

# COMPARAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS INTERCAMBIÁVEIS DE METAL DURO NO CORTE DO AÇO COM ÊNFASE NA GEOMETRIA DA FERRAMENTA.

Alexandre Freitas Rubel<sup>1</sup>  
Thiago Castro Bezerra<sup>2</sup>  
Fabio de Sousa Santos<sup>3</sup>  
Ayres Siqueira Silva<sup>4</sup>  
Jessica Hipolito de Vasconcelos<sup>5</sup>

## RESUMO

Dentre os processos de fabricação, a usinagem desempenha um papel um tanto quanto relevante, assim, é muito importante compreender os fenômenos associados à usinagem em relação a geometria das ferramentas de metal duro com a utilização de dois suportes intercambiáveis. Este trabalho tem como objetivo realizar um comparativo de dados coletados por pesquisa teórica e a verificação dos parâmetros de usinagem que possam ser validados, gerando eficiência, nesse sentido a análise da influência da geometria de corte em relação a formação de cavaco seguindo alguns parâmetros dentro do recomendado pelo fabricante, bem como a análise da força de corte, análise das superfícies de saída e de folga das pastilhas após a usinagem experimental, é necessária. Para tanto, é necessário também, obter e analisar informações sobre as peças, dados dos quais serão úteis para a comparação das ferramentas, tais como a força de corte, a geometria e a vida útil das peças. A pesquisa tem como método a análise dos resultados obtidos por meio de pesquisa quantitativa da formação de cavaco e desgaste da ferramenta. Desta forma, busca-se concluir se a geometria das pastilhas e suportes interferem de forma significativa na usinagem em conjunto com o avanço, velocidade de corte e profundidade de corte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Usinagem, geometria de corte, parâmetros de corte, cavaco.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, a eficiência tornou-se uma das maiores preocupações da área da usinagem, uma vez que, a maior qualidade da peça, a velocidade de corte e o elevado nível de precisão reduzem os processos e por consequência eleva a produção reduzindo gastos. Assim, o investimento em ferramentas de metal duro pode trazer a eficiência desejada, entretanto, ainda se faz necessário a análise a fundo

---

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Campo Real.

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Mecânica e Mestre em Engenharia Mecânica e de materiais. Professor no Centro Universitário do Campo Real.

<sup>3</sup> Graduado em Engenharia Mecânica e Mestre em Engenharia Mecânica. Professor no Centro Universitário do Campo Real.

<sup>4</sup> Graduado em Engenharia Mecânica e Mestre em Engenharia Mecânica. Professor no Centro Universitário do Campo Real.

<sup>5</sup> Graduada em Engenharia Mecânica e Mestre em Engenharia Mecânica. Professora no Centro Universitário do Campo Real.

sobre as vantagens quanto a sua forma, analisando então a velocidade de corte, a sua eficiência e diferenciando os modelos de ferramentas, através de análise prática.

Desta forma, uma vez que é a base do tema em questão, a usinagem nada mais é do que a transformação da matéria prima bruta, através de ferramentas manuais ou máquinas. Desse modo, para que esse processo ocorra é necessário a observação das ferramentas utilizadas, a utilização de ferramentas de metal duro, também conhecido como *Widias*, são obtidas a partir de carbeto de metais refratários, com tungstênio, molibdênio, titânio, nióbio, tântalo e cromo (MONFERRATO, 2021).

O uso incorreto, a desparametrização ou aplicações inadequadas das ferramentas podem trazer diversos riscos. A busca por uma melhor eficiência, levando as ferramentas ao seu ponto máximo é um dos riscos assumidos, pois as ferramentas são dimensionadas para trabalhar um pouco abaixo da sua capacidade, isso para que sua vida útil possa ser aumentada, enfatizando então a importância de seguir os parâmetros estabelecidos pelos fabricantes das máquinas, das ferramentas e até mesmo da matéria prima.

Ou seja, antes de qualquer operação devem ser analisados os tipos de materiais e de ferramentas, determinando então os parâmetros de usinagem, que se resumem na velocidade de corte e no avanço (DOCENTE/PROCESSOS FABRICAÇÃO, 2021). Diminuindo assim os erros que podem causar falhas e que comprometem a produção.

Assim, chegamos a uma dúvida: Como se usinar um material cuja dureza é igual ou até mesmo superior ao aço rápido? Surge então o metal duro, sua dureza quase equivalente ao diamante é capaz de realizar qualquer tipo de usinagem em diferentes tipos de materiais, sendo eles de baixa ou alta dureza, com uma eficiência excelente e alta velocidade de corte, como por exemplo o aço 1020. Pois quando se utiliza o metal duro, pode-se usar uma velocidade de corte seis vezes maior do que a velocidade em relação ao aço rápido. (USINAGEM BRASIL, 2021). Nessa linha, tendo em vista que existem diversos tipos de pastilhas (atualmente, no ano de 2021 o custo de cada pastilha modelo TNMG 160404 Pc8110 Korloy gira em torno de R\$25,00 a R\$30,00) (SEVENTOOLS FERRAMENTAS, 2021) e diferentes geometrias, busca-se estudar quais os efeitos de certa pastilha em determinado material usinado em relação a velocidade de avanço e as vantagens do uso de líquido de refrigeração diretamente na pastilha ou na peça.

No estudo dessas ferramentas busca-se agregar um conhecimento real e prático, realizando diferentes testes em diversas peças, utilizando velocidades e materiais. Pois, ao se falar em uma empresa com seis tornos trabalhando nove horas diárias, tem um gasto significativo de pastilhas, uma vez que se utilizadas de forma incorreta tem sua vida útil comprometida, gerando um maior consumo e prejuízo a empresa, além de que a utilização incorreta de uma pastilha com geometria não aplicável a determinado material, reduz a eficiência da produção e acabamento das peças. Dessa forma, pensando na comunidade em si, seja ela consumidor ou não, busca-se um aperfeiçoamento, e uma maior qualidade no produto entregue a eles, e para isso, além de necessário, é importante um estudo aprofundado que gere benefícios a todos aqueles que precisam de tais informações.

Assim, ao ser realizada uma pesquisa de campo em uma tornearia, com o intuito de aprofundar e coletar dados que possam ajudar a empresa a aumentar a qualidade das peças, em conjunto com a economia na compra de pastilhas com geometrias adequadas para determinados materiais, padronizar as velocidades de cortes e avanço para cada tipo de pastilha intercambiável com relação ao material utilizado, o comparativo mostrará resultados. E em conjunto com artigos relacionados ao tema, tabelas de velocidade de corte e avanço, busca-se realizar uma pesquisa quantitativa com base nos dados coletados com o auxílio de alguns processos de usinagem levando em conta os seus principais parâmetros.

Portanto, o presente trabalho consiste em fazer um comparativo de dados técnicos coletados por pesquisa teórica entre a verificação de parâmetros de usinagem, que possam ser ou não validados na pesquisa de campo tendo eficiência ou não. Fazendo então, uma comparação entre os dados da referência com os dados dos ensaios realizados, e por meio de uma pesquisa quantitativa trazer uma amostra que possa servir de referência a outros, e ainda, trazer um melhor aproveitamento das ferramentas “pastilhas” na empresa onde serão realizados os ensaios, determinando então a comparação entre ferramentas intercambiáveis de metal duro no corte do aço com ênfase na geometria da ferramenta.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 AÇO RÁPIDO**

As primeiras ferramentas de aço rápido foram desenvolvidas em 1898 com o engenheiro mecânico norte americano *Frederick Taylor*, em conjunto com *Maunsel White*, essas ferramentas suportam até 550°C e uma velocidade de corte maior que um aço não tratado, sendo uma evolução para a época. (HEAVY DUTY, 2016).

O aço rápido é formado pela combinação de alguns materiais, tungstênio (7%), vanádio, molibdênio, e mais 0,60% de carbono na sua composição. Esse aço também pode ser conhecido como HSS, uma sigla que em inglês que significa *high speed steel* que traduzida para o português, quer dizer aço de alta velocidade. Nos dias atuais, a empresa *Villaresmetals* produz diversos tipos de aço rápido, como por exemplo, VWM2, VIMAC3V, VWM7, VK5E e VKM42. O VIMAC3V é um aço rápido que contém um teor de vanádio elevado, o que traz a ferramenta aumento da resistência ao desgaste, muito utilizada ferramentas como machos, onde elas são submetidas a várias repetições e que não podem sofrer deformação da sua forma original (VILARES METALS, 2021).

O aço rápido ainda é muito utilizado em ferramentas de usinagem, sejam elas de torno, fresa, plaina e ferramentas manuais, mesmo com o desenvolvimento do metal duro, esse tipo de material ferramenta não deixou de ter sua importância na usinagem.

## 2.2 METAL DURO

Mas, só 27 anos após o desenvolvimento do aço rápido o alemão *Karl Schroeter* em conjunto com a empresa OSRAM LICHT desenvolveram uma pesquisa sobre um novo material ferramenta, sua liga consistia em 81% de tungstênio, 6% de carbono e 13% de cobalto. Assim, devido à alta temperatura de fusão do tungstênio, foi utilizado carboneto, obtido através do processo de metalurgia a pó. Sendo assim, surgiu então o metal duro, tendo suas propriedades de dureza e resistência equivalentes ao diamante, por isso o nome WIDIA que em alemão significa diamante. Sendo chamado no Brasil como Vidia, ou pastilha de vidia. (Usinagem Valim, Diego Batista pág. 69).

Essa fórmula foi patenteada por *Karl Schroter* e *Heinrich Baumhauer*, oferecendo a empresas de mineração, construção civil e usinagem de metais. Por se tratar de uma liga de alta dureza e elevada temperatura de fusão, superando assim o aço rápido, o qual resistia até os 550°C, enquanto o metal duro alcançou até 700°C

em trabalho. Trazendo assim uma melhora bem significativa para usinagem de materiais com teor de dureza elevado como os aços temperados ou aços forjados.

Com o passar do tempo o metal duro foi dividido em classes, com diferentes composições e aplicabilidades distintas. Segundo a classificação ABNT ISO 513 (2013) as pastilhas são divididas em 6 categorias, sendo elas, K, P, M, N, H, e S. (ABNT ISO 513 (2013) versão corrigida 2015).

Tabela 1 - Classes do Metal duro para usinagem e suas recomendações de trabalho

<b>CÓDIGO</b>	<b>APLICAÇÃO</b>	<b>APLICAÇÕES – FERRAMENTAS DE CORTE EM GERAL</b>
K VERMELHO	K01, K05, K10, K20, K25, K30, K35 e K40.	Usinagem de ligas ferrosas, ferro fundido cinzento, nodular e maleável com cavacos curtos e dúcteis (cavaco contínuo).
P AZUL	P01, P05, P10, P20, P25, P30, P35, P40, P45 e P50	Usinagem de metais e ligas ferrosos de cavacos tanto longos como curtos, exceto o aço inoxidável austenítico.
M AMARELA	M01, M05, M10, M20, M25, M30, M35 e M40	Usinagem de ligas ferrosas. Ex.: aços inoxidáveis que apresentam cavacos curtos (cavaco de ruptura) e materiais não metálicos.
N VERDE	N01, N05, N10, N20, N25 e N30.	Usinagem de metais e ligas alumínio, ligas não ferrosas e não metálicos.
H CINZA	H01, H05, H10, H20, H25 e H30.	Usinagem de metais e ligas com alta dureza, como aço temperado, aço fundido temperado e aço fundido.
S MARROM	S01, S05, S10, S20, S25 e S30.	Usinagem de metais Ti e suas ligas, ligas especiais resistentes a altas temperaturas, a base de Fe, Ni e Co.

Fonte: ABNT 513 (2013) versão corrigida 2015.

A tabela 1 tem como objetivo principal a classificação e aplicação de metais duros para a usinagem com arestas de corte definidas. Essas classes servem para

facilitar a escolha da pastilha em relação ao material que será usinado seguindo normas ABNT. (ABNT ISO 513 (2013)).

### 2.3 GEOMETRIA

A influência da geometria nas ferramentas de metal duro em relação ao corte e velocidades de avanço, tem ligação direta na formação de cavaco, fator importante na vida útil da ferramenta. (IPEN BR BIBLIOTECA, 2000). Dessa forma, os principais fatores que influenciam diretamente a geometria das ferramentas são (SCIELO BRASIL, 2015):

- Ângulo de cunha ou ângulo de gume: Quanto menor o ângulo de cunha mais facilmente a pastilha corta “cisalha” o material, mais importante também destacar que menor ângulo de cunha gera um calor mais localizado ocasionando a queima da ponta da ferramenta quando submetida a alta pressão de corte.
- Ângulo de folga da ferramenta: Ele quem determina a folga entre a pastilha e a peça a ser usinada, também chamado ângulo de incidência ferramenta.
- Ângulo de saída: É um ângulo de aresta que seu trabalho e expulsar o cavaco e tem grande efeito no esforço de corte.

Pode-se observar na figura acima que alguns ângulos, como o ângulo de incidência, não são apenas na ferramenta, nem apenas na pastilha, mas eles são um conjunto, o mesmo acontece com o ângulo de cunha também. A geometria sempre depende da pastilha e do suporte utilizados na usinagem.

### 2.4 FORMAÇÃO DE CAVACO

Outro fator que é de grande importância, é o formato da face da ferramenta, o qual é chamado de “quebra-cavaco”, tendo como principal função, a de reduzir o tamanho do cavaco ao longo da usinagem, e como principal objetivo, o de expulsar o cavaco para evitar travamentos se enrolados na peça. Toda a energia mecânica gerada para a formação do cavaco transforma-se em calor, diminuindo o contato do cavaco com a ferramenta, e a transferência de calor é reduzida. Mas, não é somente a geometria e o ângulo que influenciam na formação e na forma do cavaco, o avanço,

a velocidade de corte e o material também definem qual o tipo de cavaco que será formado.

Existem três principais tipos de cavaco, sendo eles (NEDERMAN, 2021; SUPERUSINAGEM, 2011):

- Cavaco contínuo: Quando se tem a ausência de quebra cavaco, gera um cavaco como um fio contínuo sem ruptura, ocupando um volume muito grande de espaço e trazendo riscos à segurança do operador da máquina.
- Cavaco lamelar: Trata-se de um cavaco que pode ser longo ou curto dependendo das geometrias, mas o que difere ele do contínuo é que seu formato é curvilíneo, o que melhora consideravelmente o volume que o cavaco gera.
- Cavaco arrancado ou cisalhado: Gerados a partir de materiais frágeis ou de baixa dureza, seu volume é bem reduzido, muitas vezes é formado devido a irregularidade do material.

## 2.5 FORÇA DE CORTE

Força de corte entende-se como uma pressão específica em determinada área, alguns fatores influenciam diretamente no cálculo, sendo eles: o tipo do material a ser usinado, os parâmetros pré estabelecidos e a seção “área”.

A equação básica da força de corte (conhecida como equação de Kienzle) consiste em calcular a pressão específica do corte em conjunto com a área que será usinada. Onde:  $K_s$  (N/mm<sup>2</sup>): pressão específica de corte,  $A$ : área da seção de corte,  $b$ : comprimento de corte,  $h$ : espessura de corte,  $a_p$ : profundidade de corte,  $f$ : avanço. Sendo  $K_{c_{1,1}}$  e  $1 - mc$  dados tabelados conforme material utilizado. A fórmula se dá por:  $F_c = K_c \cdot A$  e  $F_c = K_{C_{1,1}} \cdot B \cdot H^{1-mc}$ , na forma simplificada. (CIMM)

## 3 METODOLOGIA

A pesquisa se deu da seguinte forma, obtidos os resultados através da pesquisa quantitativa, os quais foram divididos em duas partes, sendo elas, a formação de cavaco e desgaste da ferramenta, os dois em relação a geometria da “pastilha”. Sendo utilizados dois tipos de insertos e dois tipos de suportes: pastilhas marca Korloy (código TNMA160404 classe K, TNMG 160404 HA classe M) e suportes

intercambiáveis modelos MT JNR TSB TOOLS E MTENN 2020 16. Com testes realizados em um torno mecânico (time máster modelo CDL 410) com potência de 5kw com rotação máxima de 1730 rpm, velocidades de corte e velocidades de avanço variáveis, conforme normas técnicas do material e seguindo especificações do fabricante das ferramentas.

Na formação de cavaco, identificou-se como a geometria da ferramenta se comporta em velocidades variáveis e com ângulo de cunha, incidência e ângulo de saída diferentes, diferenciando-os em tamanho e tipos de cavaco gerados a partir das velocidades de testes, e identificando os formatos e tamanhos que serão obtidos a partir das duas ferramentas e das pastilhas.

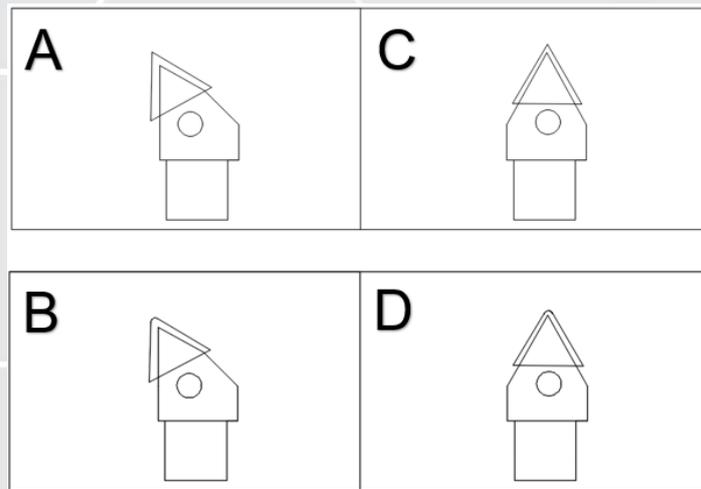
Após os testes da geometria em relação ao cavaco gerado, foi analisada a deformação superficial das pastilhas, levando em consideração o desgaste e a vida útil dela, examinando a superfície delas e a temperatura após corte. Tendo como comparativo direto as especificações do fabricante em relação ao material utilizado como corpo de prova, como por exemplo, a velocidade de corte e avanço com ou sem utilização de fluido refrigerante.

No corpo de prova foram utilizados dois materiais, o ferro fundido e o aço carbono 1020, materiais muito utilizados na fabricação de pistões hidráulicos.

Desse modo, as pastilhas e dos suportes utilizados foram:

Tabela 2 - descrição das pastilhas e dos suportes intercambiáveis

Denominação	Pastilha	Suporte
A	TNMG 160404 HA	MT JNR TSB TOOLS
B	TNMA 160404	MT JNR TSB TOOLS
C	TNMG 160404 HA	MTENN 2020 16
D	TNMA 160404	MTENN 2020 16



Fonte: Autor, 2021.

Em função dos diferentes formatos dos suportes, foi analisado o comportamento deles em relação às pastilhas utilizadas, estudados a força de corte, a formação de cavaco e a vida útil.

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise realizada foi feita com base nos seguintes itens, suas especificações e normas técnicas, conforme fabricante.

- TNMA160404 (pastilha): Triangular, neutra, utiliza-se dos dois lados, tolerância da pastilha, tipo de pastilha, 16 de tamanho da aresta, 04 de espessura, 04 de raio, classe K, usinagem de ligas ferrosas, ferro fundido com cavacos curtos (cavaco contínuo),  $A_p$ : (0.1mm – 5mm) profundidade de corte mínima e máxima,  $F_n$ : (0.27mm) avanço por rotação (mm/volta),  $V_c$ : (100-160) velocidade de corte (mm/m) iniciando em 130mm/m.
- TNMG 160404 HA (pastilha): Triangular, neutra, utiliza-se dos dois lados, tolerância da pastilha, tipo de pastilha, tamanho da aresta, 04 de espessura, 04 de raio, HA o tipo de quebra cavaco, Classe M, Usinagem de ligas ferrosas. Ex.: aços inoxidáveis que apresentam cavacos curtos (cavaco de ruptura) e materiais não metálicos,  $A_p$ : (0.8mm – 3,5mm) profundidade de corte mínima e máxima,  $F_n$ : (0.15mm) avanço por rotação (mm/volta),  $V_c$ : (90-210) velocidade de corte (mm/m) iniciando em 150mm/m.

- MT JNR TSB TOOLS (suporte): Suas características são: ângulo de folga 3° ângulo de saída 0, entrada da ferramenta nulo e saída de 30° entre a peça e a pastilha.
- MTENN 2020 16 (suporte): Suas características são: ângulo de folga 3° ângulo de saída 0, entrada da ferramenta 15° e saída de 15° entre a peça e a pastilha. O que diminuiu consideravelmente a força do corte.

#### 4.1 ANÁLISE DA FORÇA DE CORTE

A força de corte é aquela força que é aplicada sobre uma área a ser usinada, na usinagem por torneamento a fórmula se dá por:  $F_c = K_c \cdot A$ . Onde  **$F_c$**  é a força de corte em N,  **$K_c$**  é pressão específica dada em (N/mm<sup>2</sup>), e  **$A$**  é a área de torneamento em mm<sup>2</sup>. Podendo ser simplificada por:  $F_c = K_{c_{1,1}} \cdot B \cdot H^{1-mc}$ , sendo  $K_{c_{1,1}}$  e  $1 - mc$  dados que são determinados experimentalmente e tabelados.

Dados utilizados para o material aço 1020:

- $K_{c_{1,1}} = 1800$
- $1 - mc = 0,83$

Cálculo de força de corte utilizando os suportes MT JNR TSB TOOLS e MTENN

2020 16.

- $A_p = 1\text{mm}$ :

$$F_c = 1800 \cdot (1 \cdot \text{sen}(90) \cdot 0,87 \cdot \text{sen}(90))^{0,83}$$

$$F_c = 1603,17 \text{ N}$$

$$F_c = 1800 \cdot (1 \cdot \text{sen}(30) \cdot 0,87 \cdot \text{sen}(30))^{0,83}$$

$$F_c = 451,01 \text{ N}$$

- $A_p = 3\text{mm}$

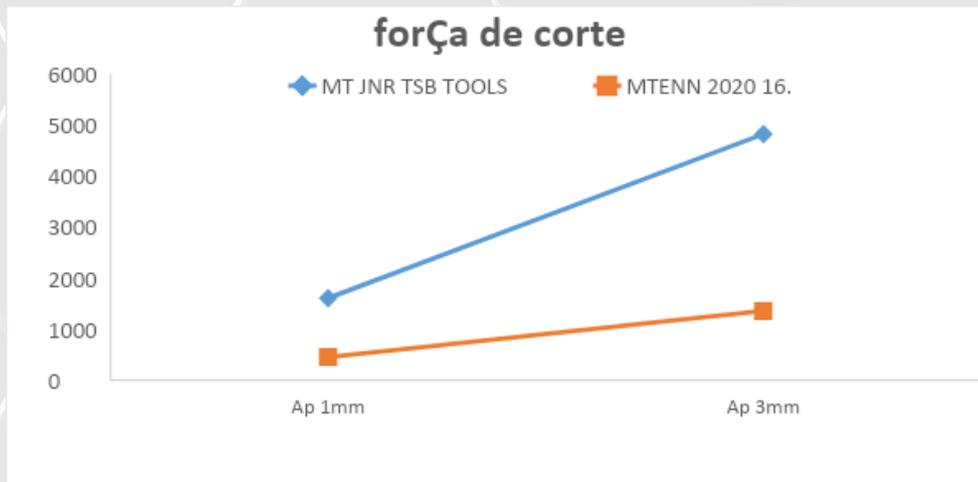
$$F_c = 1800 \cdot (3 \cdot \text{sen}(90) \cdot 0,87 \cdot \text{sen}(90))^{0,83}$$

$$F_c = 4810,55 \text{ N}$$

$$F_c = 1800 \cdot (3 \cdot \text{sen}(30) \cdot 0,87 \cdot \text{sen}(30))^{0,83}$$

$$F_c = 1353,03 \text{ N}$$

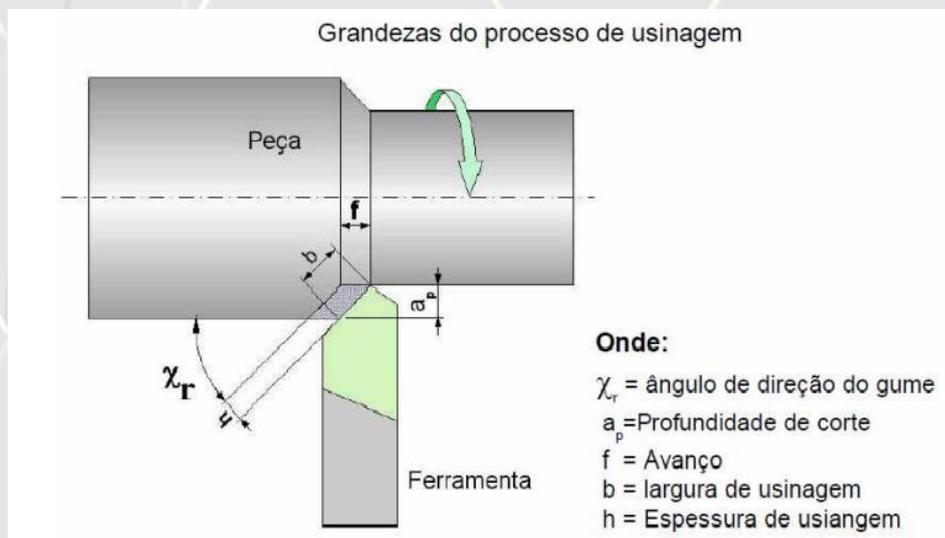
Gráfico 1 - Efeito principal da diferença de ângulos entre os suportes.



Fonte: Autor, 2021.

Com a confirmação dos cálculos de força de torneamento, pode se afirmar que o suporte MTENN tem uma força de corte inferior ao MT JNT, pelo motivo principal o ângulo de ataque da ferramenta com a peça a ser usinada. Figura 1 traz uma representação dos dados coletados para o cálculo.

Figura 1- força de corte na usinagem dados para calcular.



Fonte: CIMM, 2007.

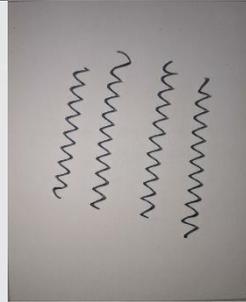
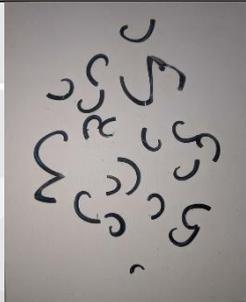
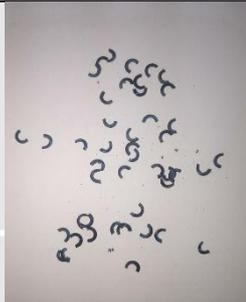
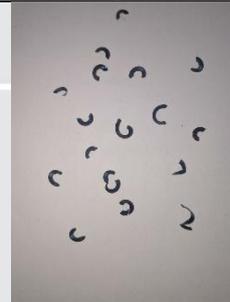
O ângulo de direção ou ângulo de ataque da ferramenta em relação a peça é um dos principais fatores do cálculo da força de corte, já que o  $Kc_{1.1}$  e  $1 - mc$  são constantes dos materiais que podem ser calculados.

#### 4.2 ANÁLISE DO CAVACO FORMADO

A tabela a seguir apresenta os cavacos gerados para os diferentes avanços, materiais, suportes e geometria de quebra-cavacos testados. Seguindo parâmetros dentro do que o fabricante indica e que a máquina consegue desenvolver. Reduzindo os corpos de prova que ambos tinham diâmetro de 50mm, sendo reduzidos a 40mm, sendo realizado entre 4 a 6 testes em cada corpo de prova, com comprimento variável entre 80mm a 120mm cada teste.

Tabela 2: imagem dos cavacos coletados ( $V_c = 157\text{m/min}$  e  $A_p = 1, 2, 3\text{mm}$ )

Parâmetros	MT JNR TSB TOOLS		MTENN 2020 16	
	Ap 1mm	Ap 2mm	Ap 1mm	Ap 3mm
<p>Aço carbono</p> <p><math>V_c = 157\text{ m/min}</math></p> <p><math>F = 87\text{mm/min}</math></p>	 <p>Pastilha TNMG</p>	 <p>Pastilha TNMG</p>	 <p>Pastilha TNMA</p>	 <p>Pastilha TNMA</p>
<p><math>V_c = 157\text{ m/min}</math></p> <p><math>F = 175\text{mm/min}</math></p>	 <p>Pastilha TNMG</p>	 <p>Pastilha TNMG</p>	 <p>Pastilha TNMG</p>	 <p>Pastilha TNMG</p>
	Ap 1mm	Ap 2mm	Ap 1mm	Ap 3mm

Vc= 157 m/min F= 240mm/min				
	Pastilha TNMG	Pastilha TNMG	Pastilha TNMG	Pastilha TNMG
Vc= 157 m/min F= 350mm/min				
	Pastilha TNMG	Pastilha TNMG	Pastilha TNMG	Pastilha TNMG
Ferro fundido	Ap 1mm	Ap 2mm	Ap 1mm	Ap 2mm
Vc= 157 m/min F= 87mm/min				
	Pastilha TNMA	Pastilha TNMA	Pastilha TNMA	Pastilha TNMA

Fonte: Autor, 2021.

Pode-se observar, na tabela acima, que o aumento do avanço levou a alteração da forma do cavaco, iniciando na forma de fita, passando pelo tipo helicoidal, até chegar no cavaco em arco e fragmentado. Observou-se também, que independente do avanço e velocidade corte, o ferro fundido se comportou de forma igual, gerando cavacos curtos no formato arrancado, uma característica do material, não tendo nem a necessidade de existir um modelo de quebra cavaco, tanto que a pastilha TNMA é lisa.

Com o aço 1020, notou-se que a quebra do cavaco foi facilitada pelo aumento do avanço, ou seja, do grau de recalque da operação. Quanto menor o AP e menor o

avanço, mais flexíveis são os cavacos e, portanto, se tornam mais difíceis para se quebrar, levando em consideração a usinagem de aço 1020.

Já a usinagem de ferro fundido independente do suporte ou da pastilha, os ensaios realizados foram bem semelhantes. Em relação à geometria de quebra-cavaco, o tipo HA apresentou uma menor superfície de contato com o cavaco associado à baixa condutividade térmica do material da pastilha, permitiu que grande parte do calor gerado entre o cavaco e a superfície da ferramenta fosse transferida para o cavaco, menor avanço, e profundidade de corte baixa, contribuem para a redução da resistência ao cisalhamento e favorecem o aumento da ductibilidade do material, dificultando sua quebra e elevando a temperatura na pastilha e suporte gerando cavaco fita.

Na análise do ferro fundido, no menor avanço da máquina o comportamento dos cavacos independente da pastilha foi eficiente, apresentando cavacos curtos do tipo ruptura, isso se deu pelo fato do material ser de baixa ductilidade e quase não existir deformação elástica no material. Ferro fundido não pode ser usinado em altas rotações, devido seu alto teor de carbono, se usinado fora dos padrões comprometem a vida útil das ferramentas.

#### 4.3 ANÁLISE DA VIDA ÚTIL

De maneira geral, não foi possível afirmar a ocorrência de desgaste. Supõe-se que o fato de nenhum inserto ter apresentado desgaste de flanco, cratera ou ruptura, sem ao menos evidenciar critérios de fim de vida ou falha, deveu-se ao pouco tempo de teste das pastilhas, levando em consideração a grande vida útil do inserto, associado aos parâmetros de cortes adotados, por serem realizados dentro dos intervalos recomendados pelo fabricante, mesmo sem a utilização de líquido refrigerante.

Tabela 3: imagem das pastilhas após testes experimentais realizados.

	<b>TNMG 160404</b>	<b>TNMG 160404</b>	<b>TNMA 160404</b>	<b>TNMA 160404</b>
	<b>HA</b>	<b>HA</b>		



Fonte: Autor, 2021.

Entende-se que o fato das partilhas possuírem uma vida útil longa, e não terem sofrido nenhum impacto ou uma usinagem fora dos critérios pré-estabelecidos pelo fabricante, não pode se constatar nenhum desgaste evidente, apenas marcas de aquecimento na região de maior contato com a peça, ou seja, a superfície de saída, devido ao teste que gerou mais calor na pastilha pela falha na quebra cavaco.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados dos testes de torneamento do aço 1020, utilizando-se as pastilhas de metal duro e os suportes, têm-se algumas considerações, tais como:

Em relação à força de corte, pode-se concluir que o suporte MTENN 2020 16 tem força de corte inferior, por conta do seu ângulo de ataque de  $30^\circ$  em relação a peça, já o MT JNR TSB TOOLS por ter ângulo de  $90^\circ$  deve uma força de corte superior segundo os cálculos.

Em relação a formação de cavaco observou-se, quanto menor o valor do avanço, menor é a espessura do cavaco, e quanto maior a espessura do cavaco e avanço maior a sua ruptura, onde foi comprovado pela tabela de cavacos (tabela 2).

Por meio de imagens dos ângulos de saída e da superfície das pastilhas, não pode se identificar desgastes e ruptura, apenas marcas e aquecimento localizado em certa região da pastilha, podendo evidenciar que devido os testes não submeterem as pastilhas ao extremo, não chegaram ao fim da vida nem sofreram quaisquer danos.

Em relação ao experimento, pode-se constatar que a utilização do suporte MTENN 2020 16 em conjunto com a pastilha TNMG 160404 HA, para a utilização em desbaste das peças torna-se mais viável, pois facilitou a usinagem com uma força de corte menor que o outro suporte.

Já na formação de cavaco independente do suporte e da força de corte, o avanço se mostrou como parâmetro chave para a pesquisa, sendo decisivo na obtenção de um cavaco dentro dos parâmetros recomendados.

Portanto, concluiu que a geometria das pastilhas em conjunto com os seguintes parâmetros: avanço, velocidade de corte e profundidade de corte, foram um complemento para a geometria da ferramenta, desempenhar a sua aplicação, a pastilha TNMG 160404 HA independente do suporte usado, obteve-se ótimos resultados a partir da profundidade de corte 2mm e o avanço de 240 mm/min, formando assim um cavaco curto e diminuindo a temperatura na pastilha, já a pastilha Pastilha TNMG deve um comportamento muito mais uniforme devida a sua aplicabilidade, formando cavacos de ruptura a partir do primeiro teste já realizado  $A_p=1$  mm e avanço de 87 mm/min, independente do suporte, a pastilha se mostrou muito estável na usinagem do ferro fundido.

## REFERÊNCIAS

ABNT ISO 513 (2013) versão corrigida 2015.

**“Classificação e aplicação de metais duros para a usinagem com arestas de corte definidas - Denominação dos grupos principais e grupos de aplicação”.** ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (Versão Corrigida:2015).

BRASIL, **Há 90 anos era lançada a primeira ferramenta metal duro**, (USINAGEM BRASIL, 2021). Disponível em: (<http://www.usinagem-brasil.com.br/12340-ha-90-anos-era-lancada-a-1a-ferramenta-de-metal-duro/>). Acesso em: (08/06/2021)

CIMM, **Equacionamento da Força de Corte**, (CIMM). Disponível em: ([https://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/4866-equacionamento-da-forca-de-corte/](https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/4866-equacionamento-da-forca-de-corte/)). Acesso em: (26/04/2021)

DUTY, Heavy. **Aço rápido: o aço desenvolvido para resistir altas temperaturas**. (2016). Disponível em: (<https://www.heavyduty.com.br/blog/voce-sabe-o-que-e-aco-rapido/>). Acesso em:(19/05/2021)

FERRAMENTAS, Seventools. **Inserto Videia Pastilha** (2021) Disponível em : (<https://www.seventoolsferramentas.com.br/linha-de-corte/pastilhas-insertos/inserto-videa-pastilha-tnmg-160404-pc8110-korloy>). Acesso em: (08/03/2021)

MONFERRATO. **Principais Vantagens da Usinagem de Peças em Aço.** (2021), disponível em : (<https://monferrato.com.br/as-vantagens-e-os-principais-processos-de-usinagem-de-pecas-em-aco>). Acesso em: (08/01/2021)

VALIM, Diego Batista. **Usinagem.** Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/>. Acesso em: (09/06/2021)