

## CAPÍTULO V - ESTUDO DA BROCA DE METAL DURO COM E SEM REVESTIMENTO NO PROCESSO DE FURAÇÃO CNC UTILIZANDO AÇO ABNT1045

<LUAN GUSTAVO GUTTUZZO><sup>1</sup>  
<APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS><sup>2</sup>  
<ANTONIO CARLOS RODRIGUES><sup>3</sup>

**Resumo:** A usinagem esta presente em quase todos os processos da indústria e a melhoria contínua é um item imprescindível para o crescimento da competitividade das empresas no mercado de trabalho. Uma maneira de aperfeiçoar o processo é melhorar a qualidade das ferramentas aplicando um revestimento. O objetivo deste trabalho e de analisar o rendimento da ferramenta com e sem o revestimento, proposto durante o período de produção utilizando como critério para análise a vida útil da broca de metal duro assinalada com evidência em um documento. Conclui-se que com a implantação de um revestimento Hélica no ferramental, junto com parâmetros adequados, proporciona um maior rendimento melhorando qualidade e custos do processo de furação em usinagens de precisão.

**Palavras-chave:** Usinagem, produção, revestimento.

**Abstract:** The machining is present in almost all processes in the industry and continuous improvement is an essential element for the growth of the competitiveness of companies in the labor market. One way to improve the process is to improve the quality of the tools by applying a coating. The objective of this work is to analyze the performance of the tool with and without the coating, proposed during the production period using as criterion to analyze the useful life of the carbide drill indicated with evidence in a document. It is concluded that the implantation of a helical coating in the tooling, along with suitable parameters, provides a higher yield improving the quality and costs of the drilling process in precision machining.

**Keywords:** Machining, production, coating.

---

<sup>1</sup> Discente graduando em Tecnologia de Fabricação Mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; [luan\\_guttuzzo321@hotmail.com](mailto:luan_guttuzzo321@hotmail.com).

<sup>2</sup> Orientador Especialista em Engenharia de Automação, docente da Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; [aparecido.serapiao@pr.senai.br](mailto:aparecido.serapiao@pr.senai.br).

<sup>3</sup> Orientador Especialista em Engenharia de Manutenção Industrial, docente da Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; [aparecido.rodrigues@pr.senai.br](mailto:aparecido.rodrigues@pr.senai.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A ferramenta quando vem de fábrica é estipulado um valor de sua vida útil, calculado em metros, onde ao chegar esse limite é necessária a troca da mesma e conseqüentemente enviar para uma empresa que realize sua reafiação.

Primeiramente Diniz (1998, pág. 151) afirma que “pode-se entender usinabilidade como o grau de dificuldade de se usar um determinado material” e para melhor compreender o conceito de usinabilidade, é importante conhecer quais as variáveis do processo que estão envolvidas:

Usinabilidade depende de dois fatores: estado metalúrgico da peça, dureza, propriedades mecânicas do material, composição química, condições da usinagem, que seriam as características da ferramenta, condições de refrigeração, rigidez da máquina, da ferramenta, do dispositivo, e as operações que a ferramenta executa no momento da usinagem, corte contínuo ou intermitente, condições de entrada e saída da ferramenta. (DINIZ, 1998).

Alguns aspectos são importantes durante a execução do processo de usinabilidade, tais como; material a ser usinado, vida útil da ferramenta, acabamento superficial da peça, esforços de corte, temperatura de corte, produtividade, e características do cavaco.

O processo mais utilizado nas indústrias de hoje em dia é a furação, com base nos conhecimentos de usinabilidade, percebe-se que a maioria das peças feitas nos tornos CNCs possui esse processo, com isso seu estudo é de elevada importância.

Uma das ferramentas mais utilizada para executar furação é a broca helicoidal de aço rápido, devido às máquinas não alcançarem alta rotação para avançar no processo.

Diniz (1998, pág. 197), afirma que “a utilização de broca de metal duro em máquinas modernas, que possibilitam alta rotação e rigidez, tem permitido a obtenção de furos mais precisos, muitas vezes sem utilização de furos de centro e/ou de pré-furos”.

Conseqüentemente diminuindo tempo de furação, número de ferramentas, garantindo medidas e acabamentos ajustados através do tempo efetivo de corte da ferramenta programado na máquina. A figura 1 demonstra modelo de broca helicoidal com e sem revestimentos.

Figura 3 - Broca Com e Sem Revestimento Respectivamente.



Fonte: Oerlikon Balzers.

O revestimento é um processo já conhecido na indústria e tem como propósito aumentar o rendimento da ferramenta, diminuindo seu coeficiente de atrito, seu esforço de corte, aumentar a dureza da ferramenta e etc.

Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo do comportamento da broca de metal duro com e sem revestimento no processo de furação CNC utilizando o aço ABNT1045. Busca-se demonstrar o desgaste da ferramenta durante a usinagem, verificando a vida útil, compreender se houve um aumento de rendimento da ferramenta e o quanto influenciou nos custos do processo.

O trabalho apresentado está discriminado com bases no referencial teórico, que tem como finalidade fortalecer os conceitos apresentados e através do estudo de caso em observações feitas nos testes realizados em uma empresa de usinagem CNC, o acompanhamento do processo de furação utilizado como ferramenta a broca de metal duro com e sem revestimento, a fim de demonstrar seus desempenhos.

O material a ser escolhido para o trabalho foi o aço 1045 a fim de compreender o rendimento da ferramenta durante o processo, e após isso,

comparar os resultados obtidos de forma a apresentar os benefícios e ganhos que um processo de furação poderá obter com esta melhoria de processo.

## **2 fundamentação teórica**

### **2.1 USINABILIDADE**

O atual cenário econômico exige que as organizações sejam cada vez mais competitivas garantindo a qualidade de seus produtos. Deve destacar a importância da usinagem no processo produtivo na indústria, sendo um dos mais importantes segmentos, pois é difícil algo ser produzido sem que tenha passado por algum processo dessa natureza. (DINIZ, MARCONDEZ, COPPINI, 2013, pg. 151):

Usinabilidade pode ser definida como uma grandeza tecnológica que expressa, por meio de um valor numérico comparativo (índice de usinabilidade), um conjunto de propriedades de usinagem de um material em relação ao outro tomado como padrão.

Baseado nos conceitos acima, podemos entender o termo usinabilidade como o grau de dificuldade de usar certo material, pois a usinabilidade não depende somente do estado do material, mas também da máquina que irá ser utilizada para a realização de tal processo, fluidos de corte com concentrações estáveis, dispositivos de fixação das peças e os parâmetros de corte que corretos obtém rendimento e velocidade, todos esses fatores contribuem para a boa usinabilidade do material.

A usinabilidade depende do estado metalúrgico da peça, da dureza, das propriedades mecânicas do material, de sua composição química, das operações anteriores efetuadas sobre o material (sejam a quente ou a frio) e do eventual encruamento. (DINIZ, MARCONDEZ, COPPINI, 2013 pg. 151).

Portanto, segundo os autores supramencionados entendem-se como prioridades de usinagem, aquilo que expressa seu efeito sobre grandezas mensuráveis inerentes ao processo, dentre elas podemos destacar a vida útil da ferramenta, o acabamento superficial da peça, esforços e temperaturas de corte, a produtividade e as características do cavaco.

## 2.2 O processo de furação

A usinagem é composta de vários processos destinados aos materiais dentre eles (torneamento, fresamento, retificação, laminação, furação etc.). Entretanto aprofundaremos nosso estudo no processo de furação que segundo os autores (DINIZ, MARCONDEZ, COPPINI, 2013 pg. 197) é um dos processos de usinagem mais utilizados nas indústrias manufatureiras.

Todavia é apontado que este processo mesmo sendo tão utilizado recebeu poucos avanços tecnológicos há alguns anos atrás, visto que, ferramentas de outros processos como fresamento e torneamento, tiveram a progressão rápida com a inserção de novos materiais como o metal duro, cerâmica, nitreto de boro cúbico e diamantes. Já no processo de furação a ferramenta mais utilizada nas indústrias é a broca de aço rápido. Os autores exemplificam estes termos da seguinte maneira:

Tal atraso tem diversas razões, mas a principal é o diâmetro dos furos. Uma broca de 10 mm de diâmetro (que é bem comum), para ser bem utilizada com velocidades compatíveis ao metal duro ( $V^c$  em torno de 200 m/ min), precisaria de uma rotação de ordem de 6400 RPM, muito alto para boa parte das máquinas utilizadas em furação. (DINIZ, MARCONDEZ, COPPINI, 2013 pg. 195).

Porém atualmente a utilização do processo de furação tem crescido em centros de usinagem, é facilmente encontrado máquinas deste tipo propiciando rotações do eixo-árvore superiores a 6000 RPM. A partir disso, inúmeros desenvolvimentos têm ocorrido na presença dos materiais de furação dentre eles:

Broca inteiriça de metal duro: quando o furo é pequeno (menor que 20 mm) e a máquina possui rotação, rigidez e potência suficientes, essa broca é uma boa alternativa. (DINIZ, MARCONDEZ, COPPINI, 2013 pg. 196).

Diniz, Anselmo Eduardo (2013, pg. 197) nos conta que “a utilização de brocas de metal duro em máquinas modernas, que possibilitam alta rotação e rigidez, tem permitido a obtenção de furos mais precisos (da ordem de IT9), muitas vezes sem a utilização de brocas de centro e/ou pré-furos”.

## 2.3 O processo CNC

Para um processo de furação mais eficiente e preciso, é utilizada a tecnologia CNC, onde a máquina executa o comando (ou ciclos) que são informados a ela. Atualmente, devido aos avanços tecnológicos, grande parte de indústrias metalúrgicas optam por esse equipamento, devido á suas vantagens na usinagem, tanto na produção quanto na precisão.

As empresas investem em máquinas-ferramenta CNC para aumentar sua capacidade competitiva através do aumento da flexibilidade, melhoria da qualidade, redução dos tempos de ciclos e habilidade de produzir lotes pequenos de maneira econômica. (SLACK, 1997 In IVAN CORRER. 2006).

Segundo Degarmo (1997) in Ivan Correr (2006) a tecnologia CNC recebeu altos investimentos nos últimos anos, visto que, a empresa ao adquirir esse equipamento tem como maior objetivo aumentar sua competitividade através de melhorias que a mesma propicia nos processos de produção, dentre elas podemos citar o aumento de flexibilidade, tempos reduzidos e a habilidade de produzir lotes pequenos de maneira econômica, podendo assim aperfeiçoar todo o processo.

Através destes conceitos podemos afirmar que o CNC é considerado dentre os processos de fabricação o mais dinâmico constituindo um dos maiores desenvolvimentos de automatização das máquinas operatrizes de usinagem. (LEATHAM, 1986) in (IVAN CORRER. 2006).

## 2.4 Aço 1045

Os aços podem ser classificados em grupos, em base de propriedades comuns: Composição, como aços-carbono e aços-ligas; Processos de acabamento, como aços laminados a quente ou a frio; Forma do produto acabado, como barras, chapas grossas ou finas, tiras tubos ou perfis estruturais.

Uma das classificações mais generalizadas, e a que serviu de base para a usada no Brasil sendo a que considera a composição química do aço, dentro dos sistemas conhecidos os mais usados são os da AISI (American Iron and Steel Institute) e da SAE (Society of Automotive Engineers).

No caso dessas duas classificações a nomenclatura coincide, tendo como exemplo o aço SAE/AISI 1045, os dois últimos dígitos informam a porcentagem de carbono do aço multiplicado por 100, ou seja, o aço exemplificado tem 0,45% de carbono, já os dois primeiros dígitos diferenciam os vários tipos de aços, pela presença do carbono como principal

elemento de liga ou pela presença de outros elementos de liga, como níquel, cromo, etc. (V. Chiaverini 1982).

Baseados nos conceito de (V. Chiaverini 1982) no caso do aço 1045, o numero 10 tem o significado simplesmente do carbono, outros exemplos são os da família 11, que são aços de fácil usinagem com alto teor de enxofre, ou aços 40 que apresentam 0,25% de molibdênio em média.

A princípio as propriedades mecânicas são afetadas pelos seguintes aspectos: a composição química e a microestrutura, limite de escoamento, o limite da resistência á tração e a dureza “... o elemento predominante é carbono que, à medida que aumenta, melhora as propriedades relativas à resistência mecânica”. (V Chiaverini 1982). Em contrapartida, tende a piorar a ductilidade e a tenacidade.

“Microestrutura - Está é inicialmente afetada pela composição química. Pois os constituintes presentes são ferrita, perlita e cementita, combinados de acordo com o tipo do aço, eutetóide, hipereutetóide, hipoeutetóide”. (V. Chiaverini. 1982).

Entretanto a microestrutura das ações é influenciada também pelos seguintes fatores: Estado ou condição do aço, sob o ponto de vista de fabricação, se fundido, trabalhado a quente (laminado, forjado) ou trabalhado a frio, tamanho de grão austenítico, velocidade de resfriamento.

No estado encruado os efeitos mais importantes dão os seguintes: Aumento da resistência mecânica; aumento da dureza; diminuição da ductilidade representada por um decréscimo de alongamento a estrição. (V Chiaverini 1982).

Em seu estado fundido o aço apresenta uma grosseira granulação, do tipo dentritico, pelo fato da austenita se formar a partir de altas temperaturas e o esfriamento do interior dos moldes é muito lento. (V Chiaverini 1982).

## **2.5 Ferramentas de corte**

A usinagem consiste na remoção de cavaco, para realizar essa operação utilizam-se alguns tipos de ferramentas de corte que possuem formatos variados. Os elementos em sua composição geralmente são mais duros que os materiais que serão usinados com a mesma.

É vasta a diversidade dos materiais para ferramentas e é notório que as mesmas vêm evoluindo ao longo dos anos devido ao surgimento de materiais mais duros para usinar. Entretanto (Machado, Abrão, Coelho, Silva

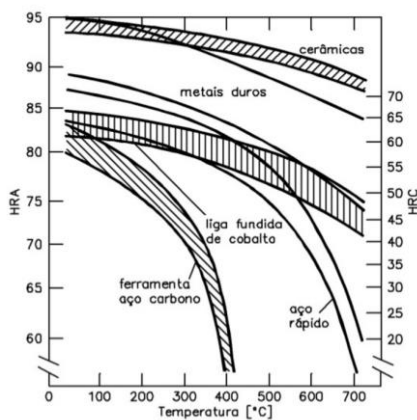
2011) apresentam alguns materiais que se fabricam para as ferramentas de corte (Aços- Carbono, aços ligados, aços rápidos, aços rápidos revestidos, aço rápido produzido pela metalurgia do pó, ligas fundidas, cermets, cerâmica a base de  $Al_2O_3$ , Diamante e nitreto cúbico de coró, metal duro e metal duro revestido).

A escolha da ferramenta de corte é feita segundo da seguinte maneira:

Sendo a dureza a primeira propriedade importante para uma ferramenta de corte, Nota-se que até mesmo o metal duro e as cerâmicas têm suas propriedades reduzidas pela temperatura. Isso garante a aplicação dessas ferramentas sem condições de corte bem mais severas que as que podem se submeter os aços rápidos. (Machado, Abrão, Coelho, Silva 2011).

A figura 2 apresenta um diagrama que demonstra a variação de dureza de alguns materiais de ferramentas de corte em relação à temperatura.

Figura 4 - Variação de dureza de alguns materiais de ferramentas de corte.



Fonte: Komanduri, 2007.

Portanto seguindo os conceitos dos autores supramencionados a variedade de ferramentas de corte disponível no mercado cresceu bastante, ocasionando a necessidade de conhecer o processo que se utilizará a ferramenta para selecionar a que melhor se enquadra com as necessidades da usinagem.

## 2.6 Revestimento

Os revestimentos ou coberturas sobre as ferramentas de corte como brocas, fresas, alargadores e escariadores, servem para fortalecer a aresta de corte aumentando a resistência de desgaste, isolamento térmico, lubricidade e resistência a ataque químico.

O revestimento de ferramentas de metal duro ganhou uma importância muito grande, pois tal revestimento pode garantir um desempenho bem superior á ferramenta sem revestimento na usinagem de materiais ferrosos, sendo estes os materiais mais utilizados na indústria mecânica. (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA 2012).

Os autores (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA. 2012) apontam que dentre todos os materiais revestidos nas indústrias, os revestidos são os mais rentáveis, pelo fato de aperfeiçoar o trabalho, pelo fato de poder ser submetido á diversas técnicas de revestimento, o que gera um custo mais acessível os investidores.

Os revestimentos podem ser aplicados a partir de substratos de qualquer classe de metal duro. Ao contrario de ferramentas de aço revestidos que utilizam apenas o processo PVD (Disposição física de vapor), os metais duros podem receber tanto este mesmo processo quanto o processo CVD (Deposição química de vapor), demonstrando a diferença entre eles no quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Comparação de ferramentas revestidas pelos processos CVD e PVD.

	CVD – Deposição química de vapor	PVD – Deposição física de vapor
Temperatura de revestimento	Aproximadamente 1000°C	Aproximadamente 500°C
Tenacidade	Reduzida	Não e afetada
Aresta de corte	Arredondamento requerido	Pode ser quina viva
Espessura do revestimento	Até 12 µm	Até 4 µm
Camadas	Multicamadas TiC – TiN, TiN – TiCN – TiN, TiC - Al <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TiN, TiCN, TiAl

Principais aplicações	Torneamento e mandrilamento	Fresamento, roscamento e furação.
Vantagens	<p>Maior resistência ao desgaste</p> <p>Maior resistência a craterização</p> <p>Grande vida da ferramenta</p>	<p>Substitui ferramentas sem revestimento: com mesma tenacidade, mesma configuração de aresta e mesma precisão.</p> <p>Reduz APC</p> <p>Maior vida da ferramenta</p>

Fonte: Machado Abrão Coelho Silva, 2012.

Por este fato, a utilização de altas temperaturas não acarreta em problemas ou alterações metalúrgicas para o metal duro. Segundo os conceitos dos autores (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA. 2012) outra variável na seleção de uma ferramenta de metal duro revestido é o número de camadas existentes, visto que, este revestimento pode ser apresentado em uma única camada de TIC, ou da maneira mais comum em um triplo revestimento (TIC, TICN e TIN).

Segundo os autores cada camada apresenta sua função específica e sua associação permite que o material apresente todas as vantagens possíveis de se obter através da técnica utilizada. "Normalmente, o TIC ou o TICN são revestimentos muito utilizados como a primeira camada, pois garantem uma coesão muito boa com o substrato" (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA. 2012) Além disso, o TIC é um dos revestimentos mais duros já utilizados e que garantem maior resistência ao desgaste.

Outro revestimento bem empregado nas ferramentas de metal duro é o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que apresenta inúmeras vantagens, dentre elas podemos destacar a inércia química e a dureza, portanto mais resistente ao desgaste.

Outra característica positiva do mesmo citado pelos autores é a redução de sua condutividade térmica, ou seja, tende a garantir uma barreira térmica para a superfície da ferramenta. (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA. 2012).

Salienta-se que no revestimento, ao contrário do substrato, quanto menor a condutividade térmica, melhor, pois menor será a quantidade de calor que chegará ao substrato. Já para o substrato, quanto maior a condutividade térmica, melhor, pois o calor que chega será mais rapidamente disparado. (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA. 2012).

(MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA. 2012) Apontam que nos dias atuais podemos encontrar no mercado ferramentas de metal duro com revestimento em diamante policristalino (PCD) conseguidas através do processo CVD. Neste caso a camada de revestimento é única e sua espessura é maior que a normal. São aplicados esses revestimentos em arestas com ângulo de saída positivo para desbaste dos materiais ferrosos. Dentre eles pode-se citar o alumínio, plásticos e compósitos.

A figura 5 demonstra a ferramenta, máquina e o material na realização do processo.

Figura 5 – Ferramenta Posicionada para Usinagem.



Fonte: Autor.

### 3 METODOLOGIA

A realização do experimento foi baseada na produção de uma empresa de usinagem que necessitava atender seu cliente, realizava-se a fabricação de peças em aço 1045, utilizando um torno CNC de alto desempenho, com processo e ferramental definidos.

A fabricação utilizava um processo de furação com uma broca de metal duro sem revestimento, obtendo certo rendimento dessa ferramenta durante o trabalho. Com a necessidade de melhoria contínua devida alta concorrência no mercado, notou-se a oportunidade de melhorar o rendimento dessa ferramenta através de um revestimento.

Ao executar a fabricação das peças, iniciou-se uma avaliação do processo de furação durante a usinagem, medindo o rendimento através de lotes diferentes de peças. O método adotado na execução dos testes foi o

mesmo para os dois tipos de brocas (com e sem revestimento), acompanhando e utilizando o documento para anotar os resultados obtidos.

### 3.1 Materiais

Os materiais utilizados no decorrer do teste experimental foram: corpo de prova, ferramenta de corte utilizada, máquina-ferramenta, instrumentos de medição, parâmetros de usinagem, revestimento de ferramenta e documentos de registro.

#### 3.1.1 Corpo de Prova

Para fabricação do corpo de prova utilizado no experimento demonstrado na figura 4, o material disponível foi de forma cilíndrica cujo diâmetro era de 34,925 milímetros (1.3/8 polegadas).

Figura 6 - Corpo de prova usinado.



Fonte: Autor.

O material foi furado no comprimento de 45 milímetros com uma broca de 12.5 milímetros de diâmetro.

No Quadro 2, é mostrado a composição química do aço ABNT 1045 utilizado:

Quadro 2 – Composição Química aço ABNT 1045.

Elemento	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo	Ni (%)	S (%)	P (%)
Teor	0,45	0,20	0,67	0,07	XX	0,04	0,02 0	0,01 7

Fonte: Chiaverini, 1982.

Os dados disponíveis no quadro 2 são de suma importância no momento de definir parâmetros de corte para realizar o processo.

### 3.1.2. Máquina – Ferramenta

Para realização da furação CNC, foi utilizado o Torno CNC Romi GL350B (Figura 8), esta possui as seguintes características:

- Potência do motor principal: 4020 CV (cavalo vapor);
- Faixa de velocidades: 6 a 6.000 RPM (rotação por minuto);
- Avanço Rápido Longitudinal: 30 (milímetros por segundo);
- Avanço Rápido Transversal: 30 (milímetros por segundo);
- Comando CNC: Fanuc;
- Número de ferramentas: 12;

Figura 5 - Torno CNC Romi GL 350B.



Fonte: Autor.

Essas características técnicas da máquina foram obtidas junto ao site do fabricante.

### 3.1.3. Ferramenta de Corte

Para realização do experimento utilizou-se brocas de metal duro com e sem revestimento (Figura 6 e 7 respectivamente).

Figura 6 - Broca com revestimento utilizada.



Fonte: Autor.

Figura 7 - Broca sem revestimento utilizada.



Fonte: Autor.

Para realizar a furação foi utilizada a broca de MD (metal duro), este que possui as seguintes características:

- Fabricante: Guhring;
- Descrição do fabricante: Broca MD serie 5510 alta penetração;
- Ângulo de ponta: 140°;
- Velocidade de Corte ( $V_c$ ): 80 - 100 m/min (metros por minuto);
- Avanço de corte: 0.15 – 0.20 mm/vol (milímetros por volta);

Essas informações foram obtidas no catálogo no site do fabricante de ferramentas.

#### 3.1.4. Revestimento Hélica.

Utilizamos na realização do processo, a cobertura BALANIT HÉLICA, que possui as seguintes propriedades:

Quadro 3 - Propriedades do revestimento.

Material do revestimento	AlCrN-based
Micro-dureza (HV 0.05)	3.000
Coefficiente de atrito no aço (seco)	0,25
Temperatura máxima de serviço (°C)	1.100
Cor do revestimento	Cobre

Fonte: Oerlikon Balzers.

Esse revestimento é indicado para processo de furação, proporcionando maior resistência à abrasão, uma menor tendência à adesão (aresta postiça), grande tenacidade e baixa rugosidade de sua superfície, permitindo aumentar claramente o rendimento da operação de furação.

### 3.1.5 Parâmetros de Corte

Os parâmetros de corte foram obtidos por meio do conhecimento do tipo de material e também pelos dados fornecidos pelo fabricante da ferramenta de furação e são apresentados a seguir:

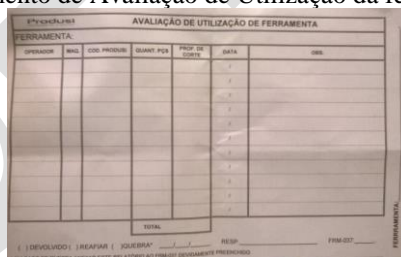
- Velocidade de Corte utilizada: 86 m/min;
- Avanço utilizado: 0,17 mm/vol;
- Profundidade de corte: 45 milímetros.

A profundidade de corte foi definida de acordo com o raio de ponta da ferramenta, assim a profundidade supera o valor do raio de ponta possibilitando a posterior análise.

### 3.1.6 Documento de Medição do Rendimento da Ferramenta.

Neste trabalho o documento de medição utilizado esta descrito a seguir na figura 8.

Figura 8 - Documento de Avaliação de Utilização da ferramenta.



O formulário, intitulado 'AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTA', contém uma tabela com as seguintes colunas: OPERADOR, MARCA, CÓDIGO PRODUTOR, QUANTIDADE DE PEÇAS, PROFUNDIDADE DE CORTE, DATA e OBS. A tabela possui 10 linhas para registro de dados. Abaixo da tabela, há campos para 'TITULO' e 'FECHAMENTO'. No rodapé, há informações de contato: 'DESENVOLVIDO POR: LIGAPAR | SOLUBRA' e 'FECHAMENTO: FFM-027'. O formulário também possui uma borda decorativa com o nome 'FERRAMENTA' repetido.

Fonte: Autor.

A figura 8 mostra o documento utilizado para medir a utilização da ferramenta e calcular seu rendimento por metro, onde são anotadas a quantidade de peças e a profundidade de corte que são essenciais para a execução dos cálculos.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os testes realizados e acompanhados nos mostram que a ferramenta com cobertura em sua área de contato com a peça rendeu praticamente o dobro de peças em relação à broca sem cobertura, demonstrados a partir da figura 9.

Figura 9 - Avaliação da Broca com Revestimento.

AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTA						
FERRAMENTA						
OPERADOR	MAQ.	COD. PROGRAM.	QUANT. PEÇAS	PROF. DE CORTE	DATA	REMARKS
001	X	LOTE 1	825	45mm	25.05	BROCA COM COBERTURA
002	X	LOTE 2	917	45mm	03.06	"
003	X	LOTE 3	868	45mm	09.06	"
Número de Peças						
Profundidade de Corte						
$825 \times 45 = 37.12$						
METROS						
$917 \times 45 = 41.26$ //						
$868 \times 45 = 39.06$ //						
TOTAL						

FERRAMENTA: BROCA METAL DADO Ø12.5 mm

Fonte: Autor.

A figura 9 demonstra o método de análise do desgaste, junto com o método de cálculo de seu rendimento, onde se multiplica a quantidade de peças fabricadas pela profundidade de corte, o resultado desta multiplicação é a utilização da ferramenta em metros, utilizando a mesma forma para a figura 11 adiante. A figura 10 mostra a ferramenta ao final do primeiro experimento.

Figura 10 - Broca Revestida Utilizada no Primeiro Lote.



Fonte: Autor.

A figura 10 demonstra visualmente o desgaste da broca com revestimento utilizada no lote 1, com rendimento de 825 peças e um total de

37,12 metros. A figura 11 mostra o rendimento da ferramenta sem revestimento.

Figura 11 - Avaliação da Broca sem Revestimento.

AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTA						
FERRAMENTA						
OPERADOR	MAQ.	DIAM. PRECISO	QUANT. P/CA	TIPO DE COBRE	DATA	USO
001	x	LOTE 3	789	45 mm	25/05	BROCA SEM COBERTURA
002	x	LOTE 2	403	45 mm	03/06	"
003	x	LOTE 9	373	45 mm	09/06	"
					NÚMERO DE PEÇAS	
					x	
					PROFUNDIDADE DE COBRE	
					384 x 45 = 17,28 metros	
					403 x 45 = 18,13 "	
					373 x 45 = 16,78 "	
TOTAL						

FERRAMENTA: BROCA METAL DADO Ø12,5mm

Fonte: Autor.

Na figura 11 acima, apresenta-se uma grande diferença em quantidade de peças feitas com apenas uma ferramenta, analisando os benefícios que esta melhoria proporciona. A figura 12 mostra a ferramenta ao final do primeiro experimento.

Figura 12 - Broca sem Revestimento Utilizada no Primeiro Lote.



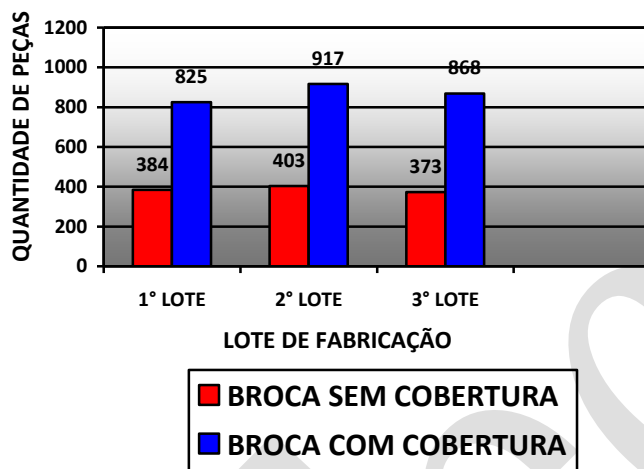
Fonte: Autor.

Na figura 12, a broca sem revestimento visualmente apresenta o mesmo desgaste que a broca com revestimento, porém com um número bem menor de peças fabricadas.

Tirando a média de peças fabricadas em três lotes, temos o resultado de 870 peças por broca com revestimento, e 387 peças por broca sem revestimento totalizando 483 peças a mais com este conceito de melhoria.

No gráfico 1 obtemos um ilustrativo representando a diferença de rendimento:

Gráfico 1 – Rendimento de ferramenta Quantidade de peças x Lote de fabricação.



Fonte: Autor.

Após concluir-se a análise de rendimento destacando no gráfico 1 as diferenças de rendimento, o próximo passo é demonstrar esses números convertidos em custos que a empresa reduziu na implantação da melhoria proposta.

Utilizando aproximadamente a média de peças que a ferramenta executou a furação (400 peças sem revestimento e 800 peças com revestimento) e a produção da empresa mensal (em torno de 5000 mil peças), constatou se que houve redução no custo, demonstrado no quadro 4 abaixo:

Quadro 4 - Comparação de custos de reafiação com x sem revestimento.

Lote de 5000 Peças.		
	Ferramenta com Revestimento	Ferramenta sem Revestimento
Número de Ferramentas Utilizadas no Lote	7	13
Custo de Reafiação	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Custo do Revestimento	R\$ 15,00	R\$ 00,00
Custo Total	R\$385,00	R\$520,00

Fonte: Autor.

Comparando e calculando os resultados obtidos e demonstrado no quadro 4, verifica-se que executar o revestimento nas ferramentas proporciona uma economia, diminuindo os custos totais obtendo redução do valor líquido.

Levando em conta também a troca de ferramenta, que leva em torno de 10 minutos, verifica-se a redução de tempo e custo, onde a hora máquina possui um valor médio de R\$100,00, demonstrado no quadro 5 abaixo:

Quadro 5 – Comparação de redução de custo com a troca de ferramenta.

Lote de 5000 Peças.		
	Ferramenta com Revestimento	Ferramenta sem Revestimento
Número de Ferramentas Utilizadas no Lote	7	13
Tempo de Troca de Ferramenta	10 minutos	10 minutos
Custo de Hora Máquina	R\$100,00	R\$ 100,00
Custo Total	R\$110,00	R\$210,00

Fonte: Autor.

Os dados do quadro 5 acima demonstram uma diminuição de tempo na troca da ferramenta durante o lote, conseqüentemente acelerando a produção.

## 5 Considerações Finais

Conforme análise e testes verifica-se que o revestimento de ferramentas proporciona um aumento em seu rendimento, conseqüentemente produzindo mais peças sem a necessidade de parada da produção, diminuindo o ciclo de fabricação e melhorando custo benefício para a troca da mesma dependendo da quantidade do lote.

A partir da constatação do aumento do rendimento da ferramenta, pode-se planejar a produção com uma maior eficiência, devida maior aproveitamento da ferramenta para a realização do serviço e o custo benefício que apresenta ainda mais vantagem no momento em que a ferramenta necessita de reafiação.

Como a reafiação de ferramenta é terceirizada e tem um determinado custo, a partir do momento que a empresa praticamente duplicou o rendimento de sua ferramenta e conseqüentemente aumentou a sua

produtividade com redução do número de afiações, gerou uma economia em seu processo.

Conclui-se com este trabalho que surtiu efeito reduzindo o número de afiações, a partir de um lote experimental de 5000 peças, constatou-se a redução de 13 ferramentas para 7 gerando uma economia com o custo do processo de usinagem.

O custo reduzido total para um lote de 5000 peças produzidas foi de R\$235,00 sendo (R\$135,00 de reafiações e R\$100,00 de hora máquina devido à redução do set up), ou seja, com a troca da broca sem revestimento para a revestida obteve-se uma forma de avanço tecnológico, garantindo o desempenho necessário para se adequarem às necessidades crescentes das tecnologias atuais de fabricação proporcionando uma melhora do processo sem a necessidade de investimento, melhorando a qualidade e reduzindo os gastos da instituição.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Como sugestões para pesquisas futuras:

- Experimentos em materiais mais duros, com maior porcentagem de carbono em sua composição.
- Investigar aplicação do revestimento em fresas.

## REFERÊNCIAS

CHIAVERINI, V. ABM- Associação Brasileira de Materiais. São Paulo, 1982.

DEGARMO, E.P.; BLACK, J.J KOSHER, R. A. Materials and Process in Manufacturing. Prentice Hall, 1997.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. Tecnologia da Usinagem dos Materiais, São Paulo, 2013.

FERRARESI, Dino. Fundamentos da Usinagem dos Metais. São Paulo, 2012.

FITZPATRICK, Michael. Introdução aos Processos de Usinagem. Porto Alegre, 2013.

Guhring. Ferramentas. Disponível em: <http://www.guhring.com.br/produtos/furacao/brocas-de-metal-duro>. Acesso em 29 de Março. 2016

Indústrias Romi. Máquinas. Disponível em: <http://www.romi.com/produtos/linha-romi-gl/>. Acesso em 24 de Março. 2016.

LEATHAN, B.J. Introduction to Computer Numerical Control London. London: Pitman, 1986.

MACHADO, Alisson Rocha; ABRÃO, Alexandre Mendes; COELHO, Reginaldo Teixeira; SILVA, Márcio Bacci. Teoria da Usinagem dos Materiais. São Paulo, 2011.

Marmetini. M. M.; Beltrão. P. A. C. Análise comparativa do desempenho de brocas helicoidais revestidas com TIALN e ALCR na furação do aço SAE 4144 beneficiado. Disponível em: <http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/cobef/2007/files/012008178.pdf>. 2007. Artigo.

Oerlikon Balzers. Ferramentas. Disponível em: <http://www.oerlikonbalzerscoating.com/bbr/por/02-applications/03-cutt.php>. Acesso em 20 de março. 2016.

Rosa, S. N. Avaliação da superfície modificada de brocas de metal duro revestidas pelo processo de deposição física de vapor. Disponível em: <http://unicamp.sibi.usp.br/handle/SBURI/15931>. 2013. Artigo.

SLACK, N; CHAMBERS. S; HARLAND, C HARRISON, A JOSHSTON, R Administração da Produção. São Paulo: 1997.

Workfer Ferramentas. Disponível em: <http://www.workfer.com.br/brocas-de-metal-duro.asp>. Acesso em 22 de março. 2016.