

QUÍMICA DA MADEIRA

A FORMAÇÃO DA MADEIRA

Philip R. Larson, David E. Kretschmann, Alexander Clark III, e J.G. Isebrands
General Technical report FPL-GTR-129 - USDA – Forest Products Laboratory

Tradução Prof. Dr. Umberto Klock

INTRODUÇÃO

Toda a madeira é produzida pelo cambio, que é uma zona ou camada de células divisoras localizada entre a madeira e a casca interna. A divisão de células pelo cambio e a diferenciação das células filhas é regulada por processos fisiológicos originados nos órgãos foliares da copa da árvore.

Conseqüentemente, as mudanças nas características, que reconhecemos como qualidade da madeira, são indiretamente controlados pelo tamanho, distribuição e eficiência dos órgãos foliares.

Este processo, ao qual os fisiologistas referem-se como controle da copa, é a chave para o entendimento da variabilidade na qualidade da madeira.

Enfatizando as espécies do gênero *Pinus*, como em *Pinus taeda* e em outras espécies do grupo chamado de pinus do sul dos Estados Unidos (Southern Pines), o início da atividade cambial na primavera, ou início da estação de crescimento coincide com a eclosão dos novos brotos e seu crescimento. A quebra da dormência de inverno é dependente da temperatura, embora em climas moderados, a brotação e o crescimento podem acontecer em qualquer época do ano se as condições de temperatura forem favoráveis. Uma vez ativado, o cambio produz lenho inicial (primaveril) durante o período de extensão dos novos brotos e da alongação das novas acículas. A transição para o lenho tardio (outonal) coincide aproximadamente com a cessação do crescimento dos brotos terminais e redução da umidade do solo. A formação do lenho tardio inicia-se na base da árvore estendendo-se progressivamente até o topo no novo anel de crescimento. Entretanto em árvores de rápido crescimento a transição e progressão ao topo pode ser retardada devido ao vigoroso crescimento das acículas.

Em espécies que apresentam múltiplas brotações, como o *Pinus taeda*, cada novo início de crescimento produz novo lenho inicial, o que freqüentemente ocorre antes que a formação do lenho tardio tenha iniciado. Por isso, a transição do lenho inicial para o tardio irá variar não somente pelas condições ambientais, particularmente com a umidade do solo, mas também a diferentes alturas no fuste da árvore.

As células de lenho inicial e tardio (traqueóides em coníferas) são facilmente identificáveis na madeira adulta, porém na madeira juvenil, a presença da zona de transição é freqüentemente extremamente difusa. A zona de transição na madeira juvenil consiste de células com diâmetro radial grande típicos de lenho inicial, mas com parede secundária de espessuras variáveis aproximando-se daquelas de lenho tardio.

O diâmetro radial e espessura da parede celular variam independentemente, e são controlados por processos fisiológicos diferentes dentro da copa. A divisão das células mãe do cambio e expansão radial respondem a sinais hormonais que emanam primariamente dos novos brotos e folhas da porção superior da copa. Já a espessura da parede secundária, por sua vez, é dependente na produção fotossintética da folhagem dos ramos mais velhos das porções médias e inferiores da copa.

As generalizações anteriores são obviamente sujeitas a inúmeras e complexas interações.

Existe bom conhecimento de como os órgãos foliares controlam a formação da madeira no fuste e, se a história do plantio é conhecida, é possível explicar com alto grau de confiança como a qualidade da madeira foi afetada pelas condições de crescimento passadas. Infelizmente, entretanto, devido a complexidade dos fatores que interagem, os níveis de confiança para predição de valores da qualidade da madeira bem como nas mudanças destes valores é bastante diminuída.

RELAÇÃO ENTRE COPA E FUSTE.

Uma árvore jovem com ramos vivos que se estendem até o solo é toda copa. Devido a forte influência regulatória da copa, células do tipo inicial são formadas praticamente durante toda a estação de crescimento. Em algumas árvores, os anéis de crescimento mais centrais consistem exclusivamente deste tipo de células.

Traqueóides do tipo inicial são produzidos durante o período de desenvolvimento dos brotos terminais, e a transição para a formação de lenho tardio coincide aproximadamente com o término deste crescimento. Contudo, nas porções mais baixas do fuste de árvores jovens e na porção superior das copas de árvores mais velhas, traqueóides do tipo de lenho inicial continuam a serem formados enquanto as folhas novas continuam sua alongação.

A transição lenho inicial-tardio é um fenômeno de crescimento bastante complexo. Deve-se portanto, ter em mente que os traqueóides de lenho inicial são células de paredes delgadas de grandes lumes e diâmetros radiais, enquanto traqueóides de lenho tardio são células de paredes espessas, de pequenos diâmetros radiais com lumes pequenos.

Embora as mudanças nas dimensões das células ocorram concomitantemente durante a transição de lenho inicial para tardio, o diâmetro radial e espessura da parede celular são regulados por **processos fisiológicos inteiramente diferentes e altamente influenciados por fatores ambientais**, tal como a umidade do solo.

Quando está ocorrendo ativa extensão dos brotos terminais com alta condição de umidade do solo, um hormônio de crescimento é produzido e promove a expansão do diâmetro radial característico do lenho inicial.

Quando a umidade do solo é reduzida e o crescimento dos brotos terminais cessa, a produção do hormônio diminui, iniciando-se então a formação de traqueóides com diâmetros reduzidos, característicos de lenho tardio.

O espessamento da parede celular por sua vez, é regulado pelo **processo fotossintético** que ocorre nos órgãos foliares da copa.

No início da estação de crescimento, os compostos originários da fotossíntese e que são produzidos pelas acículas velhas são predominantemente utilizados pelo vegetal na formação e desenvolvimento dos novos brotos e na alongação das novas acículas. Assim, relativamente poucos compostos oriundos da fotossíntese estão disponíveis para a formação de paredes celulares das células de lenho inicial que são rapidamente produzidas. Mais tarde na estação de crescimento, os compostos sintetizados pelas acículas recém maduras e pelas velhas acículas tornam-se disponíveis para a formação de madeira. É neste período que ocorre a formação das típicas células de lenho tardio, que apresentam as paredes mais espessas.

Pelo fato da expansão radial e do espessamento das paredes serem regulados por processos fisiológicos diferentes, podem e geralmente variam de maneira independente. É esta independência que é responsável pelas características dos traqueóides de transição nos anéis de crescimento na madeira juvenil.

Os traqueóides de transição não são nem traqueóides de lenho inicial nem de lenho tardio. Apresentam grandes diâmetros como os de lenho inicial e paredes com variados espessamentos típicos dos traqueóides de lenho tardio. Estes traqueóides de transição ocorrem em madeira de árvores jovens de crescimento vigoroso e com copa bem desenvolvida.

O crescimento vigoroso de árvores com troncos curtos e limpos permite contínua formação de células de grandes lumes até bem tarde na estação de crescimento quando os compostos fotossintetizados produzidos em excesso estão disponíveis para o espessamento da parede celular. Um exemplo extremo deste aspecto foi observado por pesquisadores em *Pinus elliottii* plantados no sul de Queensland na Austrália, onde as estações de crescimento são excepcionalmente longas. Devido a formação de madeira continuar por quase todo o ano, o lenho tardio verdadeiro foi formado num período de tempo bastante curto quando o crescimento terminal estava dormente. Lenho inicial foi formado durante o resto do ano, porém as células eram essencialmente todas de traqueóides de transição devido a contínua alta atividade fotossintética.

A medida que a árvore cresce em altura, sua copa fica mais alta e o comprimento do tronco limpo aumenta. O aumento da distância do ápice terminal ativo contribui para a formação de células de lenho tardio facilmente reconhecíveis, as zonas de lenho tardio são mais largas nos anéis de crescimento sucessivos nas porções inferiores do fuste. Enquanto isso, o cambio dentro da porção da copa, próximo ao ápice terminal ativo, continua a formar anéis de crescimento com zonas largas de lenho inicial e de lenho de transição.

Com o aumento da idade da árvore e crescimento em altura, a porção mais próxima ao solo torna-se também mais afastado das porções foliares mais ativas da copa. Conseqüentemente, traqueóides de lenho inicial e lenho tardio tornam-se mais diferenciados e a zona de transição torna-se abrupta. Este processo de maturidade do anel de crescimento, que inicia na base do fuste, progride em altura no fuste com cada novo incremento de crescimento. Já a madeira na porção do fuste próxima e

inserida na copa continua a ser formada com características similares a madeira juvenil.

A concomitante progressão em altura da madeira adulta e a diminuição em altura na formação de madeira juvenil resulta num cilindro central de madeira juvenil que se estende através do tronco.

Embora madeira juvenil formada numa árvore jovem não seja totalmente idêntica a madeira formada no fuste próximo a copa de árvores velhas, são suficientemente similares em suas características podendo na prática serem consideradas idênticas.

As espécies de *Pinus* chamadas de southern pines apresentam herdabilidade adaptada a tomar vantagem das estações de crescimento longas e da abundante umidade do solo de suas regiões de ocorrência natural. Esta combinação favorável contribui não somente para um rápido crescimento juvenil mas, também para as muitas variações na formação da madeira e qualidade associada com tal crescimento. Muitas espécies, tais como os *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, produzem múltiplas brotações durante a estação de crescimento que são respostas a disponibilidade de água no solo. A sucessão de um forte segundo ou terceiro impulso de crescimento imediatamente seguindo o primeiro pode produzir uma renovada formação de lenho inicial que pode se estender até a base do fuste. Neste caso, dentro do anel de crescimento lenho inicial camadas de lenho inicial se seguirão sem camada intermediária de lenho tardio. Se entretanto, o segundo impulso ou um posterior é fraco a formação das camadas de lenho inicial podem se estender somente até porções intermediárias do tronco. Neste caso, o cambio respondendo ao renovado impulso de crescimento produzirá uma camada parcial de crescimento constituindo-se de lenho inicial na porção superior do fuste que se sobrepõe de forma imperceptível sobre o lenho tardio da porção inferior do tronco. Inícios múltiplos de crescimento com variação na sua intensidade são responsáveis pela formação dos chamados falsos anéis de crescimento que freqüentemente aparecem na madeira juvenil. Em árvores velhas, anéis falsos são freqüentemente encontrados na porção superior do tronco e são geralmente ausentes nas porções inferiores.

Em árvores dominadas, mesmo o primeiro impulso de crescimento pode ser incapaz de produzir lenho inicial suficiente para atingir a base do tronco. Neste caso, em alguma parte do fuste, camada de lenho tardio vai suceder camada de lenho tardio sem camada intermediária de lenho inicial. Em árvores severamente suprimidas o anel inteiro pode estar ausente nas porções inferiores do fuste embora totalmente formado na porção superior.

Ao se examinar como desenvolvimento da copa influencia a formação da madeira, torna-se claro como mudanças nas condições de crescimento podem afetar esta relação. Desta forma, pode-se inferir que as condições do plantio e práticas silviculturais podem influenciar significativamente a qualidade da madeira por alterações na relação copa-fuste.