

ANÁLISE DE CUSTOS PARA PROCESSO DE MANUFATURA DE PEÇAS MECÂNICAS ATRAVÉS DA MANUFATURA ASSISTIDA POR COMPUTADOR

João Dehon Rocha Júnior, joaodehonjunior@gmail.com¹

Joseane Azevedo Dantas, joseaneazdantas@gmail.com¹

Adilson José de Oliveira, adilson@ct.ufrn.br¹

Eric Ramalho Ferreira de Carvalho, eng.ericramalho@gmail.com¹

Marcos Vinicyus de Araújo Oliveira, vinicyus_marcos@hotmail.com¹

Gutemberg Ferreira Diniz, gutemberg_ferreira@hotmail.com¹

Erijânio Nonato da Silva, engenheiro.mecanico.erijanio@outlook.com¹

Rafael Leandro Fernandes Melo, rafael.melo@ifce.edu.br²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Avenida Hermes Fonseca - s/n Museu Camara CA, RN, 59084-100, Brazil.

²Instituto Federal do Ceará, Jaguaribe, CE, Brazil.

Resumo: Os sistemas auxiliados por computador (CAx) são amplamente utilizados para projeto rápido e revisão de produtos. Estes sistemas permitem que as empresas se adaptem rapidamente aos requisitos do cliente e respondam com flexibilidade à mudança de produção de peças. Nesse contexto, o presente trabalho aborda um estudo de caso para a produção de duas peças de diferentes geometrias e diferentes lotes com o auxílio do recurso CAM. Este recurso possibilitou a avaliação da estratégia de usinagem e sua otimização através da simulação. O objetivo geral do trabalho foi determinar o custo de produção dos dois lotes, considerando: energia elétrica, aluguel do prédio, depreciação das máquinas e o material para escritório em 10 anos, seguro do prédio para eventuais sinistros, custos com insumos (ferramentas de corte), salário dos colaboradores, encargos tributários e um item denominado de utilidades. O maquinário utilizado foi um centro de usinagem CNC ROMI D600 e uma serradora Franho FM500. A estratégia de usinagem foi otimizada com o auxílio do software PTC CREO PARAMETRIC, nele foi possível visualizar as operações de usinagem e obter seus tempos. O estudo possibilitou determinar e quantificar os custos envolvidos na manufatura para então obter um valor final do produto de R\$ 82,66 reais para a peça 01 e R\$ 52,96 reais para a peça 02. Os dados obtidos ratificam a relevância do uso das tecnologias CAx, uma vez que estas permitem a análise de custos sem a necessidade de fabricação da peça.

Palavras-chave: CAD/CAM, Usinagem, Manufatura, Custos.

1. INTRODUÇÃO

A globalização traz desafios para as indústrias de fabricação, principalmente em virtude da variação de produto, a existência de concorrência, a personalização e diversificação dos produtos. Junto a esses desafios existem outros pontos relevantes a serem considerados, como o design do produto e a preocupação ambiental, na qual um produto após o processo de fabricação deve possuir um bom desempenho e custo considerável, caso contrário não terá aceitação no mercado e implicará na extinção da empresa fabricante (Hoque et. al., 2013).

A manufatura tradicionalmente tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento econômico dos países em desenvolvimento (HARAGUCHI, 2017). Diante do exposto, a área de tecnologia de fabricação evolui constantemente, uma vez que atualmente não apenas os requisitos de precisão e qualidade dos componentes são considerados, mas também a taxa de fabricação desses produtos (DODOK et.al., 2017). Dessa maneira, é essencial a aplicação de técnicas inovadoras em várias fases do produto para garantir um desenvolvimento comercial sustentável (Hoque et. al., 2013).

Nesse contexto, a simulação de manufatura desempenha um papel crucial para o desenvolvimento de projetos mais eficientes e com custos reduzidos (MOURTZIS, 2014). Segundo Esmaeilian (2016), o futuro da manufatura será baseado em um modelo que substitui o tradicional just-in-time, o just-in-production que será alcançado com o desenvolvimento da manufatura e de métodos computacionais. Para Kalpakjian (2009), a simulação computacional na manufatura

proporciona duas principais vantagens: a capacidade de verificar a viabilidade do processo e proporcionar sua otimização e a possibilidade de multiplicar os processos e suas interações.

Os sistemas CAx convencionais são comumente usados para projeto rápido e revisão de produtos (Hoque et. al., 2013). Estes sistemas permitem que as empresas se adaptem rapidamente aos requisitos do cliente e respondam com flexibilidade à mudança de produção de peças. As principais vantagens dos sistemas CAM incluem a velocidade de criação do programa NC para peças com formas complexas, bem como a possibilidade de simulação de todo um processo de usinagem bem como o uso de estratégias de usinagem. A principal vantagem dessas estratégias é automatizar e agilizar todo o processo de criação de programa NC (DODOK et.al., 2017).

No contexto do mercado industrial, os fabricantes enfrentam uma intensa competição em termos de preço de produtos, na qual a fim de reduzi-los, estes devem reduzir o seu custo total, que é composto por três tipos de custos associados: custo de produção, custo de entrega e custo de estoque. Para minimizar o custo total, considera-se programar um conjunto de trabalhos em uma única máquina de processamento em lote, capaz de processar vários trabalhos juntos como um lote, desde que o tamanho total no lote não exceda a capacidade da máquina. Cada trabalho tem um tamanho e um tempo de processamento, sendo assim o custo de produção está diretamente proporcional ao tempo total de processamento de todos os trabalhos (CHENG et.al., 2017).

Assim, o presente trabalho fundamentado na integração projeto e manufatura possibilitaram a concepção de duas peças e posteriormente a análise dos processos de manufatura. Este visa apresentar os custos de manufatura de duas peças mecânicas diferentes para dois tamanhos de lotes também distintos, com base nos tempos diretos e indiretos, obtidos, através da utilização de recurso computacional, ferramenta CAM, que possibilitou o uso das estratégias de manufatura e parâmetros de usinagem, fundamentados na literatura e catálogos de fabricante.

2. PROCEDIMENTO COMPUTACIONAL

A metodologia utilizada neste trabalho foi caracterizada por pesquisas bibliográficas, análises de projeto de duas peças distintas, determinação de parâmetros de usinagem, simulações de manufatura com auxílio de recurso CAM e refinamento das etapas de processo de usinagem através das estratégias de manufatura. Visando apresentar a viabilidade das escolhas feitas nas etapas anteriores, foi determinado o tamanho dos lotes para confecção das peças. Sendo escolhido o lote de 40 unidades para a base (Figura 1(A)) e lote de 280 unidades para o dispositivo de fixação de mancais (Figura 1(B)), para posteriormente realizar a análise de custos para produção das peças e comprovar, com resultados satisfatórios, todo o estudo realizado. Para análise criteriosa dos projetos, o presente trabalho foi realizado com auxílio do software PTC CREO PARAMETRIC e Microsoft Excel, para elaboração dos projetos CAD, como forma de refinamento das etapas do processo de manufatura e obtenção dos tempos de processo que influem nas tabelas dos custos para produção das peças.

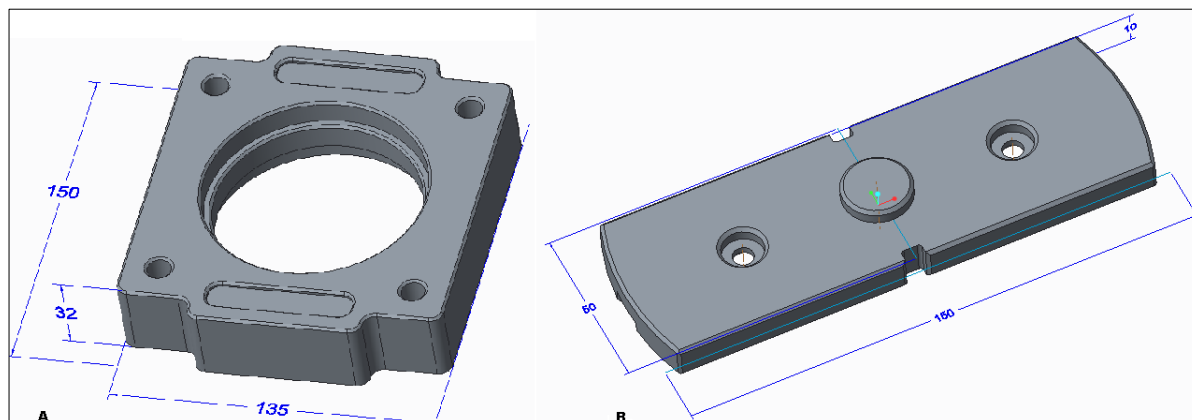


Figura 1. Imagens das peças. (A) Base; (B) Dispositivo de Fixação para Mancais.

A matéria prima para a produção dos dois equipamentos é o AISI 1020 e possui geometria prismática, com sobrematerial de 1 mm na face superior, 2 mm nas faces laterais e 10 mm na face inferior (para facilitar a fixação). Para a determinação dos custos foi considerado que a área necessária para locar a empresa deveria ter 70 m², seriam necessários três funcionários, um centro de usinagem CNC ROMI D600 e uma serradora Franho FM500, além do material para o escritório.

Logo, os custos levam em conta: energia elétrica, aluguel do prédio, depreciação das máquinas ferramenta e o material para escritório em 10 anos, seguro do prédio para eventuais sinistros, custos com insumos (ferramentas de corte) e um item denominado de utilidades que considera custos como a limpeza, produtos de consumo, dentre outros.

A folha de pagamento é referente aos gastos com 3 profissionais para permitir o trabalho em 2 turnos, tendo considerado salário de acordo com a média nacional (CNI, 2017), considerando alguns benefícios como vale alimentação (DATA FOLHA, 2017) e transporte, plano de saúde, chegando a um salário de R\$ 4745, 22 (CALCULADOR, 2017) .

A energia é calculada com base na demanda instalada da planta, sendo o consumo dos equipamentos de 16 KWh e considerando que a empresa trabalha 16 horas/dia, o consumo é de 256 KW/dia. Tendo considerado a tarifa de energia

elétrica de acordo com o preço médio do MWh, de R\$426,2, resultamos no valor de R\$109,10/dia referente ao consumo de energia elétrica (CNI,2017).

A depreciação foi calculada com base em 10 anos para o maquinário e os equipamentos de escritório, considerando o valor de R\$460.000 de investimento na aquisição dos equipamentos. O seguro é fundamental para minimizar os riscos financeiros, para este foi estabelecido R\$1200,00 por ano. O aluguel foi cotado com base no valor/m² para áreas industriais na região de Natal/RN, chegando ao valor de R\$10,00/m² (VIVA REAL, 2017). Os insumos são os gastos com a aquisição de ferramentas novas e a afiação de ferramentas que permitam tal operação. As utilidades são gastos necessários para limpeza, copa, dentre outros gastos gerais, consideramos o valor de R\$2000,00 reais para essa finalidade.

O valor da matéria-prima cotado para a produção das peças foi de R\$ 2,50/Kg (GERDAU,2017). Porém, este valor não entrou nos cálculos do custo, uma vez que o objetivo desse estudo foi contabilizar os custos da manufatura.

Para a determinação do custo final, foram incrementados o lucro e os encargos tributários conforme a tabela do simples nacional (tabela que quantifica os encargos tributários para diversos tipos de empresas), PIS/COFINS de 3,60%, ICMS 18% e IPI DE 15%.

O presente trabalho utilizou a metodologia adaptada de Banks (2000) para a manufatura, com a utilização de 6 passos: 1º formulação do problema, definição do produto; 2º definição dos objetivos e planejamento do projeto; 3º construção do modelo no CAD; 4º coleta de dados e programação no CAM; 5º verificação da estratégia de usinagem; 6º processamento do programa e conversão para a linguagem G.

A determinação dos parâmetros de corte foi feita com o intuito de proporcionar a máxima produção com o mínimo de desgaste das ferramentas, pois, estes, impactam diretamente na produção e nos custos de produção, por exemplo, quando a velocidade de corte é aumentada e a profundidade de corte em conjunto com a taxa de avanço permanecem constantes, as forças de corte são diminuídas (MEBRAHITON, 2017). Mas, esse aumento de velocidade de corte ocasiona um aumento na temperatura no processo (CUI, 2017) e uma diminuição da vida da ferramenta de corte (GARD, 2016). Com base nisso, para a obtenção do máximo desempenho com o mínimo de desgaste da ferramenta, todas as velocidades de corte utilizadas foram valores médios entre a velocidade máxima e velocidade mínima admissíveis obtidas nos catálogos dos fabricantes.

Em uma planta de manufatura, quando existe a troca de produção de um item A por um outro item B é necessário um tempo para realizar a adequação dos equipamentos, este tempo é denominado de setup (SCHALLER, 2000). Shingo (1996) define que para a produção de pequenos lotes, o tempo de setup deve ser o mínimo possível para não inviabilizar a sua produção. Para o estudo de caso o tempo de setup considerado foi de 20 minutos.

Para a manufatura da base (Peça 01) a matéria prima é fixada por uma morsa e então usinada, este primeiro lado é denominado de lado 01, quando a usinagem desse lado é concluída, a matéria prima é então rotacionada a um ângulo de 180° e o outro lado é então usinado, lado 02. Já para a manufatura do Dispositivo de fixação dos mancais (Peça 02) é necessário girar a matéria prima por quatro vezes, deste modo é possível identificar 4 lados. Com base em experimentos executados no Laboratório de Manufatura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, foi determinado um tempo de 0,25 minutos para cada mudança de lado de usinagem.

As ferramentas e os parâmetros de usinagem utilizados são mostrados na Tab. 1. Esses valores foram obtidos a partir do catálogo da empresa SANDVIK Coromant.

Tabela 1. Ferramentas e parâmetros utilizados.

Ferramenta	Posição da ferramenta	Material	Vida útil (min)	Custo		Velocidade de corte (m/min)
				Reafiação	Troca	
Inserto de metal duro	T14	Metal duro	32	-	R\$ 30,00	330
Fresa de topo - Aço rápido de 6 mm	T06	Aço rápido	36	R\$ 3,15	R\$ 21,00	135
Broca - Aço rápido de 10 mm	T21	Aço rápido	32	R\$ 1,50	R\$ 10,00	110
Fresa para Chanfro - Aço rápido de 8 mm	T11	Aço rápido	34	R\$ 21,60	R\$ 144,00	87
Broca - Aço rápido de 6 mm	T13	Aço rápido	30	R\$ 1,20	R\$ 8,00	100
Broca - Aço rápido de 12 mm	T15	Aço rápido	30	R\$ 1,80	R\$ 12,00	100

As ferramentas inteiriças podem ser reafiadas por até dez vezes e o custo de processo é em torno de 15% do valor da ferramenta, após o limite de reafiação ser atingido é necessário a troca por uma nova ferramenta. Já para o inserto de metal duro, quando desgastado, é girar o inserto para que uma nova ponta seja utilizada, quando todas as pontas já estiverem desgastadas, será necessária à troca por uma nova.

Seguindo a metodologia adaptada de Banks (2000), o 4º e 5º passos são os de otimização do sistema, estes foram repetidos inúmeras vezes até se obter uma estratégia de manufatura que proporcionasse o menor tempo de usinagem possível.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tempos das operações para a manufatura das peças são apresentados nas Tabelas 2 e 3. É importante observar que estes dados são para a produção da unidade da peça e não do lote. A Tabela 2 trata da manufatura da base (Peça 1-A). Foram necessárias 12 operações de usinagem no Lado 1 e 5 operações no Lado 2, o tempo total de manufatura foi de 24,87 minuto.

Tabela 2. Operações de manufatura e seus respectivos tempos.

Produto	Matéria-prima	Sistema de fixação
PEÇA 1 - LADO 1	ABNT 1020	Morsa
operação elementar	Posição da ferramenta	Tempo parcial (min)
Faceamento	T14	0,97
Contorno (desbaste)	T14	2,27
contorno (acabamento 01)	T06	0,86
contorno (acabamento 02)	T06	1,35
contorno (acabamento 03)	T06	1,76
contorno (acabamento 04)	T06	1,56
Fresamento de volume 01 (furo central)	T14	0,58
Fresamento de volume 02 (furo central)	T14	0,5
Fresamento de volume 03 (rasgo 1)	T06	1,86
Fresamento de volume 04 (rasgo 2)	T06	1,18
Furação	T21	0,8
Chanfro	T11	2,08
PEÇA 1 - LADO 2		
Faceamento	T14	2,86
Fresamento de volume (furo central)	T14	0,78
Fresamento de volume 02 (rasgo 1)	T06	1,92
Fresamento de volume 03 (rasgo 2)	T06	1,23
Chanfro	T11	2,31

A Tabela 3 apresenta a manufatura do Dispositivo de fixação dos mancais (Peça 1-B). Foram necessárias 6 operações de usinagem no Lado 1, 5 operações no Lado 2, 2 operações no lado 3 e duas operações no lado 4. O tempo total de manufatura foi de 15,8 minutos.

Tabela 3. Operações de manufatura e seus respectivos tempos.

Produto	Matéria-prima	Sistema de fixação
PEÇA 2 - LADO 1	ABNT 1020	Morsa
operação elementar	Posição da ferramenta	Tempo parcial (min)
Faceamento	T14	1,08
Contorno	T14	1,47
Desbaste	T14	1,04
Furo 1	T13	0,66
Furo 2	T15	0,82
Chanfro	T11	1,02
PEÇA 2 - LADO 2		
Desbaste 1	T14	1,14
Desbaste 2	T14	1,09
Rasgo 1	T06	1,63
Rasgo 2	T06	1,63
Chanfro	T11	0,56
PEÇA 2 - LADO 3		
Rasgo	T06	1,16
Chanfro	T11	0,78
PEÇA 2 - LADO 4		
Rasgo	T06	1,16
Chanfro	T11	0,56

As Tabelas 2 e 3 tratam dos tempos das operações da manufatura de uma unidade, os tempos necessários para virar a peça não foram contabilizados, também, para a produção de um lote outros tempos devem ser acrescentados, são esses: quantidade de troca de ferramentas e tempo de setup. A Tabela 4 mostra esses tempos adicionais para a produção do lote.

Tabela 4. Tempos adicionais à produção dos lotes.

Operação	Tempo (min)
Virar - PEÇA 1	4
Troca de ferramenta - PEÇA 1	58
Setup - PEÇA 1	30
Virar - PEÇA 2	84
Troca de ferramenta - PEÇA 2	306
Setup - PEÇA 2	90

As quantidades de troca de ferramentas são apresentadas nas Tabelas 5 e 6 para as peças 01 e 02 respectivamente.

Tabela 5. Tempos para a troca de ferramenta para a peça 01.

Ferramenta	Quantidade de trocas de ferramenta por lote	Tempo por troca de ferramenta individual (min)	Tempo por troca de ferramenta por lote (min)
T14	10	2	20
T06	13	2	26
T21	1	2	2
T11	5	2	10
Tempo total para a troca de ferramentas no lote (min) - peça 1			58

A Tabela 5 apresenta as quantidades e os tempos necessários para a troca. Para a peça, esses tempos somados resultam no valor de 58 minutos. A Tabela 6 apresenta essas informações para a produção da peça 02.

Tabela 6. Tempos para a troca de ferramenta para a peça 02.

Ferramenta	Quantidade de trocas de ferramenta por lote	Tempo por troca de ferramenta individual (min)	Tempo por troca de ferramenta por lote (min)
T06	56	2	112
T11	28	2	56
T13	6	2	12
T14	56	2	112
T15	7	2	14
Tempo total para a troca de ferramentas no lote (min) peça 2			306

É possível observar que a peça 02 demanda um tempo quase seis vezes maior para a troca de ferramenta se comparada com a peça 01.

Somando todos os tempos para a produção dos dois lotes foi obtido um tempo total de 101 horas. Esse valor é de extrema importância, uma vez que todo o cálculo de custo por hora é baseado na produção da planta de manufatura.

Todos os custos, com exceção dos fiscais, são apresentados na Tabela 7. Todos os valores são apresentados por mês, dia e por hora.

Tabela 7. Despesas por hora de funcionamento da empresa.

Detalhamento de despesas	Total por mês	Total por dia (22 dias)	Total por hora (16 h)
Folha de pagamento	R\$ 14.235,66	R\$ 647,08	R\$ 40,44
Energia	R\$ 2.400,00	R\$ 109,09	R\$ 6,82
Aluguel	R\$ 700,00	R\$ 31,82	R\$ 1,99
Depreciação	R\$ 3.833,00	R\$ 174,23	R\$ 10,89
Seguro	R\$ 100,00	R\$ 4,55	R\$ 0,28
Insumos	R\$ 18.150,45	R\$ 825,02	R\$ 51,56
Utilidades	R\$ 2.000,00	R\$ 90,91	R\$ 5,68
Despesas totais	R\$ 41.419,11	R\$ 1.882,69	R\$ 117,67

Somando todos os gastos, é possível chegar a um valor de R\$ 117,67 por hora de custo para a produção das peças.

Para a obtenção do valor final da peça é necessário adicionar o lucro e os tributos fiscais, a Tabela 8 apresenta esses valores em percentual.

Tabela 8. Despesas por hora de funcionamento da empresa.

Custo do processo por hora	
Despesas por hora	R\$ 117,67
Lucro por hora (25%)	R\$ 29,42
PIS/COFINS (3,6%)	R\$ 5,30
ICMS (18%)	R\$ 6,25
IPI (15%)	R\$ 22,06
TOTAL	R\$ 180,69

Em síntese, o custo para produzir as peças (por hora) é de R\$ 180,69. Como são necessárias 101 horas para a produção dos dois lotes, o valor total para a produção dos dois lotes é de R\$ 18.249,69. Somando os tempos necessários para as operações, troca de ferramenta, setup e tempo para virar e trocar a peça é possível obter um tempo total de 18,3 horas para a produção do lote da peça 01 e 82,07 horas para a produção do lote da peça 02. Deste modo, o custo para a produção do lote 01 é de R\$ 3.306,63 e a unidade da peça custa R\$ 82,66, já para a peça 02, o custo lote é R\$ 14.829,23 e a unidade da peça custa R\$ 52,96.

4. CONCLUSÃO

O estudo intenso da elaboração deste trabalho, com suporte na realização de levantamentos bibliográficos para sua consumação, teve como objetivo realizar a quantificação dos custos de produção de 2 peças diferentes em 2 lotes também diferentes baseadas na simulação de manufatura utilizando de parâmetros de usinagem dispostos na literatura e estratégias de manufatura.

Os dados apresentados apontam as operações críticas e que agregam custos ao processo de produção das peças. Sendo para a peça 1, a operação mais crítica foi a de faceamento (2,86 minutos), e a para a peça 2, a operação de execução do rasgo 1 e rasgo 2 (ambos com 1,63 minutos). Estas necessitaram de uma atenção maior e aplicação de estratégias de manufatura para que fossem reduzidos ao máximo o tempo de operação, mas com garantia de qualidade do produto final.

Através de uma pesquisa de campo foi possível determinar e quantificar os custos envolvidos na manufatura para então obter um valor final do produto de R\$ 82,66 para a peça 01, com o lote de 40 unidades e R\$ 52,96 para a peça 02 com lote de 280 unidades. Os dados obtidos ratificam a relevância do uso das tecnologias CAX, uma vez que estas permitem a análise de custos sem a necessidade de fabricação da peça.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) da UFRN, pela CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Os autores agradecem também ao professor Dr. Adilson José por todas as contribuições na elaboração do presente artigo e ao Laboratório de Manufatura (LabMan) da referida instituição.

6. REFERÊNCIAS

- BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L. Discrete event system simulation. 3 rd Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.
- CALCULADOR. Cálculo de custo. 2017. Disponível em: <<http://www.calculador.com.br/calculo/custo-funcionario-empresa>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- CATÁLOGO DE FERRAMENTAS ROTATIVAS, 2017: Produzido por SANDVIK COROMANT. . Disponível em: <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/POR/ROT_K.pdf#4,{%22name%22:%22Fit%22>. Acesso em 17 nov. 2017.
- CHENG, B.Y. et. al. Integrated scheduling on a batch machine to minimize production, inventory and distribution costs. European Journal of Operational Research, v. 258, p 104-112, 2017.
- CNI, Portal da Indústria. Perfil dos Estados, portal da Indústria, 2017. Disponível em: <<http://perfilestados.portaldaindustria.com.br/>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- CUI, Di. et.al. An investigation of tool temperature in end milling considering the flank wear effect. International Journal of Mechanics Sciences, v.132, p. 613-624,2017.
- DATA FOLHA. Valor de Refeição Nordeste, 2017. Disponível em: <<http://datafolha.folha.uol.com.br/>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- DODOK, T. et.al. Utilization of strategies to generate and optimize machining sequences in CAD/CAM. Procedia Engineering, v. 192, p 113-118, 2017
- DUARTE, R.N. Simulação computacional: análise de uma célula de manufatura em lotes do setor de auto-peças. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá/MG, 2003.
- ESMAEILIAN, B. et.al. The evolution and future of manufacturing: A review. Journal of Manufacturing Systems, v.39, p. 79-100, 2016.
- GARG,A. et. al. Power consumption and tool life models for the production process. Journal of Cleaner Production, v. 131, p. 754-764, 2016.
- GERDAU. Aço AISI 1020, 2017. Disponível em:<<https://www.gerdau.com.br/pt>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- HARAGUCHI,N. The importance of manufacturing in economic development: Has this changed? World Development, v. 93, p. 293-315, 2017.
- HOQUE, A.S.M. et. al. Integrated manufacturing features and Design-for-manufacture guidelines for reducing product cost under CAD/CAM environment. Computers & Industrial Engineering, v. 66. P-988-1003, 2013.
- MEBRAHITOM,A. et. al. Side milling machining simulation using finite element analysis: prediction of cutting forces. Material today:proceedings, v. 4, p. 5215-5221, 2017.
- MOURTZIS,D. Simulation in manufacturing: Review and challenges. Procedia, v. 25, p. 213- 229, 2014.
- NEGAHBAN, A. et.al. Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. Journal of Manufacturing Systems, v.33, p. 241-261, 2014.
- SCHALLER, J. et al. Scheduling a flow line manufacturing cell with sequence dependent family setup times. European Journal of Operational Research, 125, pp. 324-339, 2000.
- SHINGO, S. O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção. Trad. Eduardo Schaan. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- VIVA REAL. Aluguel de Imóvel, 2017. Disponível em: <<https://www.vivareal.com.br/>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho”.

COST ANALYSIS FOR MECHANICAL PARTS MANUFACTURING PROCESS THROUGH COMPUTER- ASSISTED MANUFACTURING

João Dehon Rocha Júnior, joaodehonjunior@gmail.com¹

Joseane Azevedo Dantas, joseaneazdantas@gmail.com¹

Adilson José de Oliveira, adilson@ct.ufrn.br¹

Eric Ramalho Ferreira de Carvalho, eng.ericramalho@gmail.com¹

Marcos Vinicyus de Araújo Oliveira, vinicyus_marcos@hotmail.com¹

Gutemberg Ferreira Diniz, gutemberg_ferreira@hotmail.com¹

Erijânio Nonato da Silva, engenheiro.mecanico.erijanio@outlook.com¹

Rafael Leandro Fernandes Melo, rafael.melo@ifce.edu.br²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Avenida Hermes Fonseca - s/n Museu Camara CA, RN, 59084-100, Brazil.

²Instituto Federal do Ceará, Jaguaribe, CE, Brazil.

Resumo: Computer-aided systems (CAx) are widely used for rapid design and product review. These systems allow companies to quickly adapt to customer requirements and respond flexibly to changing parts production. In this context, the present work deals with a case study for the production of two pieces of different geometries and different lots with the CAM. This resource made possible the evaluation of the machining strategy and its optimization through the simulation. The general objective of the work was to determine the cost of production of the two lots, considering: electric energy, building lease, machine depreciation and office supplies in 10 years, building insurance for eventual claims, input costs (cutting tools), employee salary, tax charges and an item called utilities. The machinery used was a machining center CNC ROMI D600 and a sawmill Franho FM500. The machining strategy was optimized with the help of software PTC CREO PARAMETRIC, it was possible to visualize the machining operations and obtain their times. The study made it possible to determine and quantify the costs involved in manufacturing to obtain a final value of the product of R\$ 82,66 reais for part 01 and R\$ 52,96 reais for part 02. The data obtained confirm the relevance of the use of CAx, since these allow the analysis of costs without the need to manufacture the part.

Palavras-chave: CAD/CAM, Machining, Manufacturing, Costs.