

A INFLUÊNCIA DA FIXAÇÃO DA PEÇA NO TORNO MECÂNICO NA QUALIDADE SUPERFICIAL E GEOMETRIA EM UM AÇO ABNT 1020

Gabriel Alvino Ribeiro¹, Ramsés Otto Cunha Lima²,

¹Graduando do Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia, UFRSA, Mossoró - Rio Grande do Norte.
E-mail: gbrlrmg@gmail.com;

²Professor Doutor, CE – UFRSA, Mossoró – Rio Grande do Norte. E-mail:
ramses.cunhalima@ufrsa.edu.br.

Resumo: A fixação e centralização da peça no torno mecânico são fatores cruciais que afetam a qualidade superficial e a geometria da peça usinada, uma vez que estes fatores podem influenciar diretamente na qualidade da usinagem. Assim, nesta pesquisa, foram utilizados corpos de prova tubulares de aço ABNT 1020 com diâmetro de 1,5” e buscou-se avaliar erros geométricos, especificamente erros de circularidade e cilindridade e a rugosidade de uma superfície usinada por torneamento em função da influência da fixação e centralização da peça no torno. Para atingir tal objetivo, os ensaios foram realizados no torno Nardini Nodus 220 Gold, com auxílio da placa de três castanhas autocentrantes com e sem o contraponto rotativo como dispositivo de fixação e variando o local de medição de desvios e rugosidade das peças para analisar e comparar os resultados e conferir a qualidade do material. Analisando valores obtidos a partir de medições com o auxílio do relógio comparador, foi possível notar que na condição testada com o emprego do contraponto os resultados foram positivos, enquadrando-se dentro da tolerância pré-estabelecida (IT7) de 25µm, diferentemente da condição testada sem o emprego do contraponto, que não se enquadraram na tolerância pré-estabelecida, ambos os parâmetros influenciáveis pelo método de fixação. A rugosidade média (Ra) destaca-se pela dependência do uso do contra ponto e local de medição para adquirir valores mais uniformes e homogêneos, demonstrando menores valores quando medidos na peça usinada com o uso do contraponto e medidas mais próximas da placa de castanhas, de forma análoga, demonstrou valores de rugosidade média maiores quando analisados na peça sem o emprego do contraponto, entrando em conformidade com o princípio de rigidez e fixação do conjunto. Portanto, utilizar contraponto durante o processo de usinagem pode resultar em uma maior precisão dimensional da peça, além de contribuir para a obtenção de uma rugosidade média mais uniforme e de qualidade superior.

Palavras-chave: Torneamento; Integridade Superficial; Fixação da peça; Rugosidade; Erros Geométricos.

1 INTRODUÇÃO

Em processos de usinagem, procura-se que as ferramentas possuam características dimensionais e geométricas importantes à sua aplicação que tem influência significativa na qualidade final da peça, tais parâmetros escolhidos de maneira equivocada geram falhas como desgaste prematuro ou quebra da ferramenta, além de perdas econômicas, peças não conformes ou redução na qualidade da superfície [1]. As irregularidades da superfície

usinada podem induzir concentrações de tensões que possibilitam a plastificação do material e favorecem a propagação de trincas, motivando o desgaste prematuro e causando a ruptura da ferramenta. Como consequência, uma baixa rugosidade na superfície limita o risco de iniciação de trincas, colaborando para um aumento de vida útil. [2]

O controle de qualidade constitui uma das etapas mais importantes de fabricação industrial, logo, é indispensável analisar a qualidade superficial e geometria da peça a ser usinada, de modo que a má fixação da peça sirva como critério para o surgimento de erros nesses parâmetros, de modo que seja garantido que as peças produzidas estejam dentro das tolerâncias estabelecidas e possam desempenhar corretamente suas funções. O dispositivo de fixação deve ser projetado de forma a manter os pontos de apoio e referência em contato constante com a peça, exercendo a pressão necessária para que, durante a usinagem, a mesma fique bem firme. O principal problema de uma fixação irregular são as vibrações e as variações geométricas que venham a alterar as dimensões e geometria da peça após ela ser solta. [3]

Diante desse contexto, este trabalho pretende contribuir com o estudo da influência da fixação da peça no torno na qualidade superficial e geométrica da peça usinada, realizando a usinagem com e sem o contraponto rotativo como dispositivo de fixação. Com a finalidade de analisar os resultados utilizando relógio comparador, rugosímetro e paquímetro para conferir a qualidade do material a ser usinado para otimização do processo de usinagem evitando erros de fabricação e mantendo assim, as características de qualidade das peças fabricadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Integridade superficial e parâmetros de qualidade superficial e geométricos

A condição final da superfície que foi usinada é resultado de um processo que envolve deformações plásticas, ruptura, recuperação elástica, geração de calor, vibração, tensões residuais, ou até reações químicas [4], de modo que, a integridade superficial é uma medida da qualidade das superfícies usinadas interpretada em função de elementos que descrevem a estrutura das superfícies e do substrato do material [5]. A integridade influencia propriedades como resistência à fadiga, resistência à corrosão e vida útil, vários defeitos de superfície causados e produzidos durante a fabricação de componentes podem ser responsáveis por uma integridade superficial inadequada [6]. As principais causas para o mau acabamento superficial, ou seja, que geram níveis de rugosidade não adequados à aplicação dessa superfície, são o desgaste das ferramentas, as vibrações no sistema peça-ferramenta, e as imperfeições no mecanismo das máquinas-ferramenta [7].

Esses parâmetros influenciam diretamente na qualidade superficial, geometria e dimensões da peça e se não são implementadas de maneira correta, há uma grande probabilidade de que haja problemas de acabamento, problemas nas tolerâncias dimensionais e geométricas, vibrações, desgaste de ferramentas, entre outros. As trepidações caracterizadas pelas vibrações no sistema peça-ferramenta de grande amplitude prejudicam enormemente o acabamento superficial da peça. As dimensões da peça e o modo de fixação na máquina também influem no acabamento [8].

2.2 Rugosidade e acabamento

Uma superfície, por mais lisa que pareça, apresenta irregularidades inerentes do próprio processo de fabricação. As características de uma superfície são definidas em três

níveis: erros de forma, ondulação e rugosidade, de acordo com a distância entre as irregularidades [9]. Em geral, uma peça usinada é examinada em termos macro geométricos (dimensões, forma e orientação) e micro geométricos (rugosidade).

Ela é examinada depois da operação de usinagem, ou mesmo durante, de acordo com as tolerâncias e rugosidades especificadas no projeto. A rugosidade afeta várias propriedades físicas do material como níveis de atrito, desgaste, e tipo de lubrificação em peças de deslizamento, transmissão de calor, resistência mecânica entre outras [10].

A importância da rugosidade justifica-se pela sua relação, entre outros, com fatores como: 1) Precisão e tolerância; e 2) Resistência à fadiga. Acerca da precisão e tolerância, ela se faz muito importante, em especial em peças com acoplamentos onde furo e eixo estejam em movimento relativo [4]. Neste caso, superfícies com rugosidades mais pronunciadas estarão expostas a desgastes mais intensos do que os que sofreriam caso tivessem um melhor acabamento [11].

A rugosidade pode ser influenciada por diversos parâmetros, assim, tudo dependerá da consistência do processo como um todo, mas pode-se alcançar resultados de rugosidades menores quando: Peça e ferramentas estão corretamente centralizadas e posicionadas, evitando assim desvios; a aresta cortante não possui desgastes ou quebras; a aresta cortante não possui APC (aresta postiça de corte); Máquina com guias e eixos alinhados; ou Pequenas vibrações causadas pelas deflexões por esforços de corte [12].

2.3 Tolerâncias

Todas as máquinas ou peças são fabricadas a partir de desenhos que indicam a sua forma, assim como suas dimensões em qualquer unidade de medida, de tal modo que se possam construir peças de maneira que seja possível garantir a intercambialidade. Ocorre que, durante a usinagem, haverá sempre um desvio, para mais ou para menos, da medida nominal, quando se fabrica uma quantidade muito grande de peças [13]. As tolerâncias são especificadas na fase de projeto do produto e tem por objetivo garantir a intercambialidade de componentes de um conjunto: ou seja, independente das condições, local ou período de fabricação, uma vez respeitado as tolerâncias de projeto, peças pares terão sua montagem garantida. Garantir um certo grau de qualidade de funcionamento do produto através do controle das folgas dimensionais, forma, posição e orientação geométricas das peças acopladas [14].

Entende-se por tolerância dimensional a diferença entre as medidas máximas e mínimas admissíveis de uma peça. As medidas máximas e mínimas devem ser determinadas com o auxílio de uma norma que permita a escolha racional de tolerâncias para a produção econômica de peças mecânicas intercambiáveis. As tolerâncias geométricas são representadas pelas tolerâncias de forma e posição, sendo que a tolerância de forma corresponde à variação permissível da forma realmente obtida na operação com relação a sua forma geométrica ideal, enquanto que a tolerância de posição é a variação permissível da posição entre as formas obtidas na operação com relação ao seu posicionamento teórico [15].

Os graus de tolerância-padrão são designados pelas letras IT e por um número, distinguindo um total de 20 graus de tolerância-padrão, dos quais os graus IT1 a IT18 são de uso geral, e além disso, nos acrescenta que em uma representação gráfica de tolerâncias, a faixa que se situa entre duas linhas que representam as dimensões máxima e mínima é determinada pela extensão da tolerância e pela sua posição em relação à linha zero [16].

2.4 Parâmetros de usinagem que influenciam no acabamento

Cada ponto fundamental que é detalhadamente estudado e interpretado de maneira adequada contribui para o entendimento do processo, o procedimento mais próximo da capacidade de prever seu comportamento [17]. As condições ideais de corte são capazes de produzir peças dentro de especificações de forma, tamanho e acabamento ao menor custo possível [6].

Os parâmetros de corte são variáveis a serem definidas antes do início do ensaio que vão interferir diretamente na integridade superficial da amostra usinada. Dentre esses parâmetros, tem-se a velocidade de corte (V_c), que é a velocidade tangencial instantânea resultante da peça no ponto de contato da ferramenta, a uma profundidade de corte definida, onde os movimentos de corte e avanço ocorrem simultaneamente [18], definida conforme Equação 1.

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} (\text{m/min}) \quad (1)$$

Onde:

d = diâmetro da peça ou da ferramenta em mm

n = número de rotações por minuto (rpm)

Além da influência das condições de corte e da geometria da ferramenta, outros efeitos devem ser considerados, entre eles a rigidez do suporte da ferramenta, que deve possuir seção transversal suficiente para minimizar flexões. A máquina-ferramenta deve ser rígida, não possuir erros de alinhamento e ter movimentos precisos para que o acabamento não seja prejudicado. [4]

A influência da velocidade de corte e profundidade de corte do processo de torneamento nos resultados de rugosidade do aço ABNT 1020 exercem as maiores influências nos resultados de rugosidade das superfícies usinadas. [19]

A profundidade de corte, o crescimento do avanço e do raio de ponta em seus resultados de R_a , são parâmetros que influenciam significativamente a rugosidade média ao longo da usinagem [20]. Dentre os vários parâmetros que influenciam na rugosidade, dentre eles, a profundidade (ap), a velocidade de corte (V_c) e o avanço (f). A profundidade de corte tende a gerar maiores forças de corte, auxiliando no aumento das vibrações, podendo gerar superfícies mais rugosas. Altas velocidades de corte geralmente tendem a melhorar o acabamento superficial, pois em baixas velocidades as forças de corte são maiores e pode ocorrer a formação de aresta postiça de corte (APC). [21]

Entre os microerros, a rugosidade e a circularidade são os principais parâmetros de orientação e controle de qualidade em componentes superficiais quando se considera as exigências de acabamento superficial e detalhes de montagem de componentes. A rugosidade pode ser definida em vários padrões de medição, sendo os principais os parâmetros R_a , R_z e R_y . Cada um destes parâmetros apresenta uma especificidade de medição e quando comparados os valores medidos são distintos [22].

Os melhores valores de rugosidade R_a são obtidos com o uso de contraponto para as medições realizadas no início e no final do corpo de prova e por outro lado, os piores valores de rugosidade R_a são obtidos sem o uso de contraponto para as medições realizadas no final do corpo de prova [22]

O controle da rugosidade se torna importante quando aumenta a qualidade de fabricação (tolerâncias apertadas) ao ponto de ocorrerem irregularidades na superfície da peça maiores do que a tolerância especificada. [23]

A rugosidade média (R_a) e rugosidade máxima (R_y) no processo de torneamento de um aço ABNT 1045 para as variáveis de influências como velocidade de corte, lubri-refrigeração, local de medição, com e sem utilização de contraponto apresentaram menores valores quando usinado sem o contra ponto, o que contraria o princípio de

fixação e rigidez do conjunto. Valores obtidos na rugosidade média (R_a) com variação do local de medição, uma menor rugosidade média (R_a) quando a medição é feita próxima ao contra ponto, concluindo que isso ocorre em consequência de um menor comprimento do corpo de prova em balanço no processo de corte, se tornando mais rígida, e assim dispensando o uso do contra ponto, transformando a relação máquina, ferramenta e peça mais dinâmicas, proporcionando um melhor acabamento no processo. Mas em contra partida pode-se ocorrer um erro superficial muito comum no processo de torneamento, conhecido como um erro de forma, especificamente como erro de cilíndricidade em peças torneadas. [24]

O sistema de fixação traz uma relação com a rugosidade, sistemas de fixação ajustados e rígidos, assim como, as guias e eixos das máquinas-ferramentas contribuem para uma rugosidade menor no processo. [25]

A rigidez estática do sistema Máquina-Ferramenta/Ferramenta de Corte/Dispositivo de Fixação/Peças (MFDP), influencia na formação dos erros dimensionais e geométricos no processo de torneamento e é visto que a rigidez do sistema, em especial a da peça tem grande influência na formação de erros das peças torneadas [15].

A medição da aceleração no sentido axial e radial do processo de torneamento, utilizando como variáveis de processo a velocidade e profundidade de corte, avanço, balanço, raio de ponta e corpos de prova com diâmetros diferentes demonstram valores bastante precisos e convenientes para prever parâmetros de rugosidade, pois demonstraram que os modelos previstos que dependem tanto dos parâmetros de corte e vibrações da ferramenta são mais precisos do que aqueles que dependem apenas dos parâmetros de corte. [26]

3 METODOLOGIA

Os procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Usinagem do Centro de Engenharias da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). Foram dispostos 2 corpos de prova para o torneamento utilizado na realização dos ensaios, o aço ABNT 1020 com dimensões de 150mm de comprimento e 38,1mm (1,5”) de diâmetro.

O tipo de material da peça de trabalho e o tipo de ferramenta de corte afetam a velocidade de corte adequada. Com isso, define-se uma $V_c=200$ m/min, para a utilização da ferramenta de corte de pastilha de metal duro intercambiável (TNMG160404 – R) e um aço ABNT 1020 nos ensaios de torneamento, para encontrar o número de rotações por minuto, expressado na Equação 1. Encontrado valor teórico igual a 1670,9 rpm e utilizando as configurações de rotação por minuto disponível no torno Nardini Nodus 220 GOLD, a operação foi realizada à $n=1600$ rpm, $f=0,2$ mm/rev, $a_p=1$ mm por passe. Para evitar a possibilidade de as irregularidades existentes do material serem propagadas para os resultados dos ensaios, optou-se por realizar uma pré usinagem no diâmetro externo e na face do corpo de prova.

Posteriormente aos procedimentos mencionados acima, foram executados testes de torneamento de desbaste longitudinal externo nos corpos de prova, com diâmetro final de 35,2mm, variando assim o método de fixação, efetuando o torneamento do corpo de prova com e sem o contra ponto para investigar as tolerâncias e rugosidade superficial.

No teste 1 o corpo de prova foi fixado na placa de castanhas, com o balanço mantido constante assim como o valor de velocidade de corte, avanço e profundidade de corte, em consequente, no teste 2 o corpo de prova foi fixado em uma extremidade na placa de castanhas e na outra extremidade teve contribuição da fixação com o contraponto, mantendo os mesmos parâmetros do teste 1 como constantes. Toda a

instalação dos corpos de prova no torno, em ambos os parâmetros de análise, foi realizada com o auxílio de relógios comparadores modelo 2052S Mitutoyo, de resolução de 0,01mm e 1 μ m acoplado à uma base magnética para auxiliar na centragem do corpo de prova nas placas de castanhas autocentrantes, de modo que a usinagem dessa peça, não possuía problemas de sair com uma superfície cônica.

Após a conclusão da usinagem, as peças foram submetidas a medições realizadas com auxílio de relógios comparadores analógicos, para mensurar os valores de tolerâncias geométricas de circularidade e cilindridade, sendo realizadas 5 medidas para cada uma das peças que variam no método de fixação, das quais foram feitos gráficos para a análises.

A Rugosidade média (R_a) foi encontrada através do auxílio de um rugosímetro da *INSIZE* ISR-C300 e capacidade da unidade de leitura entre 0,01 μ m e 100 μ m, monitoradas nos ensaios, sendo realizados 5 medidas para cada uma das peças, apresentadas na Figura 1, com cut-off de 0,08mm, quando direcionada ao método de fixação e direcionada a localização da medição cujos resultados foram analisados e discutidos.

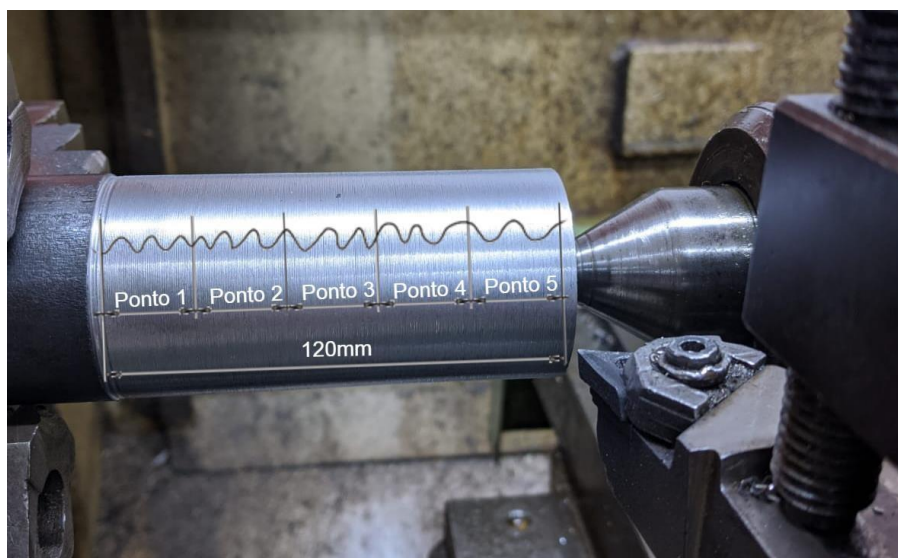


Figura 1. Pontos de análise de medidas. Elaboração própria (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente foram analisados os resultados das medições dos desvios dos valores das tolerâncias de circularidade e cilindridade os quais são utilizados para fins avaliativos. Para definir o valor de tolerância, foi adotado um critério de verificação, baseado na tolerância classe IT7, H devido ao indicativo do campo de tolerância e 7 para o indicativo da qualidade, tal valor, igual a 25 μ m, de acordo com a ABNT NBR 6158 (1997).

Dessa forma, são apresentados a seguir as análises realizadas nos testes com relação à: 4.1) tolerância de circularidade; 4.2) tolerância de cilindridade; 4.3) análise do parâmetro de rugosidade média R_a (μ m) de acordo com a variação do local de medição e método de fixação.

4.1 Análise da tolerância de circularidade e cilindridade

Segundo a ABNT NBR-6409 (1997), na seção de medição, dois círculos concêntricos separados por uma distância "t" definem o limite de tolerância. A análise da

tolerância de circularidade, conduziu a resultados que se pode observar a seguir na Figura 2.

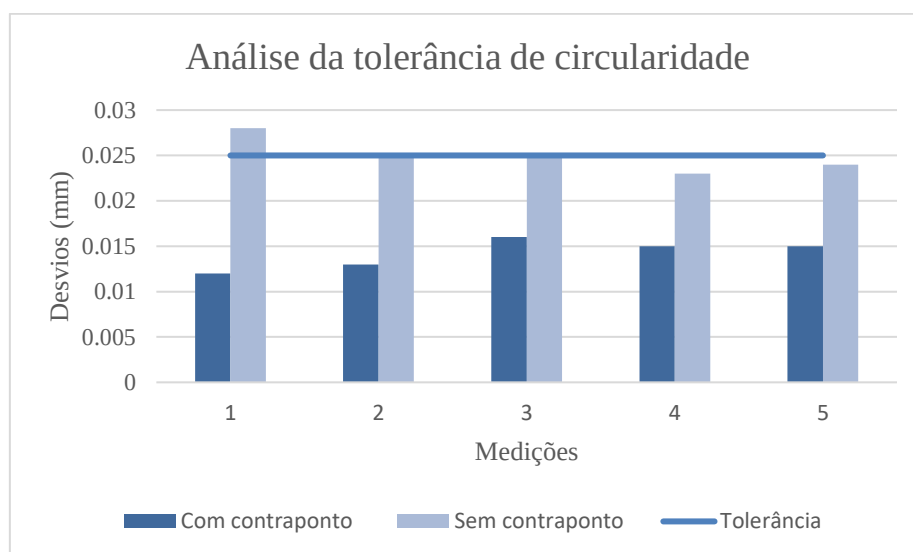


Figura 2. Análise da tolerância de circularidade. Elaboração própria (2023).

Ademais, pode-se notar que ao realizar a variação do método de fixação é possível observar os desvios do erro de circularidade nos pontos medidos. Pode-se afirmar que o menor valor do erro de circularidade atingindo foi de 0,012mm e o máximo de 0,016mm quando foi empregado o contraponto. De forma análoga, o menor valor do erro de circularidade, ao realizar a operação sem o uso do contraponto, foi de 0,023mm e o máximo de 0,028mm.

Ainda de acordo com a ABNT NBR-6409 (1997), quanto à tolerância de cilindricidade, o campo de tolerância é limitado por dois cilindros coaxiais afastados ao limite de tolerância especificado pela NBR 6158 (1995) de 25 μ m. Através da Figura 2, é possível verificar que, novamente, os desvios analisados na peça que utiliza o contraponto atendem à norma NBR 6158 (1995) e o não atendimento à NBR 6158 (1995) da peça que não utilizou o contraponto. Quando se lida com o erro de cilindricidade, é feita uma análise semelhante aos desvios medidos, de modo que ao utilizar o contraponto o menor valor do erro atingido foi de 0,016mm e máximo de 0,018mm e sem utilizar o contraponto conduziu a um valor menor de 0,023mm e máximo de 0,028mm o que pode se observar na Figura 3.

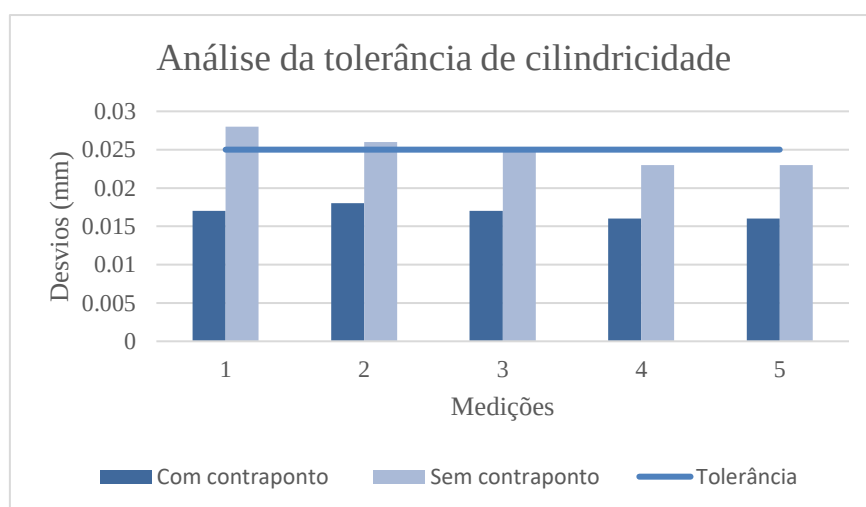


Figura 3. Análise da tolerância de cilindricidade. Elaboração própria (2023).

Os menores valores de erro de forma de circularidade dependem não apenas dos parâmetros tradicionais do processo de torneamento, mas também do uso ou não do sistema de contraponto rotativo. [22]. Devido à semelhança entre os resultados do erro de cilindridade, e os apresentados para circularidade, pode-se concluir que há coerência entre eles, já que ambos estão relacionados à forma geométrica da peça.

Isto pode ser explicado pelo fato da estabilidade do corpo de prova tende a aumentar quando o processo remoção de material se aproxima do ponto de fixação ficando mais estável, quando utilizado o contraponto. Já quando se usa uma peça sem o emprego do contraponto existe uma tendência de aumento da vibração devido ao distanciamento do ponto de fixação que gera um aumento da vibração do sistema como um todo. O uso de contraponto rotativo tem influência no erro de circularidade e cilindridade na peça pelo fato desta peça, ao possuir dois pontos de fixação, tem a região mais estável, apresentando valores de desvios menores.

4.3 Análise do parâmetro de rugosidade média Ra (µm) de acordo com a variação do local de medição e método de fixação

Os resultados que podem ser observados na Tabela 1 foram obtidos a partir da análise da rugosidade média (Ra) levando em consideração as variáveis de influência do método de fixação e do local de medição.

Medições/ Parâmetro de Rugosidade	Rugosidade Média (Ra)	
	Com contraponto	Sem contraponto
Ponto 1 (µm)	5.293	9.669
Ponto 2 (µm)	4.44	9.729
Ponto 3 (µm)	5.181	10.071
Ponto 4 (µm)	5.388	10.639
Ponto 5 (µm)	5.402	10.667
Média (µm)	5.293	10.071
Desvio padrão	0.401	0.479

Tabela 1. Rugosidade média (Ra) na variação do local de medição e método de fixação. Elaboração própria (2023).

Os resultados obtidos no presente estudo na medição da rugosidade média (Ra) mostraram que o uso do contraponto durante a operação de desbaste resultou em uma menor rugosidade média, o que contribui para um acabamento superficial menor na peça, sendo relacionado com erros de formas frequente durante o torneamento, mais especificamente o erro de cilindridade em peças torneadas, permanecendo em concordância com seu estudo. Ao comparar os valores de rugosidade média (Ra) entre as peças usinadas com e sem contraponto, pode-se observar que as peças usinadas com contraponto apresentaram valores menores de rugosidade média em comparação com as peças usinadas sem contraponto. Os menores valores de rugosidade Ra são obtidos com o uso de contraponto para as medições realizadas no início e no final do corpo de prova e por outro lado, os maiores valores de rugosidade Ra são obtidos sem o uso de contraponto para as medições realizadas no final do corpo de prova [22].

Ademais, os valores de Ra com contraponto variaram de 5,293 a 5,402 µm, enquanto os valores de Ra sem contraponto variaram de 9,669 a 10,667 µm, tal variação se deve a influência ao desvio padrão serem próximos quando calculado para as medições realizadas no processo com o contraponto e sem o contraponto, definindo os valores como mais uniformes e homogêneos em ambos os processos. É importante notar que os valores

de Ra tendem a diminuir quando os valores medidos estão mais próximos da placa quando não se utiliza o contra ponto e tender a constância quando utilizado o contraponto.

Assim, no presente estudo, torna-se o uso do contraponto imprescindível para o processo, transformando a relação de fixação entre máquina, ferramenta e peça mais eficazes, proporcionando um melhor acabamento no processo quando utilizado o contraponto.

5 CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, foi possível concluir que os resultados das medições dos desvios dos valores das tolerâncias de circularidade e cilindridade obtidos no torneamento com e sem contraponto, verificou-se que na condição testada com o contraponto os resultados demonstraram ser satisfatórios, de modo que ficaram enquadrados dentro da classe de tolerância pré-estabelecida IT7, percebendo-se que, na condição testada sem o contraponto os resultados apresentaram-se com desvios mais significativos, valores maiores, e em alguns pontos de medição, não se enquadraram dentro da classe de tolerâncias pré-estabelecida.

A rugosidade média (Ra) apresentou menores valores quando usinado com o contra ponto, o que está em conformidade com o princípio de rigidez e fixação do conjunto. Tal parâmetro se mostrou dependente de todas as variáveis aplicáveis durante o estudo, devido a ser um resultado médio obtido a partir de um acabamento superficial, ocorre uma melhora no valor como resultado da diminuição da amplitude entre os picos e vales na superfície. De forma geral, pode-se concluir que o uso do contraponto como método auxiliar de fixação teve influência positiva na formação dos desvios dimensionais e geométricos e trazendo melhores valores de rugosidade média (Ra) contribuindo para qualidade superficial da peça usinada.

6 REFERÊNCIAS

- [1] THOMAS, T. R. **Rough Surfaces**. 2 ed. Imperial College Press, London, 1999
- [2] DAVIM, J. P. **Machining: Fundamentals and recent advances**. Springer-Verlag, London, 2008.
- [3] CASSANIGA, Fernando Aparecido. **Dispositivos de fixação de peças para máquinas CNC**. Sorocaba - SP: CNC Tecnologia, 2009. Sorocaba - SP: CNC Tecnologia
- [4] MACHADO A. R., ABRÃO A. M., COELHO R. T., Silva M. B. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 1ª Edição, Editora Edgard Blucher, São Paulo - SP, 2009.
- [5] BORDINASSI, E. D. **Contribuição ao estudo da integridade superficial de um aço inoxidável super-duplex após usinagem**. Tese em Engenharia Mecânica (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006
- [6] KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. R. **Manufacturing engineering and technology**. 6 ed. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2010
- [7] DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia de usinagem dos materiais**. 6ª ed. São Paulo: Artliber Editora, 2008
- [8] FERRARESI, Dino. **Fundamentos da usinagem dos metais**. 1º Edição. Editora Edgard Blucher, São Paulo – SP, 1970.

- [9] SANTOS, S. C.; SALES, W. F. **Fundamentos da usinagem dos materiais**. Belo Horizonte: CEFET-MG e PUC MINAS, Apostila, 2004
- [10] CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro et al. **Rugosidade superficial: conceitos e princípios de medição**. 1996.
- [11] AMORIM, Heraldo José de. **Estudo da relação entre velocidade de corte, desgaste de ferramenta, rugosidade e forças de usinagem em torneamento com ferramenta de metal duro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2002.
- [12] SANTOS, S.C., SALES, W. F. **Aspectos Tribológicos da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Editora Artliber, 2007.
- [13] AGOSTINHO, Oswaldo Luiz; DOS SANTOS RODRIGUES, Antonio Carlos; LIRANI, João. **Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões: princípios de engenharia de fabricação mecânica**. Editora Blucher, 1977
- [14] GONÇALVES Filho, Eduardo Vila, CARPINETTI, Luiz. **Tolerâncias geométricas: desvios de forma, orientação e posição**. 1996.
- [15] DÓRIA, Marcelo Antonio Teixeira. **Análise da influência da rigidez do sistema nos erros dimensionais e geométricos no processo de torneamento**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2005
- [16] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6158: 1995 Sistema de Tolerâncias e Ajustes**. Rio de Janeiro, 1995.
- [17] SHAW, M. C. **Metal Cutting principles**. Londres: Oxford University Press, 1984
- [18] DE OLIVEIRA, Igor Alves et al. **Influências das condições de torneamento do aço inoxidável supermartensítico nos parâmetros de rugosidade assimetria e achatamento**, 2020.
- [19] PAULA, Thiago Rosado de; BENINI, Lucas. **Influência da velocidade de corte do processo de torneamento nos resultados de rugosidade do aço ABNT 1020**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, 2017.
- [20] GRAVALHOS, T. G., MARTINS, M., DINIZ, E, A., MEI, R, P., 2010. **Influência da rugosidade superficial na resistência a corrosão por pite em peças torneadas de aço inoxidável superaustenítico**. São Paulo: Periódico – Universidade Federal de Campinas, 2010.
- [21] REIS, A. M., DA SILVA, M. B., 2001. **Análise das superfícies usinadas em presença de aresta postiça de corte**. Uberlândia, Periódico – Universidade Federal de Uberlândia, 2001.
- [22] BRANDÃO, G. L.; SILVA, P. M. do C.; VIEIRA, J. T.; SANTOS, C. L. dos; BRANDÃO, L. C. **Análise dos microerros no torneamento externo do aço 4340 considerando o comprimento de fixação das peças**. Brazilian Journal of Development. 2019.
- [23] CATAPAN, M. F. **Apostila de desenho mecânico 1**. Curitiba - UFPR, 2013
- [24] VELOSO, T. S., (2017). **Análise da influência do contra ponto na rugosidade de peças torneadas em um aço ABNT 1045**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de São João Del Rei, 2017.

- [25] PAULO, R.G.R. **Avaliação da integridade superficial e usinabilidade de engrenagens forjadas utilizando fresamento com alta velocidade de corte.** Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia Ilha Solteira, 2008.
- [26] ABOUELATTA, O. B. MÁDL, J. **Surface roughness prediction based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations**, Journal of Materials Processing Technology, 2011.
- [27] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6409: 1997 Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho.** Rio de Janeiro, 1997.