



**PROJETO DO PRODUTO: UM ESTUDO DE CASO NA PRODUÇÃO DE
ARRUELAS POR MÉTODOS ARTESANAIS E TECNOLÓGICOS**

**PRODUCT DESIGN: A CASE STUDY IN WASTE PRODUCTION BY ARTISAN
AND TECHNOLOGICAL METHODS**

Edimara Sanches de Oliveira¹

Letícia Gabriela Rocini Vilas Boas²

Magno Diego Faria³

Marina de Souza Caetano⁴

Osvair Junior Roz Luz⁵

Priscilla Aparecida Vieira de Moraes⁶

Sergio Ricardo Mazini⁷

Márcia Maria Teresa Baptistella⁸

Ederson Leandro Barbosa Rigon⁹

RESUMO: O trabalho trata-se de um estudo de caso desenvolvido em um centro universitário na região noroeste de São Paulo, através da realização de um projeto integrador com a turma do 8º semestre de engenharia de produção. Onde é relatado o projeto do produto na produção de arruelas, a fim de entender as características da matéria prima, incluindo ficha técnica e evolução tecnológica do torno mecânico. Tendo em vista a presença da indústria 4.0, realçando o custo benefício e as vantagens na utilização do aço 1020. Nesse estudo o processo de produção foi desenvolvido de forma artesanal dentro da universidade com o torno universal, e de forma automática no Senai com o torno CNC, no qual tem parceria com o projeto.

^{1, 2, 3, 4, 5} Graduando em Engenharia de Produção, Centro Universitário Toledo Araçatuba, 2017.

⁶ Mestre em Engenharia de Produção, UNINOVE, 2013.

⁷ Mestre em Engenharia de Produção, UNESP, 2011.

⁸ Mestre em Engenharia de Produção, UNIP, 2001.

⁹ Especialista Gerência Contábil, Financeira e Auditoria, Missão Salesiana Mato Grosso, 2012.

Palavras-Chave: projeto integrador, fabricação de arruelas, torno CNC.

ABSTRACT: The work is a case study developed in a university center in the northwest of São Paulo, through the realization of an integrative project with the group of the 8th semester of production engineering. Where the product design is reported in the production of washers, in order to understand the characteristics of the raw material, including technical sheet and technological evolution of the lathe. In view of the presence of industry 4.0, highlighting the cost benefit and advantages of using 1020 steel. In this study the production process was developed artisanly within the university with the universal lathe, and automatically in Senai with the CNC lathe, in which it has partnership with the project.

Key-words: project, washers, lathe.

1 Introdução

Desenvolver produtos tem se tornado cada vez mais um dos processos-chave para a competitividade mercadológica, em virtude dos movimentos de aumento da concorrência, das rápidas mudanças tecnológicas, da diminuição do ciclo de vida dos produtos e da exigência cada vez maior dos consumidores (FERREIRA LEONARDO, 2016).

Com o crescimento da indústria metalúrgica, o uso dos metais tornou-se imprescindível para o homem em seu cotidiano.

O presente trabalho tem o objetivo de mostrar o projeto do produto na produção de arruelas, entendendo as características da matéria prima, incluindo ficha técnica e evolução tecnológica do torno mecânico. Tendo em vista a presença da indústria 4.0, realçando o custo benefício e as vantagens na utilização do aço 1020.

A matéria-prima utilizada é o aço 1020, um dos aços carbono mais utilizados como aço para tratamento termo químico, cementação. Ele possui uma excelente relação custo benefício, comparando-se com os aços mais ligados, uma surpreendente plasticidade e soldabilidade.

Os tipos de arruelas mais utilizados são: lisas, de pressão, dentada e serrilhada. Esse estudo terá foco na arruela lisa de C-1020, de acordo com a metalúrgica Jr arruelas, demonstra que a arruela é capaz de suportar todas as exigências no cenário das aplicações industriais, comerciais e domésticas. Ela proporciona a melhor relação de distribuição de carga entre o parafuso e a porca, inclusive em superfícies irregulares. Desta forma, a arruela de aço carbono

se constitui na opção perfeita para a fixação de materiais que precisam se manter sempre ajustados.

O projeto conta com dois tipos de processos de produção, o primeiro é o processo artesanal do torno mecânico desenvolvido dentro da universidade, o segundo é desenvolvido no SENAI como torno de alta tecnologia, simulando de como seria na indústria 4.0.

Segundo as informações do site Exame Abril, a Indústria 4.0 traz sistemas inovadores para a fabricação do aço, no qual expõe os monitoramentos e diagnósticos online, que ajudam a antecipar falhas nos equipamentos, o que aumenta a produtividade e redução de custos da fabricação do aço.

2 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica conta com a abordagem dos materiais no qual a arruela será produzida, sendo suas especificações técnicas, os tipos de ensaio, evolução tecnológica do torno, indústria 4.0 e conceitos do torno CNC.

2.1 Materiais

De acordo com Chiaverini (2005), com o crescimento da indústria, houve grande avanço na tecnologia de materiais, com isto acarretou uma maior produção de máquinas e equipamentos, tendo maior demanda do aço.

Para a eficiência de produção com números excepcionais, a indústria metalúrgica necessita de máquinas automatizadas para maior aproveitamento da matéria prima aço 1020.

O aço 1020 atua na usinagem, o seu principal fator metalúrgico é a sua dureza. Por isso são atribuídos altos valores, dificultando a usinagem. As características do aço na usinabilidade, como suas microestruturas sem serem alteradas podem assim ter facilidade no seu manuseio.

O efeito da microestrutura de usinagem no aço 1020, consiste em ter mais carbono, até 20%, sendo mais econômico no seu estado laminado, mas será melhor usinado no seu estado encruado, bruto.

Aplicação do aço 1020 na indústria: É utilizado em engrenagens, eixos, virabrequins, pinos guia, anéis de engrenagem, colunas, catracas, capas, tubos entre outros.

De acordo com o livro Elementos de Máquinas 1 (SHIGLEY, J.E, 1984) a Composição Química: São aços carbonos constituídos basicamente de ferro, carbono, silício e manganês. Outros são resíduos do processo de fabricação

Características do Aço em seus ensaios:

- Dureza na temperabilidade: A dureza, irá depender essencialmente do teor de carbono aplicado no aço determinando sua dureza.

Resistência ao desgaste:

Se trata de que na composição do aço, determina os tipos de carbonetos, sendo o carbono o maior elemento nele.

Temperabilidade: Requisito indispensável, garantindo uniformidade as características mecânicas, aplicadas no endurecimento.

Tenacidade: É a capacidade de deformação do material ou se tratando de rompimento e rupturas aplicadas sob pressão.

2.2 Ensaio

Os ensaios relacionados abaixo são de acordo com o livro Aços e Ferros fundidos (CHIAVERINI VICENTE, 2005)

- INSPEÇÃO

Nesta etapa é feita a inspeção dimensional, onde se é avaliada por meio de gabaritos em desenhos, sendo assim qualquer arruela que esteja fora de conformidade do padrão será rejeitada fora da tolerância dos padrões específicos.

- FORMAÇÃO DE AMOSTRA

Em seguida a formação de amostra são separados em dois lotes onde o mesmo é dividido a partir de 500 a 20.000 arruelas, sendo formados por acaso para inspeção final.

- PLANO DE AMOSTRAGEM

É realizado pela norma NBR 5426 NB-309-1.

Dividido em 4 etapas, para sua aplicação:

- Plano de amostragem
- Inspeção S4
- Regime de inspeção final
- Nível de qualidade de aceitação (NQA) de 1,5% para verificação dimensional e de aspecto, e de 4% para as demais verificação.

Serão extraídas amostras ao acaso de cada lote, nas seguintes quantidades:

- lotes de 500 a 1.200: 20 peças;
- lotes de 1.201 a 10.000: 32 peças;
- lotes de 10.001 a 20.000: 50 peças.

O tamanho das amostras para lotes submetidos a novos tratamentos térmicos será:

- lotes de 500 a 1.200: 32 peças;
- lotes de 1.201 a 10.000: 50 peças;
- lotes de 10.001 a 20.000: 80 peças.

Para fazer a divisão do lote para ensaios das arruelas é feito pesos total das arruelas e dividido pelo mesmo, para aplicar a inspeção de peso.

2.3 Evolução tecnológica do torno mecânico

No processo de produção da arruela a máquina utilizada é o torno mecânico. Ele é uma máquina-ferramenta que trabalha com uma combinação de movimentos: a rotação da peça e movimento de avanço da ferramenta cortante. Operado desde do século XIX, é conhecido como o primogênito das máquinas.

Durante a sua história, o torno mecânico teve uma grande evolução tecnológica, se aprimorando cada vez mais para os processos produtivos.

O primeiro torno que existiu foi o Torno de Vara no século 19. Conhecido por esse nome porque se tratava de uma corda que, amarrava uma de suas pontas em uma vara e a outra enrolava na peça. O trabalho era feito quando a vara subia e puxava a corda fazendo com que a peça girasse, o movimento era feito com os pés.

O segundo, era o Torno de Fuso. Este precisava de suas pessoas para operar, um operador girava e polia, uma correia movimentava um fuso onde a peça era presa. E o outro segurava a ferramenta com as mãos e cortava o material.

Conhecido como o terceiro da evolução, o Torno de Leonardo da Vinci era o que poderia ser operado por uma pessoa e trabalhava com o movimento contínuo, utilizando-se o sistema motriz.

O grande avanço do torno, foi na sua quarta evolução. Henry Maudslay e Joseph Whitworth, inovaram os tornos colocando vários acessórios. Chamados de Tornos Paralelos, eles criaram o porta-ferramentas, que proporcionou o trabalho com materiais mais duros e sem a necessidade de segurar as peças com as mãos, o recambio e o fuso para avanços automáticos. Acoplaram o torno a um motor a vapor e adicionaram uma polia escalonada para fazer troca de rotações. A partir daí os tornos foram tendo variações de aplicações:

Torno de Placa: Trabalha com peças de grande diâmetro.

- Torno Vertical: Trabalha com peças pesadas
- Torno revolver: Semi-automatizado. Aloja várias ferramentas.
- Torno Universal: Grande variedade de aplicações. Muito versátil.

- Torno CNC: trabalha em conjunto com uma unidade de comando, um computador. Interpretando uma linguagem específica, a máquina usina a peça programada.

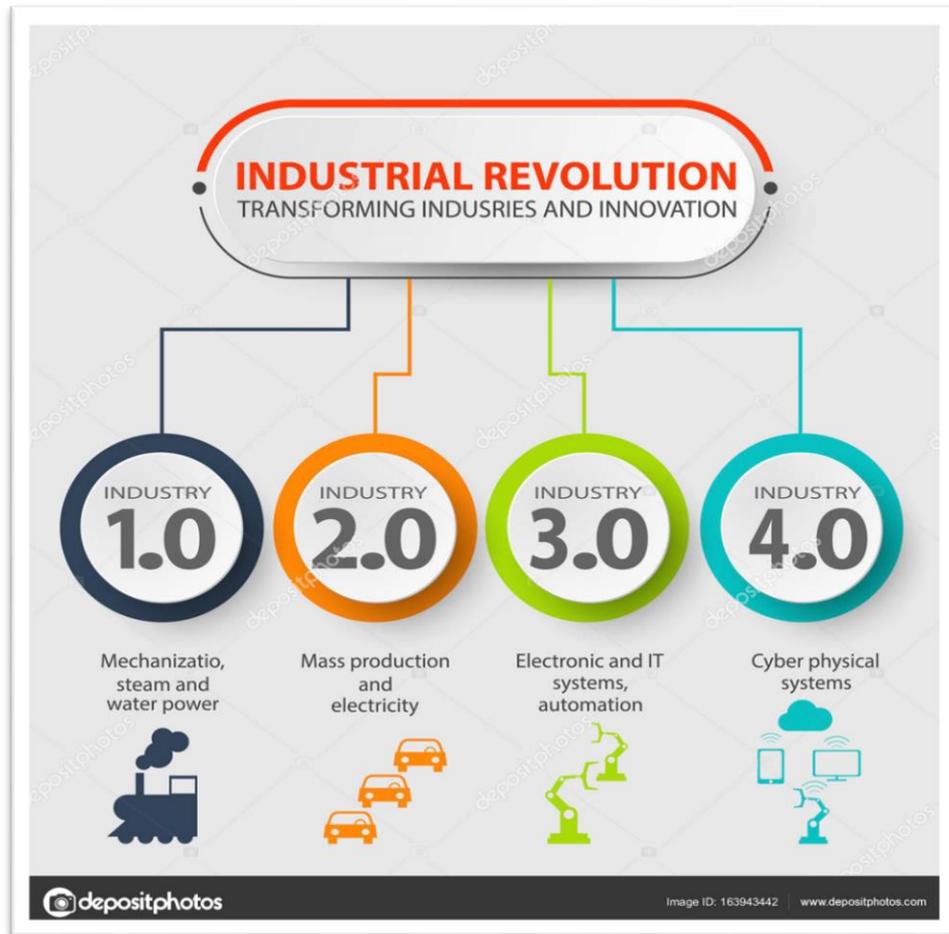
2.4 Indústria 4.0 - Fabricação de arruelas

A revolução industrial que iniciou no período entre 1760 e 1830, foi uma transição de novos processos de manufatura, no qual inclui processos artesanais para a produção manual por máquinas. A revolução industrial impactou em quase todos os aspectos da vida cotidiana da época, a população começou a experimentar um crescimento sustentado, com uma boa renda.

De acordo com Rubin (2013) A Revolução Industrial foi marcada por várias transformações na Europa Ocidental entre os séculos XVIII e XIX. Entre as transformações está a substituição do trabalho artesanal pelo trabalho assalariado, onde se passou a utilizar a máquina. A máquina substituiu várias ferramentas e eliminou algumas funções que antes eram exercidas pelos operários.

A terceira Revolução Industrial caracteriza-se pelo uso de novas fontes de energia, pela invenção de máquinas que aumentam a produção, pela divisão e especialização do trabalho, pelo desenvolvimento do transporte e da comunicação e pela aplicação. Segundo a Revista exame, os avanços da robótica e da engenharia genética são incorporados ao processo produtivo, que depende cada vez menos da mão-de-obra e cada vez mais de alta tecnologia, pautada por um princípio básico: a produção deve combinar novas técnicas com máquinas cada vez mais sofisticadas, a fim de produzir mais com menos.

Figura 1: Infográfico representando as quatro revoluções industrial na fabricação e engenharia.



Fonte: Deposit fotos.

O termo “Indústria 4.0”; “smart factory”; “factory of the future”, são termos que descrevem uma visão do que será uma fábrica do futuro (BAYGIN et al, 2016). Nessa visão as indústrias serão muito mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. O conceito de Indústria 4.0 marca o início da quarta Revolução Industrial, a relação da internet com a digitalização industrial gera inteligência a manufatura e possibilidades para diferentes tipos de indústrias. Armazenamento na nuvem, máquinas interconectadas, sistemas de monitoramento e diagnósticos online.

O termo Indústria 4.0 apresenta diferentes definições, sendo algumas delas apresentadas a seguir:

a) Integração de máquinas e dispositivos físicos complexos com sensores e softwares, usados para prever, controlar e planejar melhores resultados empresariais e sociais (SHAFIQ et al., 2015);

b) Uma revolução baseada na aplicação de tecnologias avançadas no nível de produção, trazendo novos valores e serviços para os clientes e para a própria organização. É capaz também de aumentar a flexibilidade e qualidade dos sistemas produtivos para preencher

a demanda por novos e inovadores modelos de negócios e tornar os serviços mais ágeis (KHAN & TUROWSKI, 2016).

Em conformidade com Schwab, em seu livro *The Fourth Industrial Revolution*, são quatro as principais alterações esperadas na Indústria em geral: (SCHWAB, 2016)

- Alterações na expectativa dos clientes;
- Produtos mais inteligentes e mais produtivos;
- Novas formas de colaboração e parcerias; e
- A transformação do modelo operacional e conversão em modelo digital.

De acordo com a revista *Exame na Indústria de Aço*, já está sendo engajado ações que busca a Indústria 4.0 como no processo de reciclagem do aço, no qual ganhou um impulso extra com o conceito de Indústria 4.0. Os processos de reciclagem começam a se beneficiar com o uso de tecnologias como as de inteligência artificial e sistemas mobile, que devem revolucionar o processo de reciclagem ao redor do mundo. O mapeamento com o uso de drones, por exemplo, reduz o tempo do processo de mensuração, nos pátios de sucata, de três dias para apenas sete minutos. Em sistemas de monitoramento e diagnósticos online ajudam a antecipar falhas nos equipamentos, aumentando produtividade e reduzindo custos do processo na produção de aço.

O conceito de Indústria 4.0 não beneficia somente as indústrias, mas toda a sociedade e meio ambiente, pois contribui com a diminuição de extração de matérias não renováveis. Por meios de aplicativos a Indústria 4.0 pode ajudar a formar um ecossistema que garante um processo de coleta de mais eficiente.

Os Sistemas Ciberfísicos são uma estrutura chave para o funcionamento da Fábrica Inteligente, portanto sem este conceito seria impossível o desenvolvimento da Indústria 4.0.

A Internet das Coisas, ou Internet of Things (IoT), está se tornando a maior tendência de desenvolvimento no setor de tecnologia da comunicação (MIORANDI et al., 2012). O IoT possibilita que dispositivos físicos se conectem em rede para troca de informações/dados entre diferentes níveis de hierarquia. Khan e Turowski (2016) definem brevemente IoT como uma rede de dispositivos conectados.

2.5 Torno CNC

Segundo a apostila de programação CNC (SIMONSEN R,2015) O Torno CNC é a máquina ferramenta de alta tecnologia que se utiliza uma programação por comandos numéricos. Com a finalidade de ter um melhor processo de fabricação, ele valida à peça em:

forma, dimensões, rugosidade, ou na combinação destes, dentro de tolerâncias dimensionais e geométricas especificadas em um projeto.

As principais vantagens de adquirir um Torno CNC são, a flexibilidade, em razão de que rapidamente ele pode ser reprogramado para fazer outro tipo de operação, a economia de mão de obra, pois um único operador consegue administrar um conjunto de máquina, a produção constante, ajustada a máquina, ela produzirá a quantidade planejada, a qualidade das peças, uma vez que estabelecida com os padrões de corte otimizados, elas serão fabricadas dentro das exigências e qualidades das superfícies solicitadas e os custos reduzidos de armazenagem, porque ele tem facilidade e agilidade para reprogramar a produção de um novo lote de produto, assim não deixando produto parado.

Porém, existem algumas desvantagens ao adquirir a máquina-ferramenta CNC. Inicialmente, é um elevado investimento, por ser uma ferramenta tecnológica. É uma máquina cara, que necessita de bons treinamentos aos operários e consequentemente salários superiores a eles e possuem elevados custos de manutenção, pois os elementos mecânicos devem ser mantidos em excelentes condições.

3 Metodologia

A metodologia utilizada no trabalho foi desenvolvida através de um estudo de caso em um Centro Universitário na região noroeste do estado de São Paulo, por meio da realização de um projeto integrador com a turma do 8º semestre de Engenharia de Produção. O projeto está sendo desenvolvido em parceria com o Senai, onde será feita a etapa automatizada do processo no torno CNC.

4 Estudo de caso

O estudo conta com a abordagem dos conceitos da arruela lisa, ficha técnica e os métodos de produção artesanal e tecnológico.

4.1 Arruela Lisa

O projeto conta com a produção de arruelas lisas, que são peças mais comuns e utilizadas, podem ser feitas várias aplicações devido sua versatilidade.

Uma arruela lisa em aço carbono é um produto que geralmente é utilizado para distribuir a carga de fixadores roscados, como parafusos e porcas. Como o tamanho de uma

arruela é maior do que o de um parafuso ou porca, a fixação será feita com mais força, aumentando a segurança e a eficiência dessa fixação. O aço carbono é uma matéria-prima de alta qualidade, que certamente pode resultar em uma arruela com excelente custo-benefício.

Na manufatura da arruela é utilizado um tubo de aço de 100mm e como matéria prima o aço 1020 pelo fato de ser de fácil manuseio e alta qualidade, que certamente pode resultar em uma arruela com excelente custo-benefício, e também maior segurança e fixação.

Figura 2: Arruela lisa



Fonte: Metalúrgica Jr Arruelas

4.2 Ficha Técnica

Ficha técnica é um documento que contém informações e etapas do processo de fabricação de um determinado produto. Nesta deve conter fotos, dados, descrições, recursos, equipamentos, materiais e qualquer outro tipo de informação que seja importante.

Importante ressaltar que a finalidade da ficha técnica é que quem for executar determinada função, mesmo não tendo conhecimento, consiga executá-la através das informações na ficha técnica.

Neste projeto integrador, mostraremos a etapas da fabricação do produto arruela, composta pelo aço 1020. A tabela abaixo demonstra o modelo de uma ficha técnica através do software mini Pcp para produção de arruelas.

Figura 3: Tela do Software mini pc

Roteiros de produção

Roteiros por produto

Roteiros

Código	Descrição	Turnos
3	FABRICACAO ARRUELAS	

Atividades do roteiro

Ordem	Descrição da atividade	Grupo de recursos	Recurso	Setor	Velocidade	Unidade de velocidade	Tempo por ciclo	Unidade de tempo	Qtde. máx. por ciclo	Instruções
1	USINAGEM PEÇA		TORNO MECANICC	USINAGEM			3,05	Minuto		Editar
2	PESAR A PEÇA		BALANCA	PESAGEM			0,5	Segundo		Editar

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4: Tela do Software mini pcp

Cadastro de produtos e insumos [FormProdutos]

Novo Pesquisa Alterar Excluir OK

Imprimir Alterar tipo Duplicar Atualizar Fechar

Tipo: Produto acabado Grupo: Nacionais Código: 01.001 Código EAN: Código alternativo:

Descrição: ARRUELA Descrição adicional: Unidade: Peça

Custo unitário padrão: 1,50 Preço unitário venda: Estoque mínimo: Lote mínimo compra/produção: Validade (meses): Lead time compra/produção: Lead time liberação:

NCM: Origem CST: Peso líquido: Peso bruto: Estoque controlado Item composto

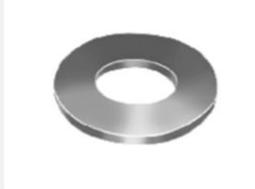
Composição | Árvore | Lotes e estoque | Grades de características | Dados adicionais | Fornecedores | **Imagens** | Custos | Unidades de compra

Imagens do produto

Obter imagem Atualizar

Id	Descrição
1	diâmetro: 2,2mm; interno: 8mm; comprimento: 3mm

Imagem



Estoque de componentes suficiente para produzir 0 peça Custo da composição: 1,50

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5: Tela do Software mini pcp

Cadastro de produtos e insumos [FormProdutos]

Novo Pesquisa Alterar Excluir OK

Imprimir Alterar tipo Duplicar Atualizar Fechar

Tipo: Produto acabado Grupo: Nacionais Código: 01.001 Código EAN: Código alternativo:

Descrição: ARRUELA Descrição adicional: Unidade: Peça

Custo unitário padrão: 1,50 Preço unitário venda: Estoque mínimo: Lote mínimo compra/produção: Validade (meses): Lead time compra/produção: Lead time liberação:

NCM: Origem CST: Peso líquido: Peso bruto: Estoque controlado Item composto

Composição | Árvore | Lotes e estoque | Grades de características | Dados adicionais | Fornecedores | **Imagens** | Custos | Unidades de compra

Item	Tipo	Código	Descrição	Quantidade	Unidade	Custo unit	Custo	Condição
1	Matéria prima	02.001	ACO 1020	3	g	0,50	1,5000	...

Estoque de componentes suficiente para produzir 0 peça Custo da composição: 1,50

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 Produção Artesanal

A produção artesanal é desenvolvida no laboratório da universidade através de um torno mecânico universal, no qual é elaborado de forma manualmente. Primeiramente é feito o encaixe do tarugo, após esse processo é feito o furo com a broca de 8mm e em seguida o corte, acabamento e corte final.

Figura 6: Operador manuseando o torno



Figura 7: Furo



Figura 8: Corte



Figura 9: Acabamento Final



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.4 Produção Tecnológica

A produção tecnológica com o torno CNC é desenvolvida no Senai, no qual exige maior investimento para aquisição, porém oferece uma série de vantagens e custo/benefício superior que o torno universal e o processo de produção é automatizado.

Figura 10: Operador usinando torno CNC



Figura 11: Torno CNC



Figura 12: Tela de verificação do processo



Figura 13: Peças usinadas



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 Considerações finais

O eventual estudo de caso retrata o projeto do produto, onde é estudado desde a matéria-prima, aço 1020, até o produto acabado arruelas. Também estuda as diferenças dos métodos de produção manual e tecnológico e a importância da ficha técnica, utilizando como apoio o software mini PCP padronizando o produto.

Conclui-se que a evolução tecnológica na etapa de usinagem, tratando de indústria 4.0, é onde obtém maiores ganhos como: maior redução de custo, produto acabado com mais qualidade, menos perdas, evitando retrabalhos, ganhando maior produtividade com nível de automatização.

6 Referencias

BAYGIN, M. et al. An Effect Analysis of Industry 4.0 to Higher Education. 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), p. 1-4, 2016.

CHIAVERINI, Vicente. "Aços e Ferros fundidos" - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - ABM, 7º edição, 2005.

FERRARI, ALFREDO. A evolução dos tornos automáticos: do came ao CNC. Notas de Aula. Disciplinas da USP, São Paulo.

FERREIRA, LEONARDO. Gestão da produção: sistemas de produção. Londrina PR 2016. 64p.

ILUSTRAÇÃO ARRUELA LISA. Metalúrgica Jr arruelas, Guarulhos SP. Disponível em: <<http://www.jfarruelas.com/arruela-lisa>>. Acesso em: 11 set. 2017.

INDUSTRIA 4.0. Indústria 4.0 exigirá um novo profissional. Revista exame 20/07/2015. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/industria-4-0-exigira-um-novo-profissional/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

INDUSTRIA 4.0. Indústria 4.0 impulsiona a reciclagem do aço. Revista Exame 23/12/2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/industria-4-0-impulsiona-a-reciclagem-do-aco/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

INDUSTRIA 4.0. Infográfico representando as quatro revoluções industrial na fabricação e engenharia. Deposit fotos. Disponível em: <<https://pt.depositphotos.com/163943442/stock-illustration-industry-4-0-infographic-representing.html>>. Acesso em: 25 set. 2017.

KHAN, A.; TUROWSKI, K. A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0. In: Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry”(IITI'16). Springer International Publishing, p. 15-26, 2016.

Miorandi, D.; Sicari, S.; Pellegrini, F. D. & Chlamtac, L. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. Ad Hoc Networks, pp. 1497–1516

Rubin (2013) - Geografia Ensino & Pesquisa, vol. 17, n. 2, mai./ ago. 2013.

SCHWAB, K. The Fourth Industrial Revolution. 1 st Edition, World Economic Forum. Crown Busines: New York. ISBN: 9781524758869, 2016

SHAFIQ, S. I.; SANIN, C.; SZCZERBICKI, E.; TORO, C. Virtual engineering object/virtual engineering process: a specialized form of cyber physical system for Industrie 4.0. Procedia Computer Science, v. 60, p. 1146-1155, 2015.

SHIGLEY, J.E., Elementos de Máquinas Vol. 1. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1984.

SIMONSEN, R. Programação de Torno CNC Comando Fanuc 0I-TB. Treinamento para docentes. Notas de Aula. Escola SENAI, Brás-São Paulo 2015.

TORNO MECÂNICO: Histórico do Torno Mecânico. 09/2011. Disponível em: <<https://tecmecanico.blogspot.com.br/2011/09/torno.html>>. Acesso em: 30 out. 2017.