



Análises das tensões em lâminas de serra aplicadas no corte da madeira **Analysis of stress in saw blades applied in the cut wood**

Daniel Villas Bôas¹

Elder Jesus Lima Machado²

Julio Cesar Molina³

Alexandre Jorge Duarte de Souza⁴

Resumo: A melhoria das propriedades mecânicas do aço utilizado em lâmina de serra, para aplicação no corte da madeira, são essenciais na durabilidade dessa ferramenta. Portanto, conhecer os esforços, as tensões e os desgastes a que são submetidas às lâminas, mais a melhoria das propriedades mecânicas direcionadas a essas condições, tornam-se importante para o aumento de vida útil das lâminas e redução de custos na indústria madeireira. A aplicação de um software para análise de tensões pelo método dos elementos finitos deve indicar as principais regiões, onde há concentração de tensões ao longo do processo. Os resultados serão analisados e registrados, para servir de base para alterações e propostas de melhoria de vida da ferramenta.

Palavras-chave: Madeira, lâmina de serra, elementos finitos.

¹ UNESP – Universidade Estadual Paulista

² UNESP – Universidade Estadual Paulista

³ UNESP – Universidade Estadual Paulista

⁴ UNESP – Universidade Estadual Paulista

Abstract: The improvement of the mechanical properties of the steel used in saw blade for use in cutting wood, are essential in the durability of this tool. Therefore, knowing the efforts, tensions and wear that are submitted to the blades, more the improvement mechanical properties directed to these conditions become important for the increase life of the blades and cost reduction in the timber industry. The application software for stress analysis by the finite element method should indicate the main regions where there is concentration of stresses throughout the process. The results will be analyzed and recorded to serve as basis for changes and improving tool life.

Keywords: Wood, saw blade, finite element.

1. Introdução

Para se obter uma seção plana e quadrada na operação do desdobro de toras de madeira conforme a Figura 1-a, utiliza-se lâminas de serra para execução do corte conforme a Figura 1-b. Após determinada quantidade de horas em operação, a lâmina sofre desgaste e é necessário realizar um processo de afiação. No entanto, antes da afiação a lâmina passa por etapas de conformação a frio, como recalque dos dentes, o qual segundo conceitos práticos proporciona um melhor desempenho operacional.



Figura 1a: Operação de desdobro de toras [Fonte: Autor]



Figura 1b: Lâmina de serra [Fonte: Autor]

1.1. Objetivo

O objetivo é conhecer as regiões próximas aos dentes da lâmina, onde ocorre a maior concentração de tensões, por meio da simulação e predição dos resultados. A ideia é analisar a influência das forças de corte em relação ao ângulo de ataque da ferramenta, para propor melhoria na resistência mecânica e resistência ao desgaste do material da serra.

A fim de se obter os dados para análises de tensões, o programa Abaqus 6.12 Student Edition ©softwares baseado no Método dos Elementos Finitos (FEM) foi utilizado. A razão da escolha é devida sua aplicação em pesquisas como usinagem dos metais, como exemplo se pode citar uma operação de corte por fresamento.

2. Fundamentos teóricos

Bingdong et al. (2013) utilizou em uma de suas pesquisas o método dos elementos finitos, para analisar os resultados que o tratamento de têmpera superficial provocaria em lâminas de serra com alto carbono. Os resultados mostraram que é possível obter um resfriamento mais rápido no corpo do dente, o que proporciona um aumento da dureza e maior resistência mecânica nessa região. No pé do dente a temperatura é maior, o que estabelece um resfriamento mais lento com maior tenacidade nessa região conforme (Figura 2).

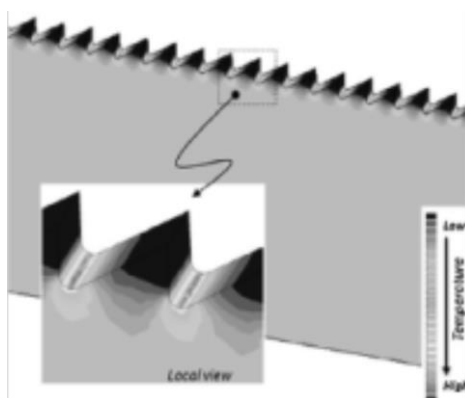


Figura 2: Temperatura analisada pelo Método dos Elementos Finitos [Bingdong et al., 2013]

As pesquisas de Martinez e Hankele (2015) mostram o uso da tecnologia da simulação no processo de usinagem, o trabalho trata da simulação do processo de corte de uma barra de alumínio, realizado por uma serra circular. A Figura 3 apresenta as geometrias da ferramenta e peça trabalhada, geradas pelo software LS Dyna.

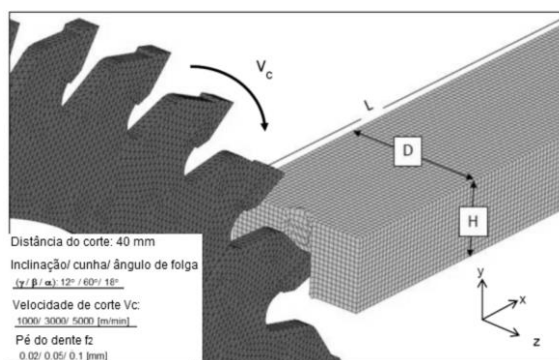


Figura 3: Modelos e respectivas malhas geradas pelo software LS -Dyna [Martines e Hankele, 2015]

Pesquisas realizadas por Priyanka et al. (2015) analisam a influência do tipo de tratamento superficial, na análise das tensões de lâminas de serra circular, para o corte de diferentes tipos de materiais. A experiência foi realizada com três serras circulares, cada uma com seu respectivo tratamento, ou seja: carbeto de titânio (TiC), nitreto de titânio (TiN) e óxido de alumínio (Al_2O_3).

As amostras cortadas foram confeccionadas a partir de quatro tipos de materiais: aço, cobre, alumínio e madeira. Na Figura 4 é possível observar por meio do método de elementos finitos (software LS Dyna), o resultado da máxima tensão de uma serra sem tratamento superficial, durante o corte dos respectivos materiais.

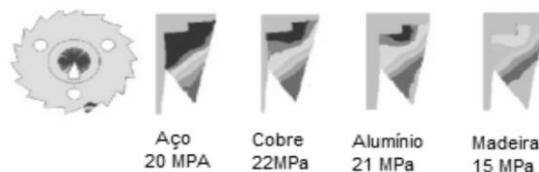


Figura 4: Análise de tensões na serra após o corte das amostras [Priyanka et al., 2015]

3. Metodologia

3.1. Dados da Lâmina de Serra

Nessa modelagem foram utilizadas as forças de corte aplicadas nos dentes da lâmina de serra, calculadas por Santini (2000) no corte do *Pinus spp* para três ângulos de corte (10°, 15°, 24°) conforme Tabela 1, com velocidade de corte de 25,5 m/s e 0.85 mm de profundidade de corte.

Tabela 1. Forças de corte calculadas [Santini, 2000]

Ângulo de Ataque	Forças Calculadas
10°	80,7 N
15°	75,5 N
24°	66,1 N

3.2. Geometria da Lâmina

A serra para desdobro da madeira foi utilizada como modelo conforme Figura 5, com auxílio do software foi possível modelar um esboço em 2D da geometria. Segundo Gonçalves (2000), esse perfil é o modelo tipo três ou perfil especial, empregado em lâminas largas, com largura a partir de 63,5 mm, possui ângulo de saída e amplo espaço de garganta. Devida essas características, sua utilização destina-se ao corte de madeira macia, como o *Pinuss spp*.

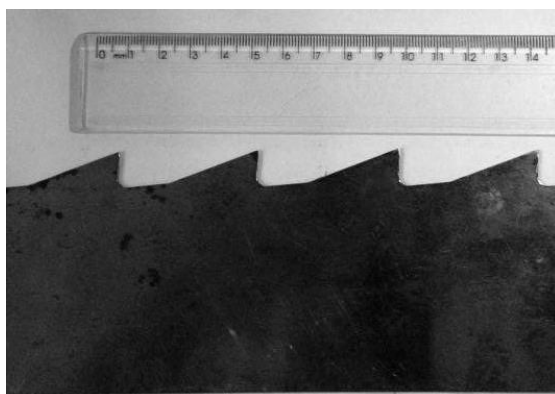


Figura 5: Exemplo do perfil utilizado na simulação [Fonte: Autor]

3.3. Dados do Material

O material utilizado para a análise foi o aço ABNT/AISI 4140, os valores das propriedades mecânicas foram extraídos do trabalho de (Rocha, 2004), citado por (Rasma, 2015). Os valores são dados em intervalos, mas utilizou-se a média como entrada de dados no programa. A Tabela 2 mostra os dados de entrada.

Tabela 2: Propriedades mecânicas do aço AISI 4140 [Rasma, 2015]

Dados das Propriedades Mecânicas		
	Literatura	Utilizados
Massa específica (10^3 Kg/ m^3)	7,7 – 8,03	7,865
Coefficiente de Poisson	0,27 – 0,3	0,285
Módulo de Young (GPa)	190 – 210	200
Resistência a Tensão (MPa)	655	655

Nas simulações foram aplicadas forças em três nós localizados na ponta da serra conforme a Figura 6, de modo que a somatória dessas forças fosse igual às obtidas por Santini (2000), ou seja, cada força aplicada corresponde a 1/3 das forças mostradas na Tabela 1, por exemplo, a força de corte aplicada no ângulo de ataque com 10° foi de 26,9 N a partir da ponta do dente, e as outras duas respectivamente a 0,425 e 0,85 mm abaixo.

Há restrições de movimento nas laterais e abaixo da serra. O tempo estabelecido para atuação das forças foi de 0,00018 segundos, o tempo foi suficiente para retirada de um cavaco com velocidade de corte de 25 m/s.

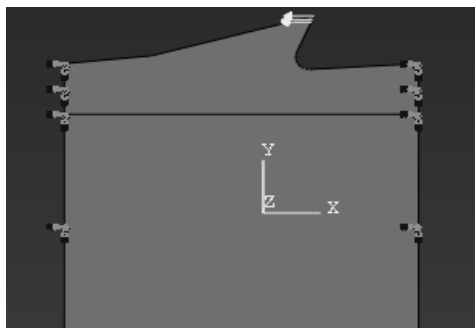


Figura 6. Condições de contorno [Fonte: Abaqus]

3.4. Geração de Malha na Lâmina

O tipo do elemento utilizado na simulação foi o CPS4R livre, aplicado no estado plano de tensão. Nota-se que o tamanho do elemento foi reduzido nas regiões mais próximas do dente conforme a Figura. 7.

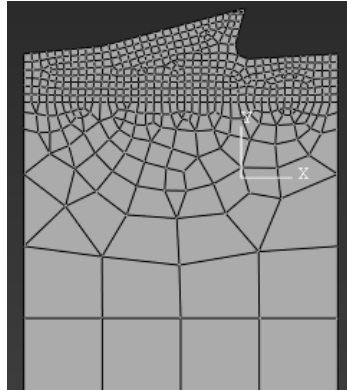


Figura 7: Malha do perfil com 15° [Fonte: Abaqus]

Essa técnica foi utilizada para se obter resultados mais precisos, diminuir o número de nós e o tempo de execução do programa. Novamente, vale lembrar que a versão utilizada possui um limite máximo de 1000 nós. O número de elementos nos três perfis dos dentes, bem como os respectivos ângulos de ataque foram de: 512 para 10°, 509 para 15° e 515 para 24°. A Figura 8 apresenta a posição do ângulo de ataque numa ferramenta de corte.

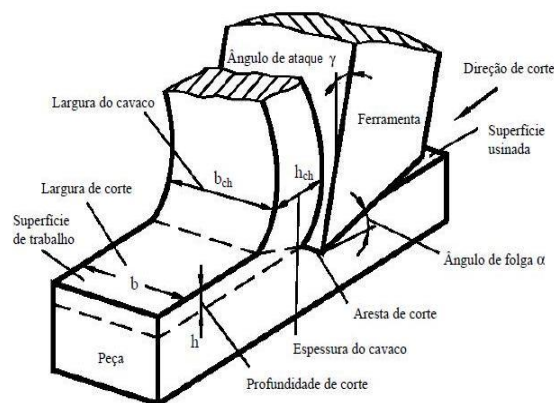


Figura 8: Representação do ângulo de ataque da ferramenta [Davim, 2008]

4. Resultados

4.1. Análises de Tensões da Lâmina de Serra

A seguir são apresentadas as análises de tensões para os três ângulos de ataque conforme as Figuras 9,10 e 11. A gradiente de cores varia de azul para intensidade com tensões menores, a vermelho para intensidade maior.

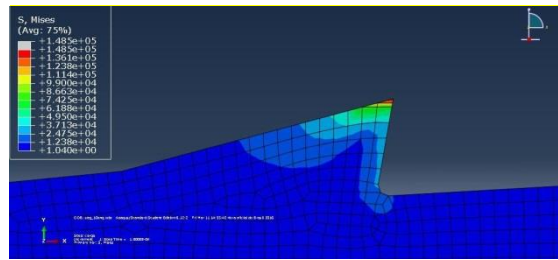


Figura 9: Análise de tensões do perfil 10° [Fonte: Abaqus]

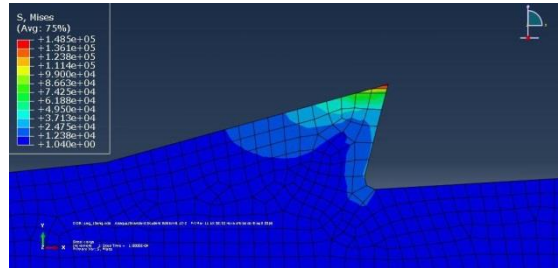


Figura 10: Análise de tensões do perfil 15° [Fonte: Abaqus]

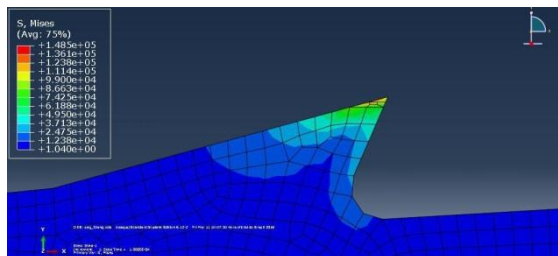


Figura 11: Análise de tensões do perfil 24° [Fonte: Abaqus]

Percebe-se pelas imagens ampliadas que as tensões atuantes no perfil com 24° são menores, porém nota-se um acúmulo de tensões na região da superfície de folga conforme a Figura 12.

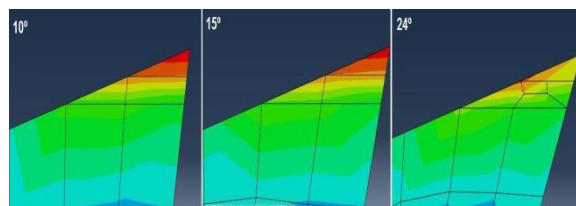


Figura 12: Detalhe da ponta do dente

Os resultados das análises de tensões realizadas pelo critério de von Mises, mostram que as tensões dos três perfis são insignificantes, quando comparadas ao limite de escoamento do material.

A maior tensão resultante das três análises foi de 0,1485 MPa conforme a Figura 13, enquanto o limite de escoamento do Aço 4140 é de 655 MPa no estado trefilado.

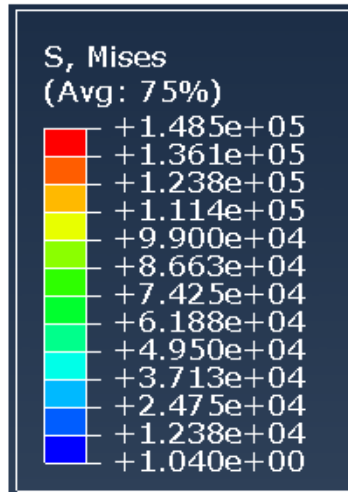


Figura 13: Resultado da análise de tensões para os três ângulos de ataque [Fonte: Abaqus]

5. Conclusão

Os resultados mostram que o ângulo de ataque do dente, não exerce influência na resistência do material. Portanto, os estados de tensões não levam a ruptura do material ou fadiga prematura, mas pode ser representativo quanto à análise de desgaste.

Considerando-se as regiões com concentração de tensões, pode-se concluir que os esforços são menores na região do ângulo de ataque com 24°, o que também representa menores condições de atrito nessa região.

Outra consideração importante a fazer é a possível aplicação de tratamento superficial nas regiões que sofrem desgaste, mas antes é preciso desenvolver simulações mais próximas da realidade do processo.

6. Referência bibliográfica

- BINGDONG, M., YUGUANG, Z., HUI, B., JUN, M., JIATAO, Z., XIAOFENG, X. Gradient distribution of mechanical properties in the high carbon steel induced by the detour effect of the pulse current. v. 49, p. 168 – 172, 2013.
- DAVIM, J.P. Machining: Fundamentals and Recent Advances. Springer-Verlag London Limited, 2008.
- GONÇALVES, M. T. T. Processamento da madeira. 1ª. ed. Bauru: Document Center Xerox – USC – Bauru/SP, 2000. v. 1. 242p.
- MARTINEZ, V. H.; HANKELE, M. Simulation of the circular sawing processes. 10 th European LS Dyna Conference 2015, Würzburg, Germany, p. 1 – 7, 2015.
- PRIYANKA, P., ROOPESH, T., SUMAN, S. Finite Element Analysis of circular saw blade and stress reduction by using surface coating method. International journal of engineering sciences & management. v. 5, p. 38 – 41, 2015.
- RASMA, T. E. Caracterização estrutural e mecânica do aço AISI/SAE 4140 tratado sob diferentes tratamentos térmicos. 2015. 128 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Estadual do Norte-fluminense Darcy Ribeiro – Uenf, Campos dos Goytacazes – RJ, 2015.
- ROCHA, M. A. C. Análise das propriedades Mecânicas do aço SAE 4140 com estrutura Bifásica. Dissertação (Mestrado), 2004.

ISSN: 1415-7314

ISSN online: 2317-6717

SANTINI, Alessandro. Estudo do Processo e dos Parâmetros de Corte no Serramento da Madeira por Serra de Fita. 2000. 94 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.