

## INFLUÊNCIA DO ÂNGULO DE SAÍDA DA FERRAMENTA DE CORTE NA USINAGEM DA MADEIRA

Natanael Geraldo e Silva Almeida, [natanelgsa@gmail.com](mailto:natanelgsa@gmail.com)<sup>1</sup>  
Diogo Azevedo de Oliveira, [diogo.oliveira23@hotmail.com](mailto:diogo.oliveira23@hotmail.com)<sup>1</sup>  
Klaus Higor dos Santos Silva, [klaushigor@yahoo.com.br](mailto:klaushigor@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Ayrton Hugo de Andrade e Santos, [ayrtonhugo@pucminas.br](mailto:ayrtonhugo@pucminas.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Rua Rio Comprido, 4.580, Prédio 2 – CEP 32010-025 - Contagem /MG

**RESUMO:** Este trabalho analisa a influência do ângulo de saída da ferramenta de corte na usinagem de elementos em madeira. O estudo da influência desta variável no rosqueamento da madeira foi feito associando a velocidade e a profundidade de corte a diferentes ângulos. Para alcançar um bom resultado no processo de usinagem das roscas, quatro tipos de ferramentas foram fabricadas e testadas. O resultado obtido com cada ferramenta foi analisado e adequações nos parâmetros para a execução da ferramenta subsequente foram feitas. Ao final do trabalho pode-se concluir que quanto menor o ângulo de saída da ferramenta, melhor é o processo de rosqueamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Usinagem, Madeira, Torneamento

**ABSTRACT:** This study analyzes the influence of the rake angle of the cutting tool in machining wooden elements. The influence of this variable when tapping the wood was done by associating the speed and depth of cut at different angles. To achieve a good result in the threading process, four types of tools were manufactured and tested. The results obtained with each tool were analyzed and adjustments in the parameters for the implementation of subsequent tool were made. At the end of the work it can be concluded that the smaller the angle of the tool, the better the process of tapping.

**KEYWORDS:** Machining, Wood, Lathe tool

### INTRODUÇÃO

A proposta deste trabalho surgiu com o desenvolvimento de uma pesquisa maior que tem como objetivo a categorização da madeira com a construção e análise de parafusos em madeira. Durante a fabricação das peças foram encontrados alguns empecilhos, dentre eles o fato de os filetes quebrarem ao longo da usinagem. Para resolver este problema foram alterados alguns parâmetros, como: velocidade e profundidade de corte. Buscando alcançar um resultado satisfatório, o ângulo de saída da ferramenta foi alterado, e somente com a alteração adequada deste parâmetro foi possível alcançar o resultado esperado. Diante deste fato, este trabalho descreve a metodologia utilizada e as alterações feitas no ângulo de saída da ferramenta para a fabricação ideal dos rosqueamentos nos elementos de madeira.

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### Usinagem

A usinagem é um processo de fabricação que envolve a remoção controlada de material através de forças cisalhantes, a fim de dar as peças formas e características superficiais específicas. Nesse processo a tensão aplicada deve ser maior que o limite de ruptura do material da peça para que haja o corte e o arrancamento do material em forma de cavaco. Para aplicar essa tensão, é necessário uma ferramenta com

geometria predefinida, cujo material deve ser mais duro e resistente que o da peça a ser usinada.

Para este trabalho a usinagem foi realizada através do torneamento. O torneamento é um processo que se baseia no movimento da peça em torno do eixo de giro da placa do torno, promovendo a retirada progressiva de material em forma de cavaco através de uma ferramenta de corte com geometria específica. O torneamento é uma operação de usinagem que permite fabricação de peças simétricas de revolução.

O torneamento exige três movimentos relativos entre a peça e a ferramenta Fig.(1): corte avanço e penetração. Variando os movimentos, a posição e o formato da ferramenta é possível realizar grande variedade de operações (Fitzprick, 2013).

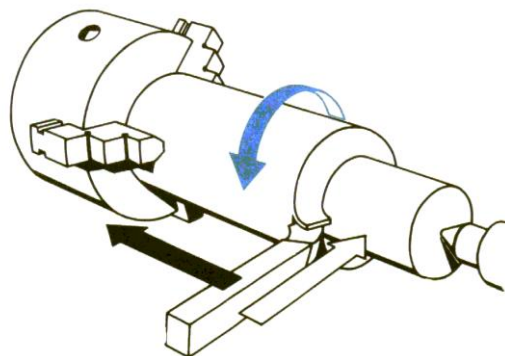


Figura 1- Processo de torneamento.

## Propriedades da Madeira

A madeira é um material anisotrópico, que possui alterações de suas propriedades em função da espécie, podendo existir também variações entre árvores de uma mesma espécie, afetadas, principalmente, por fatores genéticos e ambientais. As propriedades podem variar tanto no sentido medula-casca (radial), quanto no sentido base-copa (longitudinal) Fig. (2)

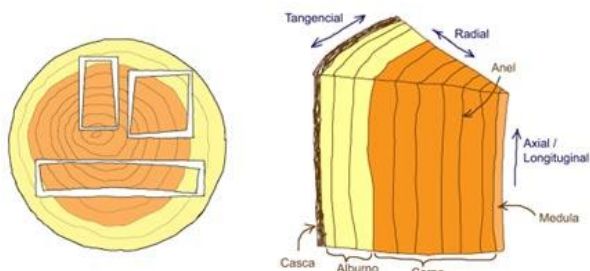


Figura 2- Estrutura da madeira.

Na madeira, o termo grã refere-se à orientação geral dos elementos verticais constituintes do lenho, em relação ao eixo da árvore ou em uma peça de madeira (ao fazer um corte no sentido radial de um tronco pode-se ver a grã, como se fossem anéis) (Fig.2). Esta orientação é decorrente das mais diversas influências em que a árvore é submetida durante o seu processo de crescimento, culminando em grande variação natural no arranjo e na direção dos tecidos axiais, o que origina vários tipos de grãs, os principais tipos são: grã direita ou reta, grã espiral, grã ondulada, grã inclinada, grã diagonal e grã oblíqua. A grã é um dos principais fatores que influenciam a resistência da madeira.

O esforço que uma peça de madeira pode suportar é afetado de forma expressiva pela direção da carga aplicada em relação à direção das fibras ou traqueóides, à duração da carga, massa específica, teor de umidade e temperatura da madeira.

Como já citado, na usinagem a remoção de material se dá através de forças cisalhantes. A resistência ao cisalhamento da madeira é diretamente proporcional à sua densidade, mas depende principalmente do sentido em que o esforço é aplicado em relação aos anéis de crescimento, usualmente a ruptura se determina no plano tangencial ou radial. Enquanto no plano tangencial há uma grande influência da diferença entre os lenhos inicial e tardio, no plano radial há grande influência dos raios da madeira. Para este trabalho utilizamos o plano radial, neste caso madeiras com raios largos apresentam menor resistência ao cisalhamento em relação às com raios mais estreitos.

Alguns defeitos naturais presentes na madeira também têm influência sobre o desempenho dos processos de usinagem. Entre os principais defeitos da madeira para a sua utilização industrial estão a grã irregular, variações na largura dos anéis de crescimento, crescimento excêntrico, o lenho de reação, nós, tecidos de cicatrização, defeitos na forma do tronco, defeitos de secagem, defeitos de processamento e a influência de agentes físicos e bióticos.

A madeira utilizada neste trabalho foi a paraju (*Manilkara huberi*, Sapotaceae).

Dentre as árvores da região Amazônica, essa é uma das que atingem maior porte, frequentemente 30 a 40 m e algumas vezes até 50 m de altura, com diâmetro entre 60 e 120 cm, possuindo fuste reto, geralmente aproveitável desde a base.

Uma das características visual desta madeira é a presença de um cerne vermelho-arroxeadado, com tendência a se tornar vermelho-escuro com o tempo, distinto do alburno que é castanho-claro. Apresenta também uma textura fina e uniforme, brilho médio, grã usualmente direita; cheiro e gosto imperceptíveis. É uma madeira muito pesada, com alta retratibilidade volumétrica e resistência mecânica de média a alta, possuindo alta durabilidade natural (Remade (2014)).

## Ângulo de saída

O ângulo de saída influi decisivamente na força e na potência necessária ao corte, no acabamento superficial e no calor gerado. Quanto maior for este ângulo menor será o trabalho de dobramento do cavaco.

O ângulo de saída depende principalmente da resistência do material da ferramenta e da peça a usinar, depende também da quantidade de calor gerado e a velocidade de avanço.

Um valor negativo deste ângulo é muito usado para corte de materiais de difícil usinabilidade e em cortes interrompidos, com o inconveniente da necessidade de maiores força, potência de usinagem e calor gerado pelo atrito gerado através do contato peça/ferramenta, geralmente o ângulo de saída está entre 10° e 30°.

O ângulo de saída pode ser positivo, nulo ou negativo, conforme Fig.(3).

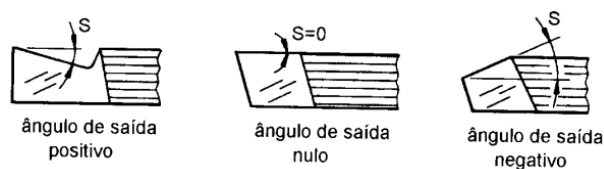


Figura 3. Ângulo de saída para uma ferramenta de torno.

O ângulo de saída deve ser maior para materiais que oferecem pouca resistência ao corte e menor e as vezes até negativo para materiais mais duros e com irregularidades na superfície (Costa, 2006).

## METODOLOGIA

A usinagem dos elementos de madeira foi realizada no torno CNC e a ferramenta para rosca foi fabricada para melhor se adaptar ao caso em tela. O material utilizado na confecção da ferramenta foi o aço rápido e para acabamento e afiação foi utilizado o esmeril, observando-se os cuidados necessários para atender as normas do sistema métrico. Tendo como base estudos da usinagem de materiais, que indicam que quanto mais macio for o material maior deve se o ângulo de

saída, foi feito um ângulo de saída grande Fig.(4) levando em consideração que a madeira é muito macia.



**Figura 4.** Ferramenta 1

Foram usinadas algumas peças em madeira com essa ferramenta e o resultado não foi satisfatório, uma vez que no início o processo ocorria conforme esperado, mas nos últimos passes os filetes quebravam.

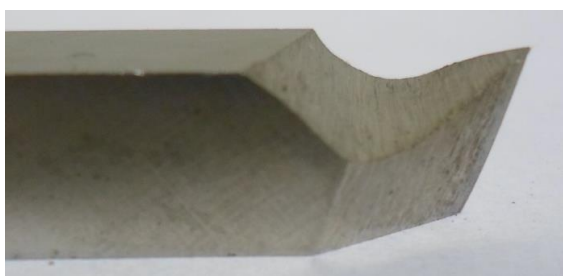
Com a intenção de aumentar a área resistente foi alterado o passo de 2,5 mm para 3,5, mas tal alteração não surtiu efeito, gerando elementos falhos, conforme apresentado na Figura 5.



**Figura 5 .** Peça usinada com a ferramenta 1

Acreditando que a falha observada nos elementos era em função dos parâmetros do processo e não da ferramenta, utilizou-se diversas combinações na velocidade e profundidade de corte, mas nenhuma delas levou ao resultado desejado.

O avanço foi único parâmetro que não foi alterado nas combinações, uma vez que, por se tratar de rosqueamento, este parâmetro está amarrado a rotação, que por sua vez é consequência da velocidade de corte. Depois de serem usinados algumas peças e serem obtidos os mesmos resultados, o ângulo de saída da ferramenta foi aumentado. A Figura 6 mostra a ferramenta 2, com o novo ângulo.



**Figura 6.** Ferramenta 2

Após alterar o ângulo de saída foram usinados mais peças e o resultado continuou insatisfatório, com quebras do mesmo tipo. Foi decidido então afiar uma

terceira ferramenta, nessa seria afiada somente uma aresta de corte Fig.(7), com a intenção de reduzir o esforço de corte. Se essa ferramenta fornecesse um bom resultado seria feita uma outra com a aresta do outro lado, para forma a rosca.



**Figura 7.** Ferramenta 3

O resultado desta ferramenta foi diferente, porem não cumpriu o esperado. Ela realizou rasgos inclinados a 30°, conforme Figura 8.



**Figura 7.** Peça usinada com a ferramenta 3

Essa afiação também não gerou bons resultados, no entanto a quebra foi diferente, o contato do material com a aresta que não efetuava corte gerava uma componente axial da força, essa aresta empurrava o material até a ruptura do mesmo, que saía perpendicular a esta aresta, ao contrário dos anteriores que saíam tangente à peças Fig. (8).



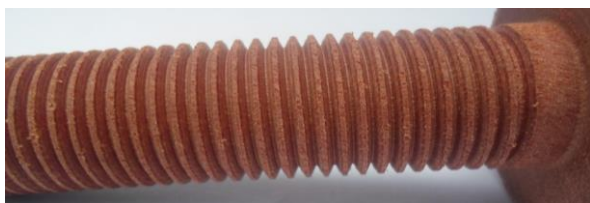
**Figura 8.** Peça usinada com a ferramenta 3

Após realizar estas alterações e testes, uma nova ferramenta foi confeccionada, onde o ângulo de saída adotado foi o mais próximo de 0°, conforme Figura 9.



**Figura 9.** Ferramenta 4

Essa ferramenta teve um resultado satisfatório, o que causou certa surpresa. Tinha-se a intenção de verificar como essa variação alteraria o processo, mas a esperança de obter um resultado aceitável era mínima. Os filetes ficaram em excelentes condições, com bom acabamento e sem quebras, conforme Figura 10.



**Figura 10.** Peça usinada com a ferramenta 4

Ao repetir o processo ocorreram algumas falhas isoladas, onde a quebra dos filetes não era contínua, mas em uma direção no sentido longitudinal das peças Fig. (11).



**Figura 11.** Falhas isoladas

Como não ocorre uma quebra contínua do filete e na maioria das vezes se estendeu por todo o corpo da peça e algumas vezes se repetiu nas outras peças usinadas do mesmo corpo cilindrado, é muito provável que este defeito ocorra devido a anisotropia da madeira.

## CONCLUSÃO

O resultado deste trabalho foi muito proveitoso, pois trouxe informações que não constavam nas bibliografias consultadas.

Nessas bibliografias, o maior enfoque é dado ao ângulo de cunha, sendo pouco referenciado o ângulo de saída, e a influência deste ângulo no processo de fabricação.

Com este estudo foi possível definir qual a ferramenta mais adequada para o rosqueamento de peças de madeira e concluiu-se que o ângulo de saída é de

grande importância no processo de usinagem da madeira, obtendo-se melhores resultados com menores ângulos.

## REFERÊNCIAS

Costa, E. S., 2006 “Processos de usinagem”, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil, 86 p.

Fitzpatrick, M., “Introdução aos processos de usinagem”, AMGH Editora Ltda. 2013.

Remade, 2014. “Portal Remade - O Universo da Madeira em suas Mãos” 22 de maio de 2014

< <http://www.remade.com.br/br/index.php> >

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.