

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

VINÍCIUS CABRAL ROCHA

**DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE CORTE PARA REALIZAÇÃO DE USINAGEM
DE RASGO DE CHAVETA EM MATERIAL DE AÇO CARBONO 1045, PARA
CHAVETA 104 X 32 X 15 MM**

**CASCADEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

VINÍCIUS CABRAL ROCHA

**DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE CORTE PARA REALIZAÇÃO DE USINAGEM
DE RASGO DE CHAVETA EM MATERIAL DE AÇO CARBONO 1045, PARA
CHAVETA 104 X 32 X 15 MM**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso: Monografia ou Projeto Final, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador Me: Carlos Alberto Breda

**CASCADEL - PR
2019**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
VINÍCIUS CABRAL ROCHA**

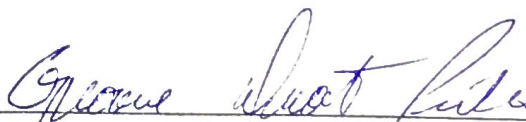
**DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE CORTE PARA REALIZAÇÃO DE USINAGEM
DE RASGO DE CHAVETA EM MATERIAL DE AÇO CARBONO 1045, PARA
CHAVETA 104 X 32 X 15 MM**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Carlos Alberto Breda

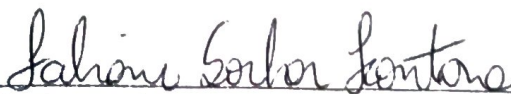
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Msc Carlos Alberto Breda
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Esp. Geovane Duarte Pinheiro
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro de Controle e Automação



Professora Msc. Fabiane Sorbar Fontana
Centro Universitário Assis Gurgacz
Ciência da Computação

Cascavel, 28 de novembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho e conquista a minha família.

Meus pais, Waldir de Oliveira Rocha e Elia Domingues Cabral Rocha, pelo amor infinito, compreensão durante toda essa caminhada durante a graduação e por me incentivar a sempre ser melhor e dedicado.

Minha irmã, Thais Cabral Rocha pela compreensão e apoio presente.

Meus avôs maternos e paternos que por diversas momentos não puderam ter a minha presença, por conta dos compromissos da faculdade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus. Ao meu pai, Waldir de Oliveira Rocha, a minha querida mãe Elia Domingues Cabral Rocha. E também a irmã, Thais Cabral Rocha; por ambos compreenderem minha ausência em diversos momentos durante a graduação. E aos meus familiares que me apoiaram desde o começo desta caminhada.

Aos meus professores e mestres do colégio municipal Dr. Paulo Pimental, localizado no distrito de Encantado D'Oeste, pertencente ao município de Assis Chateaubrind. Onde os eles foram os primeiros a me alfabetizar e incentivar a busca pelos estudos.

Aos professores e mestres dos Colégios Estaduais Princesa Isabel, localizado no distrito de Encantado D'Oeste, Padre Anchieta; Ambos pertencente ao município de Assis Chateaubrind. Colégio Estadual Jardim Gisele e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), ambos localizados em Toledo. Pelo todos os conhecimentos repassados a mim.

A instituição de ensino superior FAG, por em um momento muito complicado me auxiliaram de maneira em que eu pudesse continuar na caminhada, enquanto acadêmico da instituição. E também aos professores e mestres pelos conhecimentos técnicos e repassar a vivência deles.

A empresa Multipet Ind. E Comercio de Equipamentos por ter a oportunidade de realizar os meus estágios e também à empresa BMG Peças por compreender e me auxiliar ajudando no crescimento como profissional e também como indivíduo.

Aos meus amigos dos grupos de base da Pastoral Juventude (PJ), JUPEC (Juventude Perseverante em Cristo), JUJA (Jovens Unidos Jardim Porto Alegre), aos meus amigos da coordenação do decanato, aos amigos da coordenação diocesano e aos assessores da PJ. Por em vários momentos durante a caminhada da graduação estarem sempre me motivando e incentivando a lutar por uma sociedade mais justa e fraterna. E por todos aqueles que direto ou indiretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho.

RESUMO

Para a fabricação de máquinas e equipamentos industriais existem diversos tipos de processos para a construção do mesmo, esses processos podem ser usinagem, fundição, metalurgia do pó, extrusão, laminação e etc. Dentre estes processos podem existir outros processos secundários que dependendo do tamanho da organização empresarial pode ser realizado em outra empresa terceirizada. Para o caso da usinagem, existem basicamente dois processos, torneamento e fresamento. Na usinagem de peças, pode haver a necessidade da realização de um canal de chaveta ou mais para peças cilíndricas, que terá um contato direto com outra peça também cilíndrica. Para casos onde exige uma maior segurança deve ser feito mais que um canal, a maior parte dos equipamentos que executam este serviço em aços carbono é de modo manual, o que não garante a precisão para serviço de confecção do canal de chaveta dupla, isso pode gerar folgas ou ficar justa demais. Com isso é necessário retrabalhar as peças defeituosas para que a chaveta possa ser montada facilmente, gerando atrasos em uma produção industrial. O objetivo do trabalho é estudar as forças atuantes necessárias para que a ferramenta de corte bits consiga realizar o canal de chaveta em peças de aço com 0,45% (por cento) de carbono com até 104 mm (milímetro) de comprimento. Para obter os resultados foram realizados cálculos com modelos matemáticos já existentes na área da usinagem e simulações em software de desenho assistido por computador, CAD. A força encontrada através dos cálculos realiza a deformação, mas através da simulação não é possível afirmar que a mesma realize a usinagem, devido ao recurso utilizado para realizar a mesma.

Palavras-chave: Cálculo matemático – elemento de fixação - simulação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Plaina neolítica.....	17
Figura 2: Aplainamento de rasgo de chaveta.....	18
Figura 3: Ilustração chaveta.....	19
Figura 4: Chaveta paralela.....	21
Figura 5: Tipos de chavetas	21
Figura 6: Tipos mais comuns de aços rápidos.....	25
Figura 7: Resultados para caso 1	28
Figura 8: Resultados para caso 2	28
Figura 9: Resultados para caso 3	29
Figura 10: Resultados para caso 4	29
Figura 11: Simulação deformação para caso 1	30
Figura 12: Simulação deslocamento resultante para caso 1	31
Figura 13: Representação da deformação do caso 1.....	31
Figura 14: Simulação deformação para caso 2.....	32
Figura 15: Simulação deslocamento resultante para caso 2	33
Figura 16: Representação da deformação do caso 2.....	33
Figura 17: Simulação deformação para caso 3.....	34
Figura 18: Simulação deslocamento resultante para caso 3	35
Figura 19: Representação da deformação do caso 3.....	35
Figura 20: Simulação deformação para caso 4.....	36
Figura 21: Simulação deslocamento resultante para caso 4	37
Figura 22: Representação da deformação do caso 4.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões em polegadas para algumas aplicações de chavetas normalizadas quadradas e retangulares.....	20
--	----

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) Equação da área de um retângulo	26
(2) Equação da pressão específica de corte	26
(3) Equação da força principal de corte.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AISI – American Iron and Steel Institute

A.C – Antes de Cristo

CAD – Projeto Auxiliado por Computador

CNC – Comando Numérico Computadorizado

C – Carbono

°C – Graus Celsius

Co - Cobalto

Cr – Cromo

DCL – Diagrama de Corpo Livre

EDSAC – Electronic Delay Storage Automatic Calculator

HSS – High Speed Steel

HSM – High Spees Machining

Ks – Pressão específica de corte

Kg – Quilograma

Kg/mm² – Pressão específica

Mn – Manganês

M/min – Metros por minutos

mm – Milímetro

Pc – Força principal de corte

S – Área da secção de corte

V – Vanádio

W - Tungstênio

3D – Tridimensional

% – Porcentagem

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo geral.....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3. METODOLOGIA.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	39
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	40
APÊNDICES.....	41
ANEXOS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Durante séculos a usinagem esteve presente com os seres humanos e com o decorrer do tempo a mesma foi evoluindo, do processo artesanal construindo uma peça com as próprias mãos, passando por máquinas-ferramentas manuais, convencionais, até o processo automatizado com o auxílio de computadores, que são chamados de Comando Numérico Computorizado (CNC). Com este avanço tecnológico foi possível construir equipamentos industriais para diversas finalidades, e para chegar na montagem do equipamento final são necessários a produção e/ou a aquisição componentes ou elementos de máquinas para a composição do mecanismo.

Dentre esses elementos de máquinas, estão algumas polias e engrenagens que, dependendo da sua aplicação, pode haver a necessidade de ter um rasgo de chaveta interno para ser fixado com outro elemento de fixação, que é denominado de elemento de fixação ou acoplamento, chaveta. A execução do rasgo de chaveta em elementos de máquinas cuja a liga é de aço, gera bastante dificuldades técnicas no momento de montar os elementos ou seja devido ao fato de ocorrer empenamento do material ou até pela não precisão requerida na usinagem. Devido a estas dificuldades, neste trabalho foi realizado um estudo para caracterizar e avaliar a força necessária que uma máquina ferramenta, chaveteira, necessita produzir para usinar rasgos de chaveta.

O trabalho desenvolvido foi elaborado para encontrar a força necessária para usinar o rasgo da chaveta está para um material da liga metálica em que foi utilizado para fabricar uma determinada peça, que no caso em estudo será uma liga de aço-carbono 1045. Que em sua composição química possui 0,45% de teor de carbono, sendo a ferramenta de corte utilizada denominada de bits ou bites que é fabricado geralmente de aço rápido, constituído de uma liga de diversos elementos de alta resistência ao corte a quente até aproximadamente 550 °C, e o rasgo de chaveta que foi estudado, é para uma chaveta do tipo paralela.

A hipótese que será proposta ao longo do trabalho é que seja encontrado um valor, quantitativo, da força. E que com este valor realmente seja possível realizar o rasgo da chaveta de forma tecnicamente possível com a máxima utilização da ferramenta, protegendo-a de possíveis quebras interrompendo a continuidade do processo usinagem.

O objetivo do trabalho é encontrar a força atuante necessária para fazer o rasgo da chaveta, por meio de cálculos com equações matemáticas já existentes sobre usinagem no *Microsoft® Office Excel* e na sequência realizar a simulação em um *software* de modelagem,

SolidWorks para validar os dados obtidos pelas equações.

Com o resultado deste trabalho será possível que as empresas do setor metalomecânico que produzem rasgo de chavetas em peças de aço-carbono possam melhorar seu processo, e que a montagem do elemento de fixação seja rápida e fácil.

A metodologia utilizada no trabalho é de pesquisa de campo, onde foi levantado o problema de execução de rasgos de chavetas internos, e com os dados coletados do conjunto de acoplamento, realizar o cálculo e também a simulação proposta.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Dimensionar a (s) força (s) de corte da ferramenta bits nos componentes de máquinas de forma cilíndricas, que tem a necessidade de serem fabricados para a montagem com chavetas. Avaliar a intensidade da força a ser realizada por uma ferramenta tipo bits, para ser usinado rasgo de chaveta.

1.1.2 Objetivos específicos

- Calcular no *Microsoft® Office Excel*, com equações matemáticas já existentes de usinagem, o modelo de aplainamento de rasgo de chaveta para encontrar a força de corte;
- Simular em *software* de CAD se a força encontrada através dos cálculos está coerente;
- Analisar os resultados das equações e da simulação;
- Qualificar os resultados obtidos até que os mesmos possam realizar o rasgo de chaveta, sem que a ferramenta quebre e que a qualidade de usinagem seja boa.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo Callister (1999), para a fabricação de máquinas e equipamentos industriais existem diversos tipos de processos para a construção dos mesmos, esses processos podem ser usinagem, fundição, metalurgia do pó, extrusão, laminação e etc.. Dentre estes processos podem existir outros processos secundários que dependendo do tamanho da organização empresarial podem ser realizados em uma empresa terceirizada. Para o caso da usinagem, existem basicamente dois processos fabricação, sendo eles o torneamento e o fresamento.

Na usinagem das peças, pode haver a necessidade da abertura de um canal de chaveta ou mais para peças cilíndricas, que terão um contato direto com outra peça também cilíndrica para acoplamento. Para casos onde se exige uma maior segurança deve ser feito a abertura de mais do que um canal ou abertura para instalação de chaveta, a maior parte dos equipamentos que executam este serviço normalmente em peças de aço-carbono é de modo manual, o que não garante a precisão para o serviço de confecção do canal de chaveta dupla, podendo vir a gerar folgas ou ficar justa demais criando interferências indesejadas e tensões residuais comprometendo a resistência da peça.

Nestes casos é necessário retrabalhar a peça defeituosa para que a chaveta possa ser montada facilmente, o que gerará atrasos em uma produção industrial. O objetivo deste trabalho é obter a força atuante necessária para o corte do rasgo da chaveta e que a partir deste resultado ser dimensionado e construído futuramente um equipamento que possa até ser acionado por um sistema de controle CNC, comando numérico computadorizado. A ideia de produzir a máquina-ferramenta surgiu através de vários problemas observados durante a montagem de peças dentro de uma empresa.

Conforme Façanha, Yu, Di Serio, Oliveira (2009), a decisão de fazer um produto ou de comprar este produto pode ser três maneiras, sendo: fornecedores, competências e custo total. Para a construção do equipamento alguns componentes foram conseguidos através de doação, o que comparado com o valor de compra da máquina viabiliza a decisão de fabricar a máquina-ferramenta futuramente após a conclusão desse estudo.

O público-alvo do trabalho é destinado para todos aqueles que estão ligados diretamente no processo industrial de usinagem, onde existe a necessidade realizar o rasgo de chaveta. Nas empresas A e B, localizadas respectivamente nas cidades de Assis Chateaubriand e Toledo, no estado Paraná, para aperfeiçoar estes processos de fabricação ou usinagem em peças de aço-carbono.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a força atuante necessária para realizar a usinagem do canal de chaveta em peças cilíndricas na máquina ferramenta chaveteira Comando Numérico Computadorizado (CNC)?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para a execução do canal de chaveta é necessário ter a informação de qual a força necessária para fazer o processo de usinagem da peça, de modo que a ferramenta consiga realizar a usinagem com a qualidade desejada. Com isso, o estudo está delimitado no material da liga que foi fabricada a peça, que é a liga de aço carbono 1045.

Esta peça de aço possui em sua composição 0,45% de teor de carbono, sendo utilizado como ferramenta de corte um bits. O estudo foi direcionado para a abertura de um rasgo de chaveta do tipo de chaveta de em paralelo, que tem o comprimento de 104 mm, largura de 16 mm e 7,5 mm de altura. Considerando que a ferramenta de corte é um bits 5/16” x 4, conforme apêndice A. Durante este processo de usinagem não teremos a presença de lubrificação ou fluido refrigerante.

Este estudo tem como objetivo atender necessidades particulares de empresas específicas do segmento metal-mecânico, da região oeste do estado do Paraná, das cidades de Assis Chateaubriand e Toledo. Para as realizações dos cálculos matemáticos de usinagem será considerando a área de corte, onde a força será aplicada como um retângulo.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Segundo Callister (1999), das técnicas para fabricar existem vários métodos de conformação dos metais. Essa fabricação pode ser por fundição, soldagem, metalurgia do pó, e usinagem. O processo de usinagem consiste basicamente em transformar um determinado material bruto, em uma peça acabada.

De acordo com Stoeterau (2004), tem se histórico que a usinagem começou em meados do período paleolítico, mais conhecida como idade da pedra lascada. Inicialmente a usinagem era feita de maneira manual, onde os seres humanos fabricavam suas próprias ferramentas, como espadas através de pedras.

Segundo Corrêa (2013), com decorrer do tempo, começaram a fabricar objetivos com mais detalhes, até que em um determinado momento, foi necessário construir uma máquina para fazer o serviço de usinagem. Essa máquina foi denominada máquina-ferramenta, por volta de 6000 a.C, já no período neolítico, onde há relatos do equipamento plaina neolítica que auxilia no processo de usinagem, conforme a figura 1.

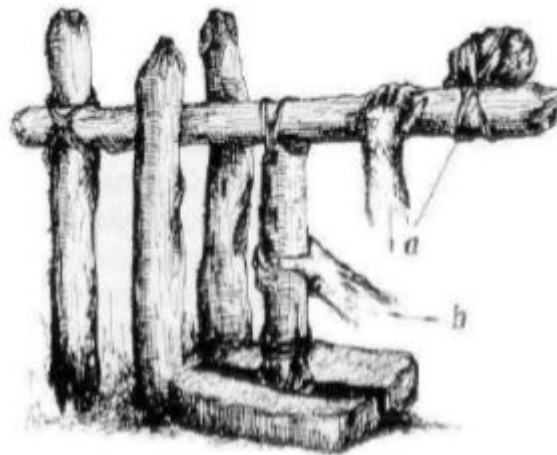


Figura 1: Plaina neolítica

(Fonte: Rafael Agresta Corrêa 2013)

Segundo Norton (2013), uma máquina pode ser definida em um dispositivo que altera o movimento ou avanço. O autor ainda diz que peças inter-relacionadas são chamadas de elementos da máquina, e uma máquina sempre terá alguma transferência de energia envolvida.

Conforme Stoeterau (2004), no ano de 1950, foi projetada a primeira máquina ferramenta numericamente controlada, que foi utilizado o computador EDSAC. As máquinas-ferramentas podem ser divididas em três classes, sendo: Hexapod, que é diferenciada por ter maior agilidade de produção; HSM, para maior taxa de retirada de material e Ultraprecisão, que é voltada para peças com geometria complexas.

Cunha (2006), diz que as máquinas convencionais são semelhantes em comparação com as máquinas CNC, e que as CNC foram incluídas alguns itens para esta modificação. Conforme Shigley, Mischke e Budynas (2005), CAD é projeto auxiliado por computador, que através dele permitem que os projetistas e engenheiros consigam desenvolver os projetos tridimensionais, que é popularmente conhecido com 3D. Já Norton (2013), diz que CAD é um projeto auxiliado por computador ou desenho assistido por computador.

Segundo Ferrasesi (1970), a classificação e nomenclaturas de usinagem é bastante ampla, e para a obtenção do rasco do chaveta é utilizado a nomenclatura aplainamento. Ainda segundo o autor, aplainamento é o processo que se destina para obter uma superfície regradada, provocado por movimento. Seja este movimento retilíneo alternativo da ferramenta de corte ou da peça. Conforme figura 2, vemos a demonstração do aplainamento para o rasco de chaveta.



Figura 2: Aplainamento de rasco de chaveta

Fonte: Dino Ferraresi (1970)

Segundo Shigley, Mischke e Budynas (2008), a chaveta é utilizada nos eixos a fim

de assegurar elementos rotantes, como por exemplo: engrenagens, polias podendo ser até outras rodas e elas possibilitam a transmissão de torque do eixo até o elemento por este sustentado.

Conforme Shigley, Mischke e Budynas (2005), a chaveta ilustrada na figura 3 é de formato retangulares, e a mesma possui tamanhos padrões em relação ao diâmetro do eixo, conforme tabela 1. Já a dimensão do comprimento dela é em relação a carga aplicada.

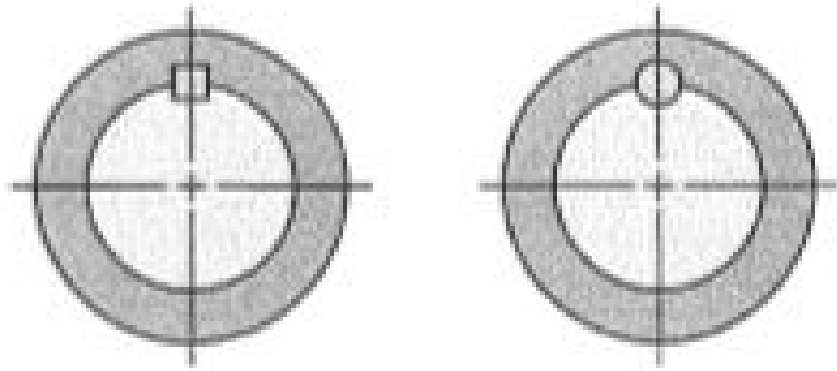


Figura 3: Ilustração chaveta

Fonte: Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke e Richard G. Budynas (2008)

Tabela 1: Dimensões em polegadas para algumas aplicações de chavetas normalizadas quadradas e retangulares

Diâmetro de eixo		Tamanho de chaveta		Profundidade de rasgo de chaveta
Acima	Até (inclusive)	w	h	
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
		$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
		$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

Fonte 1 (Joseph E. Shigley, "Unthreaded Fasteners", Cap. 22, em Joseph E. Shigley e Charles R. Mischke (eds.), Standard Handbook of Machine Design, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1996.)

Norton (2013), diz que a chaveta é uma parte de máquina desmontável que quando colocada em assentos, apresenta um meio de transmitir torque entre um eixo e cubo. Ainda diz que a chaveta paralela pode ser retangular ou quadrada, e que sua largura e altura não varia no seu comprimento, conforme figura 4. Já Melconian (2008), chama a chaveta paralela de plana.

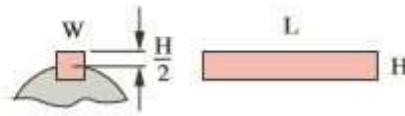


Figura 4: Chaveta paralela

(Fonte: Norton 2013)

Segundo Melconian (2008), existem 5 tipos de chavetas conforme a figura 5. Ainda o autor diz que a chaveta plana é a mais comum o seu uso em relação as demais. E é indicada para o torque de um único sentido, já a chaveta tangencial é para situação onde o torque é aplicado em dois sentidos.

Chaveta Plana		DIN6885
Chaveta Inclínada		DIN6886
Chaveta Meia Lua		DIN6888
Chaveta Tangencial		DIN271
Chaveta Inclínada com Cabeça		DIN6887

Figura 5: Tipos de chavetas

(Fonte: Melconian 2008)

Conforme Melconian (2008), os eixos são utilizados para aplicações onde necessitam suportar outras peças, podendo ser: rolamentos, polias, engrenagens e outros, com a função de distribuir movimentos. Ainda o autor fala que, quando em determinada situação haver forças que agem de maneira giratória, é orientado para fazer o projeto incluindo uniões com chavetas e chavetas tangenciais.

Segundo Hibbeler (2010), o elemento mecânico eixo, é usada em várias máquinas, e com isso, geralmente está condicionado a ter fadiga e tensões cíclicas que são oriundas dos esforços de flexão e torção que precisam transmitir movimentos. Além disso, pode haver concentrações de tensão em um eixo por conta da utilização de chavetas.

Segundo Shigley, Mischke e Budynas (2008), eixo é elemento mecânico rotativo, usualmente sua secção é circular e tem a função de transmitir movimento ou potência. Dentre estes, incluem a transmissão de torque do eixo para outra peça, que pode ser a chaveta.

Conforme Ferrasesi (1970), para criar o canal de chaveta, a ferramenta precisa ter um movimento entre a ferramenta e peça em um determinado sentido, seja ele vertical ou horizontal; para este caso será no sentido horizontal, igual a figura 2. Estes movimentos são:

- Movimento de corte;
- Movimento de avanço;
- Movimento efetivo de corte;
- Movimento de posicionamento;

De acordo com Brito (2014), o movimento de corte é quando a ferramenta de corte força sobre a peça, e a ferramenta desliza sobre a peça. O movimento de avanço é relação entre a ferramenta de corte e a peça já em movimento de corte, gerando a retirada do cavaco de maneira constante. Já movimento efetivo de corte é a combinação entre o movimento de corte e de avanço.

Segundo Ferrasesi (1970), movimento de posicionamento é quando a ferramenta é levada até o ponto para dar início a usinagem do material. Além do movimento de corte é necessário entender o conceito sobre a força. Ferrasesi (1970), diz que a força de usinagem é a força que age sobre a ponta de ferramenta de corte durante o processo de usinagem.

Conforme Norton (2013), a usinagem de rasgos de canal chaveta liberam tensões residuais localmente e podem causar empenamento. Para Hibbler (2010), as tensões residuais é um elemento, ou um grupo de elementos, carregado axialmente formar um sistema estaticamente indeterminado capaz de suportar cargas de tração, bem como de compressão, então, carregamentos externos excessivos que provocam escoamento no material criarão tensões residuais nos elementos quando as cargas forem removidas.

Segundo Hibbeler (2010), as forças de superfícies são causadas através de contato direto de outro corpo que está sendo transferido para determinada direção.

De acordo com Norton (2013), o movimento e a força são extremamente importantes para um projeto mecânico, pois ao realizar uma conversão de energia em outra, a máquina

realiza movimento e exerce força. A função do engenheiro mecânico é dimensionar isto.

Segundo Norton (2013), as aplicações de cargas podem ser divididas na presença ou não de movimento no sistema mecânico, e elas estão divididas em classes. Após a definição da classe, é determinada a força do conjunto do mecânico. Ainda segundo o autor, para conseguir identificar todas as forças do conjunto é necessário fazer um DCL - Diagrama de Corpo Livre, para poder visualizar e entender melhor o que está acontecendo no conjunto. No DCL, deve contar um esboço do conjunto.

Machado, Abrão, Coelho e Sila (2009) diz que, para acontecer o processo de usinagem as propriedades mecânicas do material da ferramenta de corte devem ser maiores, mais duro, do que em relação a peça que será usinada.

Segundo Machado, Abrão, Coelho e Sila (2009), entre os séculos 19 e 20 Taylor e White manipularam um material contendo suas propriedades químicas com 0,67% de C, 18,91% de W, 5,47% de Cr, 0,11% de Mn e 0,29% de V. E esse material ainda havia um tratamento térmico próprio para o mesmo.

Conforme Machado, Abrão, Coelho e Sila (2009), na época essa descoberta permitiu aumentar bastante a velocidade de corte, aproximadamente 10 vezes em relação a velocidade de corte daquele período; que eram na faixa de 3 a 5 m/min. Por conta disso, o nome desse aço é chamado de aço rápido. Porém, caso for haver uma comparação com os materiais que temos disponíveis hoje, estes valores de velocidades que são de 30 a 35 m/min é considerado baixo.

Segundo Ferraresi (1970), no ano de 1868, Robert Mushet pode ter sido o autor responsável pela utilização crucial do aço em ferramentas. Pois o mesmo, pela primeira vez alegou que ao adicionar alguns elementos de liga no aço, poderia tornar ele mais duro. Já em 1898, Fred W. Taylor e White após vários testes concluiu uma das mais consideráveis ajudas ao setor dos materiais para ferramentas. Pois haviam elaborado um aço 1,85% C, 3,80% Cr e 8% W. E no ano de 1903, fora desenvolvido um aço, cuja 0,70% C e pelo menos 14%, logo, um modelo avançado do aço rápido.

De acordo com Machado, Abrão, Coelho e Sila (2009), suas funcionalidades são para a fabricação de ferramentas de cortes, tendo como exemplo: brochas, brocas, cossinetes, fresas e podendo também em ferramentas de corte para torneamento em peças com raios menores.

Para Machado, Abrão, Coelho e Sila (2009), os aços rápidos mais procurados são aqueles que possui o elemento de liga Co, que pode chegar a conter até 12% na ferramenta de

corte. Com ele, pode-se obter velocidades de cortes entre 25% a 30% maior do que outras ferramentas de corte sem o Co.

Segundo Chiaverini (1986), para realização de usinagem com aço ferramenta deve ter considerar alguns requisitos para a operação, como: usinabilidade, dureza a temperatura ambiente, dureza a quente, resistência ao desgaste, resistência mecânica e tenacidade.

Conforme Ferraresi (1970), dos critérios para selecionar um aço para ferramenta são:

- Resistência ao desgaste;
- Dureza a quente;
- Dureza em serviço, relacionada principalmente ao limite elástico;
- Profundidade de endurecimento, relacionada principalmente com as tensões internas que se podem desenvolver;
- Tamanho do grão.

Conforme Chiaverini (1986), ainda existe alguns fatores além dos requisitos para considerar uma boa usinagem utilizando o aço ferramenta que são o tratamento térmico e a composição química da ferramenta.

De acordo com Chiaverini (1986), para composição química da ferramenta podem haver simplesmente carbono ou aços liga, cujo os elementos químicos são: colbato, tungstênio, molibdênio, cromo, vanádio e outros. E que quando aplicado o tratamento térmico em aço ferramenta pode ser utilizado a têmpera e revenido.

Metals Handboook (1989), diz que existe três materiais mais habituais para utilização enquanto ferramenta de corte durante a execução de usinagem, que são os aços de alta velocidade, HSS, carbonetos e ferramentas revestidas.

Ferraresi (1970) diz que, conforme *American Iron and Steel Institute* existem seis classes que os aços rápidos são agrupados:

- Classe 610 – ao tungstênio;
- Classe 620 – ao tungstênio-cobalto;
- Classe 630 – ao molibdênio;
- Classe 640 – ao molibdênio-cobalto;
- Classe 650 – ao tungstênio- molibdênio;
- Classe 660 – ao tungstênio- molibdênio-cobalto.

Segundo Ferraresi (1970), é complicado escolher um aço rápido para que seja possível atender todas as condições de uma ferramenta de corte. De todos os tipos de aços rápidos que são consideradas pela classificação da AISI, doze mais utilizados estão na figura

6.

Seleção de aços rápidos

<i>Resistência ao desgaste</i>	<i>Tenacidade</i>	<i>Dureza a quente</i>
Grupo 7 630 (M 1) 650 (M 2) 631 (M 10) 610 (T 1) 620 (T 4) 621 (T 5)	Grupo 1 622 (T 6) 623 (T 15) 621 (T 5)	Grupo 8 630 (M 1) 631 (M 10) 610 (T 1) 650 (M 2) 611 (T 2) 651 (M 3-1) 652 (M 3-2) 653 (M 4) 624 (T 8)
Grupo 8 622 (T 6) 611 (T 2) 651 (M 3-1) 652 (M 3-2)	Grupo 2 624 (T 8)	Grupo 9 621 (T 5) 623 (T 15) 622 (T 6)
Grupo 9 653 (M 4) 623 (T 15)	Grupo 3 611 (T 2) 653 (M 4) 610 (T 1) 652 (M 3-2) 651 (M 3-1) 631 (M 10) 630 (M 1) 650 (M 2)	

Figura 6: Tipos mais comuns de aços rápidos

(Fonte: Ferraresi 1970)

3. METOLOGIA

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado de maneira experimental, pois era necessário utilizar variáveis diretamente relacionadas ao foco do estudo. Para a realização da pesquisa foi necessário, selecionar a peça que à ser usinada, colher as propriedades mecânicas do material ou identificar a liga do material, mensurar as dimensões do rasgo de chaveta que foi usinado na peça.

Após as medições do rasgo de chaveta, foi selecionado a ferramenta de corte, e caracterizar todas as medidas necessárias da ferramenta de corte, foram realizados os cálculos matemáticos com utilização de programas de computador *Microsoft® Office Excel*, e revisados estes cálculos. No *SolidWorks*, já tendo a peça a ser usinada foi realizada a respectiva simulação com a força encontrada e analisado os resultados.

Para a realização dos cálculos, foi utilizado três equações, sendo a equação 1, para calcular a área da ferramenta de corte. A equação 2, para calcular a pressão específica de corte; e a equação 3, para descobrir a força principal de corte. A equação 2 e 3 foram obtidas do livro Fundamentos da Usinagem dos Metais do autor, Dino Ferraresi conforme anexos 1 e 2; Já o anexo 3, mostra o valor da constante do material.

$$S = b \times h \quad (1)$$

Onde:

S: área (mm²)

b: base (mm)

h: altura (mm)

$$K_s = \frac{Ca}{a^n} \quad (2)$$

Onde:

Ks: pressão específica de corte, isto é, a força de corte para a unidade de área da secção de corte (Kg/mm²)

Ca: constante do material

a: avanço

n: 0,2 para aços e 0,3 para ferro fundido

$$P_c = K_s . S \quad (3)$$

Onde:

Pc: Força principal de corte (Kg)

S: área da secção de corte (mm)

Ks: pressão específica de corte, isto é, a força de corte para a unidade de área da secção de corte (Kg/mm²)

Após os cálculos realizados, foram comparados os resultados entre a equação matemática e a simulação, com o objetivo de qualificar os resultados para que quando o mesmo for aplicado na produção da máquina ferramenta não venha a ocasionar eventuais quebras de ferramenta e produzir um acabamento superficial inadequado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a pior condição possível para a realização da usinagem do rasco de chaveta, que é considerado área total da face de forte e avanço máximo da ferramenta de corte. As medidas da ferramenta de corte estão nos apêndices B, C, D e E. Através da equação três (3), foi obtido o cálculo da área para o bits e a equação dois (2) a pressão específica do corte e a na equação um (1), foi encontrada a força de corte principal, conforme figura 7, para o caso 1; que é considerado a pior condição possível de trabalho.

Como resultado esperado com este trabalho foi obter um valor numérico da força atuante para executar o rasgo da chaveta, para que quando o mesmo for aplicado num processo de fabricação ou usinagem em uma máquina ferramenta, a ferramenta de corte não veio a apresentar danos causando imprecisões nas dimensões do corte, além de um acabamento superficial inadequado.

Pc (kg)	=	Ks (Kg/mm ²)	x	S (mm ²)	Ks =	Ca / a ⁿ
Caso 1						
571,0698862	=	9,799569047	x	58,27500	Ks	9,799569
					Ca (Cte material)	14,7
					a (avanço)	7,5
					n (0,2 para aços)	0,2
					a ⁿ	1,5

Figura 7: Resultados para caso 1

(Fonte: Autor 2019)

Já considerando outra situação, caso 2, que em relação a situação acima foi considerando 50% da pior condição possível de trabalho. Também realizado através das três equações já apresentadas, e foram encontrados os resultados conforme a figura 8.

Pc (kg)	=	Ks (Kg/mm ²)	x	S (mm ²)	Ks =	Ca / a ⁿ
Caso 2						
327,9935195	=	11,25674884	x	29,13750	Ks	11,25675
					Ca (Cte material)	14,7
					a (avanço)	3,75
					n (0,2 para aços)	0,2
					a ⁿ	1,3

Figura 8: Resultados para caso 2

(Fonte: Autor 2019)

Para o caso 3, que em relação ao caso 1, foi considerando 25% da pior condição possível de trabalho. Também realizado através das três equações já apresentadas, e foram encontrados os resultados conforme a figura 9.

Pc (kg)	=	Ks (Kg/mm ²)	x	S (mm ²)	Ks =	Ca / a ⁿ
Caso 3						
188,3828081	=	12,93060888	x	14,56875	Ks	12,93061
					Ca (Cte material)	14,7
					a (avanço)	1,88
					n (0,2 para aços)	0,2
					a ⁿ	1,13

Figura 9: Resultados para caso 3

(Fonte: Autor 2019)

Já para o caso 4, considerando outra situação, que em relação a situação do caso 1, foi considerando 12,5% da pior condição possível de trabalho. Também realizado através das três equações já apresentadas, e foram encontrados os resultados conforme a figura 10.

Pc (kg)	=	Ks (Kg/mm ²)	x	S (mm ²)	Ks =	Ca / a ⁿ
Caso 4						
108,1975109	=	14,85336915	x	7,284375	Ks	14,85337
					Ca (Cte material)	14,7
					a (avanço)	0,94
					n (0,2 para aços)	0,2
					a ⁿ	0,99

Figura 10: Resultados para caso 4

(Fonte: Autor 2019)

Após as realizações dos cálculos já apresentados acima, foram feitas simulações em todos os casos estudados, para poder analisar melhor os resultados da simulação a partir da força encontrada nos cálculos, acima, da figura 7. Na figura 11, é possível verificar os resultados da tensão deformação onde tem a máxima e mínima tensão; referente ao caso 1.

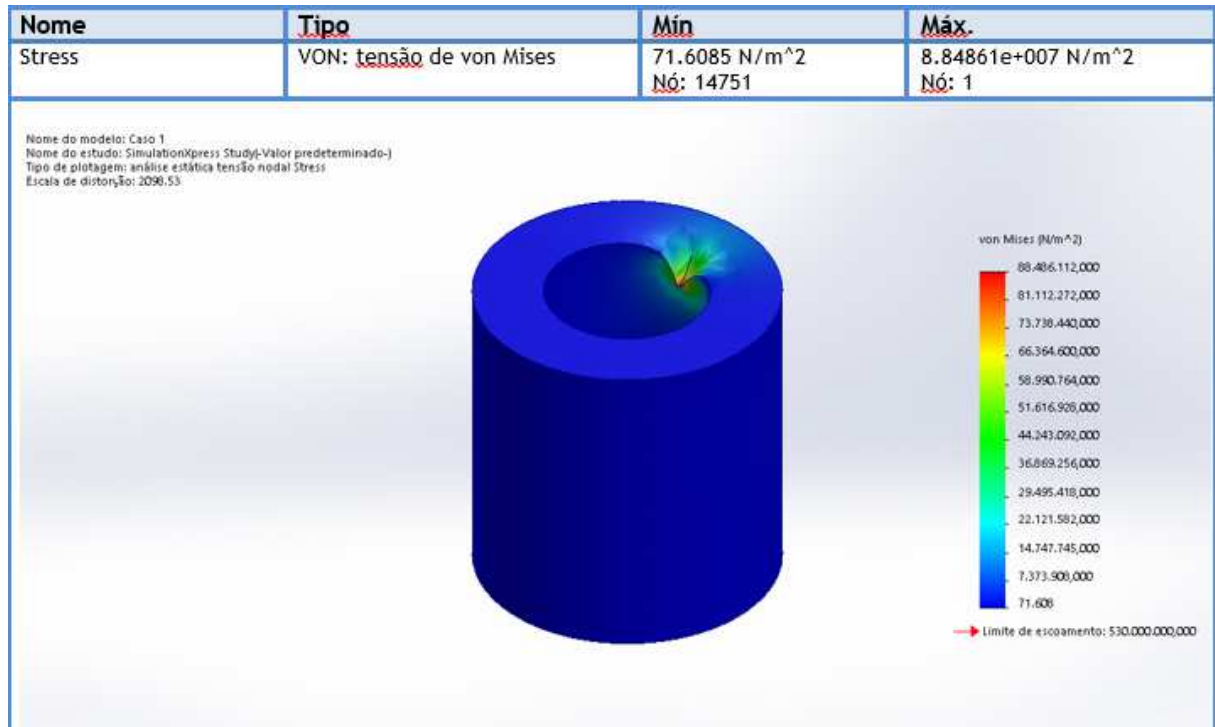


Figura 11: Simulação deformação para caso 1

(Fonte: Autor 2019)

Ainda para o pior caso possível, na figura 12 é possível verificar os resultados obtidos para qual o mínimo e o máximo deslocamento que a peça a ser usinada sofrerá quando aplicado a determinada força; referente ao caso 1.

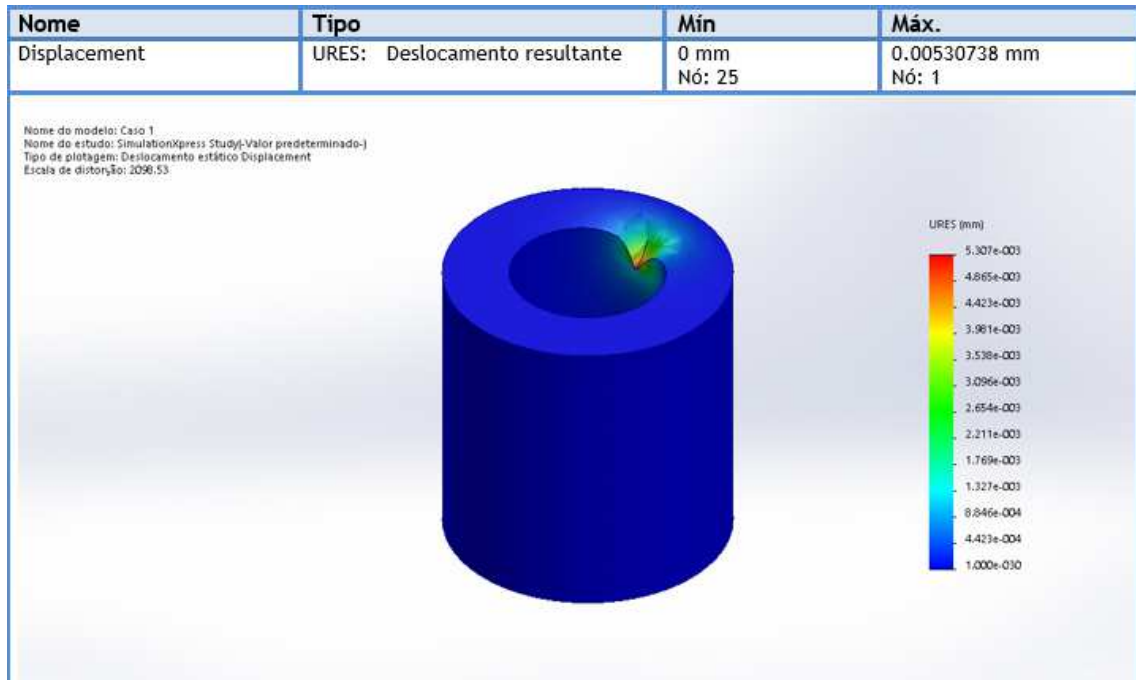


Figura 12: Simulação deslocamento resultante para caso 1

(Fonte: Autor 2019)

Na figura 13 é possível verificar uma representação da peça a ser usinada deformada, após a aplicação da força; referente ao caso 1.

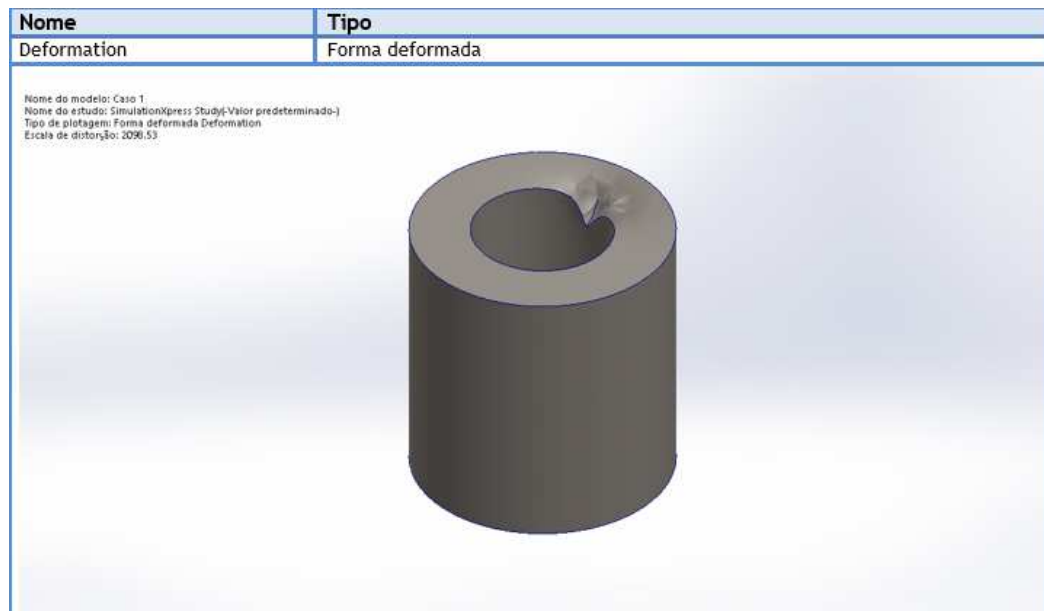


Figura 13: Representação da deformação do caso 1

(Fonte: Autor 2019)

Na figura 14, é possível verificar os resultados da tensão deformação onde tem a máxima e mínima tensão, referente ao caso 2.

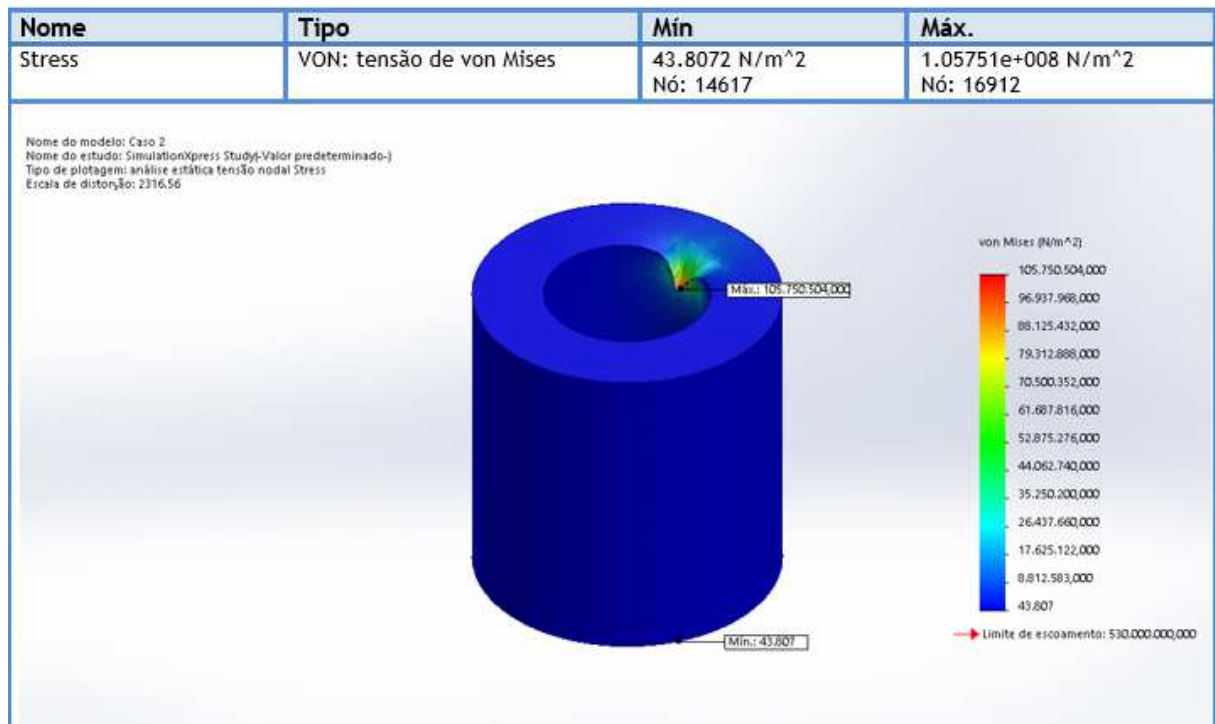


Figura 14: Simulação deformação para caso 2

(Fonte: Autor 2019)

Ainda no, caso 2, na figura 15 é possível verificar os resultados obtidos para qual o mínimo e o máximo deslocamento que a peça a ser usinada sofrerá quando aplicado a determinada força.

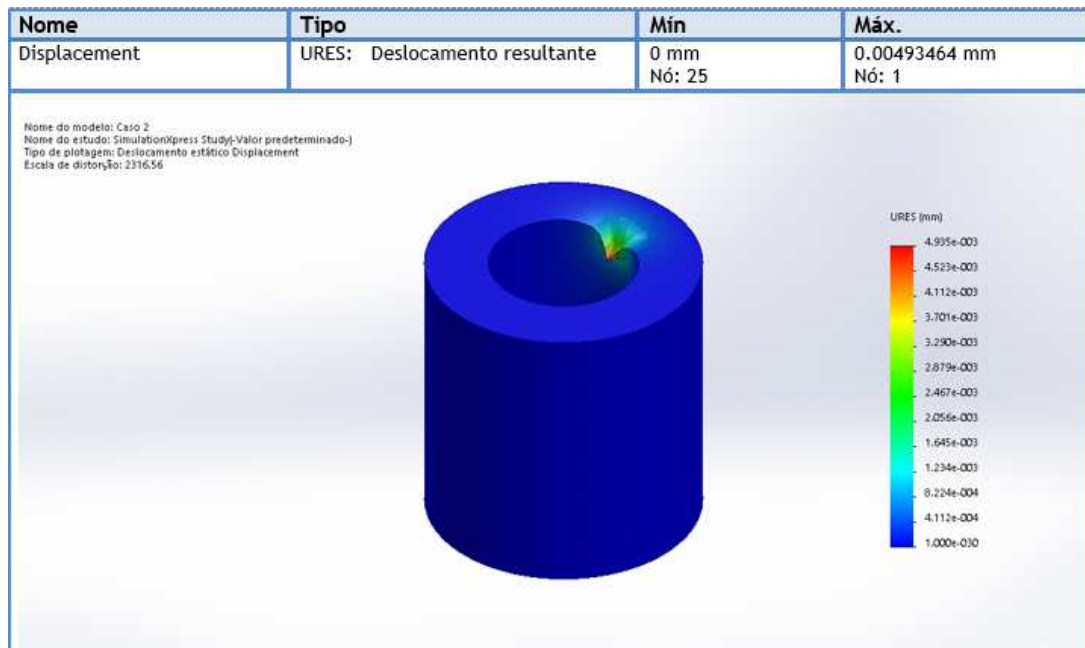


Figura 15: Simulação deslocamento resultante para caso 2

(Fonte: Autor 2019)

Na figura 16 é possível verificar uma representação da peça a ser usinada deformada, após a aplicação da força do caso 2.

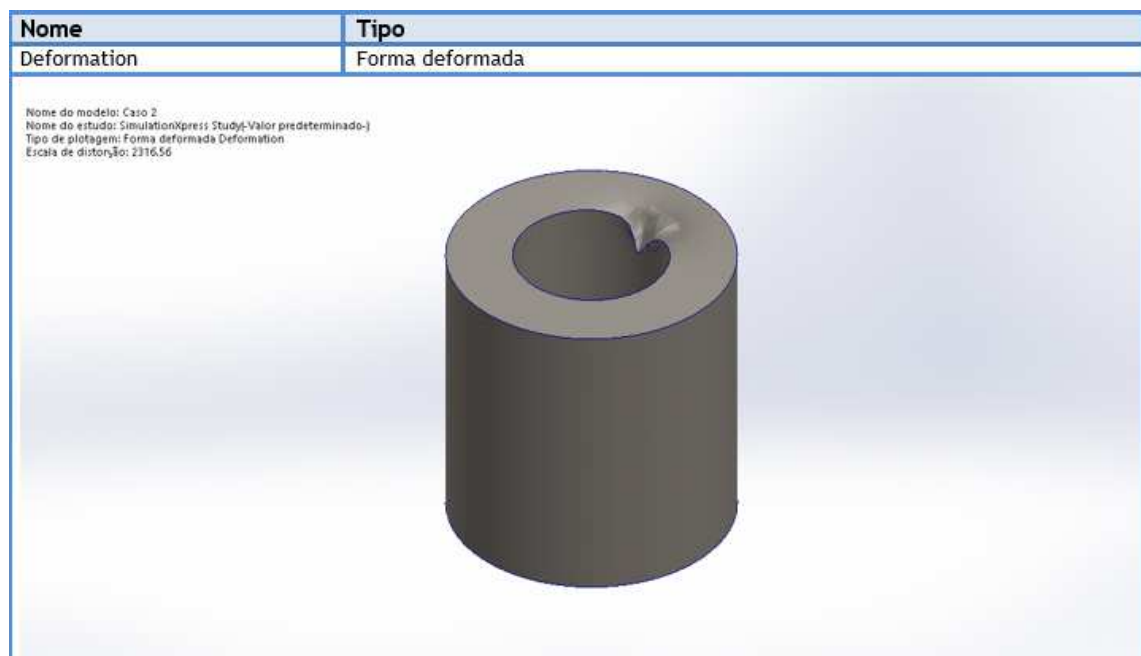


Figura 16: Representação da deformação do caso 2

(Fonte: Autor 2019)

Na figura 17, é possível verificar os resultados da tensão deformação onde tem a máxima e mínima tensão, referente ao caso 3.

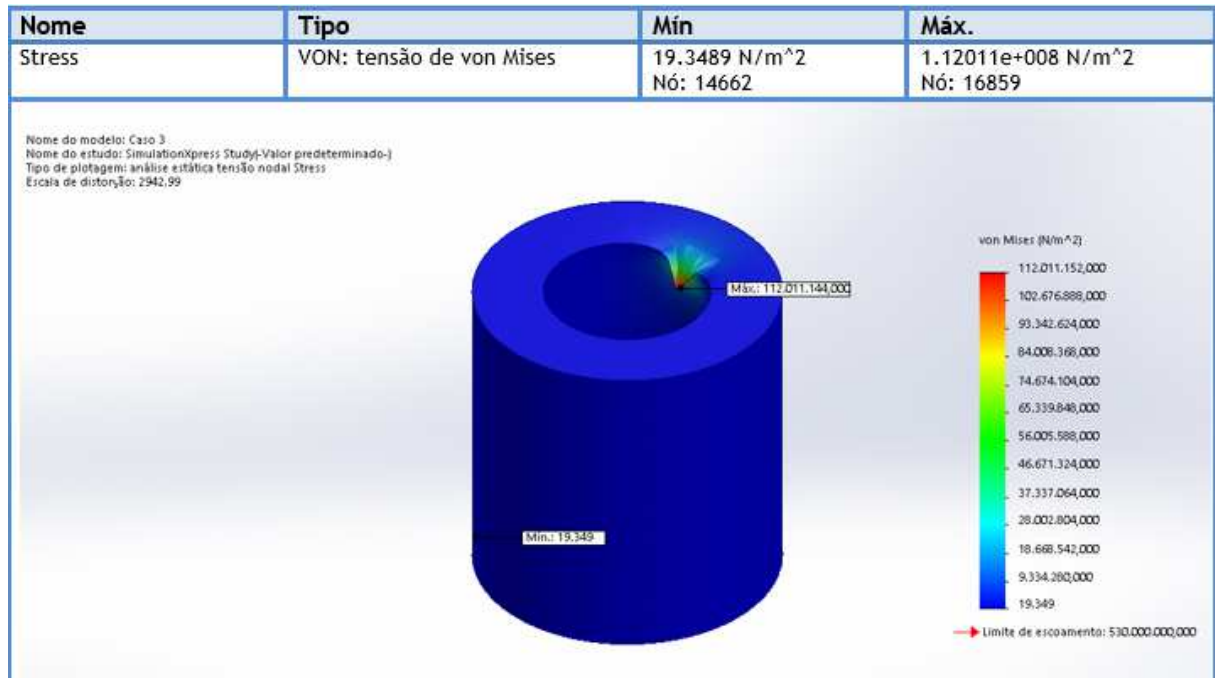


Figura 17: Simulação deformação para caso 3

(Fonte: Autor 2019)

Ainda caso 3, na figura 18 é possível verificar os resultados obtidos para qual o mínimo e o máximo deslocamento que a peça a ser usinada sofrerá quando aplicado a determinada força.

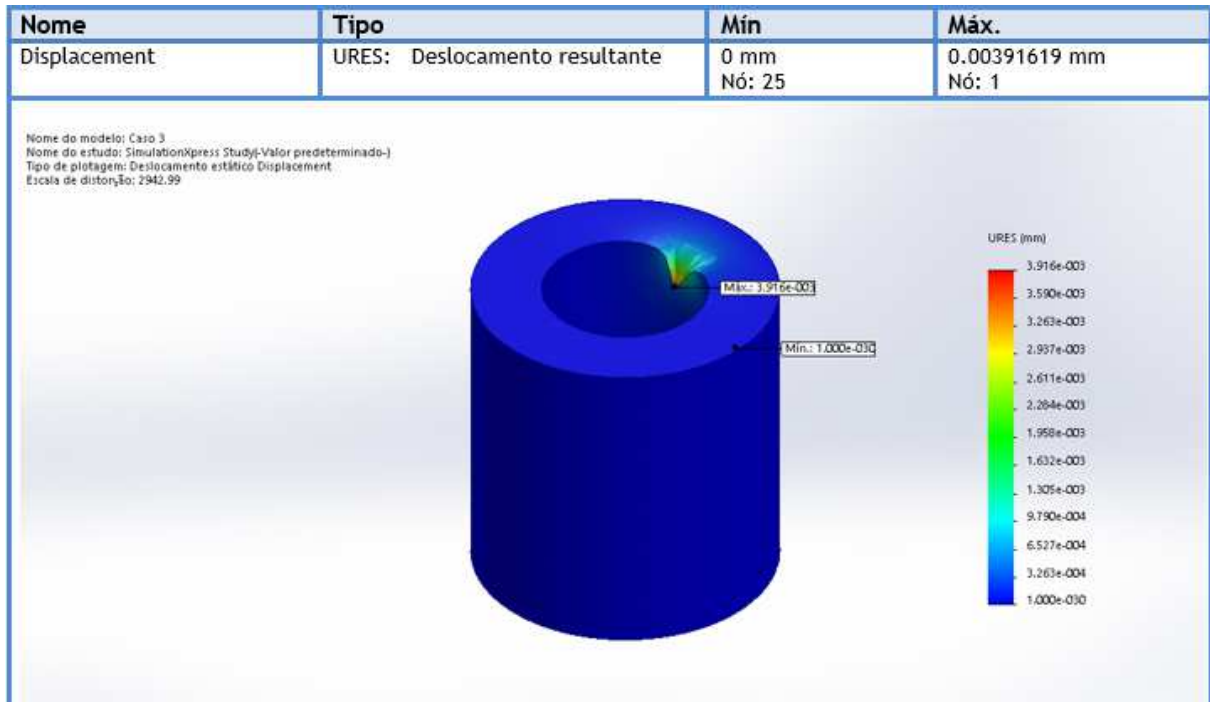


Figura 18: Simulação deslocamento resultante para caso 3

(Fonte: Autor 2019)

Na figura 19 é possível verificar uma representação da peça a ser usinada deformada, após a aplicação da força do caso 3.

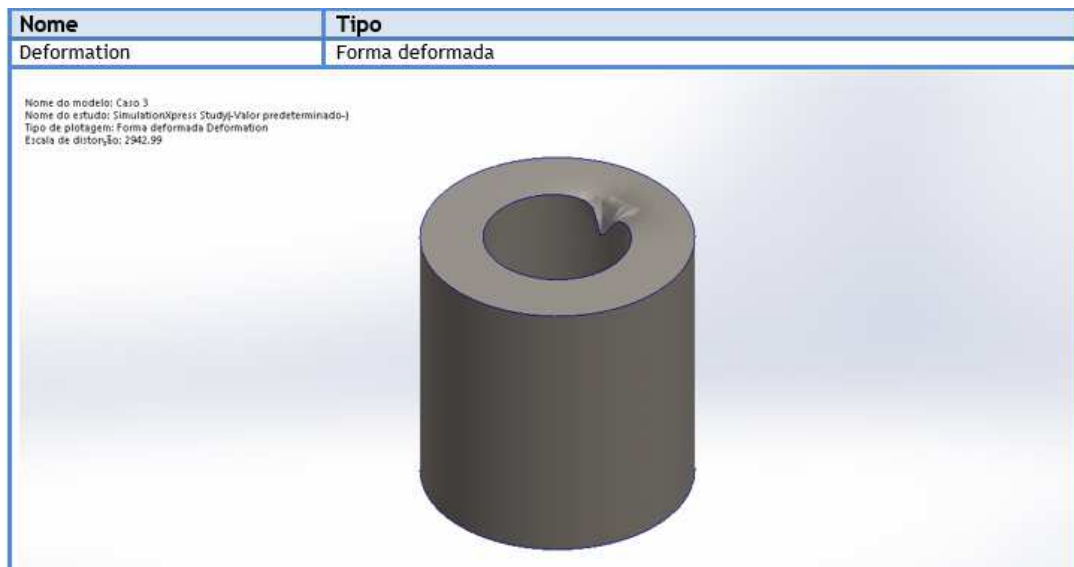


Figura 19: Representação da deformação do caso 3

(Fonte: Autor 2019)

Na figura 20, é possível verificar os resultados da tensão deformação onde tem a máxima e mínima tensão, referente ao caso 4.

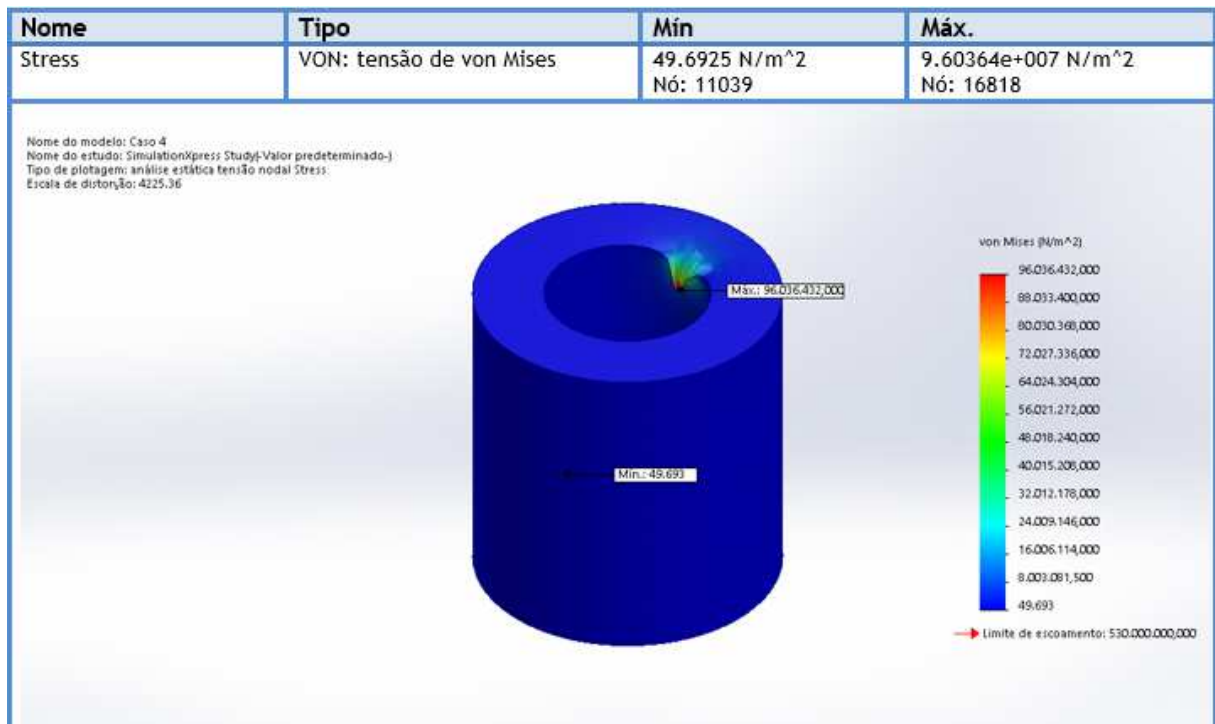


Figura 20: Simulação deformação para caso 4

(Fonte: Autor 2019)

Ainda caso 4, na figura 21 é possível verificar os resultados obtidos para qual o mínimo e o máximo deslocamento que a peça a ser usinada sofrerá quando aplicado a determinada força.

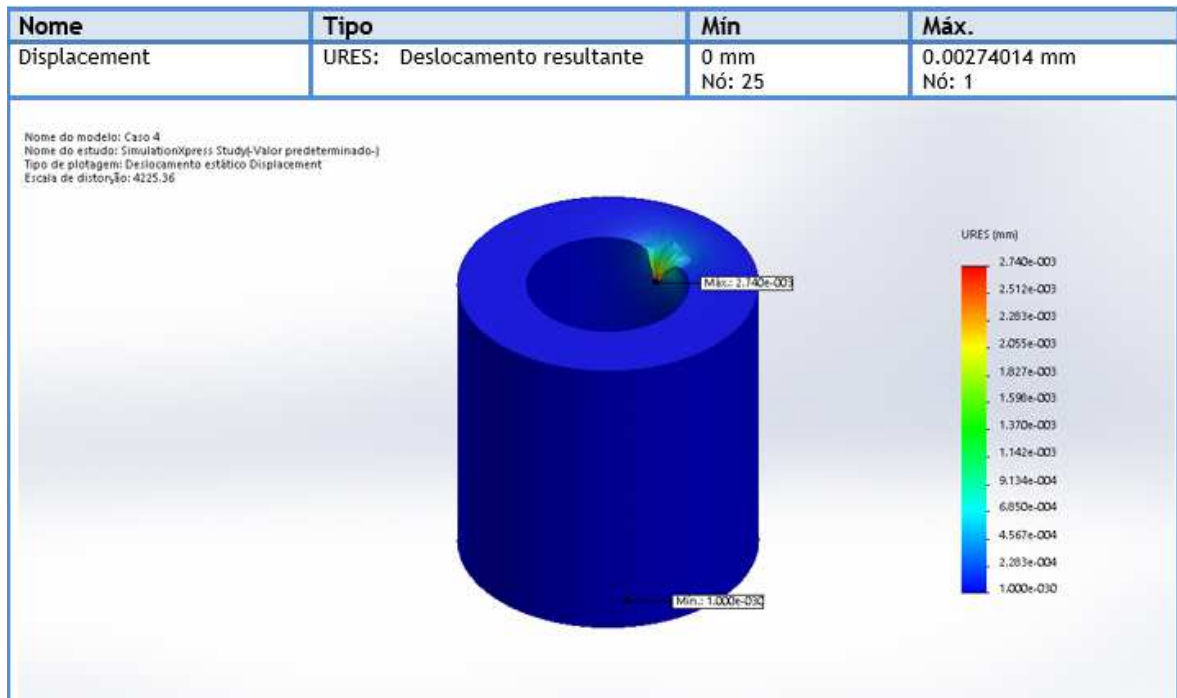


Figura 21: Simulação deslocamento resultante para caso 4

(Fonte: Autor 2019)

Na figura 22 é possível verificar uma representação da peça a ser usinada deformada, após a aplicação da força do caso 4.

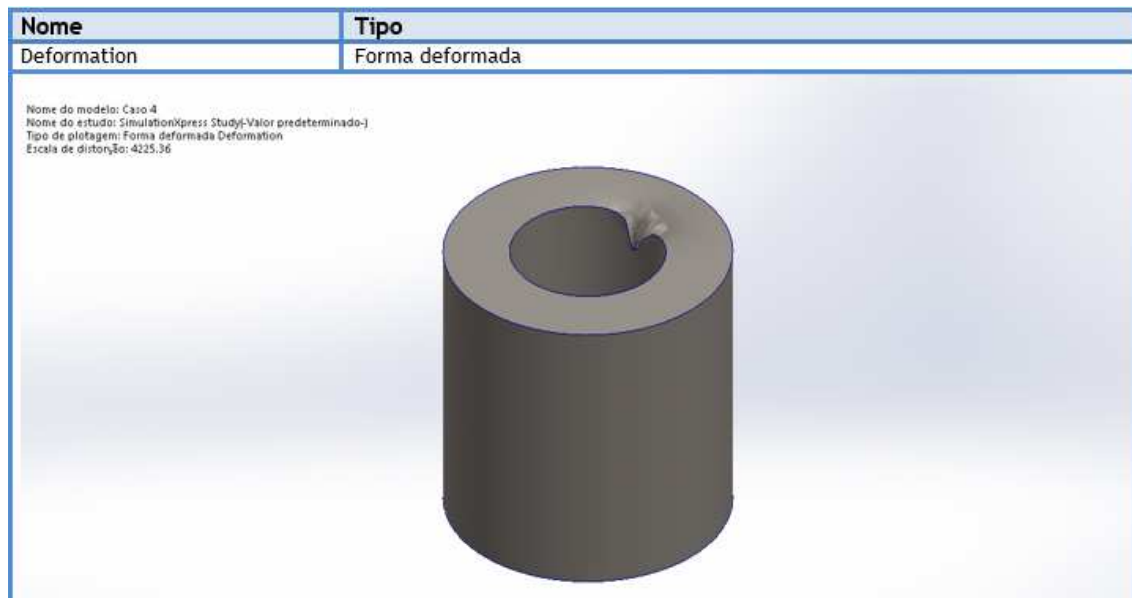


Figura 22: Representação da deformação do caso 4

(Fonte: Autor 2019)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho foi possível encontrar a força de corte para a realização da usinagem do rasgo de chaveta em peças que possui a sua liga de aço carbono. Nos cálculos matemáticos de usinagem realizados foi possível notar a influência da área da ferramenta de corte e também do avanço dela.

Em comparação da pior situação possível, caso 1, onde foi considerando o avanço máximo da ferramenta de corte e a área total da ferramenta à altura da chaveta, em relação à 12,5% da pior condição, caso 4, é possível notar que a força de corte diminui 462,87 Kg. Analisando os resultados das simulações para todos os quatros casos de usinagem do rasgo de chaveta e os cálculos matemáticos é possível afirmar que as forças encontradas realizam a deformação na peça. Com os valores obtidos nesse estudo foi possível identificar qual a número da força máxima que o motor deverá ter para a aplicação de realizar os rasgos de chaveta.

Porém durante a aplicação, colocando em pratica, não é recomendo trabalhar na pior condição possível. Pois a pior condição, caso 1, é força de projeto. E a força de trabalho deve ser bem abaixo dela, ou seja, para realização do rasgo de chaveta deve-se utilizar a menor área de corte possível. Caso o rasgo de chaveta a ser usinada deve haver grande retirada de material, o correto é utilizar a máquina denominada de brochadeira, a qual utiliza como ferramenta de corte a brocha.

Através dos resultados obtidos da simulação para todos os casos é possível verificar que a peça não tem uma deformação total em seu comprimento. Para a simulação foi utilizado o assistente de análise *SimulationXpress* do *SolidWorks*, conforme apêndice F. Onde existe a função de verificar, analisar, se a força ou pressão aplicada sobre determinada área sofrerá ou não a deformação mecânica na peça. O assistente de análise não considera a força como uma ferramenta de corte. Diante disso, através dos resultados da simulação não é possível afirmar que as forças encontradas são capazes de realizar a usinagem da peça.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinação da força de corte para realização de usinagem de rasgo de chaveta em material de aço carbono, utilizando a ferramenta de corte brocha;
- Determinação da força de corte para realização de usinagem de rasgo de chaveta em aço carbono limitado a área de corte em 0,1mm;
- Determinação da força de corte para realização de usinagem de rasgo de chaveta em material de ferro fundido;
- Determinação da força de corte para realização de usinagem de rasgo de chaveta em material de alumínio;
- Influência do ângulo de corte para determinação da força de corte para realização de usinagem de rasgo de chaveta em material de aço carbono, utilizado a ferramenta de corte bits;
- Simulação da força de corte para realização de usinagem de rasgo de chaveta em material de aço carbono, utilizando um software específico.
- A partir do resultado desse estudo, dimensionar todos os componentes necessários para a construção de uma máquina-ferramenta CNC, para realizar rasgos de chavetas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRITO, Tarcísio G de. **Introdução a usinagem**. Disponível em <<https://docente.ifsc.edu.br/gianpaulo.medeiros/MaterialDidatico/Processos%20de%20Fabrica%C3%A7%C3%A3o%20I/Usinagem/Aula%205/conceitos%20de%20usinagem.pdf>> acesso em: 03 abr.2019.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica-Processos de fabricação e tratamento**. v. 2. 2 ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1986.

CALLISTER, Willian D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5. ed. *Sine loco*.

CUNHA, Lauro S; CRAVENCO, Marcelo P. **Manual prático do mecânico**. São Paulo: Hemus, 2006.

CORRÊA, Rafael A. **Tendências tecnológicas para máquinas ferramenta de alta velocidade - HSM/HSC**. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008404.pdf>> acesso em: 04 abr.2019.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem**. São Paulo: Blucher, 1970.

FAÇANHA, Sandra L. de O; YU, Abraham S. O; SERIO, Luiz C. D.; OLIVEIRA, Luciel Henrique. **Processo Decisório de Fazer ou Comprar: Um Estudo Exploratório no Setor Químico**. Disponível em <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/GOL1440.pdf>> acesso em: 27 maio.2019.

HIBBLER, Russell C. **Resistência dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MACHADO, A. R.; DA SILVA, M. B.; COELHO, R. T.; ABRÃO, A. M.; **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2009.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquina**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2008.

METALS HANDBOOK. **Machining**, v.16. ASM, 1989.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

STOETERAU, Rodrigo L. **Introdução ao projeto de máquina-ferramentas modernas**. Disponível em <https://files.comunidades.net/mutcom/Projetos_de_maq._ferramentas.pdf> acesso em: 03 abr.2019.

SHIGLEY, Joseph E; MISCHEKE, Charles R; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICES

Apêndice A – Ferramenta de corte



(Fonte: Autor 2019)

Apêndice B – Medida da ferramenta de corte



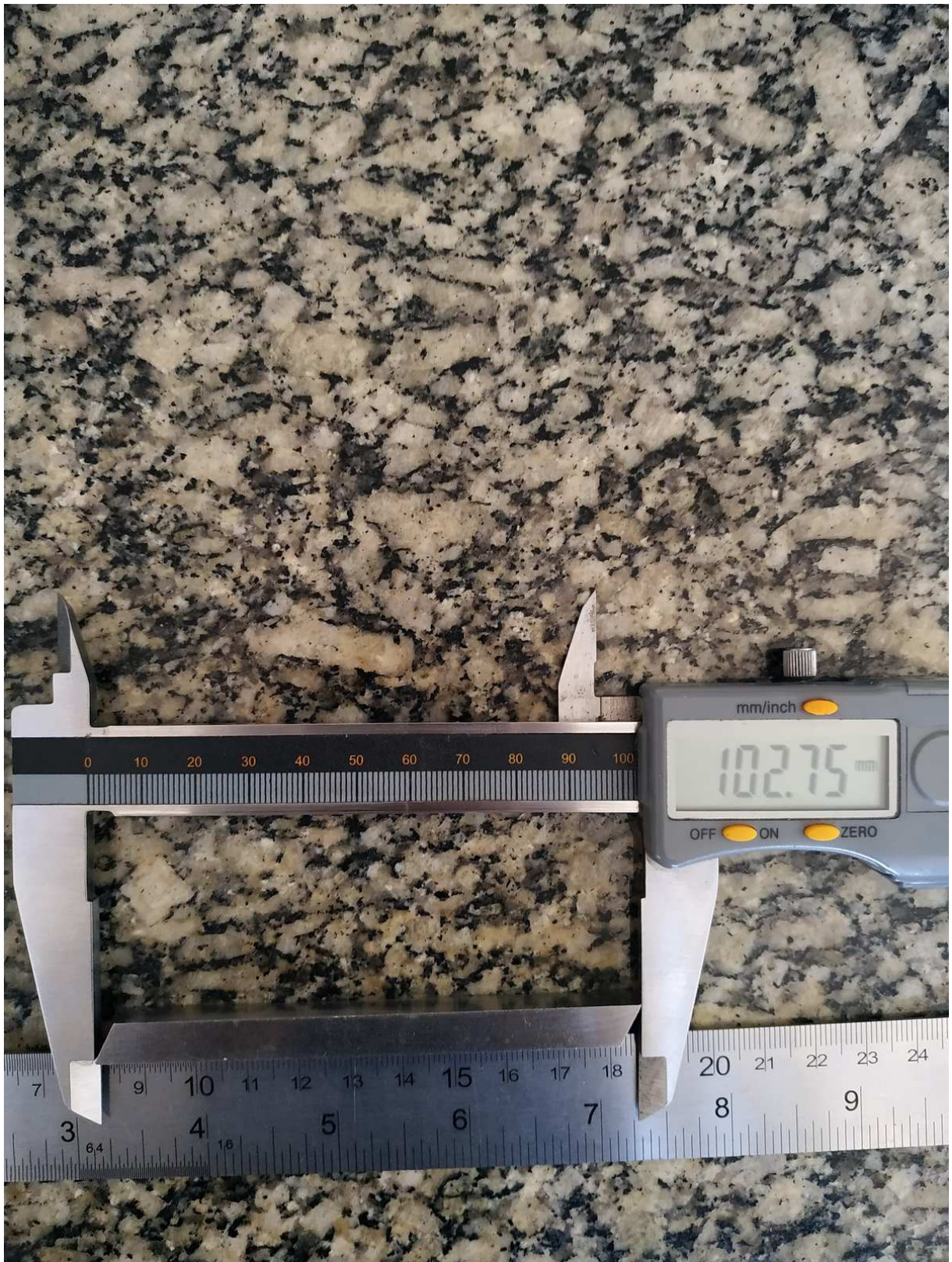
(Fonte: Autor 2019)

Apêndice C - Medida da ferramenta de corte



(Fonte: Autor 2019)

Apêndice D - Medida da ferramenta de corte



(Fonte: Autor 2019)

Apêndice E - Medida da ferramenta de corte



(Fonte: Autor 2019)

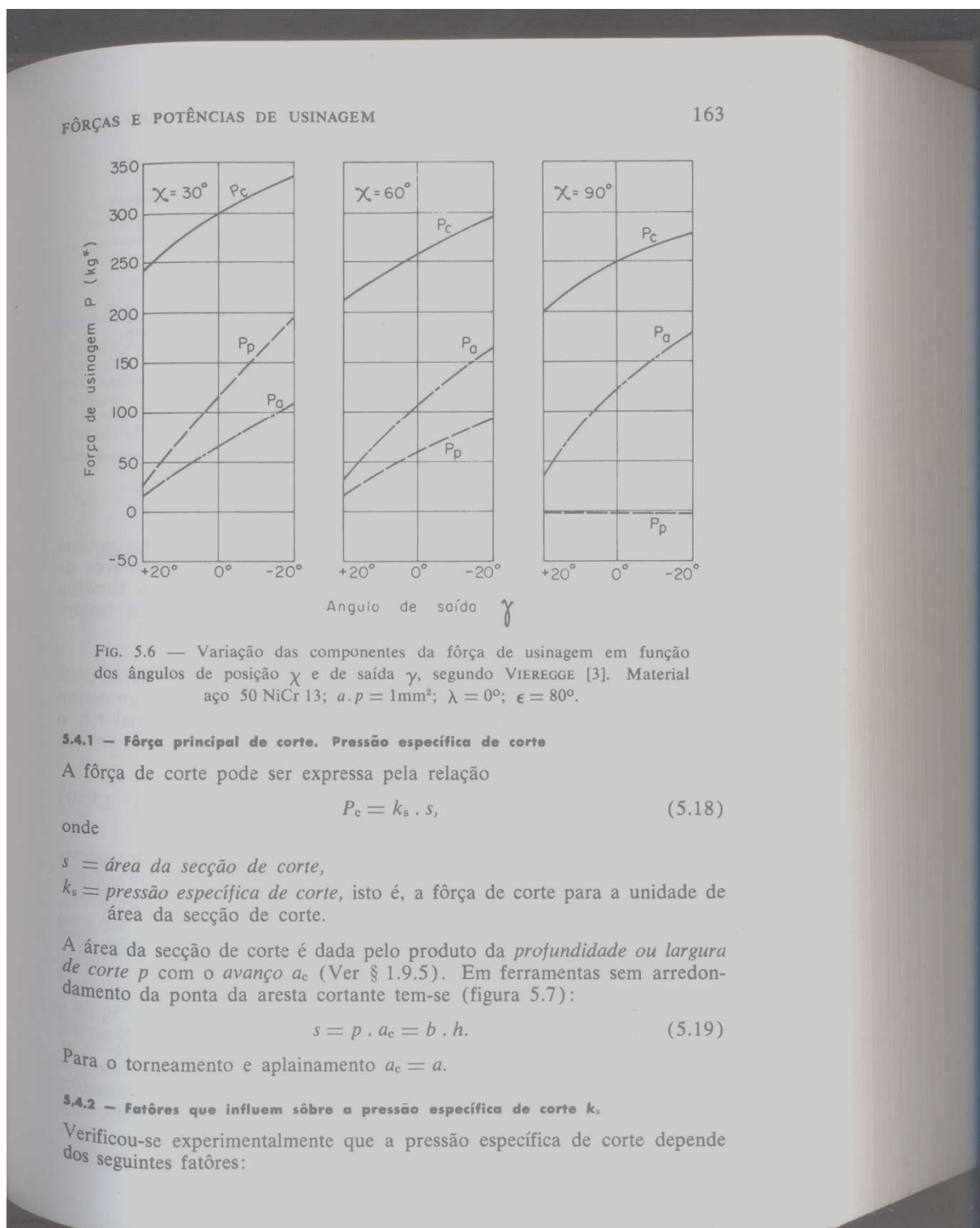
Apêndice F – Assistente de análise de simulação



(Fonte: Autor 2019)

ANEXOS

Anexo 1 – Equação para força de corte



(Fonte: Ferraresi 1970)

Anexo 2- Equação para pressão específica

Para um dado material a ser usinado com uma dada ferramenta, geralmente os ângulos efetivos de trabalho já se acham tabelados, isto é, já foram determinados, baseados de certa forma em condições econômicas. Como foi visto anteriormente, a influência da velocidade de corte sobre a pressão específica k_s é pequena, de maneira que para um dado par *ferramenta-peça* resta saber como varia k_s em função da área e da forma da secção de corte.

Um dos primeiros pesquisadores que procurou expressar analiticamente a dependência acima, foi TAYLOR (1908). Suas fórmulas foram as seguintes:

$$k_s = \frac{88}{a^{0,25} \cdot p^{0,07}} \quad \text{para fofo cinzento,} \quad (5.21)$$

$$k_s = \frac{138}{a^{0,25} \cdot p^{0,07}} \quad \text{para fofo branco,} \quad (5.22)$$

$$k_s = \frac{200}{a^{0,07}} \quad \text{para aço semidoce.} \quad (5.23)$$

Após TAYLOR seguiram-se vários pesquisadores, tais como SCHLESINGER, FRIEDRICH, HIPPLER, AWF, ASME, KRONENBERG, BOSTON & KRAUS, SCHALLBROCH, OKOSHI & OKOCHI, HUCKS, OPITZ & VICTOR, KIENZLE. Merecem particular interesse os trabalhos dos seguintes autores:

ASME — A *American Society of Mechanical Engineers* apresenta no *Manual on Cutting of Metals* [12] várias tabelas da velocidade e da potência de corte (por unidade de volume de cavaco e por minuto) para diferentes materiais e diferentes ferramentas. Calculando-se o valor de k_s através destes dados, verifica-se que o mesmo obedece a fórmula geral:

$$k_s = \frac{C_a}{a^n}, \quad (5.24)$$

onde:

C_a = constante do material

a = avanço

n = 0,2 para aços

= 0,3 para ferro fundido.

Nesta fórmula figura somente o valor de a como variável, devido o fato de ser este o elemento que mais influi no valor de k_s .

A tabela V.3 apresenta o valor de C_a de diferentes materiais para ferramentas de aço rápido (18% W, 4% Cr, 1% V) com ângulo de posição $\chi = 60^\circ$ e características geométricas (segundo a ASA B5.22 — 1950): $\text{back rake} = 8^\circ$, $\text{relief} = 6^\circ$, $\text{side rake} = 14^\circ$, $\text{end cutting-edge angle} = 6^\circ$, $\text{side-cutting-edge angle} = 30^\circ$, $\text{nose radius } 1/4''$. Para ferramentas de ma-