

COMPARAÇÃO ENTRE DUAS ESTRATEGIAS DE ENTRADA DA FERRAMENTA NO FRESAMENTO FRONTAL DO AÇO VD2-RECOZIDO

Marcio Silva de Macedo, marcio.macedo5@fatec.sp.gov.br ¹

Amauri Hassui, ahassui@fem.unicamp.br ¹

¹Faculdade de Engenharia Mecânica - Unicamp, Rua Mendeleev, 200 - Barão Geraldo - Campinas/SP,

Resumo. O objetivo do presente trabalho, consiste na comparação de duas estratégias de entrada da ferramenta na peça no processo de fresamento frontal, sendo: entrada direta e por rolagem. Para isso, foram realizados ensaios em corpos de prova de um aço VD2 - RECOZIDO, que nos proporcionou várias entradas com a utilização de uma fresa com insertos intercambiáveis de metal duro. A discussão dos resultados foi feita a partir da análise dos valores de desgaste da ferramenta e de rugosidade da peça nas regiões das entradas ao longo do processo. Pode-se concluir, que a estratégia de entrada por rolagem proporcionou maior vida da ferramenta, maior volume de material removido e que velocidades de corte maiores tem grande influência na vida da ferramenta.

Palavras chave: estratégias. fresamento. vida da ferramenta. desgaste. rugosidade.

Abstract. The aim of the present work is to compare two Strategies for tool entry into the workpiece in the face Milling process, namely: direct entry and roll entry. For this, tests were carried out on specimens of a VD2 – annealed steel, which provided us with several entries with the use of a cutter with interchangeable carbide inserts. The discussion of the results was based on the Analysis of tool wear values and part roughness in the input regions throughout the process. It can be concluded, that the roll-in strategy provided longer tool life, greater volume of material removed and that higher cutting speeds have a great influence on tool life.

Keywords: strategies, milling, tool life, wear, roughness

1. INTRODUÇÃO

No fresamento à grande variedade de geometrias que as ferramentas podem apresentar, torna-se possível a usinagem de superfícies complexas e retirada de um grande volume de material. Além disto, a operação de fresamento apresenta outra vantagem em relação aos demais processos de usinagem, que é o fato de utilizar ferramentas que podem apresentar um número elevado de arestas de corte (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014)(DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014). Sendo assim existem cuidados que devem ser tomados na execução do fresamento, são eles, o posicionamento relativo fresa-peça como: entrada da aresta de corte, saída da aresta de corte, comprimento de corte, quantidade de arestas simultaneamente no corte e esforços de corte, que tem grande influência no resultado da usinagem (SANDIVIK, 2012). O posicionamento da fresa na peça de maneira adequada, faz com que a ferramenta tenha um desgaste natural e não quebre, a entrada adequada também auxilia para que a ferramenta possa ter uma vida mais longa. Mesmo assim, podem surgir problemas no processo de corte, o desgaste e a quebra da ferramenta.

Na usinagem, isso pode ser considerado um ponto crítico: determinar o exato momento da troca da ferramenta, considerando sua máxima utilização e respeitando os limites da qualidade da peça produzida, possibilitando uma diminuição do custo de produção (ERTUNC; LOPARO; OCAK, 2001). Os três tipos de posicionamento da fresa na peça mais usado nas indústrias está ilustrado na “Fig. 1”. Conforme podemos ver na “Fig.1a”, o centro da fresa se encontra dentro da largura da peça a ser fresada (a_c) e o contato inicial é feito com a parte interior da pastilha, onde a seção para resistir ao choque é maior se tornando uma posição favorável ao corte. Na “Fig.1b”, o centro da peça está coincidindo com a superfície lateral da peça, onde se tem o inconveniente de se ter a espessura máxima do cavaco e o choque da pastilha na peça é instantâneo, enquanto que na “Fig.1c”, quando o centro da fresa está fora da peça, o corte começa com a parte mais extrema da pastilha podendo causar a quebra da aresta de corte (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014).

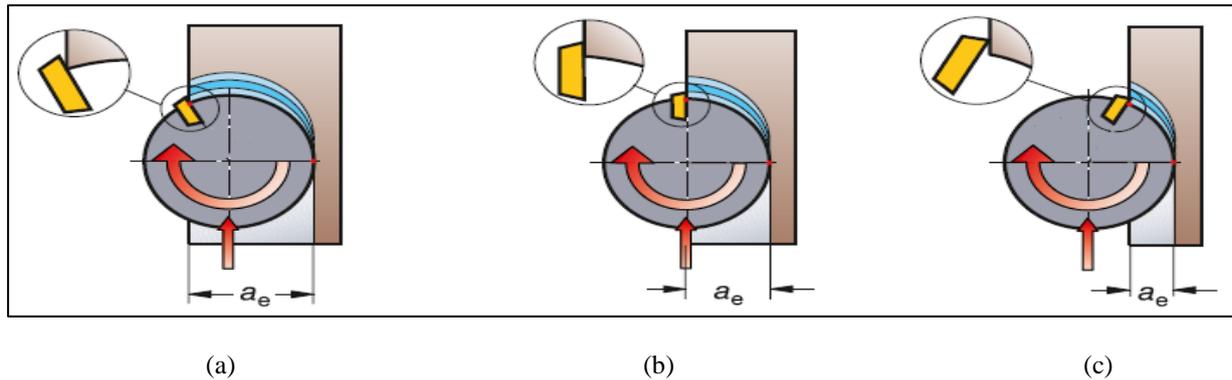


Figura 1. Posicionamento da fresa na peça (Sandvik, 2012)

Em relação a entrada da ferramenta na peça, existem alternativas para amenizar o problema, uma delas é a seleção de estratégias e orientações de usinagem principalmente no primeiro contato da ferramenta. Uma seleção correta pode diminuir tempos de usinagem evitando a troca excessiva de pastilhas da fresa, melhorar a qualidade superficial das peças usinadas além de propiciar um ganho em vida de ferramenta, o que certamente trará reduções de custos significativas em alta produção e levando também em consideração, condições de máquinas, dispositivos de fixação, dados de corte adequados, conforme indicado pelo fabricante de ferramentas através de catálogos (AMARO; FERREIRA; SIMÕES, 2020; CHAGAS; BORGES; CARLINI, 2017; POLLI, 2005; TOH, 2004).

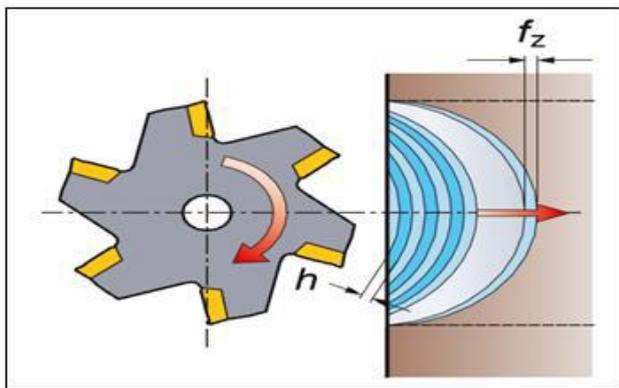


Figura 2. Entrada direta (Sandvik, 2012)

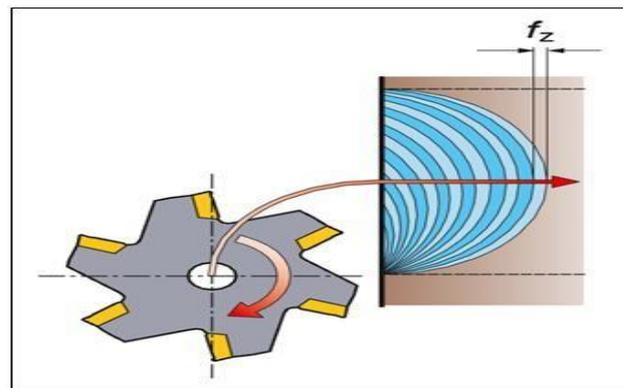


Figura 3. Entrada por rolagem (Sandvik, 2012)

A estratégia de entrada direta é quando a fresa é programada para entrar direto na peça e cavacos espessos são gerados no início do contato da aresta de corte na peça e na saída do corte até que a fresa esteja totalmente em contato com a peça, conforme mostrado na “Fig. 2”. Isso pode reduzir drasticamente a vida útil da ferramenta, especialmente em aços duros, titânio e ligas resistentes ao calor. Para a estratégia de entrada por rolagem mostrado na “Fig. 3”, basicamente consiste em entrar na peça seguindo uma trajetória circular no sentido horário fazendo com que haja logo no início do contato da aresta de corte com a peça cavacos espessos com afinamento gradativo na saída do corte, diminuindo a oscilação dos esforços e vibrações geradas no início do corte (SANDIVIK, 2012).

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para os ensaios foram utilizados materiais de sistema de fixação da peça, máquina e ferramenta conforme descrição a seguir:

As características do material da peça utilizado para os ensaios foi um aço ferramenta com designação VD2 com tratamento térmico de recozimento, dureza de 230 HB e composição química de 1,5%C-0,3%Si-12%Cr-0,95%Mo-0,9%V (conforme a norma ASTM A 681) (ASTM INTERNATIONAL, 2015), cujas dimensões são: largura de 410 mm, comprimento de 60mm e altura de 185mm.

O sistema de fixação utilizado foi uma morsa posicionada sobre a mesa do centro de usinagem. O corpo de prova foi fixado pelas laterais e usinado o comprimento de 60mm do material, no sentido perpendicular ao comprimento de 410mm, conforme pode-se observar na “Fig.4”.

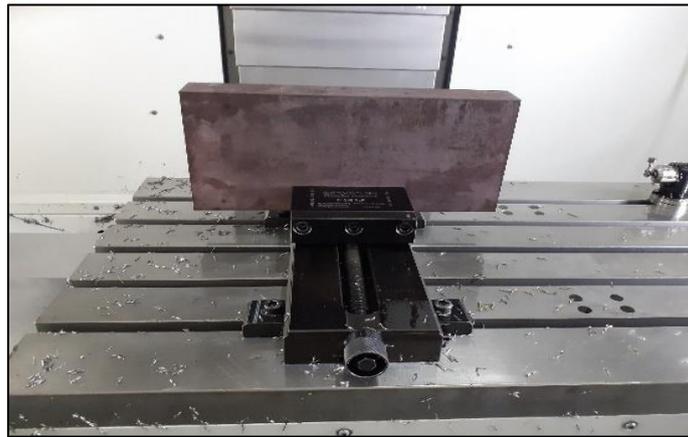


Figura 4. Fixação da peça na morsa

A máquina utilizada para os ensaios foi um Centro de Usinagem Vertical de 3 eixos da marca ROMI, modelo D800, com comando numérico CNC – FANUC Oi-MF i-HMI, sua rotação máxima é de 15000 RPM e a potência de 25 CV, mostrado na “Fig.5”. Em relação as ferramentas, para os ensaios foi utilizada uma fresa de topo designação 490-044C4-14H (código do fabricante Sandvik) com diâmetro de 44 mm, com 4 arestas ($z = 4$), geometria neutra, fixação capto, ângulo de aresta de corte 90° . Os inserts possuem especificação 490R-140408M-PL 1130(código do fabricante Sandvik), com cobertura PVD AlTiCrN, classe ISO P25, positiva, com comprimento da aresta igual a 10,3 mm e raio de ponta $r = 0,8$ mm, com formato quadrado, recomendado para desbaste.



Figura 5. Máquina utilizada

2.2 Métodos

A realização dos ensaios baseou-se na fixação da peça na morsa prendendo de lado e usinando o comprimento de 60 mm do material, no sentido perpendicular ao comprimento de 410 mm, assim obtivemos várias passadas curtas com 13 entradas com a fresa percorrendo a largura de 410 mm da peça. Após essa operação, os ensaios eram parados e o desgaste de flanco era medido em um microscópio digital NOVACOM com ampliação de até 1000x, com uma câmera 2.0 megapixels, montado em uma base de altura regulável, onde a ferramenta se apoiava em um prisma magnético onde se coletava as medidas até atingir um valor de 0,3 mm, de acordo com o critério de fim de vida.

As medições dos valores de rugosidades eram coletadas ao término dos passes, e foi coletado valores nas primeiras entradas e outros valores no final dos passes, foi calculado o valor médio de todos os resultados referentes as estratégias adotadas e parâmetros usados.

Os parâmetros de usinagem utilizados e mantidos constantes foram o avanço por dente (f_z) de 0,1 mm, profundidade de usinagem (a_p) de 1mm, largura fresada (a_e) de 31,7 mm e sentido de corte concordante. O parâmetro de usinagem que permaneceu variado foi a velocidade de corte (v_c) de 185 e 240 m/min. A usinagem não utilizou refrigeração.

Um total de oito ensaios de comparação foram realizados, duas entradas diretas e duas entradas por rolagem variando a velocidade de corte (v_c), com as devidas réplicas para cada ensaio.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os ensaios foram testadas as duas estratégias de entrada para as combinações de usinagem pré-estabelecidas, obtendo-se os valores em forma de gráfico mostrado na “Fig.6”.

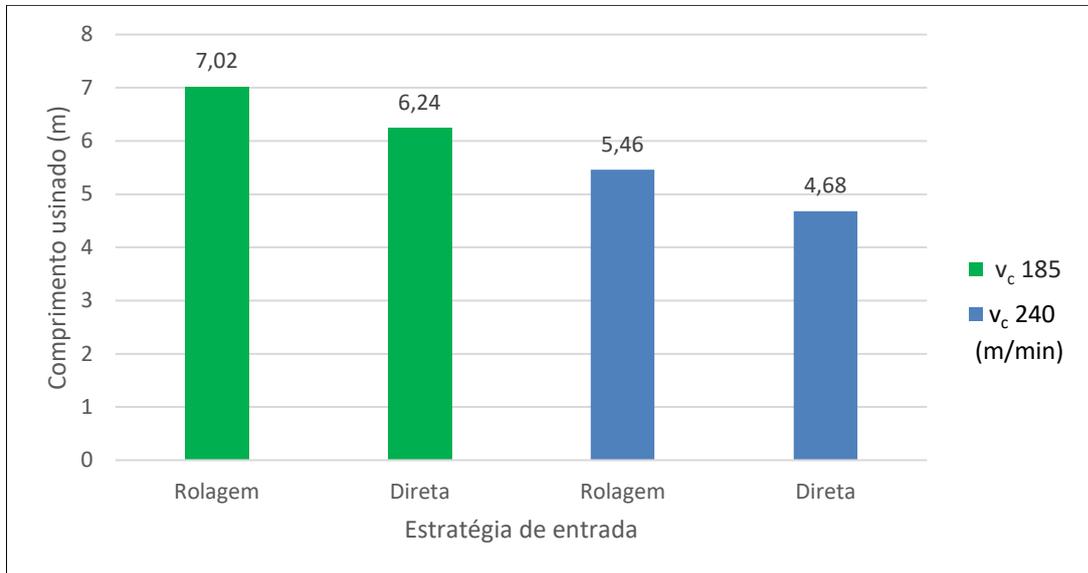


Figura 6. Vida da ferramenta para as duas estratégias de entrada e para os parâmetros testados

Observa-se que o melhor resultado obtido se deu para a estratégia de entrada por rolagem nos parâmetros de velocidade de corte de 185 e 240 m/min que proporcionou um comprimento maior de usinagem comparado com as mesmas condições de usinagem na estratégia de entrada direta.

Porém se compararmos as duas estratégias de entradas por rolagem, vimos que obtivemos menos material removido quando se utiliza a velocidade de corte de 240 m/min, por conta do desgaste da ferramenta ter chegado ao valor estipulado, evidenciando que o parâmetro de corte que mais influência no desgaste da ferramenta é a velocidade de corte (ZANUTO, 2012).

Outra hipótese é que quanto maior a rotação da ferramenta, maior é o impacto quando a aresta de corte toca a peça na entrada proporcionando um desgaste mais rápido (HIRATA; HASSUI; DOLCE, 2011).

Foi traçado um gráfico acompanhando o desgaste de flanco das estratégias de entradas estudadas, para as velocidades de corte de 185 e 240m/min e mantendo o avanço de 0,1mm/dente mostrado na “Fig.7”.

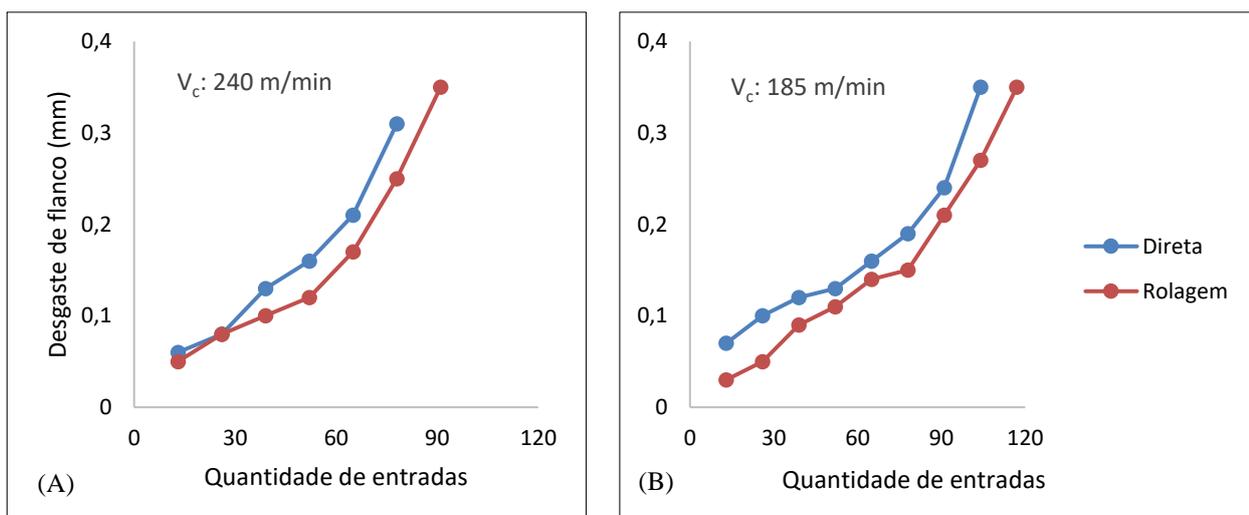


Figura 7. Desgaste de flanco ponto a ponto para as diferentes entradas

Pode-se perceber na análise do gráfico acima que quando a estratégia de entrada por rolagem foi utilizada, a progressão do desgaste foi menor comparando com a estratégia de entrada direta, dando a entender que de fato

o primeiro contato ferramenta-peça, ou o impacto da entrada influencia no desgaste da ferramenta (CHAGAS; BORGES; CARLINI, 2017).

Analisando a “Fig. 7b” e “Fig. 7a” percebe-se que o primeiro valor medido do desgaste de flanco na entrada direta foi maior do que na estratégia por rolagem no mesmo ponto, isso se dá pelo fato da estratégia de entrada por rolagem proporcionar com que a ferramenta inicie com a espessura máxima do cavaco tendendo a zero na saída do corte (SANDIVIK, 2012).

Logo, se acompanharmos os valores dos desgastes ponto a ponto no gráfico, é nítido vermos a influência da velocidade de corte no aumento do desgaste (como vimos anteriormente). Na velocidade de corte de 240 m/min o desgaste de flanco se acentuou de forma mais rápida comparado com a velocidade de corte de 185 m/min nas duas estratégias. Portanto, o parâmetro que mais se destacou proporcionando um maior número de entradas foi a entrada por rolagem com velocidade de corte de 185 m/min para o mesmo material usinado.

Para os pesquisadores HIRATA; HASSUI; DOLCE (2011), em seu estudo sobre a avaliação de diferentes estratégias de entrada da ferramenta no fresamento da liga Ti-6Al-4V, foi possível constatar a eficiência da estratégia de entrada por rolagem comparada com outras estratégias estudadas.

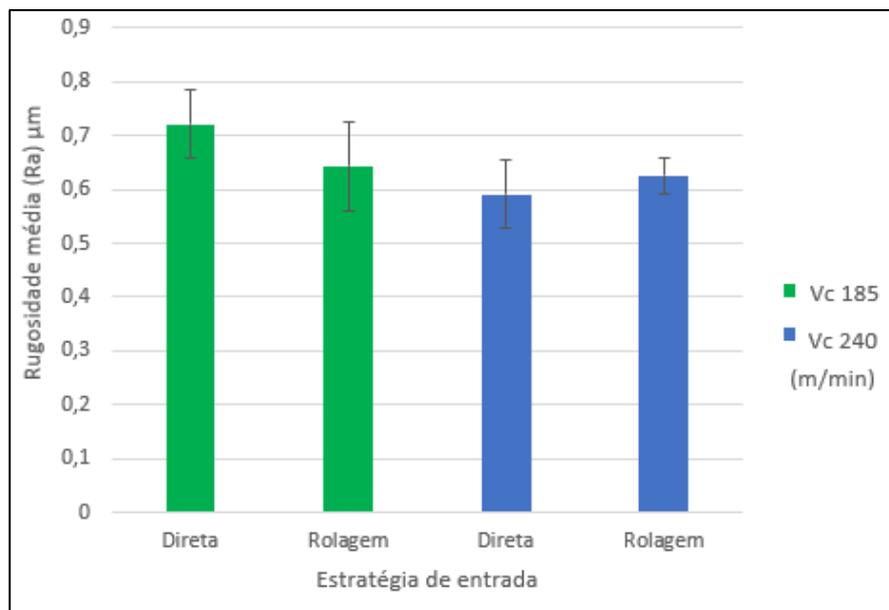


Figura 8. Rugosidade media para as diferentes condições de usinagem

No gráfico acima podemos analisar que as rugosidades nos ensaios não tiveram uma alteração significativa quando comparadas as estratégias.

Quando variado a velocidade de corte, observamos que a estratégia de entrada direta com velocidade de corte de 240 m/min foi o que teve uma leve redução na rugosidade.

De acordo com POLICENA; GARCIA; SOUZA (2019), o parâmetro de usinagem que tem grande influência no acabamento superficial de uma peça é o avanço por dente. Nesse trabalho o avanço por dente se manteve fixo.

4 – CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos, foi verificado nitidamente a eficiência da estratégia de entrada por rolagem comparada com a estratégia de entrada direta na vida da ferramenta para as duas velocidades de corte, levando em consideração a distância percorrida na usinagem.

A velocidade de corte é o parâmetro que mais influência na vida da ferramenta, com o acompanhamento do desgaste de flanco. Para a velocidade de corte menor, gerou um progresso menos intenso comparado com a velocidade de corte maior.

Tendo em vista a comparação entre as estratégias de entradas, o desgaste de flanco foi se formando com menos intensidade na estratégia de entrada por rolagem.

A avaliação da rugosidade mostrou ser estável em todo o processo, pelo fato do avanço por dente e a profundidade de corte se manterem constantes.

5 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Sandvik Coromant por ceder toda a estrutura do Coromant Center e pelo fornecimento da ferramenta, dos insertos e máquina para a realização dos ensaios.

6 - REFERÊNCIAS

- AMARO, P.; FERREIRA, P.; SIMÕES, F. Comparative analysis of different cutting milling strategies applied in duplex stainless steel. **Procedia Manufacturing**, v. 47, n. 2019, p. 517–524, 2020.
- ASTM INTERNATIONAL. **Standard Specification for Tool Steels Alloy**. Disponível em: <<https://www.astm.org/a0681-08r15.html>>. Acesso em: 3 mar. 2022.
- CHAGAS, G. M.; BORGES, R. G.; CARLINI, G. Influência da variação da trajetória da ferramenta no desgaste de flanco durante o fresamento do aço AISI P20 com fresa inteiriça de metal duro. **9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**, n. Julho, p. 8, 2017.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos materiais**. 9º ed. São Paulo: Artliber, 2014.
- ERTUNC, H. M.; LOPARO, K. A.; OCAK, H. Tool wear condition monitoring in drilling operations using hidden Markov models (HMMs). **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 41, n. 9, p. 1363–1384, 2001.
- HIRATA, C.; HASSUI, A.; DOLCE, M. Avaliação de diferentes estratégias de entrada da ferramenta no fresamento da liga Ti-6Al-4V. **6º Congresso brasileiro de engenharia de fabricação**, n. 1, 2011.
- POLICENA, M.; GARCIA, R.; SOUZA, A. J. Análise Da Rugosidade Obtida No Fresamento Frontal De Acabamento Do Aço Inoxidável Duplex Ldx 2101. **10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**, n. September, p. 2–7, 2019.
- POLLI, M. L. **ANÁLISE DA ESTABILIDADE DINÂMICA DO PROCESSO DE FRESAMENTO A ALTAS VELOCIDADES DE CORTE**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005.
- SANDIVIK. **Percurso da ferramenta e formação de cavacos em fresamento-Sandvik Catálogo**. Disponível em: <<https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/milling/pages/cutter-path-and-chip-formation.aspx>>.
- TOH, C. K. A study of the effects of cutter path strategies and orientations in milling. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 152, n. 3, p. 346–356, 2004.
- ZANUTO, R. D. S. Avaliação de diferentes estratégias de entrada no fresamento do aço inoxidável 15-5 PH Avaliação de diferentes estratégias de entrada no fresamento do aço inoxidável 15-5 PH. 2012.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

