



**CONFORME SOLICITAÇÃO DO AUTOR, ESTA  
PRODUÇÃO INTELECTUAL POSSUI  
RESTRIÇÃO DE ACESSO**

**CAXIAS DO SUL  
2018**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**PPGMEC – MESTRADO PROFISSIONAL**

**ANÁLISE DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL NO PROCESSO DE**  
**FRESAMENTO DO AÇO AISI P20 COM FERRAMENTAS NOVAS E**  
**RECONDICIONADAS**

**ANDRÉ BORTOLINI**

**Caxias do Sul, 2018.**

**ANDRÉ BORTOLINI**

**ANÁLISE DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL NO PROCESSO DE  
FRESAMENTO DO AÇO AISI P20 COM FERRAMENTAS NOVAS E  
RECONDICIONADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado  
Profissional em Engenharia Mecânica da  
Universidade de Caxias do Sul, visando à obtenção  
de grau de Mestre em Engenharia Mecânica.  
Área do conhecimento de ciências exatas e  
engenharias.

Orientador: Prof. Dr. Frank Patrick Missell

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Panosso Zeilmann

**Caxias do Sul, 2018.**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

B739a Bortolini, André

Análise da integridade superficial no processo de fresamento do aço AISI P20 com ferramentas novas e recondicionadas / André Bortolini. – 2018.

82 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2018.

Orientação: Frank Patrick Missell.

Coorientação: Rodrigo Panosso Zeilmann.

1. Usinagem 2. Fresagem (Trabalhos em metal). 3. Aço. I. Missell, Frank Patrick, orient. II. Zeilmann, Rodrigo Panosso, coorient. III. Título.

CDU 2. ed.: 621.914

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)  
Paula Fernanda Fedatto Leal - CRB 10/2291

**“ANÁLISE DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL NO PROCESSO DE FRESAMENTO DO AÇO AISI P20 COM FERRAMENTAS NOVOS E RECONDICIONADAS.”**

**André Bortolini**

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, Área de Concentração: Projeto e Fabricação.

Caxias do Sul, 13 de setembro de 2018.

Banca Examinadora:

Dr. Frank Patrick Missel  
Orientador  
Universidade de Caxias do Sul

Dr. Rodrigo Panosso Zeilmann  
Coorientador  
Universidade de Caxias do Sul

Dr. Carlos Roberto Altafini  
Universidade de Caxias do Sul

Dr. Gilmar Ferreira Batalha  
Universidade de São Paulo

Dr. Leandro Luis Corso  
Universidade de Caxias do Sul

*A Deus,  
pelas minhas conquistas  
e por todo amor da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais por todo amor e carinho que sempre recebi. Agradeço à minha esposa Geise por todo amor e ao nosso maior presente chamada Valentina que está a caminho. Agradeço ao meu orientador professor Frank e coorientador professor Rodrigo. Ambos foram fundamentais a essa minha conquista. Agradeço em especial o professor Eduardo Nabimber, que independentemente do dia da semana, contribuí muito para o sucesso dos ensaios realizados. Agradeço os professores Altafini e Leandro, suas observações contribuíram para a evolução desse trabalho. Meu obrigado aos membros bolsistas do GUS: João, Charles, Cristian. Professor Gerson, enquanto estive na UCS, foi fundamental para a execução dos ensaios de usinagem da etapa II. Agradeço aos técnicos de laboratório: Gastão, Matheus e Axel. Agradeço às empresas parceiras: LESI e CNCS. A LESI por fornecer as fresas novas e recondição-las. Assim como, agradeço pela sua disponibilidade em fornecer o processo de tratamento das ferramentas. A CNCS foi fundamental para a execução dos setups para a troca das fresas. Em geral, deixo aqui o meu muito obrigado a todos que contribuíram com uma parte nesse trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho analisou os efeitos do tratamento do gume em ferramentas novas e recondicionadas, com interação na aplicação de MQL sobre a integridade superficial no fresamento com sentido de corte concordante do aço AISI P20. O fresamento concordante é muito utilizado em centro de usinagem. Além disso, a necessidade em reduzir custos de usinagem e aumentar a produção estimulam os avanços tecnológicos em ferramentas de usinagem e nos estudos da integridade superficial de seus componentes produzidos. Os processos de tratamento de gume aumentam a durabilidade e confiabilidade das ferramentas. Por outro lado, a necessidade de economia estimula o uso de ferramentas recondicionadas e a ausência ou utilização de mínimas quantidades de fluidos lubrificantes. Por sua vez, a integridade superficial está relacionada principalmente ao condicionamento da ferramenta e aos parâmetros de corte. Desse modo, foram realizados ensaios experimentais, visando como variáveis de entrada o tratamento do gume pelo método de acabamento por arraste e a aplicação de MQL. Os ensaios foram divididos em duas etapas. Na primeira etapa, os testes foram realizados com ferramentas novas, enquanto que na segunda etapa foram utilizadas ferramentas recondicionadas, seguindo as mesmas variáveis de entrada aplicadas na etapa I. Em relação à integridade superficial da peça na etapa I, analisou-se a rugosidade, textura, deformações plásticas e dureza. Enquanto que na etapa II, além das mesmas variáveis avaliadas na etapa I, foram avaliadas a temperatura do material durante a usinagem e o seu estado de tensões residuais após os ensaios. Pela primeira vez na Universidade de Caxias do Sul, a análise de tensões residuais foi realizada, através do método do furo cego. Por fim, a rugosidade média apresentou o mesmo comportamento, dentro de cada condição, sendo maior no início e menor no fim de vida da ferramenta. Entretanto, a rugosidade média medida foi maior entre as ferramentas novas em relação às recondicionadas. Os resultados indicaram a presença de tensões residuais de tração próximas à superfície em todas as condições de final de vida avaliadas. A mesma condição pode ser encontrada na superfície do material antes do processo de fresamento.

**Palavras-chave:** Usinagem, fresamento, integridade superficial, desgaste, tratamento por arraste, MQL, fresas novas e recondicionadas.



## ABSTRACT

The present work analyzed the effects of the treatment of the edge in new and reconditioned tools, with interaction in the application of MQL on the surface integrity in the concordant milling of the AISI P20 steel. Concordant milling is widely used in machining centers. Besides that, the need to reduce machining costs and increase production stimulates technological advances in machine tools and studies of the surface integrity of its components. Edge treatment processes increase tool durability and reliability. On the other hand, the need for economy stimulates the use of reconditioned tools and the absence or use of minimal amounts of lubricating fluid. In turn, the surface integrity is related to the tool conditioning and cutting parameters. In this way, experimental tests were carried out, taking as input variables the treatment of the edge by the method of finishing by drag and the application of MQL. The experiments were divided into two steps. In the first step, the tests were carried out with new tools, while in the second stage, reconditioned tools were used, using the same input variables applied in step I. In relation to the surface integrity of the part in stage I, the roughness, texture, plastic deformation and hardness were determined. While in step II, besides the same variables evaluated in the step I, the temperature of the material during machining and its state of residual stresses after the tests were evaluated. For the first time at the University of Caxias do Sul, the residuals stresses were evaluated using the blind hole method. Finally, the average roughness presented the same behavior, within each condition, being higher at the beginning and lower at the end of the tool life. However, the average roughness measured was higher between the new and the reconditioned tools. The results presented residual traction tensions near the surface in the life end condition of the tools evaluated. The same condition can be found on the non machining surface.

**Keywords:** Machining, milling, surface integrity, wear, edge preparation, MQL, new and reconditioned tools.