SEQUÊNCIA OPERACIONAL DE PEÇAS MECÂNICAS	76

1. INTRODUÇÃO

O roteiro de fabricação é um dos pontos determinantes para o sucesso em qualquer processo industrial (MEDEIROS, 2010), isto porque ele traz um planejamento detalhado de produção, desde o corte matéria prima bruta até produto final (LANETZKI,2010). Assim, tendo em vista o objetivo orçar e avaliar os custos para fabricação de peças mecânicas em solicitação de cliente se faz necessário o conhecimento prévio do maquinário disponível para operação necessária, bem como suas respectivas capacidades operacionais, que devem ter correlação com a geometria e material do elemento a ser produzido.

O Instituto Nacional de Tecnologia em União e Revestimento de Materiais - INTM investe em pesquisa científica, tecnológica e de inovação, através de laboratórios próprios e de instituições associadas, como a Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Campus Recife, onde se encontra instalado. Este, atuante nas variadas áreas de interesse da Engenharia, conta com diversos laboratórios, entre eles a plataforma de usinagem e fabricação, local onde foi realizado este estudo. Todos eles funcionam de forma cooperativa dando suporte às atividades realizadas por parte da comunidade acadêmica da Universidade.

Desta forma, sendo um ambiente de atividades recentes, a plataforma de usinagem e fabricação tem como perspectiva o controle de dispêndios e qualidade produtiva, mediante sua capacidade operacional para prestação de serviços. Para isso, se fez necessário o estudo dos custos envolvidos para tal, através da análise de alguns parâmetros, como a capacidade operacional da citada oficina, sua respectiva manutenção, mão de obra qualificada, insumos e ferramentas.

Este aprimoramento pode ser realizado a partir do desenvolvimento de máquinas, ferramentas e/ou materiais que traga uma usinagem mais facilitada. Com base nisso, foi organizado um documento de fácil acesso e entendimento das capacidades técnicas das máquinas e equipamentos disponíveis na infraestrutura da oficina, as possíveis operações de usinagem, bem como relacionar com as ferramentas em disponibilidade de uso e sua adequação a cada tipo de operação.

O conhecimento destes fatores é importante para elaboração de um método de cálculo dos custos vinculados à fabricação de peças mecânicas, sendo a produção por unidade ou em grandes quantidades, de forma a garantir o gerenciamento empresarial (SILVA, 2014), proporcionando uma visão mais ampla para mensuração dos serviços prestados, tendo o controle de custos de produção.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo a avaliação da capacidade produtiva do laboratório de usinagem do INTM, bem como a elaboração de uma metodologia baseada nos padrões da Engenharia de custos, para cálculo dos dispêndios vinculados à produção de peças mecânicas na referida oficina, através da análise de seus recursos tecnológicos, capacidade produtiva e técnica.

Será verificada a eficiência deste procedimento através da realização do estudo de uma peça requerida por cliente interno, com a utilização de uma metodologia descritiva e qualitativa para os dados obtidos através do estudo de manuais de instrução dos equipamentos, modelagem das partes da peça, desenvolvimento de roteiros de fabricação, pesquisa online, reuniões com funcionários e conversa com fornecedores, como será descrito em seções posteriores.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaboração de uma metodologia de cálculo dos dispêndios vinculados à produção de peças mecânicas na plataforma de Usinagem e fabricação do INTM.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são relacionados a seguir:

- Definir as capacidades de cada máquina-ferramenta da oficina do INTM;
- Analisar as rotinas de manutenção de cada máquina-ferramenta e avaliar os custos associados;
- Estimar custos vinculados ao maquinário, operadores e consumíveis disponível na referida oficina de usinagem;
- Estabelecer uma rotina para cálculo dos dispêndios vinculados à produção de peças mecânicas considerando os pontos acima citados.
- Realizar a análise dos custos de fabricação de três roteiros de fabricação.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos de crucial importância para este trabalho. Dentre esses está à análise de custos de produção, trazendo uma visão dos tipos de custos e os critérios de avaliação por parte da Engenharia de custos. O fator usinagem também será abordado, com seus processos de fabricação, onde serão enfatizados os de maior utilização pela referida oficina. Outro fator abordado será a manutenção, tendo em vista sua importância no cálculo dos custos inseridos para fabricação de peças mecânicas, bem como na conservação das máquinas em boas condições de uso, fabricando com qualidade requerida e evitando gastos desnecessários com possíveis retrabalhos.

3.1 ANÁLISE DE CUSTOS DE PRODUÇÃO

Para tanto se faz necessário o envolvimento de alguns conceitos relacionados à engenharia de custo, que é um meio de estudo que dá suporte a formatação e controle de custos em projetos (IBEC, 2016). Ela está intimamente ligada ao estudo estimativo para avaliação de um serviço, tendo como base índices conhecidos no mercado (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2018) e consegue prever distintas metodologias com base em estimativas para que com as devidas adequações se consiga alcançar os custos de produção nas quais se deseja avaliar.

Desta forma, a engenharia de custos é dada como um tipo de ferramenta que tem como foco a construção e a prestação de serviço com o envolvimento da análise do fluxo de materiais consumidos na produção, da produtividade, do fluxo financeiro, no tempo e espaço utilizado, atendendo as necessidades de aplicação requeridas pelo cliente. O procedimento realizado com base neste tipo de análise está a princípio na ideia exercida através do projeto a ser executado, com a sequencial análise de sua utilização e conceitos, estimativa de custos, planejamento e execução.

Dentro desta avaliação está o fator de lucratividade, que envolve pontos de preocupação que devem estar plenamente estabelecidos e controlados, como o sistema de custeio utilizado, os índices de produtividade, gestão adequada de custos e a garantia da qualidade exigida pelo cliente, não tendo a necessidade de retrabalhos. Quando estes fatores estão bem administrados, têm-se uma maior garantia de que os lucros provenientes não serão diluídos em prejuízos. O gerenciamento adequado dos custos é de extrema importância, não só para a engenha-

ria, mas para qualquer segmento do mercado (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2018).

Na análise de custos está o planejamento e a devida manutenção do maquinário. Estes são de primordial importância, pois permite a alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço, com um custo adequado (REZENDE, s/d). Isto por que traz como consequência o bom funcionamento das máquinas, bem como uma melhor qualidade das peças a serem produzidas (FERREIRA; FERREIRA, 2018). Estes, com certeza, são um salto qualitativo para a empresa que terá como recompensa sua credibilidade diante do mercado (IBEC, 2016). O desenvolvimento e planejamento da manutenção preventiva do maquinário da oficina mecânica em estudo foram realizados, já que a mesma não o possuía. Este tipo de manutenção é reconhecido pela realização da prevenção contra falhas ou até mesmo a quebra deles através de um planejamento baseado no tempo (COSTA, 2013).

O controle dos custos deve ser considerado como parte do projeto inicial, reconhecendo todos os processos interligados na produção, como parte do gerenciamento. São considerados quatro mecanismos necessários para tal: o plano de gerenciamento de custos, a estimativa de custos, o controle de custos e a determinação de orçamentos (TORINO SOLUZIONI AMBIENTALI, 2018). Este último está diretamente ligado à boa execução dos serviços, sem comprometer a qualidade e o prazo de execução do serviço prestado. Além disso, dá a possibilidade de adaptabilidade às necessidades de cada cliente, com alternativas para execução com maior rentabilidade.

Uma simples análise dos custos inerentes aos processos de usinagem desencadeia que qualquer aprimoramento realizado no processo, seja convertido em uma grande redução nos custos de produção (COSTA, 2013). Com o passar do tempo, as definições do termo qualidade sofreram mudanças consideráveis, desde a centralização em pequenas melhorias do processo produtivo, até a condição de se tornar um dos fatores fundamentais do gerenciamento das organizações (OLIVEIRA, 2008), envolvendo produtos, processos e pessoas. Para isso, as empresas buscam os melhores meios de organização dos custos vinculados, para que tanto o cliente como os setores formadores do estabelecimento estejam satisfeitos.

A Contabilidade de Custos é o ramo da contabilidade que estuda os gastos decorrentes da produção de produtos ou da prestação de serviços (MALAQUIAS, 1999; FERNANDES, s/d). Para seu devido estabelecimento, o primeiro ponto de análise está na classificação de todos os custos que a organização possui como mão-de-obra direta e matéria-prima, com posterior análise dos custos previstos para determinação da lucratividade (IETEC, 2017).

De acordo com Silva et al. (2014) e Devecchi (2016), os custos são classificados em

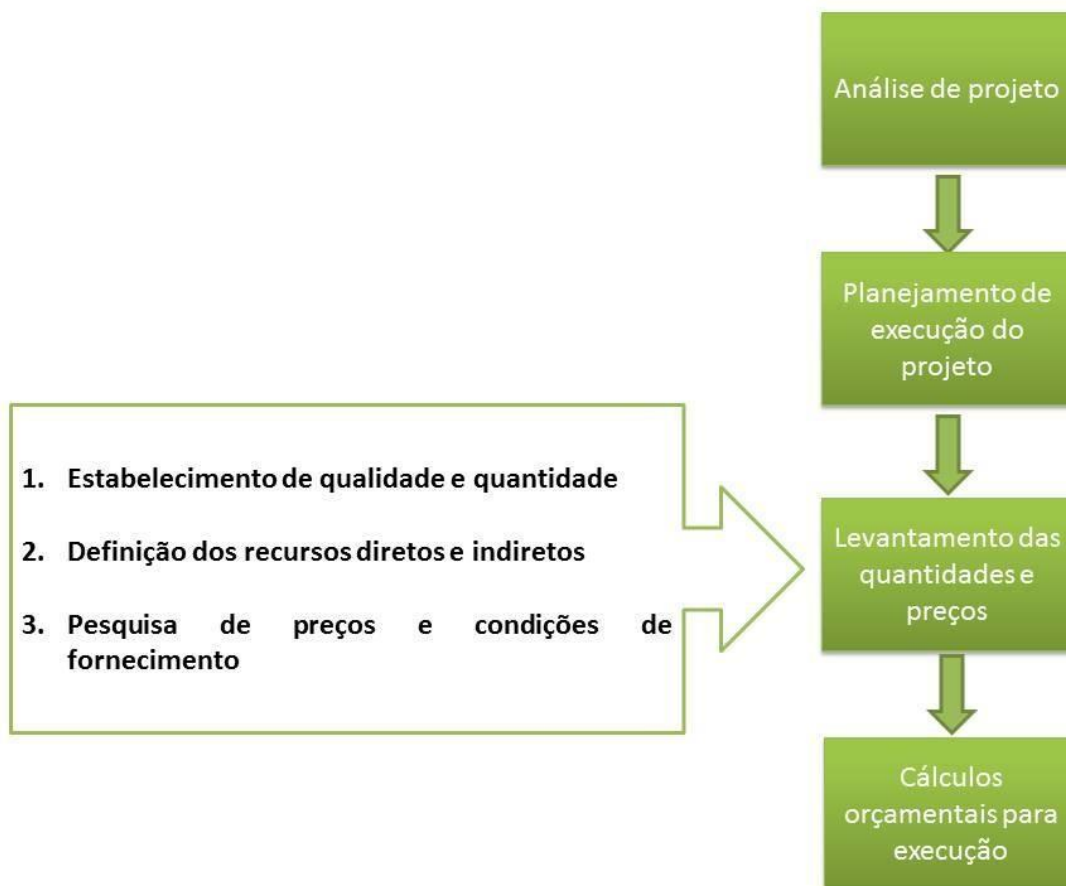
quatro tipos: diretos, são gastos que a empresa realiza para criar um produto ou realizar um serviço e são facilmente identificados nos produtos produzidos sem necessidade de rateio, como a matéria prima, por exemplo; indiretos, aqueles aplicados indiretamente sendo necessária a realização do rateio para identificá-los ao produto, como salário dos operadores e energia elétrica utilizada em uma fábrica; fixos, quando não há alteração nos custos inerentes, mesmo quando há um aumento ou diminuição na quantidade produzida; variáveis, que são aqueles que variam conforme a produção.

Dentro de processos produtivos, um procedimento padronizado pode ajudar na redução dos custos de fabricação. Este tipo de procedimento é conhecido como Planejamento Operacional Padrão – POP. De acordo com Medeiros (2010) e Caveião et al. (2015), ele é constituído de uma metodologia que ajuda na organização e direção das atividades alcançando os objetivos de produção, diminuindo o tempo e evitando custos de verificações. A padronização não é fixa, podendo ser melhorada para a obtenção de melhores resultados.

Outra área de ajuda no gerenciamento de custos é a Engenharia de Custos. DIAS (2011), apresenta uma metodologia da Engenharia de custos para o rateio de custos. A primeira etapa de importância para qualquer tipo de processo consiste na análise do projeto. Esta etapa permitirá a adequada elaboração de um orçamento, tendo em vista os custos analisados do projeto em questão. A segunda etapa está no planejamento de execução do projeto, decidirá a estratégia para realização dos serviços.

A terceira está no levantamento das quantidades e preços com o devido estabelecimento dos parâmetros qualidade e quantidade, definição dos recursos diretos e indiretos com a sequencial pesquisa de preços e condições de fornecimento. A quarta e última etapa está na realização dos cálculos orçamentais para execução do projeto, valorizando os recursos diretos e indiretos já identificados, com a resultante definição do preço de venda do serviço ou produto. Deve-se ressaltar ainda que neste estudo, nenhuma variável pode ser previamente fixada, pois dependem exclusivamente das informações adquiridas a partir do projeto. O fluxograma a seguir faz um resumo desta metodologia.

Figura 1. Resumo em fluxograma da metodologia de análise de custos utilizada pela Engenharia de Custos.
Fonte: autora.



3.2 USINAGEM

A usinagem pode ser definida como qualquer operação que confere a um determinado componente forma, dimensões e/ou acabamento superficial sob a remoção de material (FERRARESI, 1970; ANSELMO, 2000) que, de acordo com a DIN 8580 (2003), aplica-se a todos os processos de fabricação onde há ocorrência da remoção de material com ferramenta de geometria definida (SILVA, 2014), sob a forma de cavaco. O estudo desses processos é gerado a partir de três focos de estudo: a mecânica, a termodinâmica e as propriedades dos materiais.

Quando definidos, trazem a determinação dos parâmetros de usinagem adequados para o material em específico, como a exemplo, velocidade de corte, profundidade e avanço (FERRARESI, 1970), o entendimento dos possíveis desgastes, deformações e tensões envolvidas, a escolha de fluido de corte mais adequando para a operação e qualidade superficial da peça em fabricação (MACHADO et al., 2009). Desta forma, serão abordados a seguir, dois

pontos cruciais para este estudo: processos mecânicos de usinagem, os tipos de ferramentas de corte com as possíveis causas de seu desgaste e o cálculo da potência consumida para usinagem.

3.2.1 Ferramentas de corte

As ferramentas de corte mecânicas são denominadas como aquelas destinadas à remoção de cavaco (SILVA, 2014). Quando possuem uma única superfície de saída, a ferramenta é chamada ferramenta monocortante, enquanto que aquelas com mais de uma superfície de saída é determinada como multicortante. Há ainda a chamada ferramenta abrasiva que, segundo a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16748, é denominada como a ferramenta constituída de grãos abrasivos ligados por aglutinante, com formas e dimensões não definidas.

Para que seja possível a satisfação das exigências na qualidade das peças usinadas com a viabilidade econômica dos processos de fabricação, deve-se ter a preocupação do uso adequado delas de forma que todas as grandezas que participam no processo de usinagem como, geometria da ferramenta, condições de corte, material da peça e materiais auxiliares, tenham a sua influência e seu efeito sobre o resultado do trabalho (SILVA, 2014), sendo estas as chamadas condições econômicas de corte (MACHADO et al., 2009). Neste contexto, pode-se dizer que os custos de usinagem estão diretamente ligados à taxa de remoção de material, podendo ser minimizados com o aumento da velocidade de corte ou avanço (SOUZA, 2004).

De acordo com Amorim (2002), as ferramentas de corte deveriam ter as seguintes propriedades: elevada dureza a quente, elevada dureza a frio bem superior à da peça usinada; tenacidade para resistir aos esforços de corte e impactos, resistência à abrasão e estabilidade química. Entretanto, nenhum material contém essas características.

Dessa forma, assim como os demais fatores que possuem influência no processo de usinagem, a escolha da ferramenta de corte deve ser estudada com cuidado de forma a garantir uma aplicação eficiente e segura (SOUZA, 2004). Dentre os principais materiais utilizados para fabricação de ferramentas de corte estão: aço ferramenta, aço rápidos comuns, ligas fundidas (carbonetos sinterizados, cerâmicas de corte, diamantes e Nitreto de boro cristalino cúbico (CBN)) e metal duro. Cada material possui sua particularidade quanto à dureza e velocidade a qual se sujeitam (MIRANDA, s/d), conforme descrito a seguir:

- Aços ferramentas: contém de 0,7 a 1,5% de carbono. São aplicados em processos de

baixas velocidades de corte, pois sua dureza decresce rapidamente acima de 150°C;

- Aços rápidos: apresentam dureza a quente até cerca de 540°C, podendo ser utilizado com velocidades de corte até duas vezes mais rápidas que os aços ao carbono;
- Ligas fundidas: possuem elevada resistência a quente permitindo a utilização em temperaturas em torno de 800°C e apresentam qualidades intermediárias entre o aço rápido e o metal duro;
- Metal duro: feito de carboneto tungstênio (CW), o metal de mais alto ponto de fusão (3387°C), maior resistência à tração (4200 N/mm²) e mais baixo coeficiente de dilatação térmica.

De acordo com uma das maiores produtoras de ferramentas de corte, SANDVIK Coromant, os materiais das peças usinadas pelas ferramentas de metal duro são divididos, de acordo com a norma ISO, em seis grupos conforme sua aplicação: P, M e K, N, S e H, simbolizados por cores, como mostrado na figura 2.

Figura 2. Classificação das cores para os diferentes tipos de materiais a serem usinados por ferramentas de metal duro conforme norma ISO. Fonte: SANDVIK, 2018.



Esses podem ser:

- ISO P: aços, fundidos de aço, aços inoxidáveis ferríticos e martensíticos. Possui alta resistência a quente e pequeno desgaste abrasivo da ferramenta, a depender da dureza;
- ISO M: Aços inoxidáveis, outras ligas incluindo níquel e molibdênio, entre outros, sendo considerado de uso universal em condições satisfatórias. É uma classe intermediária entre o P e o K, possuindo uma resistência a quente relativamente boa e boa resistência à abrasão;

- ISO K: ferro fundido maleável e cinzento, considerados mais fáceis de usinar, e ferros nodulares, vermiculares e austemperados, sendo mais difícil sua usinagem;
- ISO N: metais não ferrosos, sendo estes mais macios, como alumínio, cobre e latão;
- ISO S: superligas resistentes ao calor. Estão inclusos materiais à base de ferro de alta liga, níquel, cobalto e titânio;
- ISO H: aços de alta dureza (entre 45-65 HRC) e ferro fundido (400- 600 HB), sendo estes materiais difíceis de usinar, além de gerarem muito calor durante o corte e serem bastante abrasivos para a aresta de corte.

No entanto, por melhor que sejam as propriedades do material da ferramenta, o desgaste é uma consequência natural do processo: o movimento relativo entre cavaco e ferramenta, o atrito, as forças e a temperatura levam ao desgaste da ferramenta (FERRARESI, 1970; MACHADO et al., 2009). Estes fatores devem ser observados com cuidado, levando sempre em consideração a qualidade da peça fabricada. A velocidade de corte é a variável de operação mais importante e diretamente ligada à dependência da temperatura de corte e, como consequência, de maior influencia na vida útil da ferramenta (MIRANDA, s/d).

De modo geral, a vida útil da ferramenta é determinada pelo momento em que não consegue produzir peças de forma economicamente satisfatórias. Alguns critérios são utilizados para determinação de sua troca, entre eles: desvios nas tolerâncias dimensionais e geométricas, perda de qualidade superficial da peça, aumento no nível de vibrações no processo, aumento no nível de esforços no processo, formação de rebarba, aumento da temperatura de corte e nível de desgaste na ferramenta visível (MACHADO et al., 2009).

3.2.2 Processos de fabricação mecânica por usinagem

Como descrito anteriormente, os processos de fabricação por usinagem são determinados como aqueles que conferem forma, dimensões e/ou acabamento superficial a peça sob a remoção de material (DIN 8580) a partir de uma ferramenta de corte. A escolha do processo de usinagem está diretamente ligada ao tipo de peça e o acabamento que se quer obter. Eles são divididos em duas categorias: convencional e não convencional. Neste trabalho serão destacados os processos de fabricação por usinagem convencional, podendo-se destacar: o torneamento, o fresamento, a retificação, o serramento, jateamento e furação. De acordo com Fer-

rarsi (1970) e algumas definições contidas no material didático do CIMM (2018), estes processos serão abordados a seguir.

3.2.2.1 Torneamento

Tem como principal característica a obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. No torneamento, a matéria prima utilizada, o tarugo, pode ter, inicialmente, a forma cilíndrica ou prismática, obtendo, ao fim do processo, a forma cônica ou cilíndrica. A peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente executando o movimento de translação. Quanto à forma da trajetória, o torneamento pode ser retilíneo ou curvilíneo.

O torneamento retilíneo é dado quando a ferramenta tem deslocamento segundo uma trajetória retilínea. Este pode ser classificado em:

- Cilíndrico: quando a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina, podendo ser chamado de sangramento, quando visa obter um entalhe circular na peça;
- Cônico: quando a ferramenta se desloca de forma inclinada em relação ao eixo principal da máquina, segundo uma trajetória retilínea;
- Radial: quando a ferramenta se desloca de forma perpendicular ao eixo principal da máquina, podendo ser chamado de faceamento, quando utilizado para obtenção de superfícies planas. Quando utilizado para obtenção de entalhe circular, é chamado de sangramento radial.
- Perfilamento, quando a ferramenta possui trajetória radial ou axial, tendo a peça forma definida, ao fim do processo de usinagem, pelo perfil da ferramenta.

Já o torneamento curvilíneo, tem por característica o deslocamento da ferramenta conforme trajetória curvilínea.

Este processo de fabricação pode ser classificado ainda de acordo com sua finalidade: torneamento de acabamento, que é uma usinagem indicada para obtenção das dimensões finais da peça, e torneamento de desbaste, operação anterior ao acabamento que visa à obtenção da forma e dimensões próximas das desejadas.

3.2.2.2 Fresamento

O fresamento é o processo de fabricação por usinagem destinada à obtenção de superfícies quaisquer com ferramentas multicortantes, chamadas de fresas. Neste processo, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam segundo uma trajetória qualquer, podendo-se obter diferentes formas, planas e curvas. Há dois tipos básicos de fresamento: o cilíndrico tangencial e o frontal.

O cilíndrico tangencial é realizado quando se deseja a obtenção de uma superfície plana e paralela ao eixo de rotação da ferramenta. Já o frontal é utilizado quando se tem a intenção de obter uma superfície plana perpendicular ao eixo de rotação da ferramenta. Os dois tipos de fresamento podem ser realizados de forma simultânea, podendo haver ou não predominância de um sobre outro, conhecido como fresamento composto.

3.2.2.3 Retificação

Retificação é um tipo de processo de fabricação mecânica de usinagem por abrasão, onde são utilizados abrasivos ligados (grãos abrasivos ligados pelo aglutinante), constituídos em uma ferramenta abrasiva de revolução chamada rebolo. O grão abrasivo pode ser o SiC ou Al₂O₃. O desempenho do disco é controlado principalmente pela resistência do aglomerante. Os materiais aglomerantes (ligantes) mais comuns são: aglomerantes vitrificados, aglomerantes a base de silicatos, aglomerantes resinoides e aglomerantes de borracha (MIRANDA, s/d).

Assim como no fresamento, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se desloca segundo uma trajetória determinada, podendo a peça girar ou não. O processo é de alta precisão dimensional e proporciona grau de acabamento superior (polimento). A retificação é classificada em tangencial e frontal. A tangencial pode obter superfícies planas, cônicas, cilíndricas ou perfiladas (quando a superfície usinada é determinada pelo perfil da ferramenta). Já a retificação frontal utiliza a face do rebolo para usinagem realizada, geralmente, na superfície plana da peça, perpendicularmente ao eixo do rebolo, com avanço retilíneo ou circular da peça.

3.2.2.4 Serramento

O serramento é determinado como um processo de usinagem mecânica destinado ao seccionamento ou recorte com a utilização de ferramentas multicortantes de pequena espessura, as serras. Durante o procedimento, a ferramenta gira e/ou se desloca, podendo a peça se deslocar ou se manter parada. Pode ser classificado em serramento retilíneo, quando no pro-

cesso a ferramenta se desloca em trajetória retilínea com movimento alternativo ou não; e serramento circular, quando no processo a ferramenta gira ao redor de seu eixo, podendo a peça ou ferramenta se deslocar.

3.2.2.5 Furação

O processo de furação é um dos processos de usinagem mais utilizados na indústria manufatureira (MEDEIROS, 2010). É realizado a partir de uma ferramenta de dois gumes, chamada broca que gera uma cavidade, geralmente de formato cilíndrico na peça. O movimento da ferramenta é uma combinação de rotação e deslocamento retilíneo ao longo do eixo do furo, que coincide ou é paralelo ao eixo da máquina. A furação é dividida em operações, que são realizadas de acordo com a utilidade do furo, entre elas:

- Furação em cheio: processo indicado para realização de furos cilíndricos numa peça, removendo todo o material da superfície usinada na forma de cavaco.
- Furação escalonada: processo indicado quando se há necessidade de um furo com dois ou mais diâmetros, simultaneamente.
- Escareamento: processo indicado para a abertura de um furo onde a peça já continha um pré-furo.
- Trepanação: processo na qual o furo obtido contém um núcleo maciço, retirando apenas parte do material usinado.
- Furação de centros: Processo na qual se deseja realizar um furo no centro da peça para utilização em operação posterior na peça.

Há uma operação variante da furação que tem por objetivo o alargamento de um furo com acabamento superficial, chamado de alargamento. Nesse processo também é utilizada uma ferramenta similar à broca, entretanto multicortante, com múltiplos gumes.

3.2.2.6 Jateamento

O processo de jateamento consiste em processo mecânico que visa a usinagem por abrasão, no qual as peças são submetidas a um jato abrasivo com o objetivo de retirada de rebarbas, serem asperizadas ou, ainda, receberem um acabamento.

3.2.3 Potência de corte

De acordo com a norma DIN 6584, a potência de usinagem (P_c), basicamente, é correspondente ao produto entre a força de corte e as componentes da velocidade da usinagem em respectivo, como mostrado na equação 1. Uma máquina gera potência de corte ao girar seu eixo- árvore e executar os movimentos de corte e avanço.

$$P_c = \frac{F_c \times V_c}{60 \times 75} \quad (1)$$

Onde:

P_c : potência de corte [CV];

V_c : é a velocidade de corte [m/min];

F_c : força de corte em kgf.

A força de corte é determinada a partir de um fator de proporcionalidade (K_c), dado em kg/mm², relacionada a uma área de seção de corte (A), conforme equação 2. Este fator é conhecido como coeficiente de força específica de corte. Seu valor é influenciado pelo material da peça e da ferramenta, bem como a geometria desta última, seção de corte e velocidade de corte. Esta última é dada pela equação 3.

$$F_c = K_c \times A \quad (2)$$

$$V_c = \frac{d \times n \times \pi}{1000} \quad (3)$$

Onde:

d: diâmetro da ferramenta [mm];

n: rotação da ferramenta [rpm].

Existem diversos métodos para estimar os fatores de proporcionalidade. Dentre eles, estão os estudos de Taylor que determina a equação 4, para ferro fundido cinzento; a equação 5, para ferro fundido branco; e a equação 6, para aço doce.

$$K_{\square} = \frac{88}{\square_{0,25} \times \square_{0,07}} \quad (4)$$

$$K_{\square} = \frac{138}{\square_{0,25} \times \square_{0,07}} \quad (5)$$

$$K_{\square} = \frac{200}{\square_{0,07}} \quad (6)$$

Onde:

K_{\square} : Coeficiente de força específica de corte [kg/mm²];

\square : avanço [mm/rot];

Ap: profundidade de corte [mm].

3.3 MANUTENÇÃO

De acordo com a ABNT (2005), a manutenção é definida como “a combinação de iniciativas técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar a função requerida”. Desta forma, as empresas prezam por um adequado planejamento da manutenção de forma a diminuir os custos consequentes, em geral, das falhas durante os processos produtivos e o consumo de energia dos equipamentos; aumentar a sua produtividade, vida útil das máquinas e a qualidade de seus produtos (FERRARESI, 1970), determinando assim sua grande importância de realização, já que possui interferência tanto nos processos produtivos, como nos resultados financeiros.

Segundo Mantovani e Gonçalves (2004), citado por (IETEC, 2017), as utilizações de alguns métodos de manutenção trazem a grande probabilidade da redução dos custos com a geração de lucros com a confiabilidade do processo, qualidade nos produtos entregues aos clientes, evitam paradas não programadas de máquinas, que só prejudicam o processo de produção, e ainda mantém a competitividade de mercado (FERRARESI, 1970). É por meio de uma manutenção sistemática que as empresas esperam antecipar-se a possíveis falhas do sistema que poderiam ocasionar paradas imprevistas dos equipamentos, além de possíveis danos

irreparáveis (OTANI; MACHADO, 2008).

O maquinário, por exemplo, deve ser o foco de cuidados. Por vezes, esses danos são ocasionados por sujeira, falta momentânea ou constante de lubrificação, lubrificação imprópria que resulta em ruptura do filme ou em sua decomposição, superaquecimento por causa do excesso ou insuficiência da viscosidade de lubrificante, falta de reaperto de parafusos e porcas, falhas de controle de vibrações (REZENDE, s/d). Todos esses problemas são ocasionados pela falta de manutenção.

Dessa forma, para um bom planejamento, se faz necessário o conhecimento dos tipos de manutenção existentes, identificando o melhor direcionamento para o tipo de empresa. Dentre os tipos estão às manutenções (FERNANDES, s/d; REZENDE, s/d):

- a) Corretiva não planejada: A manutenção Corretiva é aquela de atendimento imediato à produção. É realizado após o fato ocorrido, de forma aleatória, sem nenhum planejamento. Com relação aos custos, esse tipo tem custo menor do que a preventiva quando se refere aos equipamentos. Entretanto, as perdas são maiores quando referidos as paradas da produção, justificando o fato de ser considerada de pouca eficiência.
- b) Corretiva planejada: Tem as mesmas características da não planejada, só que com a diferença que nesta há possibilidade do planejamento dos recursos necessários para a intervenção de manutenção, uma vez que a falha é esperada.
- c) Preventiva: A manutenção preventiva surgiu a partir do reconhecimento da importância da manutenibilidade e da confiabilidade como pontos primordiais para a eficiência da empresa. É realizada a partir de cronogramas nos quais são organizados a partir das tarefas com revisões periódicas para sua própria melhoria. Isto é conseguido por meio do planejamento, execução e verificação dos trabalhos realizados, de forma a se ter como objetivo a elevação dos níveis de controle.
- d) Preditiva: Este tipo de manutenção é diretamente ligado à condição das máquinas e equipamentos. É realizada através do estudo probabilístico de dados coletados ao longo do tempo, durante o funcionamento do maquinário a partir de instrumentação específica, como temperatura, vibração, ensaios de ultrassom, termografia, entre outros, acompanhando o desgaste de seus componentes. Não permite um diagnóstico preciso, entretanto, dá a possibilidade de uma previsão da deterioração do

equipamento ou ocorrência de falhas, fazendo a sua execução no momento adequado.

- e) Detectiva: É um tipo de manutenção relativamente nova, de utilização a partir da década de 1990. É utilizada quando o objetivo é detectar falhas não perceptíveis às equipes de manutenção e operadores através de testes periódicos do sistema.

Nenhuma modalidade de manutenção substitui a outra, mas elas devem ser associadas para trazer melhorias em termos de desempenho de gestão (COSTA, 2013). Durante muito tempo, as indústrias funcionaram com o foco na utilização da manutenção corretiva não planejada. E, com isso, tinham muitos desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de recursos financeiros (REZENDE, s/d). Com o planejamento da manutenção, tudo fica mais rápido, barato e mais seguro (OTANI; MACHADO, 2008), através do devido conhecimento dos trabalhos a serem executados, bem como dos recursos disponíveis para tal.

Com referência aos custos para a manutenção, devem ser considerados a mão de obra, os instrumentos e ferramentas, material para reparos, entre outros. Segundo (FERNANDES, s/d), o grande erro comum cometido pelas empresas, não sendo somente para os custos vinculados a manutenção, é que buscam o melhor preço ao invés do melhor custo. Um material ou ferramenta de má qualidade pode prejudicar o andamento do trabalho planejado. É importante ressaltar que esses custos são infinitamente menores que a hora de produção. Uma empresa que trabalha com sua linha de produção ou máquinas funcionando corretamente consegue fornecer produtos ou serviços de melhor qualidade.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho pôde ser dividida em quatro partes: reconhecimento do maquinário em disponibilidade na oficina (objeto de estudo), análise dos planos de manutenção do maquinário, elaboração de uma rotina para cálculo dos dispêndios vinculados à produção de peças mecânicas, com a verificação do funcionamento da rotina através do estudo de caso.

4.1 RECONHECIMENTO DO MAQUINÁRIO DISPONÍVEL NA OFICINA

Para definir as capacidades operacionais de cada máquina-ferramenta da oficina do INTM foram realizadas as seguintes etapas:

- Levantamento de todos os equipamentos de produção presentes na oficina Mecânica do INTM, estando entre eles o torno convencional, a fresadora universal, a jateadora, as Serras de fita (de capacidades de produção diferentes), a guilhotina, o centro de usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado) e o torno CNC;
- Estudo bibliográfico sobre as técnicas de usinagem de cada equipamento, definindo cada uma das operações de usinagem que podem ser realizadas;
- Estudo bibliográfico sobre os equipamentos junto aos seus manuais dos fabricantes, definindo suas capacidades operacionais.

4.2 ANÁLISE DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO MAQUINÁRIO

Para elaboração dos planos de manutenção preventiva das máquinas da oficina em estudo, foi realizado um estudo bibliográfico para definição das tarefas, periodicidade e insumos necessários para tal. Todas as informações foram compiladas em um documento de fácil entendimento para visualização e execução das tarefas de acordo com seu intervalo de tempo definido.

4.3 ELABORAÇÃO DA ROTINA DE CÁLCULO DE CUSTO

A rotina de cálculo de custo pôde ser dividida em duas etapas: análise técnica da exe-

cução da peça e análise financeira para execução da peça. Estas serão abordadas nos itens a seguir.

4.3.1 Análise técnica da fabricação da peça

Para elaboração de um roteiro de fabricação, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre as possíveis geometrias adquiridas por processos de usinagem convencionais, bem como os acabamentos que podem ser atingidos, as determinações normalizadas quanto à determinação dos intervalos de tolerância e precisão e, ainda, das variáveis envolvidas para o cálculo da potência consumida para usinagem.

O processo de desenvolvimento desse roteiro se baseia na descrição gráfica detalhada das fases e etapas de operações de usinagem aplicadas a peça, de maneira ordenada, desde o seu material bruto até o seu acabamento final, porém sem nenhuma formulação específica, levando em consideração apenas a experiência e percepção do roteirista nas ações que deverão ser tomadas, sempre buscando um roteiro mais simples. Para a representação gráfica de cada uma das etapas e operações também foi utilizado o software Autodesk *Inventor Professional 2018*.

Foram utilizados dois documentos: um se refere ao estudo das superfícies desejadas obtidas a partir da modelagem da peça e o outro se refere ao estudo de anterioridade da sequência operacional. No primeiro, cada superfície foi enumerada e estudada de forma a se ter especificado, conforme necessidade, sua rugosidade, qualidade, forma, tipo de operação elementar a que se constitui e sua possibilidade de fixação na máquina de usinagem. No segundo foi possível analisar o vínculo existente entre a superfície desejada à operação de usinagem associada.

4.3.2 Análise financeira para fabricação da peça

O levantamento de custos totais para fabricação de uma peça mecânica foi dividido em duas partes, sendo estas: custos relacionados à operação e custos relacionados à fabricação, que terão suas metodologias de cálculo descritas a seguir.

4.3.2.1 Custos de Operação

Para o cálculo dos custos de operação, foram consideradas as seguintes despesas: com a máquina, com o operador, com as ferramentas de corte por operação realizada, com a ener-

gia elétrica e com a manutenção. Estes terão sua metodologia para cálculo estimativo descrito nos itens a seguir.

4.3.2.1.1 Custo Máquina

Com relação aos custos de operação, foram levantados, inicialmente, os preços de compra de todas as máquinas da oficina através dos documentos de venda do maquinário disponibilizados pelo próprio diretor do Instituto, de pesquisas online e também através de dados fornecidos pelo supervisor responsável pela oficina. Esses valores se fazem importantes para a determinação dos custos da máquina por hora de operação. Este cálculo é desenvolvido segundo a equação 7.

$$C_{\text{máq}} = \frac{C_{\text{compra}}}{(8 \times 5 \times 52 \times 5)} = \frac{C_{\text{compra}}}{10400} \quad (7)$$

Onde:

- $C_{\text{máq}}$: custo do maquinário por hora trabalhada;
- C_{compra} : preço de compra da máquina;
- t : período de tempo em horas trabalhadas pela máquina até sua amortização.

Para definição do t foi definido o t_{rec} (tempo necessário para recuperação do investimento da compra), de cinco (05) anos de utilização. Foi considerado que há 52 semanas por ano, tendo cada uma cinco (05) dias úteis. Foi considerado também que cada máquina possui uma carga horária de trabalho de oito (08) horas por dia.

4.3.2.1.2 Custo com ferramentas de corte

Para a determinação dos custos das ferramentas utilizadas por cada máquina foram listadas com auxílio da tabela de operação e capacidades, citada no item 4.1, todas as ferramentas utilizadas por cada máquina e cada operação associada à mesma. Foi estruturada uma tabela de custo ferramental, para cada uma das máquinas da oficina.

De posse da listagem de todas as ferramentas disponíveis para utilização e suas possibilidades de operações, foi pesquisado através do contato com fornecedores, pes-

quisa online e disponibilização de dados por parte da própria supervisão de estágio, os preços de venda de cada uma das ferramentas. Para análise de custo, foi levada em consideração também a quantidade de arestas de corte de cada ferramenta e seu tempo de vida útil em minutos. A partir desses dados foi possível calcular o custo por hora de cada ferramenta, a partir da equação 8 a seguir.

$$C_{\$/h} = \frac{60 \cdot C}{Z} \quad (8)$$

Onde:

$C_{\$/h}$: custo de ferramenta por hora de usinagem;

C : preço de compra da ferramenta;

Z : período de tempo de vida útil da aresta de corte da ferramenta

[min]; Z : quantidade de arestas de corte contida na ferramenta.

Para os valores dos incertos aos quais não se teve acesso via fornecedor ou mesmo por pesquisa online, foi definida uma estimativa R\$70, tendo como base o valor de outras ferramentas avaliadas. O tempo de vida útil da ferramenta é calculado levando em consideração o número de arestas que esta possui e a quantidade delas que é utilizada durante a operação de usinagem de uma só vez. De acordo com a determinação do fabricante, cada aresta de corte possui um tempo de vida de quinze minutos enquanto submetida à operação de usinagem.

4.3.2.1.3 Custo Operador

Para a definição do custo operador, definiu-se inicialmente que os dois operadores capacitados de realizar operações relacionadas à fabricação nas máquinas da oficina mecânica do INTM, seriam apenas o próprio supervisor da oficina, o professor Maxime Montoya, e o técnico da oficina, Rubens de Andrade Santos. Todos os dados com relação a salário dos operadores com seus encargos atrelados foram pesquisados através do portal de transparência do governo federal.

A partir dos dados recolhidos na pesquisa foi possível calcular o custo total por hora trabalhada dos operadores, de acordo com a equação 9, tendo, para fins de cálculo,

as mesmas considerações utilizadas no cálculo dos custos de máquina (item 4.3.2.1.1), com respeito ao período de tempo trabalhado.

$$C_{\$/h} = \frac{C_{op}}{8 \times 52 \times 5} \quad (9)$$

Onde:

$C_{\$/h_{op}}$: custo com operador do maquinário por hora trabalhada;

C_{op} : custo anual com o operador.

4.3.2.1.4 Custo Energia

A determinação do custo de energia foi realizada da seguinte maneira: inicialmente, por meio de pesquisa online, foi encontrada no site da CELPE uma tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do grupo B, em uso desde o ano de 2017, documento este facilmente disponibilizado para download. Foi definido então que os dados de tarifas em kW/h de energia utilizada deveriam pertencer ao grupo B3 (comercial, industrial, serviços, poder público, e outras atividades), divididos entre: consumo ativo, reativo, ativo em horário de ponta, ativo em horário intermediário e ativo em horário fora de ponta. Essa divisão, comercialmente, é definida da seguinte maneira:

- Horário de ponta – 3h de pico de consumo (das 18h00min às 21h00minh);
- Horário intermediário – 1h antes e depois do horário de pico (das 17h00min às 18h00min, e das 21h00min às 22h00minh);
- Horário fora de ponta – todo o horário restante (das 22h00min às 17h00minh do dia seguinte);

Assim, ficou determinado que a oficina funciona dentro dos limites do horário fora de ponta. Pôde-se então definir a taxa de consumo por kW/h e, com auxílio da tabela de especificações das máquinas presentes na oficina (item 4.1), foi possível listar os dados de potência consumida para cada uma das máquinas utilizadas no processo de fabricação das peças requeridas e realizar o cálculo do total/h do consumo de energia por

máquina, segundo a fórmula a equação 10.

$$R_{\$}/h_{\text{ener}} = C_{\$/h} \cdot P_u \quad (10)$$

Onde:

$R_{\$}/h_{\text{ener}}$: custo com a energia elétrica durante o funcionamento do maquinário por hora trabalhada;

$C_{\$/h}$: taxa de consumo por hora de energia elétrica;

P_u : potência útil consumida pelo maquinário [kW].

4.3.2.1.5 Custo Manutenção

Para a determinação do custo de manutenção foi realizado um levantamento de todos os insumos utilizados nos processos descritos nos planos de manutenção periódica de cada maquinário. De posse disto, foi listada também a quantidade necessária de cada insumo relacionado, bem como sua periodicidade de utilização, quantidade e preço por unidade vendida em disponibilidade no mercado. Os preços de cada insumo foram determinados a partir de pesquisa online.

Logo, para cada insumo utilizado, estabeleceu-se a equação 11 para a determinação de seu custo total por hora nos processos de manutenção.

$$R_{\$}/h_{\text{ins}} = \frac{C_i \cdot Q}{P \cdot Q_v} \quad (11)$$

Onde:

$R_{\$}/h_{\text{ins}}$: custo com insumo utilizado para manutenção do maquinário por hora trabalhada;

C_i : custo do insumo [R\$];

Q : quantidade necessária para a manutenção por unidade de medida comercial;

P : periodicidade de utilização do insumo [h];

Q_v : quantidade por unidade de medida em disponibilidade para comercialização;

Para cada máquina utilizada no processo de fabricação, o custo total com ma-

manutenção se dá pela soma de todos os custos parciais por insumo necessário (equação 12).

$$C_{\$}/h_{\text{man}} = \sum C_{\$}/h_{\text{man}} \quad (12)$$

Onde:

$R\$/h_{\text{man}}$: custo de manutenção por hora para cada maquinário.

4.3.2.2 Custos de Fabricação

De posse de todos os dados estimativos dos custos descritos na seção 4.3.2.1, foi possível a determinação do custo associado a cada operação, em cada processo de fabricação. Para a definição do valor final da peça solicitada foi realizado o somatório de todos os custos envolvidos: matéria prima, usinagem, ajuste e programação, segundo a equação 13. Estes terão sua metodologia para cálculo estimativo descrito nos itens a seguir.

$$C_{\$} = C_{\text{mat}} + \frac{C_{\text{usin}} \cdot N_{\text{peças}}}{N_{\text{total}}} + \frac{C_{\text{ajuste}} \cdot N_{\text{ajuste}}}{N_{\text{total}}} + C_{\text{prog}} \quad (13)$$

Onde:

$C_{\$}$: custo de fabricação de uma unidade de peça mecânica;

C_{usin} : custo de usinagem por hora trabalhada;

C_{ajuste} : custo por hora para ajuste da máquina para usinagem;

C_{prog} : custo por hora de programação de uma máquina;

C_{mat} : custo com matéria prima;

$N_{\text{peças}}$: número de peças fabricadas por lote;

N_{total} : número de peças totais fabricadas.

4.3.2.2.1 Custo matéria prima

A matéria prima a ser utilizada na fabricação da peça mecânica em solicitação deve ser definida a partir dos requisitos de funcionalidade do produto, como por exem-

plo, a necessidade de se ter propriedades anticorrosivas, dureza ou ductilidade. Assim, definido o material, foi realizada uma pesquisa de preço no mercado mediante as dimensões provenientes da modelagem da peça, relacionadas com a disponibilidade de material bruto mais próximo das dimensões desejadas e atendendo, se necessário, aos requisitos de tolerância especificados.

4.3.2.2.2 Custo usinagem

O custo de usinagem por operação ($C_{usi,n}$) levará em consideração o somatório do $R\$/h_{op}$, que deve ser avaliado a inclusão mediante a necessidade de operação técnica (no caso dos maquinários convencionais), $R\$/h_{maq}$, $R\$/h_{ener}$ e $R\$/h_{man}$ em função do tempo total de operação (t_{op}) para a fabricação da peça mecânica em horas, conforme mostrado na equação 14. O custo total com usinagem (C_{usi}) será dado pelo somatório dos custos das n operações realizadas.

$$C_{usi,n} = t_{op} \left(\frac{R\$}{h_{op}} + \frac{R\$}{h_{maq}} + \frac{R\$}{h_{ener}} + \frac{R\$}{h_{man}} \right) \quad (15)$$

$$C_{usi} = \sum_{i=1}^n C_{usi,n} \quad (14)$$

4.3.2.2.3 Custo ajuste

Para a determinação do custo associado ao tempo de preparação das máquinas por operação (t_{prep}) foi desenvolvida e utilizada a equação 16, onde o valor de 60 é adicionado como fator de conversão de unidade, visto que todos os tempos de preparação (t_{prep}) são determinados em minutos e os valores de custo são dados em $R\$/h$. O custo relacionado à energia não será considerado, sendo este desprezível quando a máquina não está em operação. O custo total com ajuste (C_{ajuste}) será dado pelo somatório das n operações realizadas (equação 17).

$$C_{ajuste,n} = \frac{t_{prep}}{60} \left(\frac{R\$}{h_{maq}} + \frac{R\$}{h_{man}} \right) \quad (16)$$

$$\square_{\square\square\square} = \sum_{\square} \square_{\square\square\square}, \quad (17)$$

4.3.2.2.4 Custo programação

Para o cálculo do custo programação ($\square_{\square\square\square}$) só será avaliado o custo com o operador em função do tempo de programação ($\square_{\square\square\square}$), conforme mostrado na equação 18, pois esta tarefa pode ser realizada de qualquer computador que possua o software específico do maquinário e, conseqüentemente, não serão incluídos os custos com a máquina nesta variável. Pelo mesmo motivo do item anterior, o valor de 60 é adicionado, visto que $\square_{\square\square\square}$ é determinado em minutos e o valor do custo é dado em R\$/h.

$$\square_{\square\square\square} = \frac{\square_{\square\square\square}}{60} \square \square \$/h \square \square \quad (18)$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos serão divididos em três partes: análise preliminar do maquinário da oficina, envolvendo o reconhecimento de todas as máquinas da oficina e a análise de seus respectivos planos de manutenção; análise da peça mecânica requisitada por cliente, contendo a rotina definida para análise do projeto, desde sua modelagem até a obtenção do custo orçamentário; e um estudo de caso da metodologia proposta na seção 4 com a análise de custos para fabricação de um suporte de lixadeira automática requerido por cliente interno do INTM.

5.1 ANÁLISE PRELIMINAR DO MAQUINÁRIO DA OFICINA

Para o melhor desempenho do trabalho realizado na citada oficina, foi essencial à realização de uma análise preliminar das máquinas e suas condições de utilização, das disponibilidades operacionais e das necessidades periódicas de manutenção.

Após o reconhecimento de todo maquinário existente na oficina (tabela 1 do Apêndice A) foi realizado uma avaliação das suas capacidades operacionais, sendo estas relacionadas por cada máquina. Um exemplo da etapa realizada encontra-se na tabela 2 e na tabela 3 (Apêndice A), que contém as especificações e as capacidades operacionais com as possíveis operações a serem realizadas no Torno convencional presente na oficina em estudo, respectivamente.

Todo material foi compilado em um documento de maneira simples e de fácil entendimento, que ficou a disposição na oficina para que qualquer operador pudesse averiguar a possibilidade de uso de tais equipamentos para alcance de seu objetivo final, tendo em vista a disponibilidade de ferramentas e, até mesmo, a necessidade da compra de novas ferramentas para realização de trabalhos requeridos.

Tendo o conhecimento do maquinário, de todas as operações que podem realizar e sabendo da necessidade da elaboração de um plano de manutenção para as mesmas, eles foram elaborados a partir de dados obtidos através dos manuais de instrução dos equipamentos, pesquisa online e fornecedores. Entretanto, não sendo possível o acesso ao manual de instruções da Fresadora contida na oficina, após pesquisa de mercado, foi adotada a Fresadora Diplommat FVF 3000 para obtenção dos dados necessários, pois se trata de um equipamento similar, com as mesmas características e capacidades operacionais.

A lista, contendo as capacidades e possíveis operações do maquinário, foi estruturada de forma a ser possível julgar a melhor opção mediante funcionalidade da peça requerida e

seu custo de operação para fabricação. Os dados foram coletados a partir de pesquisa online, leitura de manuais, e também a partir de instruções dadas pelo supervisor e pelo técnico da oficina mecânica do INTM.

Os planos de manutenção foram elaborados e organizados em tabelas para cada uma das máquinas, contendo cada etapa de manutenção com seus respectivos períodos de tempo de realização, como mostrado na tabela 4 no Apêndice B, que contém o plano de manutenção da Retífica Mello P25 como exemplo do trabalho realizado. Além disto, foram listadas todas as ferramentas de manutenção disponíveis na oficina mecânica do INTM para fins de organização e visibilidade das possíveis necessidades de compra por parte da oficina.

5.2 ELABORAÇÃO DA ROTINA DE CÁLCULO DE CUSTOS

Esta seção trata da descrição da rotina definida para obtenção dos custos orçamentários para fabricação de peças mecânicas no INTM. Esta pôde ser dividida em quatro etapas: análise técnica da peça e de suas superfícies usinadas, associação aos possíveis processos de usinagem, análise das anterioridades, onde há a relação entre os processos utilizados e as superfícies obtidas, e análise técnica-econômica para definição dos roteiros de menor custo.

5.2.1 Análise técnica da peça e de suas superfícies usinadas

Para o desenvolvimento do roteiro de fabricação de qualquer peça, se faz necessário o estudo da utilidade da peça, de suas superfícies e dimensões, de forma que seja atingida a melhor proposta de rota de fabricação. A modelagem da peça em requerimento para fabricação é de suma importância, tanto auxílio visual de cotas e tolerâncias no momento da fabricação, quanto para a elaboração dos roteiros de fabricação.

Dessa forma, as peças foram estudadas para averiguação de sua funcionalidade, observando e definindo as necessidades quanto às tolerâncias e qualidade de suas superfícies usinadas. Esta parte do estudo é primordial, pois depois de fabricada, deve-se ter a garantia que a peça desempenhará suas funções de forma plena. Para melhor visualização e análise nas etapas da rotina, as peças foram modeladas através do software *Inventor Professional 2018*.

Com isso, pode-se realizar o estudo das superfícies elementares, aquelas que são desejadas a partir dos processos de fabricação. Este é realizado a partir de um documento apresentado no Anexo A, onde é possível ter a visualização do desenho da peça, com suas formas e

superfícies definidas e enumeradas, correlacionando com a qualidade intrínseca requerida: cada forma a sua rugosidade e tolerância. Neste estudo também é possível identificar o tipo de operação elementar a ser utilizada (desbaste, semi-acabamento ou acabamento) e a quantidade de possibilidades de fixação da peça na máquina de usinagem, facilitando a escolha de ferramentas e maquinário a ser utilizado.

5.2.2 Associação aos possíveis processos de usinagem

Sabendo-se da forma e qualidade intrínseca de cada uma das superfícies identificadas, é possível se fazer a determinação dos processos de fabricação necessários para sua obtenção, averiguando o maquinário em disponibilidade e suas capacidades operacionais, bem como as ferramentas de corte, analisando o tempo de operação e os custos vinculados em cada uma das opções traçadas.

Assim, tendo a definição do maquinário a ser utilizado, foi possível realizar a etapa sequencial, que consiste na análise da anterioridade da sequência operacional, que será descrito na seção seguinte.

5.2.3 Análise das anterioridades

A análise das anterioridades foi realizada a partir da resposta de algumas perguntas referentes a cada superfície, dentre elas:

- É possível se ter a formação desta superfície e de alguma outra identificada ao mesmo tempo?
- Qual é a operação associada para a obtenção desta superfície?
- Existe alguma superfície que precisa ser formada, necessariamente, antes da formação desta?
- Que tipo de máquina-ferramenta será utilizada para formação desta superfície?
- Quantas possibilidades de fixação existem mediante a forma adquirida e a máquina a ser utilizada?

A partir das respostas obtidas, é possível determinar a ordem operacional, trazendo uma sequência das superfícies que serão obtidas, e as operações realizadas. Todas as informações são compiladas em um documento de análise, contido no Anexo B, que dá condições para formulação e estudo do melhor padrão a ser estabelecido no roteiro de fabricação, otimi-

zando tempo e recursos, sendo conseqüente o menor custo para fabricação.

5.2.4 Análise técnica-econômica para definição dos roteiros de menor custo

De posse das informações obtidas e compiladas nos documentos citados nos itens 5.2.1 e 5.2.3, foi possível realizar o estudo do melhor roteiro de fabricação da peça. Como descrito nas seções anteriores, ele pode ser construído de variadas formas e seqüências. Há variadas vantagens em se ter um roteiro padronizado, entre eles: maior uniformidade das peças obtidas, diminuição de tempo para fabricação, otimização de recursos, menor chance de erros no processo produtivo e diminuição dos dispêndios para fabricação.

Dessa forma, são estudadas as diferentes seqüências operacionais que atendem as características requeridas, relacionando a forma que será obtida a cada etapa de produção. No documento utilizado para roteiro, é possível relacionar cada operação com o desenho da forma obtida específica. A partir disso, são listados os maquinários competentes a tais operações, estudando as vantagens e desvantagens de se utilizar cada uma, sempre observando os critérios já citados: de tempo, ferramenta, operador, máquina, material a ser usinado, onde o foco é a qualidade, com menor custo. Com esta organização, fica fácil para o operador saber o que precisa ser feito, visualizando as geometrias pretendidas com o progresso das fases operacionais.

As chamadas fases operacionais não determinadas, vinculando sempre a geometria final obtida no processo, com as etapas operacionais necessárias para obtê-la. Conhecendo dos processos que serão realizados, pode-se determinar a melhor opção de maquinário (relacionando sempre a compatibilidade entre a potência da máquina e a potência necessária para realizar a operação requerida), bem como sequenciar as operações a serem realizadas em cada um, selecionando as melhores condições de corte oferecidas.

Estas determinações são bastante importantes, tendo em vista os custos operacionais relacionados ao tempo de preparação da máquina para cada procedimento e os custos com o maquinário a ser utilizado. Deve-se ainda levar em consideração que a seqüência operacional foi determinada de forma a se ter o maior número de superfícies confeccionadas de uma só vez na máquina, reduzindo o tempo e custos com ajustes do maquinário em posteriores.

As ferramentas necessárias para tais procedimentos de acordo com o material a ser usinado, a qualidade requerida no projeto e as operações que podem realizadas, levando em consideração o custo de sua utilização mediante seu tempo de vida útil e seu valor de mercado.

A análise técnica dos custos será realizada mediante a utilização da metodologia descrita na seção 4, onde será possível determinar a rota de fabricação de menor custo. Este será redigido e servirá como padrão operacional a ser seguido para fabricação da peça estudada em qualquer quantitativo solicitado, por qualquer operador, tendo uma maior probabilidade de padronização nos custos referentes à peça fabricada e a qualidade requerida pelo cliente.

5.3 ESTUDO DE CASO: SUPORTE DE LIXADEIRA PARA AMOSTRAS EMBUTIDAS

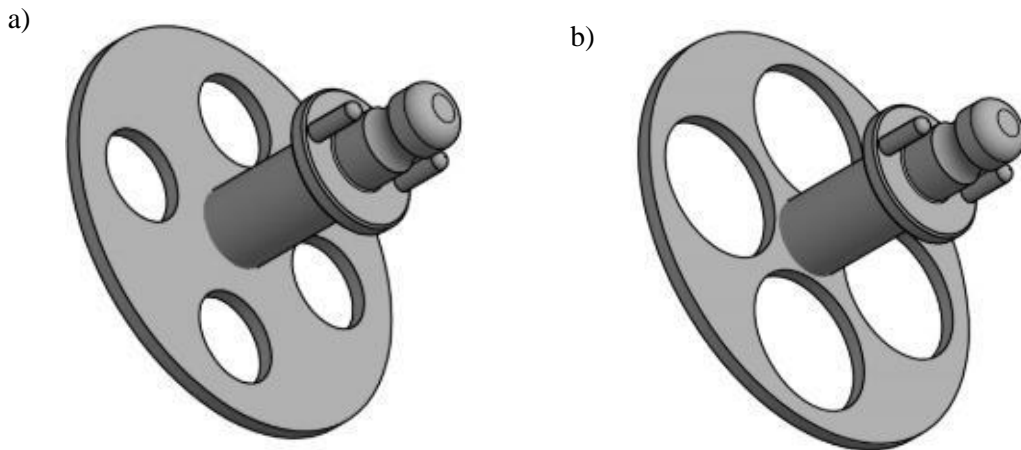
Mediante metodologia apresentada na seção 4, foi realizado um estudo de caso para averiguação da eficácia de tal procedimento, com o intuito de se ter o levantamento orçamentário de fabricação de uma peça mecânica utilizada como suporte de uma lixadeira politriz automática para amostras embutidas, solicitada por cliente interno. Esta, por sua vez, é proveniente da montagem de três peças específicas: encaixe, disco e pinos. Para fins de descrição, este estudo foi dividido nas seguintes etapas: modelagem das peças para auxílio na fabricação, elaboração dos roteiros de fabricação e estudo dos custos para fabricação das peças, apresentados a seguir.

5.3.1 Modelagem das peças solicitadas

Foi requerido por parte do cliente que o suporte fosse redimensionado de forma que pudesse atender as demandas de utilização. Este era aplicado para amostras embutidas com diâmetro de 25 mm, sendo necessária a adaptação para amostras de 40 mm. A figura 3 mostra os desenhos em perspectiva da peça, modelada Autodesk *Inventor Professional 2018*, na forma em utilização e após a adaptação.

Para a realização das medições do suporte de lixadeira se fez necessário desmontar a peça em duas partes individuais, encaixe e disco. Os pinos não puderam ser retirados de forma individual, pois sua montagem no encaixe é realizada através de fixação por interferência, não permitindo a sua movimentação. Tal fato não ofereceu problemas para a medição dos pinos, tendo em vista que estes possuíam superfície de contato suficiente para a medição de seu diâmetro e comprimento.

Figura 3. Desenho em perspectiva da peça modelada: em a) suporte para amostras com 25 mm de diâmetro; em b) suporte adaptado para amostras de 40 mm de diâmetro.



Os equipamentos utilizados para a realização das medições foram um paquímetro digital Insize, com resolução de 0,01 mm, e um projetor de perfis digital Mitutoyo. Com o paquímetro foi possível realizar a medição do disco, que possuía apenas medidas de diâmetro de furos e outras de pequenas dimensões. Já o encaixe teve que ser medido através do projetor de perfis, por apresentar superfícies complexas, como arredondamentos, filetes e chanfros.

Após realização das medições foi estudado o funcionamento do equipamento com a peça em perspectiva de fabricação para assim definir quais as dimensões da peça do suporte deveriam ter tolerâncias específicas de forma a garantir seu desempenho funcional. Sequencialmente foram demarcadas as superfícies da peça modelada para definição posterior dos roteiros de fabricação. O Apêndice C contém as modelagens das partes da peça em estudo.

5.3.2 Elaboração dos roteiros de fabricação

Ao fim do processo de medição, redimensionamento e modelagem das peças citadas no item 5.2.1, foi desenvolvido um roteiro de fabricação para cada uma das partes do suporte da lixadeira de amostras embutidas (pino, disco e encaixe).

Para tal, anteriormente, foi realizado um estudo das superfícies desejadas na fabricação, identificadas nas respectivas modelagens em cada uma das partes do suporte, através da ficha de Análise das Superfícies Elementares, como mostrado nos Apêndices D, G e J. Cada superfície foi numerada e estudada de forma a se ter especificado, conforme necessidade, sua rugo-

sidade e qualidade requerida pela utilização da peça, forma, tipo de operação elementar a que se constitui e sua possibilidade de fixação na máquina de usinagem.

Foi realizado também, para cada uma das partes da peça, um estudo dos processos necessários para obtenção de cada superfície, relacionando-os de forma sequencial. Este foi feito a partir da ficha de Estudo de anterioridade da sequência operacional, contido nos Apêndices E, H e K. Nele foi possível analisar o vínculo existente entre a superfície desejada à operação de usinagem associada e a máquina utilizada em cada uma das etapas de usinagem.

Desta forma, foi possível realizar para cada uma das partes associadas da peça em estudo, apresentado no item 5.3.1, foi desenvolvido um roteiro de fabricação que, após sucessivas reuniões com os operadores do maquinário da oficina, pôde-se chegar a uma versão final. Nos Apêndices F, I e L deste trabalho, constam os roteiros de fabricação do encaixe, da base e do pino, respectivamente.

5.3.3 Estudo de custos: custo de operações e custo de fabricações

Uma vez determinados os roteiros de fabricação com seus procedimentos bem estruturados, se fez possível realizar todo o levantamento de custos para determinação do orçamento de fabricação da peça desejada, onde pôde ser dividido em custos de operação e custo de fabricação, que serão descritos sequencialmente. Todas as tabelas dos custos estimados apresentadas posteriormente estão disponíveis no Apêndice M deste trabalho.

5.3.3.1 Custos de Operação

Serão descritos, a seguir, as despesas consideradas para cálculo dos custos de operação: máquina, operador, ferramentas de corte por operação realizada, energia elétrica e manutenção.

5.3.3.1.1 Custo Máquina

Com a obtenção dos valores de compra de cada maquinário da oficina, foi possível realizar o cálculo do custo de máquina a partir do período de amortização, conforme descrito no item 4.4.1.1 O levantamento de custo de operação por hora para cada maquinário ($\square \$/h$ □□□□□□) está contido na tabela 4, tendo as máquinas de maior custo o

Centro de torneamento CNC, com custo de R\$28,65, e o Centro de Usinagem CNC, com custo de R\$25,00 por hora de trabalho, facilitando a escolha do maquinário a ser utilizado, levando em consideração não só os processos de usinagem necessários, como também os custos vinculados à utilização da máquina.

5.3.3.1.2 Custo com ferramentas de corte

Foi realizada a listagem das ferramentas disponíveis na oficina correlacionando-as com as possíveis operações de usinagem a que podem realizar, por cada máquina disponível, levando em conta as considerações descritas no item 4.4.1.2 e os preços de compra de cada ferramenta. A tabela 5 representa um exemplo do trabalho realizado, trazendo os custos das ferramentas em disponibilidade da oficina para o Centro de Torneamento CNC DMG Mori Ecoturn 310, por hora de utilização. Para este caso, a Fresa de topo HSS de Ø2 mm, utilizada para geração de bolsas circulares e retangulares, tem o maior custo de utilização, com R\$199,98 por hora.

5.3.3.1.3 Custo Operador

Os custos com a mão de obra para produção é de grande relevância no cálculo de custo de operação. Como descrito no item 4.3.2.1.3, o cálculo tem como base a remuneração e benefícios estabelecidos para cada operador, inclusive todos os demais custos estabelecidos pela empresa, considerando que a oficina possui dois profissionais a disposição para operação do maquinário: um Engenheiro Mecânico, o professor Maxime Montoya (supervisor da oficina) e o Técnico em Mecânica, Rubens Santos. A tabela 7 contém o levantamento de custo por hora trabalhada para ambos, sendo avaliado em R\$65,05 e R\$18,08, respectivamente.

Desta forma, considerando o maior custo por hora trabalhada, do tempo dedicado a sala de aula e sabendo de sua expertise na programação dos maquinários CNC, ficou determinado que o professor Maxime ficará responsável apenas pela operação destas máquinas conforme necessidade. Já o Técnico Rubens, pelas demais máquinas convencionais, obtendo assim, desta forma, maior rendimento profissional e financeiro mediante a fabricação de peças na oficina.

5.3.3.1.4 Custo Energia

Dentro dos intervalos determinados pela companhia de energia elétrica conforme descrito no item 4.4.1.4 e analisando a carga horária de funcionamento da oficina, ficou estabelecido o funcionamento no chamado horário fora de ponta, que possui uma taxa de R\$ 0,55 kW/h, conforme apresentado na tabela 8, contida no Apêndice M. Esta, ainda, contém os custos com energia elétrica por hora de operação em cada maquinário a ser utilizado na fabricação do suporte de lixadeira, definidos nos roteiros de fabricação de cada parte da peça, conforme descrito no item 5.2.2. Os maiores custos com energia elétrica calculada foram do Centro de torneamento CNC, com R\$8,34, e do Centro de usinagem CNC, com R\$7,18 por hora de operação.

5.3.3.1.5 Custo Manutenção

A partir dos planos de manutenção, foi possível listar os insumos necessários para realização da manutenção preventiva no maquinário. Os produtos muito específicos do fabricante das referidas máquinas, relacionados à manutenção periódica, não apresentam as informações de custo com facilidade, onde foi necessária a realização do contato via e-mail com os fornecedores desses tipos de material para a captação dos preços necessários. No entanto, não foi obtido retorno de todos eles, ficando a pendência para posterior adição dos valores aos cálculos realizados para este custo. Assim, foi realizado um cálculo estimativo com os valores obtidos indicados em tabelas para cada maquinário. A tabela 9 apresenta a contabilidade completa dos custos de manutenção para o torno convencional e este servirá como exemplo do trabalho executado.

5.3.3.2 Custos de Fabricação

Para o cálculo dos custos de operação, foram consideradas as seguintes despesas com: matéria prima, usinagem, ajuste e programação.

5.3.3.2.1 Custo matéria prima

O primeiro aspecto analisado para o levantamento do orçamento de fabricação da peça solicitada foi à determinação dos custos com matéria prima utilizada. Para tal, ficou definido que, para que o suporte de amostras embutidas da lixadeira atenda aos requisitos operacionais da máquina, toda a peça deveria ser fabricada em material que tivesse dureza considerável, bem como uma boa proteção anticorrosiva. Desta forma ficou decidida a utilização do aço inoxidável como matéria prima para todas as partes da peça.

Uma vez definido o material a ser utilizado, conforme mencionado no tópico 5.3.1, o suporte em descrição é oriundo da montagem de três partes que devem ser fabricadas individualmente: pino, disco e encaixe. Com os dados provenientes da modelagem de cada uma dessas partes e após a pesquisa das dimensões disponíveis no mercado no fornecimento de tarugos de aço inoxidável, ficou definido que como material bruto a ser adquirido, as seguintes dimensões para o material bruto a ser adquirido: Pino: Ø5x22 mm; Disco: Ø114x4 mm; Encaixe: Ø38x78 mm.

Segundo orçamento dado pela empresa METANAÇO, fornecedor corriqueiro do INTM localizada no Recife, para esse material e para as dimensões apresentadas anteriormente, os preços de venda estão apresentados na tabela 6.

5.3.3.2.2 Custo usinagem

Conforme descrito no item 4.4.2.2, o custo de usinagem foi calculado mediante o somatório dos $\square \$/\square \square \square \square \square \square$ e $\square \$/\square \square \square \square \square \square \square \square$. Desta forma, vale ressaltar que este último só foi considerado para as peças que de acordo com o plano de fabricação necessitavam da operação de máquinas convencionais, como foi o caso do encaixe (Apêndice F), com a utilização do torno e da fresadora, e do pino (Apêndice L), com a utilização do torno. Desta forma, conforme descrito no item 5.2.3.1.3, só foram considerados neste cálculo os custos com o técnico mecânico Rubens Santos.

5.3.3.2.3 Custo ajuste

O custo ajuste foi incluso a cada mudança de maquinário necessário dentro do

roteiro de fabricação, tendo em vista que estas necessitam de um período de preparação para usinagem, levando em consideração os custos com operador e máquina.

5.3.3.2.4 Custo programação

O custo de programação (□□□□□□□□□□) foi levado em consideração quando ocorreu a necessidade de se utilizar o centro de usinagem CNC e o centro de torneamento, pois, para a usinagem com elas se faz necessário à devida programação para fabricação de cada peça em específico. Assim, conforme descrito no item 5.2.3.1.3, só foram considerados neste cálculo os custos com o supervisor da oficina.

5.3.4 Aplicação da metodologia apresentada

Por fim, para a determinação do orçamento de fabricação das peças solicitadas, foi estruturada uma tabela contendo, por etapa de usinagem, as máquinas utilizadas para a fabricação de cada uma das partes da peça em estudo e as operações realizadas segundo os roteiros de fabricação. Para o cálculo, foi considerada uma estimativa do tempo para a realização de cada uma das operações, bem como o tempo de preparação de cada maquinário, conforme descrito no item 5.3.3.2.3.

Ainda no Apêndice M, está apresentada a tabela 6 que consiste no levantamento de custo total para fabricação do suporte de amostras embutidas em lixadeira automática. A base teve seu custo total de fabricação calculado de R\$84,58 sendo este o mais caro devido as poucas possibilidades de fixação da peça na máquina e suas superfícies só conseguirem ser realizados em máquina CNC, mais especificamente como determinado em roteiro de fabricação, no Centro de Usinagem. Como discutido nos pontos anteriores, as máquinas CNC apresentaram os maiores custos em todos os parâmetros a que lhe cabiam.

Não muito diferente em termos de valor, a o encaixe teve seu custo total de fabricação estimado em R\$80,24, devido a grande quantidade de detalhes, com diferentes operações e máquinas de usinagem envolvidas inclusive do tipo CNC. Já o pino, parte mais simples do suporte, teve seu custo estimado em R\$26,93. Desta forma, o suporte teve um custo de fabricação estimado em R\$218,68, levando a acreditar que a metodologia utilizada é eficiente.

6. CONCLUSÕES

Com o presente estudo, realizado no Instituto Nacional de União e Revestimento de Materiais (INTM), pôde-se ter o entendimento da importância e complexidade do planejamento adequado e estruturado para fabricação de uma peça mecânica. Apesar do Instituto não ter como costume a produção em massa, esta compreensão foi permitida pela exigência de um elevado nível de pesquisa e precisão na coleta e validade dos dados usados como parâmetros para desenvolvimento do trabalho proposto.

Em qualquer unidade de fabricação, seja qual for o foco de trabalho, o reconhecimento de seu maquinário, o conhecimento total de sua capacidade produtiva e do planejamento manutenção e custo, bem como a execução destes, são de primordial importância para seu crescimento contínuo no mercado. Quando dada a devida atenção a estes pontos e realizados com diligência, é quase garantida a qualidade dos produtos, credibilidade por parte dos clientes, com a consequente lucratividade. Na oficina do INTM havia uma necessidade do imediato desenvolvimento dos planos de manutenção preventiva para o maquinário existente, que são de vital importância, pois prolongam o tempo de vida dos equipamentos e reduzem os altos custos indevidos com manutenção corretiva.

Outro ponto de necessidade estava na capacidade de gerar orçamentos para fabricação de peças mecânicas, tendo em vista o desejo da iniciação da prestação de serviços a clientes internos e externos. Antes do trabalho realizado, ficava claro que o Instituto não tinha a estrutura adequada para realização de um levantamento orçamentário para tal. Desta forma, de maneira estruturada, a partir do estudo das definições e variáveis avaliadas pela Engenharia de Custos, os custos associados à operação e fabricação, bem como o desenvolvimento de equações para cálculo de orçamentos foram desenvolvidos, não tendo por objetivo por parte do INTM a competição com o mercado deste setor. A metodologia proposta foi avaliada como eficiente a partir do estudo de caso, tendo como objeto de estudo um suporte para amostras embutidas de uma lixadeira automática, tendo como custo final de fabricação o valor de R\$218,68.

Desta forma, pode-se dizer que o presente estudo traz uma visualização crítica do desenvolvimento de atividades realizadas na oficina do INTM, com processos de fabricação por usinagem, de forma técnica. Desta forma, foi possível o aprofundamento do aprendizado acerca dos métodos utilizados para desenvolvimento de planos de manutenção preventiva, dando a devida importância ao desenvolvimento de roteiros de fabricação e levantamento orçamentário de forma extremamente positiva.

REFERÊNCIAS

AMORIM, H. J. **Estudo da relação entre velocidade de corte, desgaste de ferramenta, rugosidade e forças de usinagem em torneamento com ferramenta de metal duro.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Porto Alegre, 2002.

ANSELMO, E. D., et al. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais.** 1 ed. São Paulo: Art Liber, 2000. 244p.

CAVEIÃO, C., et al. **A importância da implantação das boas práticas de fabricação na indústria de alimentos.** Revista saúde e desenvolvimento, vol. 8, nº 4, 2015.

CELPE - **Tarifas e preços finais de energia elétrica para - grupo B.** Disponível em: <http://servicos.celpe.com.br/residencialrural/Pages/Baixa%20Tens%C3%A3o/tarifasgx> Acesso em: 23/11/2018.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA – CIMM. **Sistemas e Processos de Fabricação.** Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3350#.XCyuS1VKjIU/>. Acesso em: 18/11/2018.

COSTA, M. A. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.** Trabalho de conclusão de curso - Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

DEVECCHI, T. **Como Calcular Os Custos De Produção Na Prática.** Disponível em: <<http://qsconsultoria.com.br/calcular-custos-de-producao-na-pratica/>>. Acesso em: 22/11/2018.

DIN 8580. Disponível em: <https://infostore.saiglobal.com/en-us/Standards/DIN-8580-2003-09--389226_SAIG_DIN_DIN_883889/>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

FERNANDES, J.C. **Manutenção e lubrificação de equipamentos - Qualidade da mão de obra na manutenção.** Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Engenharia de Bauru - Departamento de Engenharia Mecânica.

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem de Metais.** Blucher, São Paulo, 1970.

FERREIRA, L.G.R., FERREIRA, L.C.R. **Manutenção de máquinas e equipamentos: Estudo sobre os tipos mais utilizados e sua importância para a minimização de custos e desenvolvimento organizacional.** Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1998>. Acesso em: 26 de dezembro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTOS - IBEC. **10º Congresso Mundial de Engenharia de Custos e Gerenciamento de Projetos Engenharia de custos.** Revista Engenharia de Custos - Ano 4, nº 4 – maio de 2016.

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - IETEC. **Gestão de Tecnologia Industrial – Gestão de custos pode definir a sobrevivência dos negócios.** Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/513/>. Acesso em: 26 de dezembro de 2018.

LANETZKI, P.P. **Roteiros de fabricação mais econômicos e de melhores prazos na indústria de cosméticos.** Disponível em: <<http://www.jorplast.com.br/dicas/dica04.html/>>. Acesso em: 20/11/2018.

MACHADO et al. **Teoria da Usinagem dos Materiais.** Blucher, São Paulo, 2009.

MALAGUINAS, J. C. **Otimização e gerenciamento em usinagem para cenário de fabricação flexível.** Universidade Metodista de Piracicaba - Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Santa Bárbara d'Oeste, 1999.

MEDEIROS, T. B. **POP – Procedimento Operacional Padrão.** Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA - Assis, 2010 56p.

MIRANDA, H. C. **Processos de fabricação.** Universidade Federal do Ceará Centro de Tecnologia - Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção. Tecnologia Mecânica III

NORMA ABNT NBR 16748. Disponível em: <<https://www.abntonline.com.br/consultacional/#/>>. Acesso em: 01/01/2019.

OLIVEIRA, A. **Tendência nos Processos de Usinagem.** Sociedade educacional de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil, 2008.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia PMBOOK – Guia Em Gerenciamento De Projetos.** 6ª edição – 2018.

REZENDE, A.C. **Gestão da manutenção.** SENAI-CFP.

SANDVIK COROMANT. **Materiais da peça.** Disponível em: <https://www.sandvik.coromant.com/ptpt/knowledge/materials/workpiece_materials/workpiece_material_groups/pages/default.aspx/>. Acesso em: 05/01/2019.

SILVA et al. **Gestão de custos como ferramenta de planejamento e controle: um estudo no Jornal Gazeta do Oeste em Mossoró/RN.** Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/3689/3690/>>. Acesso em: 18/11/2018.

SOUZA, A. F. **Contribuições ao fresamento de geometrias complexas aplicando a tecnologia de usinagem com altas velocidades.** Programa de pós-graduação em engenharia mecânica – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, 2004.

TORINO SOLUZIONI AMBIENTALI. **A importância da manutenção em máquinas industriais e qual o custo de não fazê-la?** Disponível em: <<http://www.tsambientali.com.br/a-importancia-da-manutencao-em-maquinas-industriais-e-qual-o-custo-de-nao-faze-la/>>. Acesso em: 22/11/2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A –	DESCRIÇÃO DO MAQUINÁRIO DISPONÍVEL NA OFICINA DO INTM	51
APÊNDICE B –	PLANILHA DE MANUTENÇÃO MECÂNICA DA RETÍFICA MELLO P25	53
APÊNDICE C –	MODELAGEM DAS PARTES DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	54
APÊNDICE D –	ESTUDO DAS SUPERFÍCIES ELEMENTARES DO ENCAIXE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	57
APÊNDICE E –	ESTUDO DA ANTERIORIDADE DA SEQUÊNCIA OPERACIONAL DO ENCAIXE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	59
APÊNDICE F –	ROTEIRO DE FABRICAÇÃO DO ENCAIXE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	60
APÊNDICE G –	ESTUDO DAS SUPERFÍCIES ELEMENTARES DA BASE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	63
APÊNDICE H –	ESTUDO DA ANTERIORIDADE DA SEQUÊNCIA OPERACIONAL DA BASE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	65
APÊNDICE I –	ROTEIRO DE FABRICAÇÃO DA BASE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	66
APÊNDICE J –	ESTUDO DAS SUPERFÍCIES ELEMENTARES DO PINO DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	67
APÊNDICE K –	ESTUDO DA ANTERIORIDADE DA SEQUÊNCIA OPERACIONAL DO PINO DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	68
APÊNDICE L –	ROTEIRO DE FABRICAÇÃO DO PINO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA	69
APÊNDICE M –	PLANILHA DE CUSTOS DE OPERAÇÃO NO MAQUINÁRIO DA OFICINA MECÂNICA DO INTM	71

APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DO MAQUINÁRIO DISPONÍVEL NA OFICINA DO INTM

Tabela 1. Maquinário disponível na oficina mecânica do INTM.

Maquinário da oficina - INTM		
Equipamento	Marca	Modelo
Serra 1	Franho	FM 3700 HM
Serra 2	Franho	FMG 18S
Torno Convencional	Nardini	Mascote MS 205
Fresadora/Furadeira Automática	Diplomaq	FTM - X4VS
Guilhotina	COR DOB	GHP 6.5/1300
Retífica	Mello	P25
Camãra de Jateamento Abrasivo	CMV	GS 120 110X
Centro de Usinagem CNC	DMG Mori/Siemens	Ecomill 50
Centro de Torneamento CNC	DMG Mori/Siemens	Ecoturn 310

Fonte: autora.

Tabela 2. Especificações do Torno convencional - Nardini Mascote MS 205.

Especificações - Torno convencional Nardini Macote MS 2015			
Capacidade		Cabeçote Móvel	
Diâmetro admissível sobre o barramento	410 mm	Diâmetro da manga	50 mm
Diâmetro admissível sobre as asas da mesa	370 mm	Curso da manga	130 mm
Diâmetro admissível sobre o carro transversal	260 mm	Deslocamento lateral	10 mm
Curso do carro transversal	225 mm	Caixa de roscas	
Curso do carro porta-ferramentas	100 mm	Roscas métricas (mm)	0,4 - 0,7 (48)
Barramento		Roscas fiores por polegada (fpp)	3,5 - 42 (48)
Largura	220 mm	Roscas Módulo (mod)	0,1 - 1,75 (48)
Altura	300 mm	Roscas Diametral pitch (dp)	14 - 168 (48)
Cabeçote fixo		Passo do fuso principal	6 mm
Diâmetro do furo da árvore	46 mm	Avanço	
Gama de velocidades	31,5 - 2500 RPM	Avanços longitudinais (mm/rot)	0,042 - 1,013 (48)
Motor		Avanços transversais (mm/rot)	0,021 - 0,5 (48)
Motor Principal	6,3/4 CV (4,7/3 Kw)		

Fonte: autora.

Tabela 3. Operações e capacidades operacionais na oficina pela disponibilidade de ferramentas da Torno convencional - Nardini Mascote MS 205.

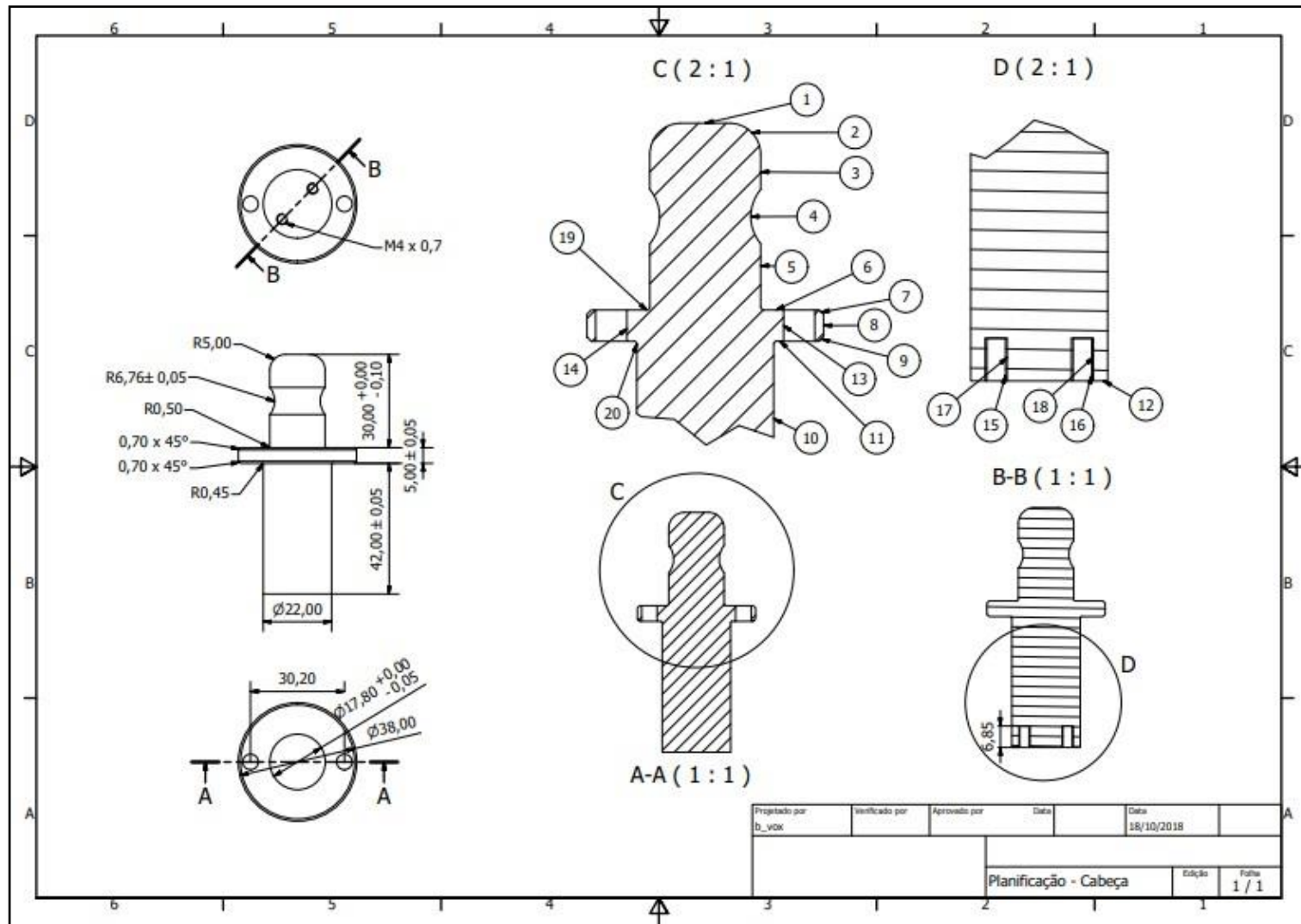
Torno Convencional - Nardini Mascote MS 205				
Operação		Ferramentas específicas disponíveis	Ferramentas gerais disponíveis	Capacidade
Torneamento cilíndrico externo	Desbaste	Suporte MWLNR-2020-K06 + Incerto WNMG060408N-GE	<ul style="list-style-type: none"> • Placa de três castanhas + 1 conjunto de castanhas invertidas + 1 conjunto de castanhas padrão; • 1 placa de 4 castanhas + 1 conjunto de castanhas padrão; • 1 contra ponta; • 1 luneta fixa; • 1 luneta móvel; • 1 Mandril Ø5-20 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza operações com peças de no máx. 400 mm de diâmetro e 1,5 m de comprimento; • Realiza operações com peças excêntricas; • Opera com peças de grandes dimensões graças a capacidade de fixação, pelo contra ponto e luneta.
	Acabamento	Suporte VJCR2020K16 + Incerto VBMT160408N-LU.		
Torneamento cilíndrico interno	Não há ferramenta.			
Furação	<ul style="list-style-type: none"> • Conjunto de 13 brocas de aço rápido de 2 a 8 mm com passo de 0,5 mm; • Conjunto de 13 brocas de aço rápido de 1/16 a 1/4 in. 			
Rosqueamento	Não há ferramenta.			
Recartilhamento	Não há ferramenta.			
Faceamento	Suporte MWLNR-2020-K06 + Incerto WNMG060408N-GE.			
Sangramento	Não há ferramenta.			

Fonte: autora.

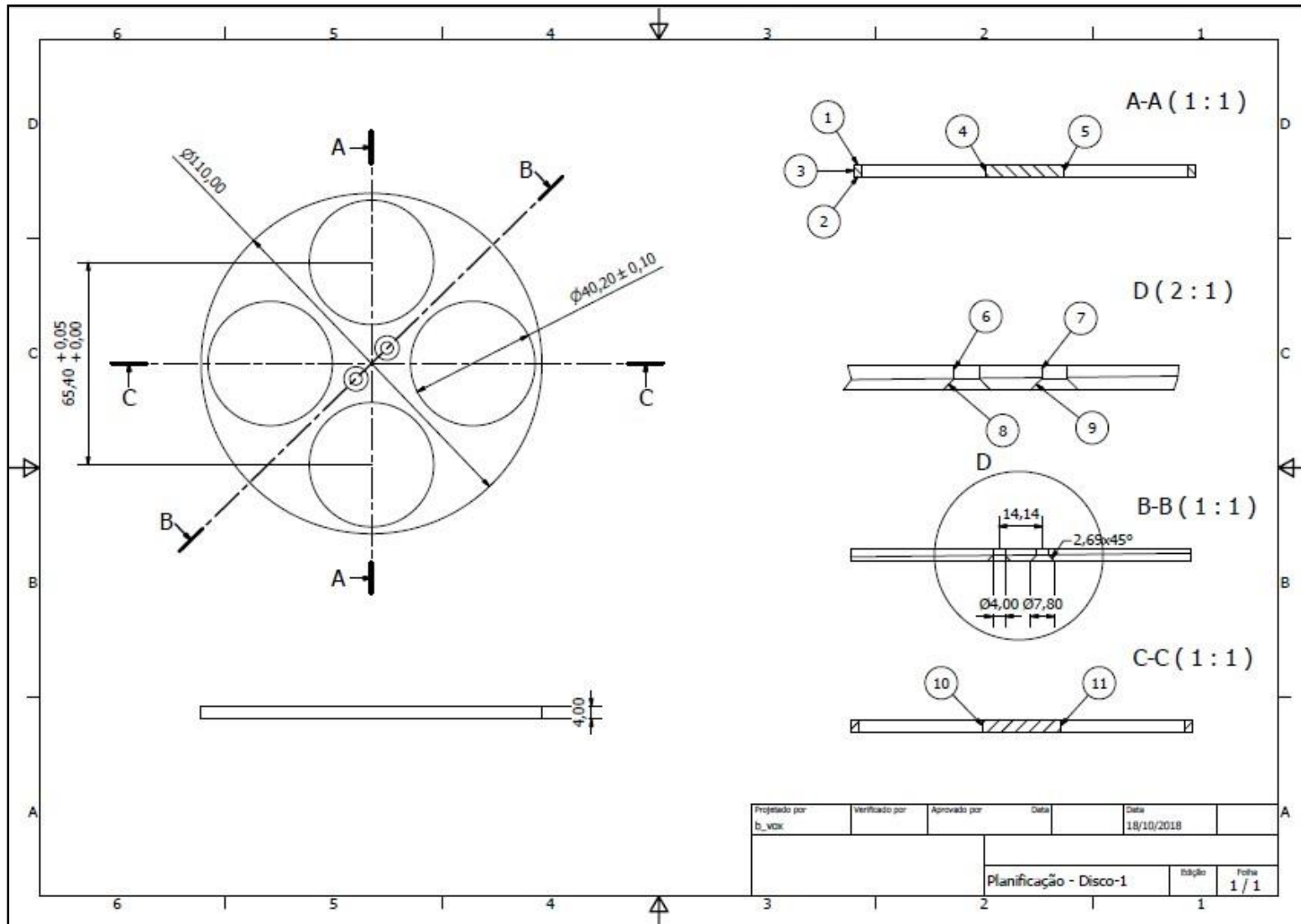
APÊNDICE B - PLANILHA DE MANUTENÇÃO MECÂNICA DA RETÍFICA MELLO P25

PLANO DE MANUTENÇÃO - RETIFICADORA MELLO P25							
EPI'S: Óculos de proteção e calçados de segurança							
Atividades/Periodicidade	D	S	M	SM	A	2A	*Conforme Necessidade
1 - Verificação dos níveis de óleo no reservatório de lubrificação* - Pág. 15 do manual	X						Completar o nível de óleo de lubrificação, atentando para sua especificação.
2 - Verificação das guias longitudinais - Pág. 15 do manual	X						
3 - Verificação das guias transversais - Pág. 15 do manual	X						
4 - Verificação das guias verticais - Pág. 15 do manual	X						
10 - Verificação do nível de óleo hidráulico* - Pág. 15 do manual	X						Completar o nível de óleo hidráulico através do bocal BA, atentando para sua especificação.
11 - Lavar/Limpar o filtro de aspiração do óleo hidráulico - Pág. 15 do manual				X			
12 - Trocar/Substituir o filtro de aspiração do óleo hidráulico - Pág. 15 do manual						X	
13 - Trocar/Substituir o óleo hidráulico - Pág. 15 do manual					X		
14 - Lavar/Limpar Tanque hidráulico - Pág. 15 do manual					X		
15 - Verificação do nível do líquido refrigerante* - Pág. 15 do manual		X					Completar o nível com água (para pequeno volume adicionado, até aprox. 1,5 litro) ou água + óleo refrigerante (para grande volume adicionado, maior que 1,5 litro).
16 - Verificação da contaminação do líquido refrigerante* - Pág. 15 do manual		X					Caso ocorra contaminação por impureza, ou bactérias, observar o aspecto visual e de odor, e realizar troca do líquido.
17 - Verificação do desgaste das correias de rebole* - Pág. 16 do manual		X					Caso ocorra desgaste excessivo, trocar correias.
18 - Verificação do esticamento das correias do rebole* - Pág. 16 do manual		X					Caso ocorra necessidade de esticamento da correia, realizar procedimento descrito na pág. 16 do manual.
19 - Verificação do desgaste da correia transversal* - Pág. 17 do manual				X			Caso ocorra desgaste excessivo, trocar correia.
20 - Verificação do esticamento da correia transversal* - Pág. 17 do manual				X			Caso ocorra necessidade de esticamento da correia, realizar procedimento descrito na pág. 16 do manual.
Legenda: D – Dia S – Semana M – Mês A – Ano SM – Semestre 2A - 2 Anos							Fonte: Manual do Equipamento

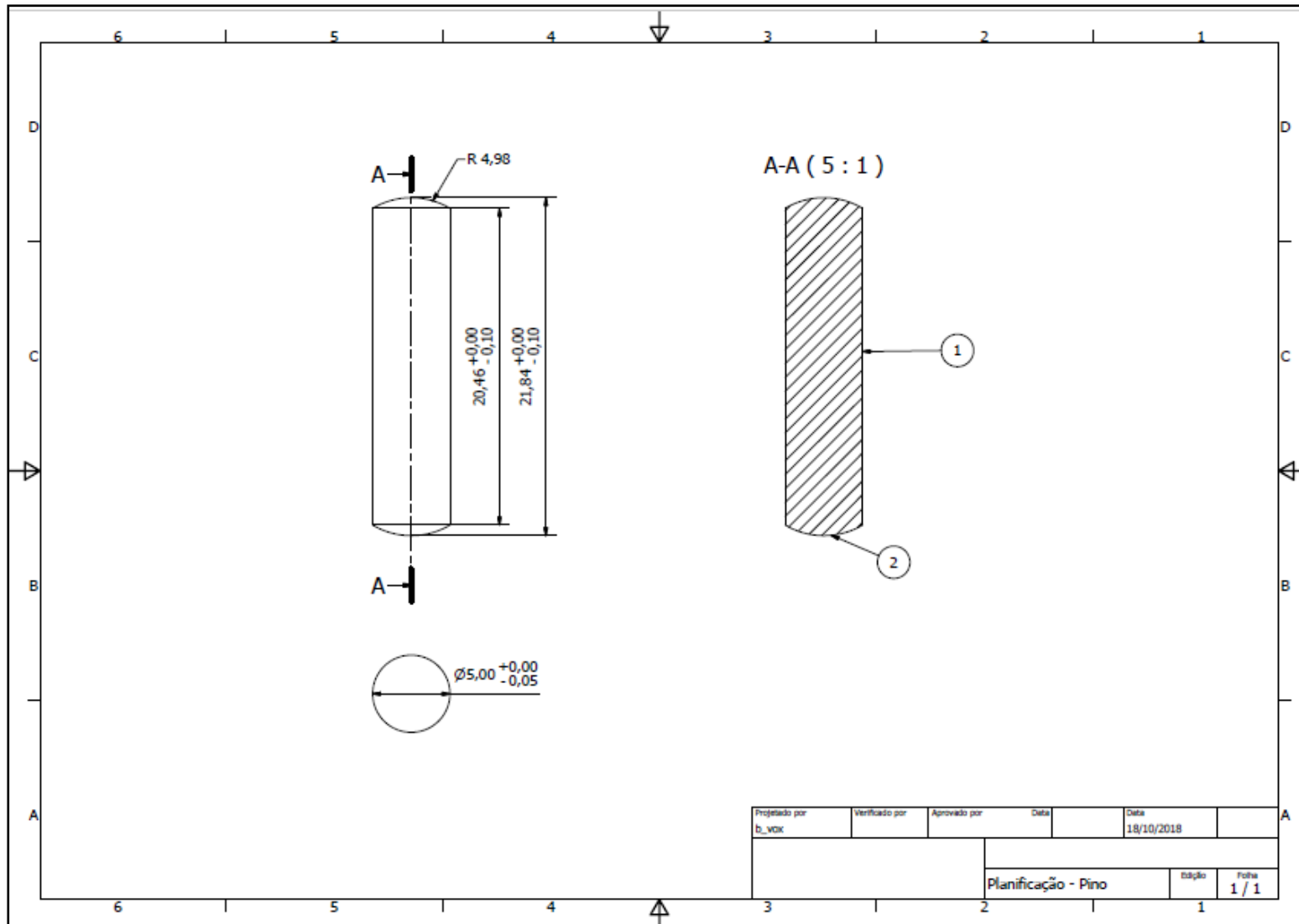
APÊNDICE C – MODELAGEM DAS PARTES DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA



Fonte: autora.



Fonte: autora.



Fonte: autora.

Ficha de Análise das Superfícies Elementares			Montagem:		Ref:		- 2 / 2
			Peça: Encaixe para suporte de Lixadeira		Ref:		
Análise nº1			Material: Aço inoxidável		Dim: Ø38x78mm		UFPE_CTG DEMEC
			Unidades: 1				
Ref.	Qualidade intrínseca			Operações elementares			Possibilidade e de fixação
	Ra	Forma	Qualidade	Desbaste	Semi-acabamento	Acabamento	
1	/	Plana	/			X	1
2	/	Arredonda da	/			X	0
3	/	Cilíndrica	Ø17,80+0,00 -0,05			X	0
4	/	Arredonda da	R6,76±0,05			X	1
5	/	Cilíndrica	Ø17,80+0,00 -0,05			X	0
6	/	Plana	/			X	0
7	/	Chanfro	0,70x45°			X	0
8	/	Cilíndrica	42,00±0,05			X	0
9	/	Chanfro	0,70x45°			X	0
10	/	Cilíndrica	/			X	0
11	/	Plana	/			X	0
12	/	Plana	/			X	0
13	/	Cilíndrica	/			X	0
14	/	Cilíndrica	/			X	0
15	/	Cilíndrica	/			X	0
16	/	Cilíndrica	/			X	0
17	/	Rosqueada	M4x0,7			X	0
18	/	Rosqueada	M4x0,7			X	0
19	/	Arredondada	/			X	0
20	/	Arredonda da	/			X	0


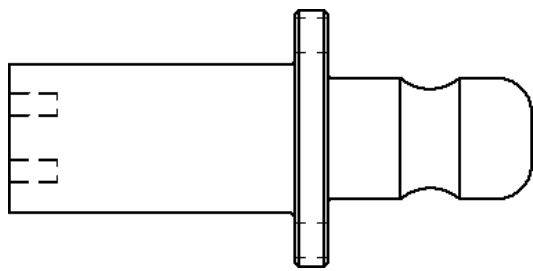
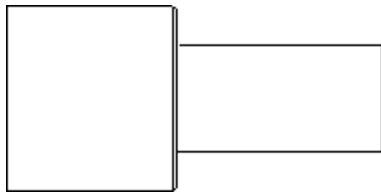

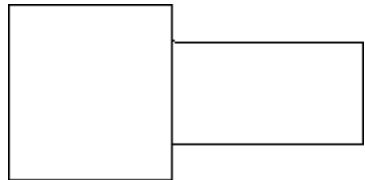
Fonte: autora.

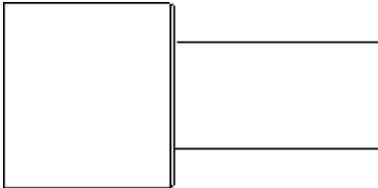
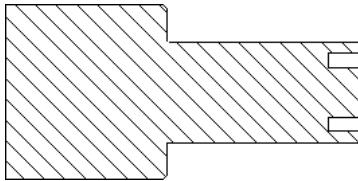
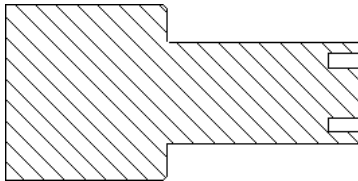
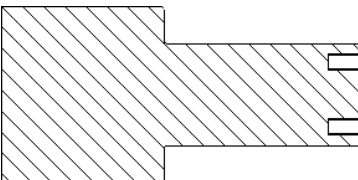
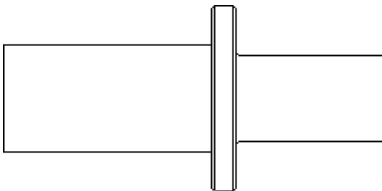
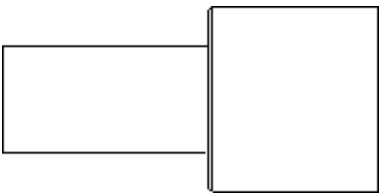
APÊNDICE E – ESTUDO DA ANTERIORIDADE DA SEQUÊNCIA OPERACIONAL DO ENCAIXE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

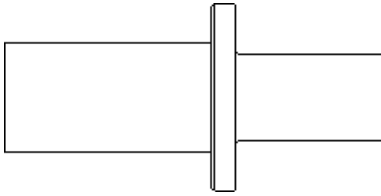
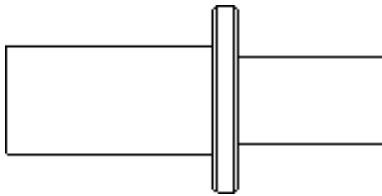
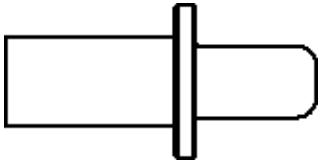
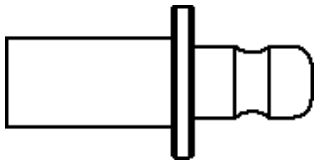
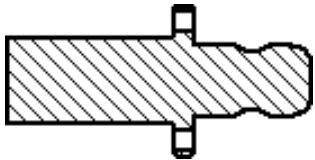
Estudo de anterioridade da sequência operacional		Montagem:	Ref: -	- 1 / 1		
		Peça: Encaixe de suporte p/ lixadeira	Ref: -			
Análise nº1		Material: Aço Inoxidável	Dim: Ø38x78mm	UFPE_CTG DEMEC		
		Unidades: 1				
Ref. Superfície	Agrupar	Operação associada	Anterioridade	Máquina	Grupo Fixação	Ordem Op.
1	/	Faceamento 1	/	Torno	2	8
2	/	Arredondamento 1	/	Centro de torneamento (CT) CNC	2	13
3	5;6	Cilindramento 1	/	CT CNC	2	9
4	/	Arredondamento 2	/	CT CNC	2	14
5	3;6	Cilindramento 1	/	CT CNC	2	9
6	3;5	Cilindramento 1	/	CT CNC	2	9
7	/	Chanframento 1	/	Torno	2	16
8	/	Cilindramento 2	/	Torno	2	15
9	/	Chanframento 2	/	Torno		17
10	11	Cilindramento 3	/	Torno	2	2
11	10	Cilindramento 3	/	Torno		2
12	/	Faceamento 2	/	Torno	2	1
13	/	Furação1	6;11	Torno	2	11
14	/	Furação 2	6;11	Torno	2	12
15	/	Furação 3	12	Fresadora	2	4
16	/	Furação 4	12	Fresadora	2	5
17	/	Rosqueamento 1	12;15	Torno	2	6
18	/	Rosqueamento 2	12;16	Torno	2	7
19	/	Arredondamento 3	/	CT CNC	2	10
20	/	Arredondamento 4	/	Torno	2	3

Fonte: autora.

APÊNDICE F – ROTEIRO DE FABRICAÇÃO DO ENCAIXE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

			
Roteiro de Fabricação			
Nome do elemento: Encaixe para suporte de lixadeira			
Montagem: Conexão Parafusada			
Roteiro nº1	Data 13/11/2018 Pg 1/3		
Planta:	Ref. no Ass.: A-3		
Unidade: 1			
Dim. Bruto: Ø38x78mm	Material: Aço Inoxidável		
Fase	Designação	Operações	Máquina
1	Torneamento Face 9		Torno Convencional
1.1	Faceamento 2		Torno Convencional
1.2	Cilindramento 3		Torno Convencional

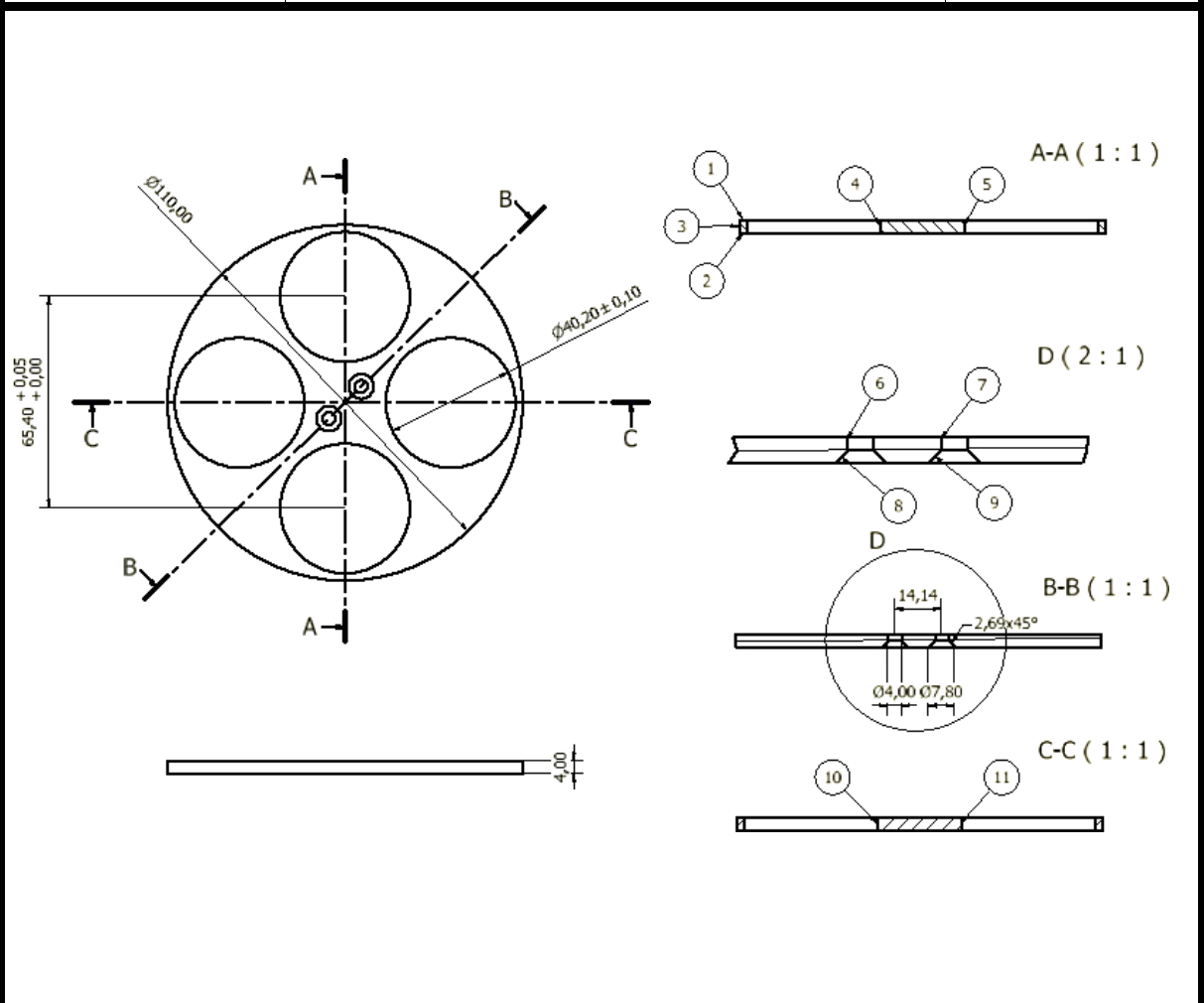
Roteiro de Fabricação		Montagem: Conexão Parafusada	Ref: A	- 2 / 3
		Peça: Encaixe para suporte de lixadeira	Ref: A-3	
n°1		Material: Aço Inoxidável	Dim: Ø38x78m	UFPE_CTG DEMEC
		Unidades: 1		
Fase	Designação	Operações		Máquina
1.3	Chanframento 2			Torno Convencional
2	Furação Faces 15 e 16			Fresadora
3	Chanframento Faces 15 e 16			Fresadora
4	Rosqueamento Faces 15 e 16			Macho
5	Torneamento Face 7			Centro de Torneamento CNC
5.1	Faceamento 1			Centro de Torneamento CNC

Roteiro de Fabricação		Montagem: Conexão Parafusada	Ref: A	- 3 / 3
		Peça: Encaixe para suporte de lixadeira	Ref: A-3	
n°1		Material: Aço Inoxidável	Dim: Ø38x78m	UFPE_CTG DEMEC
		Unidades: 1		
Fase	Designação	Operações		Máquina
5.2	Torneamento de contorno externo Faces 3 e 5			Centro de Torneamento CNC
5.3	Torneamento de contorno externo Face 7			Centro de Torneamento CNC
6	Torneamento de contorno externo Face 2			Centro de Torneamento CNC
7	Torneamento de contorno externo Face 4			Centro de Torneamento CNC
8	Furação Faces 13 e 14			Centro de Torneamento CNC

Fonte: autora.

APÊNDICE G – ESTUDO DAS SUPERFÍCIES ELEMENTARES DA BASE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

Ficha de Análise das Superfícies Elementares	Montagem: Fixação por parafuso	Ref:	- 1 / 2
	Peça: Base para suporte de Lixadeira	Ref:	
Análise nº 1	Material: Aço Inoxidável	Dim: Ø114x4mm	UFPE_CTG DEMEC
	Unidades: 1		



Ref.	Qualidade intrínseca			Operações elementares			Possibilidade e de fixação
	Ra	Forma	Qualidade	Desbaste	Semi-acabamento	Acabamento	
1	/	Plano	/			X	1
2	/	Plano	/			X	0
3	/	Cilindro	/	X	X	X	0
4	/	Cilindro	40,2±0,10			X	0

Fonte: autora.

Ficha de Análise das Superfície Elementares	Montagem: Fixação por parafuso		Ref:	- 2 / 2			
	Peça: Base para suporte de Lixadeira		Ref:				
Análise nº1	Material: Aço Inoxidável		Dim: Ø114x4mm	UFPE_CTG DEMEC			
	Unidades: 1						
Ref.	Qualidade intrínseca			Operações elementares			Possibilidade e de fixação
	Ra	Forme	Qualidade	Desbaste	Semi-acabamento	Acabamento	
5	/	Cilindro	40,2±0,10			X	2
6	/	Cilindro	/			X	0
7	/	Cilindro	/	X		X	2
8	/	Cone	2,7x45°			X	0
9	/	Cone	2,7x45°			X	2
10	/	Cilindro	40,2±0,10			X	0
11	/	Cilindro	40,2±0,10	X		X	2


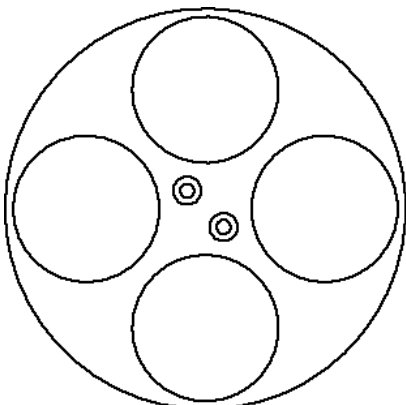
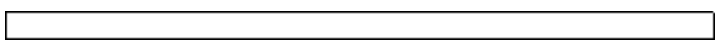
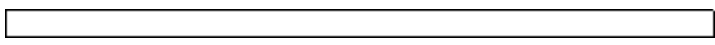
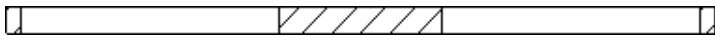
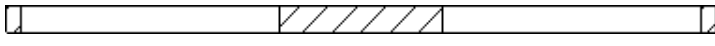
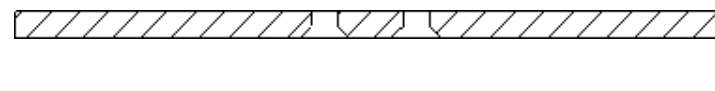


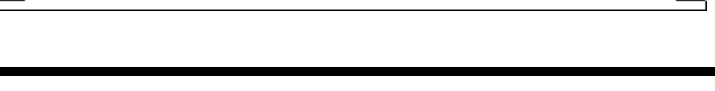
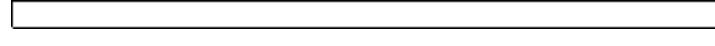
Fonte: autora.

APÊNDICE H – ESTUDO DA ANTERIORIDADE DA SEQUÊNCIA OPERACIONAL DA BASE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

Estudo de anterioridade da sequência operacional		Montagem: Fixação por parafuso	Ref:	- 1 / 1			
		Peça: Base do suporte de lixadeira	Ref:				
Análise nº1		Material: Aço Inoxidável	Dim: Ø114x4mm	UFPE_CTG DEMEC			
		Unidades: 1					
Ref. superfície	Agrupar	Operação associada	Anterioridade	Posicionamento geométrico	Máquina	Grupo Fixação	Ordem Op.
1	/	Faceamento 1	/	/	Torno	2	1
2	/	Faceamento 2	/	/	Torno	2	3
3	/	Cilindramento 1	/	/	Torno	2	2
4	/	Furação 1	1;2	/	Fresadora	2	4
5	/	Furação 2	1;2	/	Fresadora	2	5
6	/	Furação 3	1;2	/	Torno	2	8
7	/	Furação 4	1;2	/	Torno	2	9
8	/	Chanframento 1	6	/	Torno	2	10
9	/	Chanframento 2	7	/	Torno	2	11
10	/	Furação 5	1;2	/	Fresadora	2	6
11	/	Furação 6	1;2	/	Fresadora	2	7

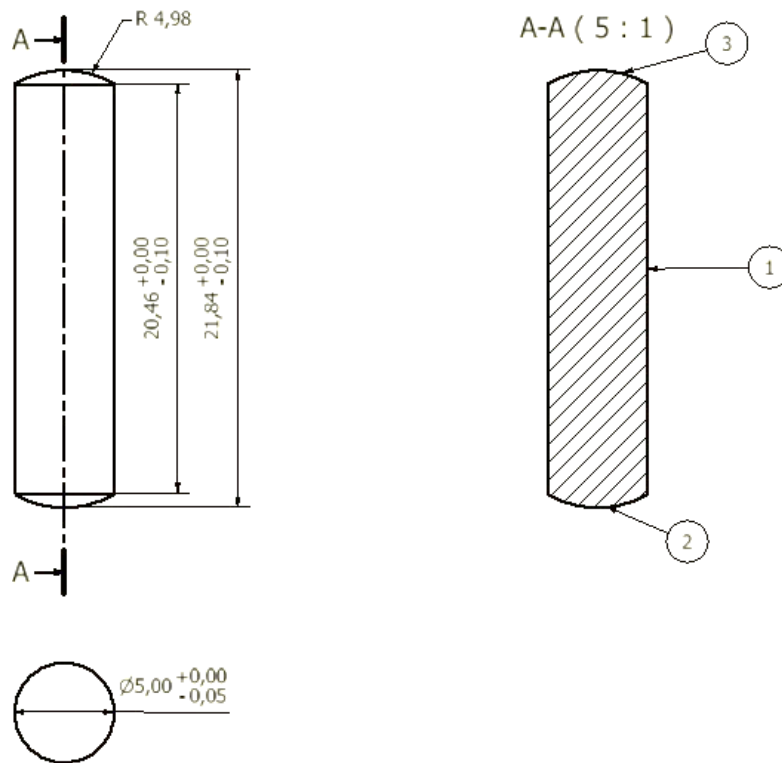
Fonte: autora.

APÊNDICE I – ROTEIRO DE FABRICAÇÃO DA BASE DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

					
Roteiro de Fabricação					
Nome do elemento: Disco para suporte de lixadeira					
Montagem: Conexão Parafusada					
Roteiro nº1	Data 13/11/2018			Pg 1/1	
Planta:	Ref. no Ass.: A-2				
Unidade: 1	Material: Aço inoxidável				
Dim. Bruto: Ø114x4m					
Fase	Designação	Operações	Máquina		
1	Torneamento Face 1		Centro de usinagem CNC		
1.1	Faceamento 1		Centro de usinagem CNC		
2	Bolseamento Faces 4 e 5		Centro de usinagem CNC		
3	Bolseamento Faces 10 e 11		Centro de usinagem CNC		
4	Torneamento Faces 8 e 9		Centro de usinagem CNC		
4.1	Furação 3 e 4		Centro de usinagem CNC		
4.2	Chanframento 1 e 2		Centro de usinagem CNC		
5	Cilindramento Face 3		Centro de usinagem CNC		
6	Torneamento Face 2		Centro de usinagem CNC		

APÊNDICE J – ESTUDO DAS SUPERFÍCIES ELEMENTARES DO PINO DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

Ficha de Análise das Superfícies Elementares	Montagem: Prensagem manual	Ref:	- 1 / 2
	Peça: Pino	Ref:	
Análise nº 1	Material: Aço Inoxidável	Dim: Ø5x22mm	UFPE_CTG DEMEC
	Unidades: 2		



Ref.	Qualidade intrínseca			Operações elementares			Possibilidade e de fixação
	Ra	Forma	Qualidade	Desbaste	Semi-acabamento	Acabamento	
1	/	Cilíndrica	5,00+0,016 +0,004			X	4
2	/	Filetes	/			X	0
3	/	Filetes	/			X	0




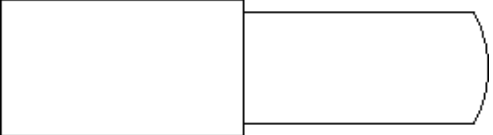
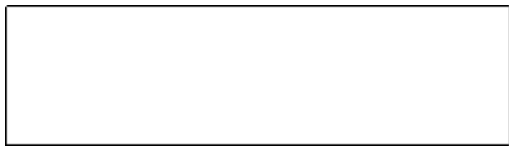
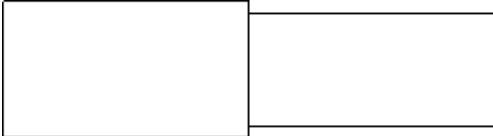
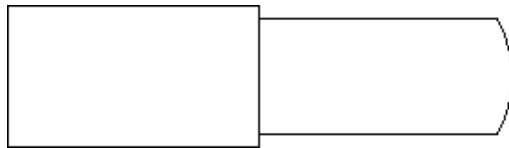

Fonte: autora.

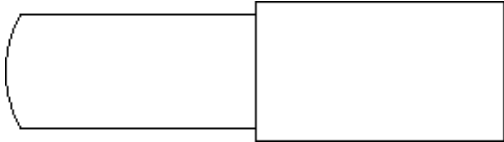
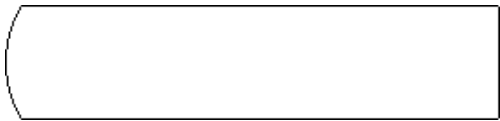


APÊNDICE K – ESTUDO DA ANTERIORIDADE DA SEQUÊNCIA OPERACIONAL DO PINO DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

Estudo de anterioridade da sequência operacional	Montagem: Prensagem manual		Ref:		- 1 / 1		
	Peça: Pino		Ref:				
Análise nº 1	Material: Aço Inoxidável		Dim: Ø5x22mm		UFPE_CTG DEMEC		
	Unidades: 2						
Ref. Superfície	Agrupar	Operação associada	Anterioridade	Posicionamento geométrico	Máquina	Grupo Fixação	Ordem Op.
1	/	Cilindramento 1	/	/	Torno	2	1
2	/	Arredondamento 1	1	/	Torno	2	2
3	/	Arredondamento 2	1	/	Torno	2	3

Fonte: autora.

APÊNDICE L – ROTEIRO DE FABRICAÇÃO DO PINO DO SUPORTE DE AMOSTRAS EMBUTIDAS EM LIXADEIRA AUTOMÁTICA

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO		 CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS ENGENHARIA MECÂNICA		
Roteiro de Fabricação				
Nome do elemento: Pino para suporte de lixadeira				
Montagem: Prensagem manual				
Roteiro nº 1	Data: 13/11/2018	Pg 1/2		
Planta:	Ref. no Ass.: A-1			
Unidade: 2	Material: Aço inoxidável			
Dim. Bruto: Ø5x22mm				
Fase	Designação	Operações	Máquina	
1	Torneamento Face 1		Torno Convencional	
1.1	Faceamento 1		Torno Convencional	
1.2	Cilindramento 1		Torno Convencional	
1.3	Arredondamento 1		Torno Convencional	
2	Torneamento Face 2		Torno Convencional	

Roteiro de Fabricação		Montagem: Prensagem Manual	Ref: A	- 2 / 2
		Peça: Pino para suporte de lixadeira	Ref: A-1	
n°1		Material: Aço Inoxidável	Dim: Ø5x22mm	UFPE_CTG DEMEC
		Unidades: 2		
Fase	Designação	Operações		Máquina
2.1	Faceamento 2			Torno Convencional
2.2	Cilindramento 2			Torno Convencional
2.3	Arredondamento 2			Torno Convencional
3	Torneamento Face 2			Torno Convencional

Fonte: autora.

APÊNDICE M - PLANILHA DE CUSTOS DE OPERAÇÃO NO MAQUINÁRIO DA OFICINA MECÂNICA DO INTM

Tabela 4. Levantamento de custo de operação por hora para cada maquinário.

Levantamento do custo de operação				
Custo - Máquina				
Máquina	Preço	Dias de trabalho	Horas (h)	□\$/□□□□□□□□ □□
Centro de torneamento CNC	R\$275.000,00	1200	9600	R\$28,65
Centro de Usinagem CNC	R\$240.000,00	1200	9600	R\$25,00
Fresadora	R\$60.000,00	1200	9600	R\$6,25
Torno Convencional	R\$55.000,00	1200	9600	R\$5,73
Serra 1 - 3700M	R\$54.000,00	1200	9600	R\$5,63
Serra 2 - FMG 18S	R\$19.000,00	1200	9600	R\$1,98
Retífica	R\$75.000,00	1200	9600	R\$7,81
Cabine de jateamento	R\$40.000,00	1200	9600	R\$4,17
Guilhotina	R\$78.000,00	1200	9600	R\$8,13

Fonte: autora.

Tabela 5. Levantamento de custo ferramenta para o CNC DMG Mori Ecoturn 310.

Levantamento do custo de operação					
Custo - Ferramenta (Centro de Torneamento CNC)					
Operação	Ferramenta	Preço	Z	T (min)	□\$/□□□□□□□□ □□
Torneamento cilíndrico externo + Faceamento + Torneamento de contorno externo - Desbaste	Inserto CNMG 12 04 08-XM GC30	R\$70,00	4	15	R\$70,00
	Inserto CCMT 09T308-XM GC30	R\$70,00	4	15	R\$70,00
Torneamento cilíndrico externo + Faceamento + Torneamento de contorno externo - Acabamento	Inserto DNMG 15 06 04-PF 4325	R\$70,00	4	15	R\$70,00
	Inserto DCMT 11 T3 08-XM GC030	R\$70,00	4	15	R\$70,00
Faceamento + Sangramento	Inserto N123G2-0300-0003-TF 1125	R\$70,00	4	15	R\$70,00
Furação	Inserto 8080-05 03 05H-C-LM 1044	R\$70,00	4	15	R\$70,00
	Inserto 880-05 03 W08H-P-LM 4044	R\$70,00	4	15	R\$70,00
Geração de bolsas, circulares e retangulares.	1 Fresa de topo HSS de 2	R\$99,99	2	15	R\$199,98
	1 Fresa de topo HSS de 4	R\$89,99	2	15	R\$179,98
	1 Fresa de topo HSS de 6	R\$83,90	2	15	R\$167,80
	1 Fresa de topo HSS de 10	R\$119,99	4	15	R\$119,99
	1 Fresa de topo HSS de 12	R\$85,00	4	15	R\$85,00

Fonte: autora.

Tabela 6. Levantamento de custos para fabricação do suporte de amostras embutidas em lixadeira automática.

Levantamento de custo de fabricação - Suporte de lixadeira					
Custo - Matéria Prima					
Material	Fornecedor	Dimensões		Preço	
Aço inoxidável	Metanaço	Ø114x4mm		R\$28,00	
		Ø38x78mm		R\$27,00	
		Ø5x22mm		R\$1,00	
Custo por etapa de fabricação - Encaixe					
Fase	Operação	Máquina	T (min)	R\$/h	□\$□□□□
0.1	Preparação	Torno Convencional	10	R\$3,97	R\$80,24
1.1	Faceamento		1	R\$1,64	
1.2	Cilindramento		4	R\$6,57	
1.3	Chanframento		2	R\$3,28	
0.2	Preparação	Fresadora	10	R\$4,05	
2	Furação		2	R\$1,61	
3	Chanframento		1	R\$1,61	
4	Rosqueamento	Macho Reto	1	R\$0,30	
0.3	Preparação	Centro de Torneamento CNC	10	R\$15,62	
5, 6 e 7	Torneamento de contorno externo		4	R\$11,67	
8	Furação		1	R\$2,92	
Custo por etapa de fabricação - Base					
Fase	Operação	Máquina	Tempo (min)	R\$/h	□\$□□□□
0.1	Preparação	Centro de Usinagem CNC	10	R\$15,01	R\$84,58
1.1	Faceamento		2	R\$5,70	
2,3	Bolseamento		4	R\$18,07	
4.1	Furação		1	R\$1,94	
4.2	Chanframento		2	R\$3,88	
5	Cilindramento		2	R\$10,04	
6	Torneamento		1	R\$1,94	
Custo por etapa de fabricação - Pino					
Fase	Operação	Máquina	Tempo (min)	R\$/h	□\$□□□□
0.1	Preparação	Torno Convencional	10	R\$3,97	R\$26,93
1.1	Faceamento		2	R\$3,28	
1.2	Cilindramento		2	R\$3,28	
1.3	Arredondamento		2	R\$3,28	
2.1	Faceamento		2	R\$3,28	
2.2	Cilindramento		2	R\$3,28	
2.3	Arredondamento		2	R\$3,28	
3	Torneamento		2	R\$3,28	

Fonte: autora.

Tabela 7. Levantamento de custo operacional.

Levantamento do custo de operação					
Custo - Operador					
Operador	Salário	Férias	13° Salário	Total Anual	□\$/□□□□□□□□ □□
Maxime Montoya	R\$9.600,00	R\$9.699,00	R\$9.600,00	R\$124.899,00	R\$65,05
Rubens de Andra- de Santos	R\$2.641,00	R\$3.018,69	R\$2.641,00	R\$34.710,69	R\$18,08

Fonte: autora.

Tabela 8. Levantamento de custos com energia elétrica por hora de operação em cada maquinário.

Levantamento do custo de operação					
Custo - Energia					
Descrição Para setor comercial, industrial, serviços, poder público e outras atividades.	Tarifa	ICMS	PIS	COFINS	□\$/□□□□/□
Consumo Ativo	0,48036000	25%	0,52%	2,40%	0,666426193
Consumo Reativo Excedente	0,23267000	25%	0,52%	2,40%	0,322794118
Consumo Ativo Ponta - Tarifa Branca	0,97037000	25%	0,52%	2,40%	1,346240289
Consumo Intermediário - Tarifa Branca	0,62295000	25%	0,52%	2,40%	0,864248058
Consumo Ativo Fora Ponta - Tarifa Branca	0,39828000	25%	0,52%	2,40%	0,552552719
Dado que a oficina possui seu horário útil dentro dos valores fora de ponta, tem-se pra cada equipamento:					
Máquinas	Consumo kW	□\$/□□□□□□□□			
Torno Convencional	4,7	2,59699778			
Centro de usinagem CNC	13	7,18318535			
Centro de torneamento CNC	15,1	8,34354606			
Fresadora	3,73	2,061021643			

Fonte: autora.

Tabela 9. Levantamento de custos de manutenção para o torno convencional Nardini Mascote MS205.

Custos de Manutenção preventiva - Maquinário do INTM								
Máquina	Procedimento de manutenção	Especificação de material	Tempo (h)	Qtde necessária	Qtde vendida	Unidade []	Custo (R\$)	□\$/□□□□□□□□□□
TORNO CONVENCIONAL	Lubricar pontos de lubrificação a óleo. - Pág. 15 do manual	ALVANIA EP - LFC (Fornecedor SHELL) MULTIFAKEP - 2 (Fornecedor: TEXACO) BEACON EP - 2 (Fornecedor ESSO) MOBILLUX EP - 2 (Fornecedor MOBIL)	8	0,5	20	L	379,90	R\$ 1,1872
	Lubricar pontos de lubrificação à graxa. - Pág. 15 do manual	LITHOLINE EP - 2 (Fornecedor: IPIRANGA) GMA 2 EP (Fornecedor: PETROBRÁS) MP GREASE (Fornecedor: AGIP)	8	0,5	20	kg	283,00	R\$ 0,8844
	Trocar óleo do cabeçote. - Pág. 16 do manual	Óleos recomendados: HYSPIAWS-68 (Fornecedor: Castrol) TELLUST68 (Fornecedor SHELL) RANDO	1920	3,5	20	L	49,06	R\$ 0,0045
	Trocar óleo da caixa de roscas. - Pág. 16 do manual	HD_ (Fornecedor TEXACO) NUTOH (Fornecedor ESSO) DTE-26 (Fornecedor MOBIL)	1920	2,5	20	L	49,06	R\$ 0,0032
	Trocar óleo do avental. - Pág. 16 do manual	IPITUR AW 68 (Fornecedor IPIRANGA) HR 68 EP (Fornecedor PETROBRÁS) OSO 68 (Fornecedor AGIP) ISO 68 (Comprado)	1920	1,5	20	L	49,06	R\$ 0,0019
	Custo de manutenção da máquina / hora							

Fonte: autora.

ANEXO A – ESTUDO DAS SUPERFÍCIES ELEMENTARES DE PEÇAS MECÂNICAS

Ficha de Análise das Superfície Elementares	Montagem:		Ref:		- 1 / 1		
	Peça:		Ref:				
Análise n°	Material:		Dim:		UFPE_CTG DEMEC		
	Unidades:						
Ref.	Qualidade intrínseca			Operações elementares			Possibilidade de de fixação
	Ra	Forma	Qualidade	Desbaste	Semi-acabamento	Acabamento	

