

TORNO CNC: evolução, características e importância para a usinagem***CNC LATHE: evolution, characteristics and importance for machining***

Sandro Oliveira da Silva – sandrosos1234@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

Ramilio Ramalho Reis Filho – ramilio.ramalho@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/inf.v19i1.1364

Data de submissão: 08/03/2022

Data do aceite: 29/05/2022

Data da publicação: 30/06/2022

RESUMO

Este artigo consiste em uma revisão bibliográfica, que tem como intuito apresentar o torno CNC (comando numérico computadorizado) sua evolução, características e implicações no setor de usinagem. Ao longo do trabalho será discorrido, sobre a criação do mesmo, rudimentares a princípio onde as operações baseavam-se na habilidade do torneiro. À medida que a humanidade evolui no quesito tecnológico, e pela necessidade de se adequar à nova realidade frente ao mundo globalizado surgiu o torno com comando numérico computadorizado. Importante ferramenta no processo fabril no setor de usinagem, devido à alta precisão com que realiza o torneamento e dimensionamentos de peças complexas com menores incidências de erros, perda de tempo e dinheiro ao longo do processo, cumprimento de prazos e qualidade dos produtos de acordo com as exigências dos clientes. Tais fatores contribuem para que o setor de usinagem, importante atividade, considerada um dos processos de fabricação mais popular no mundo se tornem competitivo mediante a concorrência. No geral as pesquisas comprovaram a eficiência do torno CNC contudo, tem que considerar o tipo de empresa e produção, relacionando o custo benefício como proposta futura que haja maior interesse em novas publicações acerca do referido assunto.

Palavras-chave: Torno CNC. Evolução. Usinagem.

ABSTRACT

This article consists of a literature review, which aims to present the CNC lathe (computer numerical control) its evolution, characteristics and implications in the machining sector. Throughout the work, it will be discussed, about the creation of the same, rudimentary at first where the operations were based on the skill of the turner. As humanity evolves in terms of technology, and due to the need to adapt to the new reality facing the globalized world, the lathe with computerized numerical control emerged. Important tool in the manufacturing process in the machining sector, due to the high precision with which it performs the turning and sizing of complex parts with lower incidences of errors, loss of time and money throughout the process, meeting deadlines and product quality according to customers' requirements. Such factors contribute for the machining sector, an important activity, considered one of the most popular manufacturing processes in the world, to become competitive through competition. In general,

research has proven the efficiency of the CNC lathe, however, it has to consider the type of company and production, relating the cost benefit as a future proposal that there is greater interest in new publications on this subject.

Keywords: CNC lathe. Evolution. Machining.

1 INTRODUÇÃO

A humanidade ao longo da história sempre esteve em busca de melhorias em suas condições de vida, fabricando artefatos, utensílios dentre outros para seu bem-estar e progresso. O torneamento é um dos processos mais antigos, para obtenção de novos materiais a partir de matérias-primas modificadas de acordo com a finalidade podendo variar de uma chave até peças para um navio entre outros.

O torno é umas das máquinas, mais antigas desenvolvidas pelo homem por meio da mesma nasceu e evolui outras de grande importância para a usinagem (VIANNA, 2002). Os movimentos feitos pelo mesmo condizem com rotação da peça e avanço da ferramenta, o torneamento era um processo rudimentar, composto por dois suportes de madeira anexados ao chão, o processo de torner era cansativo e braçal, onde a ferramenta era disposta nas mãos do torneiro, que proporcionava o formato do produto. (ESCOLA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL–EEEP).

Com o tempo e a evolução das máquinas operatrizes surge o torno CNC (Comando Numérico Computadorizado), constituindo uma tecnologia amplamente utilizada na usinagem, consistindo em um equipamento eletrônico que recebe informações e devolve a máquina em forma de comando, sendo que o mesmo não precisa ficar a todo momento lendo a programação, pois a partir da leitura inicial memoriza o que precisa ser realizado, contribuindo para diminuir o tempo de fabricação na produção de peças na usinagem (SILVA, 2002).

Desta forma, a escolha da temática “Torno CNC: evolução, características e implicações na usinagem” se devem ao fato de ratificar sua importância ao longo da história, assim como o entendimento que nada surge por acaso, mais sim um processo de longa data e até mesmo através de relatos que o torneamento era utilizado, de forma rudimentar desde 1300 a.c.

A não utilização de um torno computadorizado numérico em linha de usinagem, implica na diminuição do rendimento dos processos, perda de tempo em refazer peças que estão fora dos padrões estabelecidos ou estão aquém da qualidade exigida pelo cliente, custos extras pelo desperdício de material e tempo, desgaste físico e mental do funcionário, menores chances de manter-se em um mercado competitivo, sem o uso da tecnologia dentre outros problemas decorrentes dentro de uma indústria.

Este artigo tem como objetivo principal ratificar a importância do torno CNC na usinagem ao longo do processo de fabricação de peças e como específicos consistem em: expor a evolução do torno ao longo do tempo, passando de uma máquina rudimentar até o desenvolvimento de um processo computacional através de software específico, apresentar as características e funcionamento de um torno CNC, demonstrar as categorias de tornos criados com o tempo e apontar o seu papel de relevância na usinagem, assim como as vantagens na sua utilização e desvantagens na falta da mesma.

Enfim, a tecnologia proveniente do torno CNC faz com que as empresas que a utilizem, tenham uma margem de qualidade, competitividade e custo benéfico bem superior em relação as que ainda utilizam o torneamento de maneira convencional, conferindo vantagens fundamentais como expandir o mercado de clientes, devido a menores custos ao longo processo fabril, assim como precisão, otimização na produção dentre outras desta forma entender o processo de torneamento CNC e suas implicações correspondem a um assunto, pertinente e importante a quem tenha interesse na pesquisa.

2. EVOLUÇÃO DO TORNO: DO RUDIMENTAR AO COMPUTADORIZADO

2.1 Torno: contexto histórico e tipos

As máquinas-ferramentas constituem valiosos equipamentos de usinagem, com a capacidade de provocar ações de desbaste e conformação de materiais. Tais operações permitem primordialmente manusear os movimentos elementares, mais com alta precisão, objetos metálicos, tais como: chapa e varão oriundos de processo de fundição com a finalidade de obtenção de peças com desenho de menor ou maior complexidade.

O uso dessas máquinas, tem como pressuposto a Revolução Industrial entre os anos de 1760 e 1820, com o desenvolvimento das indústrias de bens e de capital, sendo necessário a implantação de equipamentos para a adequação dos processos de produção seriada. Contudo, as mesmas tem como cerne de criação os períodos paleolíticos (2,7 milhões de anos até 10.000 a. C.) e neolítico (10.000 até 4.000 a. C.) com uma grande mistura de utensílios que eram usados pelo homem para os mais variados fins como: corte de frutas, árvores dentre outras funções (FERNANDO, 2018).

Neste contexto o torno mecânico é considerado uma das primeiras e mais antigas máquinas-ferramentas já inventadas pelo homem, a partir dele foi possível a invenção de outras tantas. Segundo o portal de notícias CIMM (2010), o mesmo constitui uma ferramenta usada por algumas civilizações medievais como os egípcios, assírios e romanos que possuíam alguns

conhecimentos a respeito do torneamento, para a fabricação de peças com formatos arredondados.

Segundo Barbosa [20--?], os tornos constituem máquinas que “executam trabalhos de torneamento destinados a remover o material da superfície de uma peça em movimento de rotação por meio de uma ferramenta de corte que se desloca continuamente”. O torneamento acontece em três fases que são: o corte mediante a rotação da peça, o avanço conforme a translação da ferramenta e a obtenção da profundidade com o movimento transversal.

Os primeiros movimentos eram rotacionais, realizados por pedais. O instrumento para realizar o torneamento era operado de forma manual pelo indivíduo, que moldava o material proporcionando o formato final ao produto. Neste processo o torneiro tinha que ter ampla habilidade, pois o mecanismo de torner ficava disposto nas mãos do mesmo que manuseava a ferramenta, dando o devido formato a peça como apresentado na Figura 1.

Figura 1: Torno mecânico de pedal.



Fonte: Silva (2013).

Com o tempo a ferramenta foi anexada a máquina, contribuindo para que os movimentos do operador se tornassem mais livres para a realização do seu trabalho, mediante a tal contexto nasce a máquina-operatriz. Civilizações antigas como egípcios e romanos recorriam ao torno, para a fabricação de peças como formatos arredondados.

Com a evolução constante desta máquina operatriz surge o torno de vara em meados do século XIX, usado durante a idade média por muitos artesãos. Este aparato rudimentar consistia em uma corda amarrada em uma vara, que ficava sobre o manuseador e um pedal, que ao longo do processo de torner puxava a corda, que de maneira simultânea girava a peça. A vara fazia a volta, o que permitia com que o giro da ferramenta durasse mais tempo, contribuindo para que os movimentos do indivíduo fossem mais independentes (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Devido à necessidade de uma máquina que executasse de forma contínua suas rotações, foi criado o torno de fuso. Neste processo era preciso duas ou mais pessoas, que variava de acordo com a dimensão do fuso, onde uma efetuava o giro com a ajuda de uma manivela e a outra que era o artesão, configurava com os ferramentais a forma desejada a peça. Com o tempo, houve o desenvolvimento do Torno de Leonardo da Vinci que operava com somente uma

pessoa que, em que os movimentos realizados eram contínuos auxiliados por um sistema motriz.

No século XIX, os inventores ingleses, Henry Maudslay e Joseph Whitworth fizeram várias adaptações e implantaram várias ferramentas nos tornos da época. Representando um avanço nos processos de tornearia. Eles criaram as portas ferramentas que permitia a fabricação de peças mais duras, desobrigando o operador de ter que sustentar os utensílios nas mãos, engrenagens e fuso para avanços automáticos, incorporação de um motor a vapor e polias para as trocas de rotações.

No ano de 1926, nasce o torno paralelo com vistas a resolver o problema da fixação, solucionado com a substituição do mesmo por um motor elétrico nos pés das máquinas. A velocidade estava conectada a uma caixa de engrenagens, contudo, apresenta alguns contratempos, para os processos seriados devido à troca de ferramentas, possuindo vários acessórios (OLIVEIRA et al., 2017).

Já nos anos de 1960, para cumprir as exigências quanto a dureza, foi criada uma estrutura totalmente fechada, onde na máquina era acoplado um engate copiador, que transmite o modelo de trabalho a ser realizado, do gabarito por meio de uma agulha. Como pode-se notar a evolução da máquina ferramenta, mais precisamente do torno foi acontecendo consoante as necessidades humanas, desde praticidade, produtividade e facilidade, existem vários tipos de tornos, os verticais, revólver dentre outros e o CNC criado em 1978, foco deste artigo.

2.2 Torno CNC (comando numérico computadorizado) e suas características

O comando numérico computadorizado (CNC) consiste em uma tecnologia que tem como característica o controle de máquinas, por meio de interfaces computadorizadas (FERES, 2010). Sendo considerado na atualidade o processo mais usado, quando se refere as fabricações industriais, nos diferentes ramos, automobilístico, aeronáutico dentre outros. Ratificando a importância do desenvolvimento tecnológico para automação de máquinas ferramentas de usinagem e outros ramos.

A Parsons Corporation uma empresa americana em meados de 1947, fabricante de rotores, hélices e helicópteros adaptou em uma máquina convencional um sistema de controle numérico por computador que fazia a leitura das informações de controle em cartão perfurado, concretizando o surgimento do comando numérico computadorizado (SEAMES, 2001).

A U.S Air Force foi de grande ajuda para o desenvolvimento do comando numérico (CN). Pois, seus equipamentos tinham que apresentar um nível alto de precisão, conciliando

custo benefício que sem o CN era impossível. Para resolver o dilema, uma das alternativas plausível era fazer uma adaptação do comando numérico na máquina operatriz o que dispndia muito trabalho (MACHADO, 1986, p. 16).

Mas em 1956, com o progresso do computador o Instituto de Tecnologia de Massachusetts criou uma linguagem de programação denominada *Automatically Programmed Tool* (APT), o “ponta pé” inicial para a construção de tecnologias denominada CNC. O mesmo constitui um controlador numérico que controla, simultaneamente vários eixos, por meio de uma gama de movimentos descritos em um código específico “G”.

Sendo dotado de uma extensa memória, o que permite armazenar dados para posteriormente comandar uma máquina operatriz, realizando várias funções de caráter repetitivo e complexos, reproduzindo produtos de vários formatos geométricos.

O torno mecânico é uma das máquinas operatrizes, que mais sofreu evoluções desde seu surgimento, sendo considerada umas das mais conhecidas no ramo industrial. A modalidade CNC constitui um torno com controle numérico computadorizado, que de início foi criado para produzir objetos de revolução cilíndrica, equipado com 2 bases denominados barramentos, dentre os quais estão presentes 2 eixos: o X chamado movimento transversal e o Z longitudinal (SILVA, 2009).

Os tornos por comando numérico computadorizado possuem semelhanças e diferenças com o da modalidade convencional, entretanto, com elementos e aperfeiçoamentos importantíssimos, com componentes tecnológicos sofisticados e complexos, a não necessidade de dispositivos que controlem os movimentos, pois os mesmos são comandados por informações de entrada. Outra vantagem na utilização de tal máquina e a uniformidade conferida as peças fabricadas em série, ocasionando maior produtividade e qualidade dentro da indústria ou setores afins. Na figura 2 e 3 é apresentado um torno convencional e um CNC respectivamente.

Figura 2: Torno convencional

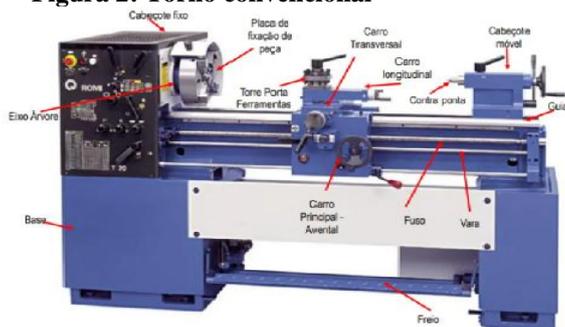


Figura 3: Torno CNC



Fonte: <https://www.rmlmaquinas.com.br/loja/noticia.php?loja=762235&id=85>

Fonte: <https://www.romi.com/produtos/linha-centur/>

De acordo com Souza (2015) o torno CNC possui uma gama diversificada de elementos tais como:

Parte mecânica: máquina-ferramenta propriamente dita, incluindo as unidades motoras, hidráulicas e pneumáticas e ainda, os sistemas de refrigeração, lubrificação, transportadores de cavacos e outros. **Interface eletroeletrônica:** componente que distribui e comanda os diversos elementos da máquina (motores principais do eixo-árvore, motores de bomba hidráulica) e também a abertura e fechamento de válvulas solenóides atuantes em sistemas hidráulicos e pneumáticos. **Comando eletrônico:** equipamento (comando numérico) que recebe as informações em seu painel e atua na interface homem-máquina que, por sua vez, transmite à máquina ferramenta as operações requeridas (SOUZA, 2015, p. 23-24).

Apesar do torno com comando numérico, apresentar semelhanças com o mecânico o mesmo possui uma performance automática, projeto este pensando para que haja o mínimo possível de intervenção humana e independência durante a operação de tornear, assim como, praticidade e agilidade ao longo do processo fabril.

Dentre suas características têm-se: A utilização de servos motores, para os eixos de deslocamento e árvore, estrutura projetada para que os cavacos, sejam liberados da área de corte, acionamento automático das peças fixadas, dispositivos que garantam para cada sub-operação que a ponta ativa da ferramenta seja atingida, sistemas criados com o intuito de proporcionar as trocas rápidas e linguagem própria para a realização das operações chamado G. Na Figura 7 é apresentado algumas partes principais do torno CNC.

Figura 4: Torno CNC

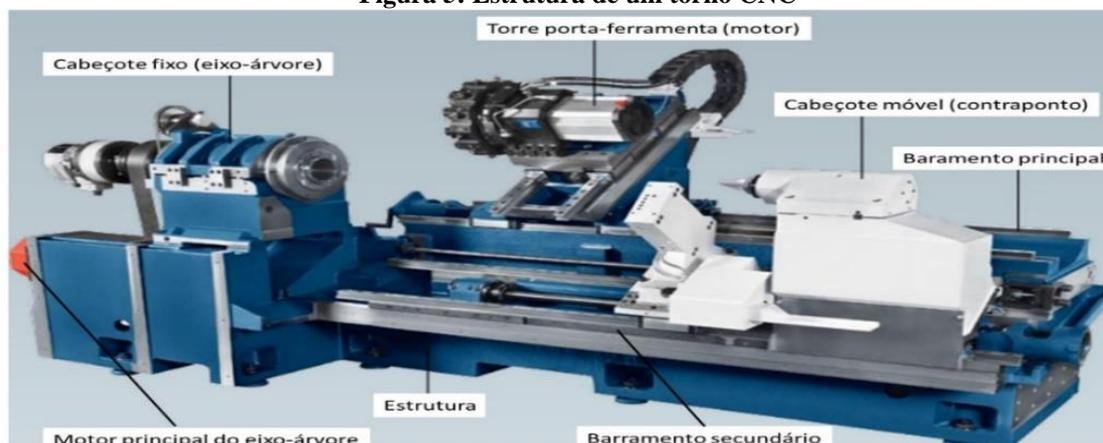


Fonte: <http://edymac.com.br/>

Um torno CNC possuía as seguintes partes principais como: painel frontal do CNC; responsável pela interface homem-máquina, uma torre porta-ferramentas que consegue armazenar várias ferramentas ao mesmo tempo, um transportador de cavacos que os retira para um depósito alheio a carenagem. Considerando que possui elementos do torno convencional

mais posicionados de maneiras diferentes, no convencional há o alinhamento entre eixo-árvore e barramentos no CNC não acontece com apresentado na Figura 5.

Figura 5: Estrutura de um torno CNC



Fonte: Coelho, Oliveira e Silva (2013)

O torno CNC difere quanto ao convencional, pela habilidade de realizar as operações com velocidade muito superior ao comum, ganhando com isso em produtividade. Outro aspecto importantíssimo é quanto a área de atuação da máquina foi restringida contribuindo para evitar riscos ao operador e ao meio ambiente.

2.3. A usinagem e o torno CNC

O homem sempre esteve em busca, de desenvolver artefatos ao longo do tempo, com os mais variados objetivos desde obtenção de comida, proteção para sobreviver aos inimigos, ou intempéries climáticas se adaptando ao ambiente em que está circunscrito. Segundo Moreno (2013), diante deste cenário o ser humano utilizou a sua inteligência para fabricar suas ferramentas, se apropriando do que a natureza lhe oferecia como pedras, ossos dentre outros.

No ano de 1800 surgiram os primeiros estudos e publicações sobre furação de metais. Na Alemanha em 1891 Robert Stock fez os primeiros testes com o processo e em 1896 foram criadas as bases helicoidais de aço, aprimorada e usada até hoje nos processos de furação. Sendo que a mesma é considerada uma operação da usinagem, mediante a este contexto pode-se notar que a mesma vem de um longo processo de evolução.

De acordo com Ferraresi (1977), o vocábulo usinagem tem como conceito uma gama diversificada de operações que configura a forma, dimensões, acabamento ou ainda a junção desses 3 elementos. Ao longo do processo acontece a formação do cavaco que consiste em uma porção de material extraído de um torno, onde o mesmo apresenta um formato geométrico

irregular. Sendo que o mesmo corresponde a cerca de 10% da produção de metais e emprega milhares de trabalhadores.

A usinagem consiste em um dos processos mais utilizado no mundo, tendo um destaque econômico global. Estudos no que concerne o assunto busca melhorias no desempenho, pautadas em exigências quanto a qualidade dimensionada e precisa as peças, tolerância geométrica entre outras. Partindo deste princípio cada vez mais o setor requer ferramentas avançadas (PUSAVEC et al., 2014), variedade de materiais, produtividade e qualidade para atender tais exigências.

A necessidade fez o setor da usinagem aderir aos meios tecnológicos, como no caso do torno CNC, máquina está importantíssima no quesito, produtividade e precisão, indo de encontro a relação custo benefício na fabricação de peças (SILVA, 2017).

São inúmeras as vantagens na utilização do torno por comando numérico computadorizado tais como: eficiência, precisão, produtividade, maior segurando ao operador e meio ambiente fatores estes em consequência a área restritiva de atuação durante a operação de torneamento e automatização do mesmo.

Os elementos tempo e produtividade, tem que atuem em proporções inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor o tempo dispendido em determinada operação, menores serão os gastos na fabricação de peças em contrapartida, a produtividade tem que ser crescente, aliado a qualidade frente ao mercado concorrente. Oliveira (2012, p. 44) corrobora “Os reduzidos tempos de setup das máquinas a CNC são considerados importantíssimos no setor de usinagem porque o produto fica com um preço menor e consequentemente a empresa consegue melhores condições na competição no mercado”.

O torno CNC realiza as operações de forma independente, em casos de problemas e erros apresentados o programa da máquina é pausado de imediato, avisando o operador quanto a correção da problemática para reinicializar a operação fabril novamente. Automatização dos mesmos possibilita a redução de custos, pois se aproveita o máximo as matérias-primas e consequentemente evita desperdício, assim como a perda de tempo em refazer as peças defeituosas. Outro ponto a considerar é a velocidade na fabricação, segurança, aumento da eficiência contribuindo de maneira vantajosa nas indústrias que possuem a usinagem como principal atividade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada ao longo do artigo, condiz com uma revisão de literatura com método de pesquisa bibliográfica. Quanto aos objetivos, o trabalho tem um caráter descritivo e qualitativo pautados em bases de dados *SciELO e Google Acadêmico*, livros com autores experientes e renomados no assunto como Machado, apostilas do Senai, revistas, teses, dissertações, artigos entre outros materiais lidos na íntegra, excluindo os resumos e artigos repetidos no que concerne o assunto. Apesar da carência de materiais na referida temática, tal artigo poderá ser usado por estudantes, profissionais e setores afins que tenham interesse no tema apresentado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas realizadas temporalmente, ratificaram a evolução e importância do torno ao longo do tempo evoluindo, de máquina rudimentar a um sistema complexo. Os materiais avaliados confirmam por meio da revisão literária a teoria do artigo, mas, em contrapartida existe uma carência de livros e artigos que abordem a temática, diminuindo a incidência de estudos diversificados.

As principais implicações e importância do torno CNC correspondem: maior precisão nas peças e produtividade, segurança ao operador e ambiente, menor tempo na execução das atividades, menos objetos avariados, troca rápida de ferramentas, menor interação homem-máquina dentre outros embasados nos autores (BARBOSA; MACHADO, 1986; SILVA, 2017).

Outro aspecto a considerar é a eficácia energética do torno CNC em relação ao convencional, visto que na usinagem de peças o consumo de energia é menor que no torno mecânico, apresentando mais vantagens na energia consumida, informações estas apresentadas por (MATUMOTO, [20--?]).

Contudo, de acordo com Ferrari (2016), o investimento em uma máquina ideal tem que considerar vários fatores tais como: custo do equipamento, gastos com funcionários, consumo de energia elétrica e com funcionários, tempo de ciclo e preparação, complexidade das peças entre outros. Neste contexto o torno CNC, custa muito mais caro que o convencional como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Custo torno convencional X torno CNC

Torno CNC	Valores	Torno mecânico	Valores
-----------	---------	----------------	---------

Torno cnc Romi centur 30 rv – mach 8	R\$ 110.000,00	Torno mecânico Romi S40A	R\$ 58.000,00
Torno cnc Romi centur 35d x 2000 mm – siemens	R\$ 420.000,00	Torno convencional Romi tormax 30 b – 800 x 3000	R\$ 170.000,00

Fonte: <https://www.lxmaquinas.com.br/torno-cnc/>

Analisando a tabela acima, existem vários tipos de tornos tanto convencionais ou CNC. Neste contexto tem de ser analisado o custo benefício, talvez para uma empresa de porte pequeno com baixo capital de giro sem a necessidade de grandes produções de peças de forma seriada, é desnecessário inviável a compra de um torno CNC. No que tange a preços e até mesmo gastos com manutenção e funcionários. Sendo que o custo, hora/máquina em um torno convencional equivale a R\$ 73,80 já no CNC R\$ 121,20(MUGGE, 2022), uma diferença considerável que poderá fazer a diferença nos gastos finais da empresa.

Considerando a análise dos artigos, livros, dissertações, teses e apostilas foi possível ratificar a importância da temática desde sua evolução, características e implicações na usinagem, como uma ferramenta que propicia benefícios nos mais diversificados ramos desde a fabricação de peças para os mais variados fins, dado que que carros, aviões, maçanetes dentre outros setores utilizam tal tecnologia. Entretanto, é importante analisar o porte da empresa, capital dispendido, tipo de peças a serem desenvolvida, e se realmente é necessário a troca de um torno convencional por um CNC, pois o mesmo é útil e muitas empresas ainda o utilizam.

5 CONCLUSÃO

Segundo os objetivos estabelecidos, ratifica-se que os estudos no que tange a temática possibilitou conhecer o torno CNC, máquina ferramenta considerada mãe de todas as outras, que se originou pela necessidade de facilitar o trabalho do homem. Sendo um dos mecanismos que mais evoluiu ao longo do tempo, nasceu de um embrião rudimentar e com o tempo e avanços tecnológicos, possibilitou o desenvolvimento de um comando numérico computadorizado associada ao convencional.

São inúmeras as vantagens na utilização do torno CNC em qualquer setor, mais precisamente na usinagem, que vai desde a precisão no dimensionamento geométrico das peças torneadas, menor tempo de parada ao longo das operações, segurança ao operador e ao meio ambiente, pois, a área de atuação e formação do cavaco são delimitadas, diminuição da

interação, homem-máquina. Estes benefícios possibilitam que as indústrias que possuem tais máquinas, superem o mercado concorrente, pois, uma produtividade mais alta aliada a qualidade e menores desperdício possibilita preços compatíveis a concorrência.

Apesar da revisão de literatura corroborar com a teoria do comando numérico computadorizado associados ao torno, ainda há poucos artigos e pesquisas em relação ao assunto. Como propostas futuras, que haja um interesse de estudos e publicações sobre a temática, já que a mesma é um assunto importantíssimo no mundo globalizado e competitivo em que estamos inseridos.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. P. Aula **Torno mecânico**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/24730456-Torno-mecanico-prof-joao-paulo-barbosa-m-sc.html> . Acesso em: 2 fev. 2022.
- COELHO, R. T.; OLIVEIRA, J. F. G.; SILVA, E. J. **Prática-Torno CNC**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5565854/mod_resource/content/1/Torno%20CNC_pr%C3%A1tica.pdf. Acesso em: 6 fev. 2022.
- FERES, F. Complexidade operacional superada com a evolução da tecnologia CNC. **Revista O mundo da Usinagem**. São Paulo: Sandvik Coromant do Brasil. 8 ed., v.70, ago. 2010. Disponível em: http://issuu.com/omundodausinagem/docs/omu_70 . Acesso em: 5 fev. 2022.
- FERNANDO, P. H. L. **Máquinas operatrizes**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- FERRARI, Alfredo, A escolha da máquina ideal, Usinagem-Brasil São Paulo, 2016.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo, Edgard Blucher, 1977.
- GENEROSO, D. J. **Apostila Usinagem avançada: torneamento**. Santa Catarina, 2011. Disponível em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/1/12/Apostila_usinagem-2.pdf . Acesso em: 1 fev. 2022.
- GUIMARÃES, N. **As quatro Revoluções Industriais e Seus Processos de Fabricação. CONAENGE**. Disponível em: <https://conaenge.com.br/4-revolucoes-industriais-processos-fabricacao/>. Acesso em: 5 fev. 2022.
- Lxmáquinas. **Tornos**, 2022. Disponível em: <https://www.lxmaquinas.com.br/torno-cnc/>. Acesso em: 7 fev. 2022
- MACHADO, A. **Comando numérico aplicado às máquinas-ferramenta**. Cone Editora, 1986.
- MATUMOTO, B. H. **Análise da eficiência energética em processos de usinagem – comparação de tempo e potência entre torno convencional e CNC**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: http://www.labusig.ufpr.br/projetos/BrunoHMatumoto_TCC_VF.pdf. Acesso em: 5 fev. 2022.

MORENO, D. A. N. **Validação de um dispositivo de interrupção súbita da furação com brocas helicoidais para análise da raiz de cavaco**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

OLIVEIRA, E. S et al. Projeto do produto: um estudo de caso na produção de arruelas por métodos artesanais e tecnológicos. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 2, n. 2, 2017.

OLIVEIRA, J. R. **Aplicação da Manufatura Auxiliada por Computador (CAM) no Desenvolvimento de Processos de Usinagem: Um Estudo Multi-Caso**. 2012. 75 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2012. Disponível em: <http://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/893/TCC%20JEFERSON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 fev. 2022.

PUSAVEC, F. et al. Sustainable machining of high temperature Nickel alloy – Inconel 718 Part 1 – Predictive performance models. **Journal of cleaner Production**, v. 65, p. 604-616, 2014.

SEAMES, W, S. **Computer Numerical Control: Concepts and Programming**. Stanford: Cengage Learning, 2001.

SENAI. **Aula 02 Torno Mecânico**. 2014. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/EltonRicardo/aula-02-torno-mecnico>. Acesso em: 2 fev. 2022.

SILVA, S. D. **CNC - Programação de Comandos Numéricos Computadorizados - Torneamento**. 8. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2009.

SILVA, L. F. C. **Estrutura de um torno de velocidades de seleção electromagnética**. Tese (Mestre em Engenharia Mecânica) - Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Mecânica, Aveiro, p. 140. 2013. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/12484/1/tese.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022

SILVA, M. M. D. **Análise da viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção de uma empresa metal – mecânica em Maceió – alagoas**. Dissertação (Mestre em Engenharia Industrial) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador-Bahia, p. 81, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/24559/1/Disserta%20Vers%20Final%20Manoel%20Messias.pdf> . Acesso em: 30 jan. 2022.

SOUZA, E. D. **Estudo comparativo para fabricação de peças aeronáuticas: forjamento x usinagem**. 2015. 85 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139058/000865367.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 5 fev. 2022.

Torno: a mais antiga das máquinas-ferramenta. **CIMM**, 2010. Disponível em: https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/7118-torno-a-mais-antiga-das-maquinas-ferramenta. Acesso em: 1 fev. 2022.

VIANNA, F. D. **Prática de oficina: Processos de Fabricação**. Porto Alegre, 24 de junho de 2002.