



## Eucalyptus Online Book & Newsletter

### Eucalyptus Newsletter nº 46 – Setembro de 2014

#### Uma realização:



Autoria: **Celso Foelkel**

---

#### Organizações facilitadoras:



ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel



IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores



IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

---

#### Empresas e organizações patrocinadoras:



Fibria



ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel



ArborGen Tecnologia Florestal



**Ashland**



Celulose Irani S.A.

**Celulose Irani**



**CENIBRA – Celulose Nipo Brasileira**



**CMPC Celulose Riograndense**



**Eldorado Brasil Celulose**



indústria brasileira de árvores

**IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores**



**Klabin**



**Lwarcel Celulose**



**Pöyry Silviconsult**



storaenso

**Stora Enso Brasil**



**Suzano Papel e Celulose**



## **Eucalyptus Newsletter nº 46 – Setembro de 2014**

Artigo Técnico por Celso Foelkel



### **O Fenômeno de Danos em Árvores pela Ação de Ventos em Florestas Plantadas de Eucaliptos**

O setor brasileiro de florestas plantadas de eucalipto tem conquistado vitórias incontestáveis em produtividade florestal e em competitividade dos produtos derivados da floresta, em especial para a produção de celulose de mercado e de painéis de madeira. Em praticamente todas as plantações florestais de eucalipto das empresas líderes e de seus parceiros florestais, a produtividade tem se mostrado acima de 40 metros cúbicos de toras comerciais por hectare por ano, com diversos casos acima de 50. Esses bons resultados têm sido festejados, mas

também têm instigado que as empresas se desafiem a buscar valores inclusive superiores, acreditando que agora isso possa ser alavancado pelas novas ferramentas da biotecnologia. A quase totalidade das plantações de eucalipto migrou para o plantio clonal, com clones específicos para os produtos e para os sítios onde plantados.

Esses ganhos em produtividade têm acontecido similarmente a outras conquistas na área de qualidade da madeira, com redução no teor de lignina na madeira para celulose, homogeneidade muito maior na densidade básica entre árvores, aumento no teor de celulose e redução no de extrativos.

Uma consequência imediata dos ganhos de produtividade tem sido a redução da idade de colheita e o encurtamento da rotação, sendo que hoje existem no Brasil muitas empresas trabalhando com rotações entre 5 a 6 anos, quando há alguns anos atrás a rotação era de 7 a 8 anos.

Paralelamente a essas homogeneizações de árvores, plantações e madeiras, têm ocorrido modificações também nos ambientes onde vivem as árvores:

- Os sub-bosques, que no passado eram densos, praticamente sumiram nos plantios clonais, pela falta de luz nos extratos inferiores da floresta, já que o dossel da plantação é completamente fechado e não sobram espaços para a permeação de raios luminosos para os extratos mais baixos da plantação.
- Os espaçamentos se alargaram e as populações de árvores diminuíram por hectare.
- A estratificação aumentou, sendo que atualmente as áreas naturais protegidas abarcam cerca de 35 a 50% da área total dos hortos florestais. Existe também estratificação entre talhões de eucalipto, em função de clones e idades diferentes no mesmo horto. Esses desenhos permitem melhor harmonia ambiental, protegem melhor os recursos hídricos e a biodiversidade.
- Alteração significativa na geometria da paisagem, com mosaicos muito mais diversificados, porém que apresentam inúmeros sítios com áreas estreitas de eucalipto com árvores muito mais altas que a vegetação nativa imediatamente adjacente. Essa diferença de alturas de árvores entre áreas adjacentes também pode acontecer devido a talhões de eucalipto com diferentes idades, em função do aumento de estratificação implementado para melhoria da sustentabilidade. Em situações onde as faixas de eucaliptos são estreitas ou pequenas em relação às áreas vizinhas, estabelecem-se algumas fragilidades para essas áreas de árvores desproporcionalmente mais altas em relação ao resto da vegetação. Elas acabam funcionando como quebra-vento para as árvores mais baixas, tentando amortecer, sem terem sido programadas para isso, as rajadas de ventos e sofrendo assim as consequências em condições de ventos fortes.

Nos últimos cinco anos, tem-se notado uma mudança significativa na área de proteção florestal dentro do manejo de florestas plantadas. Enquanto em passado um pouco mais distante, as principais preocupações quanto aos riscos para as florestas plantadas se concentravam em incêndios, pragas e doenças, nos anos mais recentes, os danos causados pelos ventos assumiram o posto de principal problema em proteção florestal na eucaliptocultura. Praticamente, todas as

empresas líderes em plantações de eucalipto no Brasil têm relatado perdas significativas de áreas danificadas pela ação de ventos.

Logo surgiram dezenas de versões para explicar isso:

- A versão dos alarmistas do clima reforça que as mudanças climáticas são de grande magnitude e são as causadoras desses danos, devido ao aquecimento da atmosfera e às mudanças na ação e intensidade dos ventos.
- A versão dos melhoristas florestais se fundamenta nas mudanças efetuadas nas características da madeira, para a qual se buscam: menores teores de lignina e extrativos, homogeneidade plena entre árvores.
- A versão dos ambientalistas contrários ao eucalipto, que acreditam como dogma que esses efeitos se devam às alterações drásticas causadas pelo monocultivo do eucalipto.

Enfim, as teorias correm soltas, levando a situações onde os pesquisadores tenham que se debruçar sobre fenômenos quase nunca estudados pela ciência, até recentemente.

Os danos causados pelos ventos têm sido tão significativos em algumas regiões, que eles são notados em praticamente todos os talhões e em todos os hortos florestais das empresas de base florestal. Algumas empresas relatam danos médios em 3 a 20% das árvores de cada talhão, sendo que em casos extremos até mesmo 100% das árvores são afetadas. E não são apenas talhões pequenos que são danificados pelos ventos.

As consequências dos ventos são danosas, tanto para a produtividade subsequente do povoamento, como para o aumento dos custos de colheita e transporte do material a ser extraído das áreas afetadas. Há situações tão dramáticas que o gestor florestal fica sem saber o que fazer com as árvores que sobraram danificadas após o vendaval. Elas podem estar quebradas, curvadas, rachadas, fragmentadas, esfaceladas, tombadas, etc.



Pode-se dizer que é absolutamente entristecedor ver o que sobra depois de um vendaval forte, após ele ter passado sobre uma floresta jovem de eucalipto entre

24 a 48 meses de idade. A situação chega a ser tão crítica, que não se consegue definir bem o que se pode fazer com o que sobrou do povoamento. Isso porque as árvores se entrelaçam todas, pedaços de madeira e árvores curvadas por toda parte, amontoadas e emaranhadas umas às outras.

Caso o gestor demore demais para agir, a situação piora ainda mais, pois as árvores começam a brotar por todas as gemas que sobraram, já que elas perdem a dominância apical pela quebra ou vergamento do topo superior das mesmas. Rapidamente, começa a se formar um emaranhado de ramos cheios de folhas verdes que se entremeiam uns aos outros e com os restos de árvores, deixando tudo em condição muito difícil de ser acessada para a colheita ou para aplicar algum tipo de operação de colheita ou de manejo.

São comuns as situações de danos em 80 a 100% das árvores, tornando o problema tão crítico que ninguém se interessa pela biomassa que ali existe, pois ela custará mais para ser extraída do local do que vale como produto. Ou seja, ninguém quer receber a biomassa, nem de graça, pois se gastaria mais para se extrai-la do que ela valeria para ser vendida ou consumida.



Em primeiro lugar, os danos com ventos acontecem mais com árvores jovens, em idades entre 2 a 4 anos, sendo que os relatos mais comuns estão para povoamentos entre 2 a 3 anos. Abaixo de 2 anos, as árvores são flexíveis e se curvam com o vento, algumas vezes conseguem retornar à posição ereta posteriormente, outras vezes, não.



Já a partir de certo tamanho, que costuma acontecer nas nossas condições após os dois anos, as árvores tentam resistir ao impacto dos ventos, porém possuem diâmetros ainda pequenos e baixa densidade básica (entre 0,33 a 0,4 g/cm<sup>3</sup>). Essas árvores são fracas estruturalmente e não suportam bem aos efeitos dos ventos.

Por essa razão, elas podem sofrer quatro tipos predominantes de danos:

- Quebra ou ruptura da árvore a cerca de 10 a 25% da altura comercial, contados a partir do solo;
- Curvamento da árvore, com perda da dominância da gema apical do tronco;
- Tombamento integral da árvore, com arranchamento das raízes ou quebra na base;
- Inclinação leve da árvore, que não chega a ser suficiente para perda da dominância apical, porém a árvore não consegue mais retornar à posição vertical, tendo mudado de lugar o seu centro de massa.

Considerando esses quatro tipos principais de danos, pode-se dizer que, para muitas empresas e em seus hortos, em praticamente quase todos os talhões se podem eventualmente encontrar alguma ou diversas árvores exemplificando os mesmos.

Fica fácil se entender os aumentos dramáticos de custos na produção florestal, frente à perda de produtividade, perda do povoamento (em algumas situações), custos adicionais na colheita, custos adicionais de manuseio e transporte e necessidade de custos extras em novas operações florestais. A tudo isso se deve somar a perda do valor comercial das toras danificadas. Tão difícil como toda essa problemática é ter o problema entendido pelo pessoal da área de operações industriais, os clientes da madeira. Definitivamente, as máquinas das fábricas "não gostam" de trabalhar com toras encurvadas, rachadas, quebradas, em toretes curtos, cheios de brotações, etc.

Imaginem que os custos da colheita e do transporte, que já são significativos em condições normais para a composição do custo final da madeira, podem subir entre 10 a 100% (ou mais), conforme se tenha o aumento na incidência de danos causados por ventos. Isso porque a área se torna muito difícil para ser colhida; o acesso é problemático; as árvores encontram-se irregulares e difíceis de serem colhidas e traçadas em comprimentos iguais, além de existirem muitas toras rachadas, quebradas e encurvadas.

Como o tempo de colheita é fator preponderante para compor o seu custo, maiores tempos significam perdas de produção horária das máquinas colheitadeiras e aumento dos custos. Nada mais natural que aconteça isso.

Também os custos do transporte são aumentados, pois as toras são irregulares em dimensões, são de pequeno diâmetro pela idade jovem do povoamento, são encurvadas, etc. Com isso, o fator de empilhamento é muito prejudicado na carga das toras nos veículos, formando-se mais gaiolas e se levando menos material por viagem.



Além disso, há situações em que máquinas potentes como os "fellers" e os "harvesters" não conseguem ter condições de trabalhar nas áreas. Nessas situações, a única solução é o trabalho semi-automatizado, usando muito mais trabalho manual e as tradicionais moto-serras. O trabalho humano é difícil demais, pois as árvores estão brotando intensamente através de brotações epicórmicas, na tentativa de sobrevivência.

Como a biomassa não costuma ser muito adequada para a fabricação de celulose ou de painel de madeira, ela acaba sendo destinada a energia. Mesmo para essa finalidade o material não é tão adequado, pois a densidade energética ( $\text{GJ/m}^3$ ) é baixa em função da baixa densidade básica das árvores jovens.

Esse é um mundo perverso a causar desespero e pesadelos em técnicos, executivos e pesquisadores florestais. O gestor fica lutando desesperadamente para fazer algum dinheiro com a venda ou uso do material e se entristece em saber que tudo o que foi gasto no povoamento está fadado a ser quase totalmente perdido. Além disso, conforme a dimensão da área afetada, ele precisa estrategiar formas de compensar o suprimento futuro de madeira, pois essa perda atual não mais oferecerá matéria-prima na data em que ficaria pronta para ir para a fábrica.

Completando o pesadelo, fica ao gestor a difícil decisão a ser tomada: colher e conduzir a floresta por manejo das brotações ou colher e reformar o povoamento. Entretanto, essa decisão ele precisa tomar logo, antes mesmo de colher o que der para colher ali. A colheita, se mal executada, pode inviabilizar a chance de se conduzir a brotação pelos danos adicionais que pode causar em árvores já fragilizadas e danificadas.

Bom, se a situação pode chegar a condições tão críticas, o que o setor deve fazer para minimizar ou prevenir nesse tipo de problema?

Primeiramente, temos que entender o que está acontecendo, monitorando e buscando dados relacionados ao meio ambiente, florestas, árvores e suas madeiras. Em função desses dados e de informações e conhecimentos

desenvolvidos, temos que gerar procedimentos de prevenção e de defesa para mitigação desses danos, enquanto eles não possam ser resolvidos por ações diretamente aplicadas nas causas raízes dos problemas.

Também há que se entenderem as inter-relações entre os danos e as suas causas. Se não entendermos as causas e os efeitos, não poderemos atuar nas causas, apenas nos estragos (efeitos).

Em relação ao ambiente onde está a floresta plantada de eucalipto, existem inúmeros dados para serem levantados, colhidos e monitorados, sejam do passado (histórico) ou dados atuais. Os principais são os seguintes:

- Velocidades e direções dos ventos;
- Ventos preferenciais;
- Diferenças entre velocidades médias e máximas dos ventos;
- Épocas de ventos fortes;
- Altitudes onde os danos acontecem (baixadas? – regiões altas? – face de exposição solar? - etc.);
- Relações chuvas e ventos;
- Tipo de solos (estrutura, morfologia, umidade, etc.);
- Topografia e paisagem regional.

Em relação às florestas, há necessidade de muito diálogo com as florestas e com as árvores. Não adianta só se instalarem experimentos para se avaliar estatisticamente os dados. Há que se entender um pouco a física das árvores em relação aos ventos. Também há que se colocar na posição de uma árvore e sobre o que ela "sentiria ou poderia pensar", caso estivesse sendo vítima de um vendaval.

Em relação aos povoamentos florestais, interessa acompanhar e buscar inter-relações com os danos para os seguintes fatores:

- Idade;
- Dimensões das árvores;
- Dimensões, peso e homogeneidade das copas;
- Ritmo de crescimento;
- Homogeneidade e variabilidade entre árvores e entre suas madeiras;
- Espaçamento e disposição espacial das árvores;
- Disposição das linhas e entre-linhas em relação aos ventos predominantes;
- Largura e profundidade dos talhões;

- Peso de água que pode ser retido pelas copas;
- Localização do centro de massa das árvores (em que ponto da seção transversal na base?);
- Relação vento/área de impacto por árvore e por face da floresta. Quanto maior for a área de folhas e ramos que receba a ação do vento, maior será a força exercida sobre essas árvores. Caso as copas sejam diminutas, o vento penetra no seio da floresta e não lança todo seu impacto nas árvores que encontra primeiro, criando em função disso o efeito dominó (uma árvore inicial cai e começa a empurrar as seguintes). É por essa razão que os estudos com florestas que sofreram desrama (poda de galhos baixos) mostram maior tolerância dessas árvores podadas aos ventos fortes.

Antes de falarmos sobre a madeira e sua qualidade e características para aumentar a resistência das árvores aos ventos, vamos tentar nos colocar na posição de uma árvore que está nas fileiras iniciais de um povoamento sobre o qual se percebe a chegada de um vendaval forte. Imaginem que essa árvore não conseguirá fugir dali, ela deverá ficar estática, preocupada, assustada e vendo o vento chegar. Juntamente com as árvores mais próximas, deverão atuar como um quebra-vento, que não foi desenhado especificamente para essa finalidade. Os quebra-ventos não podem responsabilizar para que toda a defesa seja executada pela primeira fileira de árvores. Por essa razão, um bom quebra-vento deixa espaços ordenados entre as árvores e entre as fileiras bem dispostas de árvores, para que o vento vá sendo amortecido conforme vá penetrando dentro do quebra-vento.

A engenharia que existe por trás dos quebra-ventos precisa de agora em diante ser resgatada: seus princípios podem ser úteis para nortear os futuros desenhos das novas plantações florestais. Logo, uma ciência antiga parece que está renascendo. Deverei lhes trazer mais sobre ela em algum artigo futuro. Será que a engenharia que se usa para criação de quebra-ventos poderia ser útil no desenho dos espaçamentos e disposição das árvores das futuras plantações?

De qualquer forma, a nossa assustada árvore deve estar se indagando de como vai resistir ao vendaval ameaçador. Ela primeiro vai olhar ao seu redor e tentar imaginar como ela é em relação às que a cercam? É maior, mais grossa, mais alta, mais forte? Ela sabe que algumas dessas características podem ajudar e outras podem atrapalhar na sua defesa. Por outro lado, ela sabe que não dependerá só de si para escapar do vendaval. Ela já conhece a força dos ventos, já viu o efeito dominó acontecer outras vezes e sabe que a união faz a força em muitas situações.

Outra coisa que ela sabe é que os ventos nem sempre chegam lateralmente, mas às vezes explodem sobre a parte de cima, ou sobre "a cabeça das árvores". Enfim, ela conhece bem o problema e espera que nossos cientistas florestais ajudem ao desenvolvimento de tecnologias e procedimentos que colaborem com ela para superar o trauma de ter que se defender dos ventos, sem saber ainda como!

A nossa árvore também sabe que os ventos médios constantes ajudam a que ela desenvolva forças internas denominadas tensões de crescimento que colaboram para torná-la mais tolerante aos ventos mais fortes, nos dias em que eles acontecem. Ela modifica suas células e tecidos em função dessas forças, formando paredes celulares mais espessas, maior teor de celulose nas paredes, aumento de densidade básica, etc. Essa madeira diferente que se forma pela constante

aplicação de tensões em regiões específicas da árvore é também conhecida como "lenho de reação" ou "madeira de tensão", no caso de folhosas (eucalipto).

A presença de lenho de tensão é uma reação conhecida e estudada para árvores de eucalipto. Esse lenho é uma resposta da árvore para ações de forças sobre elas, sendo as mais comuns: gravidade, ventos, peso da copa ou de galhos grossos, etc. As árvores que sofrem constantemente tensões aplicadas sobre elas aprendem a se defender e desenvolvem madeiras de reação e forças internas capazes de lhes dar maior resistência em situações futuras. A ação dessas forças na forma de esforços constantes obriga as árvores a adequar sua morfologia, estrutura anatômica e histológica para se manter vertical, ereta e íntegra. Entretanto, existe um limite para isso, pois se os impactos forem constantes e demasiados, a árvore pode se fragilizar e acabar sendo presa fácil para esforços súbitos e repentinos aplicados sobre ela, como o caso de vendavais.

As árvores sempre estão sendo submetidas a ações dos ventos e isso colabora para que aumentem suas resistências, ou se tornem mais tolerantes. Com os ventos, as forças de sustentação das árvores oscilam dentro do tronco e suas células vão-se adaptando a isso. É por isso que em regiões com muitos ventos, a madeira do eucalipto possui grã espiralada, com as suas fibras não se dispoendo verticalmente, mas de maneira ligeiramente espiralizada no sentido da altura do tronco. Essas tensões de crescimento e a grã espiralada ajudam a madeira a se defender dessas forças ambientais de impacto, mas causam problemas na qualidade da madeira, como rachaduras, encanoamento, empenamento, etc., quando a madeira seca.

A verdade é que a física está amplamente envolvida nessa situação de ventos sobre árvores. Em primeiro lugar, todas as árvores possuem centros de massa, que a própria árvore faz de tudo para colocar a projeção vertical desse centro de massa na circunferência transversal da base da árvore, o mais próximo possível da medula. Se a copa for muito pesada de um dos lados da árvore, essa força adicional tende a puxar o centro de massa para esse lado, afastando a projeção vertical do centro de massa da região da medula. A árvore tem então que desenvolver forças internas para responder a essa mudança da posição do centro de massa. Ela muda a qualidade da madeira onde se concentram essas forças, para poder resistir ao tombamento. Espaçamentos mais quadrados (2x2m; 3x3 m) conseguem então promover árvores com centros de massa mais estáveis em relação a árvores com espaçamentos muito retangulares (4x2 m ou 6x1,5 m, por exemplo).

No caso dos ventos batendo direto sobre a copa das árvores, estabelece-se um sistema de haste ou alavanca. O vento faz aplicação de uma força forte no topo da árvore e para se manter, a árvore responde com força de reação na base da árvore. Quando a força for demasiada, a haste ou alavanca (árvore) se romperá na região mais fraca, que no caso das árvores de eucalipto nessas idades jovens acontece em uma altura entre 10 a 25% da altura comercial.

Nossos cientistas precisam estudar melhor esses fenômenos que envolvem: física, fisiologia vegetal, formação das células lenhosas, anatomia da madeira e propriedades físico-mecânicas das madeiras. Mais uma vez repito – melhor começar a estudar isso tudo antes de sair pesquisando a esmo e só com base na achologia.

Uma questão que nossos cientistas precisam descobrir é onde essas forças de alavanca se concentram e o porquê disso? Também, quais os efeitos do desenho do povoamento para minimizar o efeito nocivo dessas forças?

Outra coisa a descobrir é como a árvore responde a essas forças em relação à elasticidade do tronco (sua capacidade de recuperar sua forma vertical após o término da força). Isso se ela não se quebrar! Em situações normais, a árvore se agita, verga um pouco com ventos médios, mas consegue depois voltar à posição vertical e manter seu centro de massa estável. Mas em situações de ventos fortes isso não acontece – muitas das árvores jovens ultrapassam o ponto de elasticidade que permitiria a elas retornar à situação original ou sofrem ruptura.

Uma coisa é absolutamente certa – a árvore sabe que as forças que ela sofre no dia a dia são muito magnificadas pelos ventos fortes. Isso faz com que ela se curve. Ao se curvar, existe uma combinação de torques de torção, flexão e compressão sobre a parte inferior da árvore. Também a projeção do centro de massa pode se deslocar de forma irrecuperável para muito longe da medula. Resultado disso: a deformação pode ser permanente ou ocorre a ruptura da madeira, com a quebra da árvore.

Após essa conversa com as árvores, vamos tentar agora entender como as madeiras podem ser modificadas para melhor tolerância ou resistência das florestas aos ventos fortes.

A literatura sobre propriedades físicas e mecânicas das madeiras de eucalipto é ampla e bem disponibilizada na web, entretanto e invariavelmente, sempre relacionada a avaliações de madeira seca ou quase seca (entre 10 a 20% de umidade). Raramente se encontram estudos realizados com madeiras próximas à saturação em água, que seria o caso das árvores vivas sofrendo ações de ventos fortes. Sabemos que quanto menor for a densidade básica da madeira, maior será a sua umidade em saturação. Ou seja, as nossas jovens árvores com 2 a 4 anos estarão repletas de água em seus vazios ou porosidades internas da madeira. Também sabemos que quanto mais úmida for uma peça de madeira, menor será a sua resistência em relação a ela seca. Isso é válido para todos os materiais lignocelulósicos, inclusive o papel.

Acredito que esse é um ponto chave a ser estudado, embora não o único. Temos que entender as características das madeiras do eucalipto jovem onde estão concentradas essas forças devidas aos ventos (ou seja, entre 0 a 25% da altura). Essa região da base da árvore estará sempre sofrendo pela ação dos ventos, com ações de tensão, compressão, elasticidade e torques variados. É vital que nos dediquemos a entender isso tudo e para madeiras saturadas ou próximas à saturação e não para madeiras secas. Não adiante se oferecerem magníficos estudos de resistências da madeira executados apenas sobre amostras secas de madeira. Na vida real a situação é diferente para os estudos relativos aos impactos dos ventos sobre as árvores. As amostras devem ser colhidas de árvores vivas; deve-se medir quão diferente é a umidade ao abate da árvore da umidade na saturação plena com água e se executarem ensaios mecânicos em três situações: na umidade do abate da árvore, na umidade de saturação completa em água e em amostras secas. Lembrem-se ainda que na vida real a saturação é feita com seiva mineral e não água pura – tudo isso tem seu peso nas avaliações.

As principais propriedades da madeira que são reconhecidamente importantes nos estudos de efeitos dos ventos são as seguintes, com seus respectivos efeitos positivos ou negativos em relação à tolerância aos ventos:

- Tensão de crescimento longitudinal (++++)
- Força aplicada para provocar tombamento da árvore (++++)

- Densidade básica (+++)
- Módulo de ruptura (+++)
- Módulo de elasticidade (+++)
- Flexão estática (+++)
- Resistência à compressão (+++)
- Resistência ao cisalhamento (+++)
- Resistência à tração (++)
- Espessura da parede celular das fibras (++)
- Presença de nós (----)
- Diâmetro do lumen (--)
- Contração volumétrica ao secar (--)
- Teor de parênquima (--)

Sabe-se da literatura que essas propriedades todas da madeira são afetadas por:

- ↻ Ritmo de crescimento do tronco;
- ↻ Diâmetro e peso da copa;
- ↻ Diâmetro da árvore;
- ↻ Fator de afilamento do tronco;
- ↻ Inclinação do tronco;
- ↻ Declividade do terreno;
- ↻ Espaçamento entre árvores;
- ↻ Níveis de desbastes e de desramas;
- ↻ Proporção entre lenhos tardio e inicial;
- ↻ Proporção de lenho juvenil;
- ↻ Idade da árvore;
- ↻ Variabilidade da qualidade da madeira dentro e entre árvores;
- ↻ Assimetria dos troncos;

- ↪ Excentricidade dos troncos;
- ↪ Localização da posição do centro de massa da árvore;
- ↪ Posição no chão da projeção vertical do centro de massa da árvore;
- ↪ Incidência frequente de ventos de médios a fortes

Conhecidos os pontos chaves, agora seria a vez dos gestores se organizarem, pois os cientistas já devem estar cuidando de fazer a sua parte. Eu sempre sugiro que a melhor forma de se atuar sobre um problema é conhecer bem o mesmo e as suas causas.

Por isso, cabe aos gestores:

- ◆ Monitoramento frequente do que precisa ser monitorado (a ser elencado pela leitura desse artigo);
- ◆ Diálogo com o problema, em todas as situações onde algo possa ser revelado (mas para isso nossos técnicos e gestores precisam ir ao campo, pois ainda não é possível se dialogar pela internet com as árvores, principalmente com as quebradas ou tombadas);
- ◆ Encontrar formas novas de planejar e manejar as florestas plantadas para mitigar ou prevenir efeitos danosos dos ventos fortes;
- ◆ Designar ao melhoramento genético florestal a missão de buscar novos fatores de seleção de árvores, relacionados à maior tolerância aos ventos para os eucaliptos.

Algumas empresas estão já implementando algumas ações de prevenção ou estudando outras, tais como:

- ↪ Tempo de fechamento das copas (quanto mais cedo o dossel se fechar, mais se dariam chances ao povoamento para tolerar ventos em idades mais jovens);
- ↪ Dimensões das copas (copas leves e bem balanceadas são ideais, para redução da força de empurrar as árvores, que é formada pelo vento);
- ↪ Desrama da parte inferior da copa em até 50% para reduzir a força do vento sobre as primeiras árvores (bordaduras). Com a prática da desrama artificial, alguns autores sugerem que os ventos podem ser mais bem dissipados pela penetração gradual dos mesmos no seio da floresta, com minimização do efeito diminó.
- ↪ Desenho e planejamento do mosaico florestal, evitando deixar áreas estreitas de árvores altas de eucalipto próximas a áreas de vegetação nativa de baixa estatura ou de áreas de eucaliptos que venham a ser colhidas em épocas distintas.
- ↪ Estudos de topografia e do ambiente florestal de forma mais incisiva, permitindo a eleição de clones resistentes ou tolerantes para áreas mais

potenciais onde possam ocorrer ventos fortes (por exemplo: baixadas e/ou com altas diferenças entre velocidades médias e máximas de ventos).

Outra ação importante e que precisa ser destacada é o melhoramento florestal focado em incluir resistência/tolerância aos ventos como critério de seleção, inclusive obter dados de herdabilidade dos fatores escolhidos.

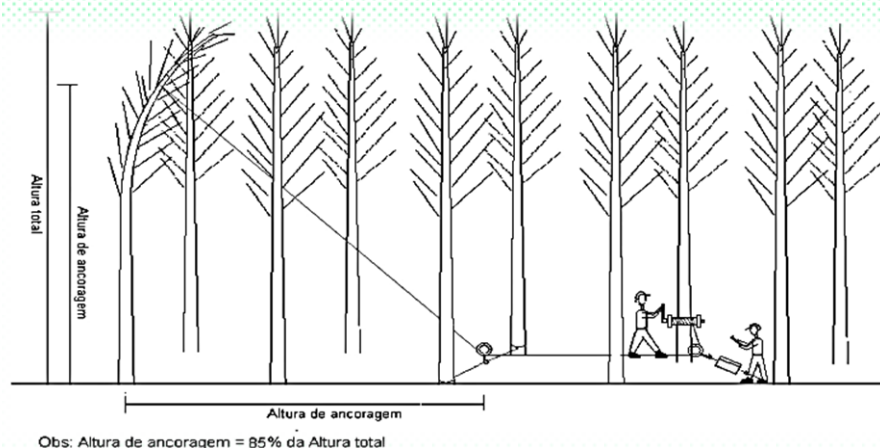
Algumas propriedades-chaves vêm sendo selecionadas por alguns melhoristas florestais, seja para testes de novos clones ou mesmo dos clones atualmente já selecionados em base de outros fatores. São elas:

➤ Densidade básica da madeira

Sabe-se que as árvores deveriam ter densidade básica acima de  $0,4 \text{ g/cm}^3$  na região mais sensível a ser quebrada (10 a 25% da altura comercial). Entretanto, eucaliptos muito jovens apresentam baixa densidade básica e ela aumenta com a idade. Há riscos de se selecionar eucaliptos de 2 a 3 anos com densidade acima de  $0,4 \text{ g/cm}^3$  e depois eles se tornarem densos demais para a finalidade na idade de colheita. Enfim, é uma área onde há muito a se trabalhar ainda, para a qual o objetivo é o desenvolvimento mais precoce da densidade básica da madeira.

➤ Aplicação do teste de quebra de árvores como critério de seleção

O teste mais comum consiste em se aplicar uma força crescente sobre o topo de uma árvore com o uso de um cabo de aço acoplado a um dinamômetro. As forças de ruptura ou quebra costumam acontecer entre 40 a 100 kgf de carga para árvores entre 24 a 36 meses. Portanto, a amplitude indica potenciais de ganhos, já que a variabilidade existe entre clones e entre árvores. Além das medições de força, há que se entender as causas para essas diferenças.



Fonte: Ferreira e colaboradores, 2010

As quebras de árvores ocorrem quando há grande deflexão dos caules. Nesse caso, a força causada pela deflexão excede ao valor da resistência à compressão e de flexão da madeira e o tronco se quebra. As árvores com defeitos e as árvores finas tendem a se quebrarem com aplicação de forças menores.

- Avaliação mecânica das peças de madeira tomadas nas regiões de quebra potencial das árvores: módulo de elasticidade, módulo de ruptura, flexão estática e tensões de crescimento.

Os testes devem ser realizados em madeira verde e seca, sendo os testes com material seco como forma de se poderem estabelecer correlações posteriores.

São ainda possíveis estudos modelares de simulação espacial de florestas plantadas em túneis de vento laboratoriais. Diversos aspectos espaciais podem ser simulados e testados para se conhecer mais sobre as características dos povoamentos em relação aos ventos. Com esses testes, pode ser possível se entender melhor os efeitos das copas, espaçamentos, peso de água sobre as copas em dias de chuvas com ventos, etc.



Teste do túnel de vento –  
Fonte: Wolgramm Júnior & de Paula, 2011

Finalizando, pode-se dizer que se conhecermos melhor os sítios florestais, permitindo identificar os locais potencialmente mais críticos em relação a ventos fortes, poderemos destinar a eles os clones de eucalipto com maiores chances de sucesso. Isso pode ser feito, mesmo que os melhores clones para tolerância aos ventos não sejam os ideais para nossas fábricas. Por exemplo: eles podem mostrar densidades básicas maiores em suas madeiras do que o "clone ideal". Entretanto, essa situação seria aplicada apenas nas áreas mais críticas ou nas bordaduras. As fábricas possuem capacidade de adequar seus processos a misturas de madeiras de eucalipto - isso elas já fazem há dezenas de anos. É melhor se ter uma madeira não ideal, mas próxima a isso, que seja de árvores íntegras, do que ter um clone de madeira ideal, mas com suas árvores todas danificadas pela ação dos ventos.

Amigos, essa é a situação que lhes posso contar no momento – em alguns anos mais, com certeza teremos muitos novos resultados para serem conhecidos, frutos dos novos estudos de pesquisa tecnológica no setor de celulose, papel, painéis de madeira, etc. Por outro lado, nada melhor do que um problema grande para nos desafiar e a nossos cientistas florestais. Tenho confiança na solução de mais esse problema. Talvez muitos de nossos cientistas acadêmicos ainda não tenham entendido a dimensão do problema, por isso, temos ainda poucos grupos de estudos atuando no momento. Porém, isso é definitivamente uma situação que tenderá a crescer em pesquisas, estudos e soluções integradas – tenho certeza, e mais que isso, confiança.

*Agradecemos aos amigos Herson José Ferreira (Eucatex) e Everton de Souza (CENIBRA) pela colaboração com fotos e sugestões*

Aproveitem para dedicar um tempo na leitura desse material a seguir, especialmente selecionado para vocês.

### **Referências e sugestões para leitura e navegação:**

**Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas.** T.F. Assis. 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura. 22 pp. (2014)

<http://www.expoforest.com.br/silvicultura/wp-content/uploads/2013/09/encontro-silvicultura-2014-bloco-2-pdf-artigo-pag-127.pdf>

**Ajuste de equações lineares de suscetibilidade a vento em eucalipto submetido a desrama artificial.** A.L. Cardoso; A.M. Rosado; A.G. Silva. Revista Agrarian 6(21): 340 – 345. (2013)

<http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/download/1303/1577>

**Avaliação da tolerância à quebra por vento em árvores de eucalipto via teste de resistência.** A.M. Rosado; G.M. Ataíde; R.V.O. Castro; A.C.G. Correia. PFB – Pesquisa Florestal Brasileira 33(75): 309 – 315. (2013)

<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/download/500/329>

**Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp.** R. Beltrame; M. Lazarotto; C.R. Haselein; E.J. Santini; P.R. Schneider; A.M. Aguiar. Ciência Florestal 22(2): 343 – 351. (2012)

<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/download/5741/3518>

e

<http://www.bioline.org.br/request?cf12032>

**Experimento em túnel de vento do escoamento atmosférico dentro e acima de um modelo de floresta homogênea de eucalipto.** N. Wolgramm Júnior; R.R.C. Paula. VI Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. 04 pp. (2011)

[http://pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/jornada\\_2010\\_2011/anais/T2451.pdf](http://pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/jornada_2010_2011/anais/T2451.pdf)

**Danos provocados por ventos em florestas de eucalipto em diferentes altitudes e as implicações para a colheita florestal.** A.L. Cardoso; A.M. Rosado; A.G. Silva. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 04 pp. (2011)

[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2011/anais/arquivos/0517\\_0444\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/0517_0444_01.pdf)

**Caracterização do lenho de árvores de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em áreas sujeitas a danos por ventos.** R.L. Braz. Dissertação de Mestrado. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo. 95 pp. (2011)

[http://www.bdttd.ufes.br/tesesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1964](http://www.bdttd.ufes.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1964)

e

[http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4142/dissertacao\\_%20Rafael%20Leite%20Braz.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4142/dissertacao_%20Rafael%20Leite%20Braz.pdf?sequence=1)

**Estudo da climatologia de eventos de ventos fortes em regiões de florestas de eucalipto.** P.L.L.M. Pereira; R.R.C. Paula. VII Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES. 03 pp. (2011)

[http://www.cefetes.br/pse/prppg/pesquisa/jornadas/jornada\\_2011\\_2012/anais/692012221522.docx](http://www.cefetes.br/pse/prppg/pesquisa/jornadas/jornada_2011_2012/anais/692012221522.docx)

**Desrama artificial em eucalipto e seu efeito na resistência a danos por vento e nós da madeira.** A.L. Cardoso. Dissertação de Mestrado. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo. 94 pp. (2011)

[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_4999\\_.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_4999_.pdf)

e

[https://docs.google.com/file/d/0B1gBRXQp\\_TNHVEYwNUE2MjZRbkcxTzhOaDcwZGNCdw/edit?pli=1](https://docs.google.com/file/d/0B1gBRXQp_TNHVEYwNUE2MjZRbkcxTzhOaDcwZGNCdw/edit?pli=1)

**Análise das regiões de ocorrência dos danos causados por ventos em povoamentos de clones de *Eucalyptus* em Minas Gerais.** A.L. Cardoso; A.M. Rosado; A.G. Silva. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 03 pp. (2010)

[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2010/anais/arquivos/RE\\_0836\\_0796\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/RE_0836_0796_01.pdf)

**Resistência mecânica de caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias.** S. Ferreira; J.T. Lima; P.F. Trugilho; J.R.M. Silva; A.M. Rosado; T.C. Monteiro. Cerne 16(Suplemento): 133 – 140. (2010)

<http://www.dcf.ufla.br/ebramem/Artigo%2018.pdf>

**Influência do local de crescimento na qualidade da madeira para celulose e na susceptibilidade a ventos.** T.L. Barbosa. Trabalho de Conclusão de Curso. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo. 60 pp. (2010)

[http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/www.florestaemadeira.ufes.br/files/TCC\\_Thiago%20Leite%20Barbosa.pdf](http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/www.florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Thiago%20Leite%20Barbosa.pdf)

e

[http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7921/2010\\_Influencia-do-local-de-crescimento-na-qualidade-da-madeira-para-celulose-e-susceptibilidade-aos-ventos.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7921/2010_Influencia-do-local-de-crescimento-na-qualidade-da-madeira-para-celulose-e-susceptibilidade-aos-ventos.pdf?sequence=1)

**Métodos de determinação de danos em florestas plantadas.** A.A. Fontes; M.L. Silva; S.A. Cordeiro. Revista Agrogeoambiental (Dezembro): 49 - 55. (2009)

<http://joomla3.ifsuldeminas.edu.br/~ojs/index.php/Agrogeoambiental/article/download/211/207>

**Seleção de árvores resistentes a vento.** A.M. Rosado. II Workshop em Melhoramento Florestal IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Apresentação em PowerPoint: 80 slides. (2008)

<http://www.ipef.br/eventos/2008/melhoramento/08.pdf>

**Lenho de tração em *Eucalyptus spp* cultivado em diferentes topografias.** S. Ferreira. Tese de Doutorado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 170 pp. (2007)

<http://www.prrg.ufla.br/ct-madeira/wp-content/uploads/2012/07/SergioTese1.pdf>

**Desrama artificial em clone de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden): efeitos sobre o crescimento, a dinâmica da copa e o tempo de desrama.** A.P.L. Lima. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 210 pp. (2003)

[http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/351/117597\\_c.pdf?sequence=2](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/351/117597_c.pdf?sequence=2)

**Bifurcação e quebra de copa em eucalipto: efeitos genéticos, ambientais e silviculturais.** M.D.V. Resende; M. Fantini Júnior. Embrapa Florestas. Documento nº 63. 86 pp. (2001)

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17073/1/doc63.pdf>

e

[http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6127/Documentos\\_63.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6127/Documentos_63.pdf?sequence=1)

**Variação de resistência a ventos em procedências de *Eucalyptus saligna* Smith na região de Guaíba, RS.** R.A. Silveira; L.H. Montagner; M. Onuki. Boletim de Pesquisa Florestal 13: 01 -08. (1986)

<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim13/silveira.pdf>



Ventos e seus efeitos na eucaliptocultura

## Imagens Google sobre quebra de árvores em florestas de eucalipto devido à ação de ventos

[https://www.google.com.br/search?hl=pt-BR&site=img&tbm=isch&source=hp&biw=1093&bih=479&q=Ventos+%2B+%C3%81rvores+Quebradas+%2B+Eucaliptos&oq=Ventos+%2B+%C3%81rvores+Quebradas+%2B+Eucaliptos&gs\\_l=img.3...2361.4633.0.6274.3.3.0.0.0.298.763.2-3.3.0....0...1ac.1.51.img..3.0.0.aOg7aDtdFzQ](https://www.google.com.br/search?hl=pt-BR&site=img&tbm=isch&source=hp&biw=1093&bih=479&q=Ventos+%2B+%C3%81rvores+Quebradas+%2B+Eucaliptos&oq=Ventos+%2B+%C3%81rvores+Quebradas+%2B+Eucaliptos&gs_l=img.3...2361.4633.0.6274.3.3.0.0.0.298.763.2-3.3.0....0...1ac.1.51.img..3.0.0.aOg7aDtdFzQ) (Imagens Google: Ventos + Árvores Quebradas + Eucaliptos)



Árvores vergadas pelos ventos fortes

---

**Eucalyptus Newsletter** é um informativo técnico orientado para ser de grande aplicabilidade a seus leitores, com artigos e informações acerca de tecnologias florestais e industriais sobre os eucaliptos

Coordenador e Redator Técnico - Celso Foelkel

Editoração - Alessandra Foelkel ([webmaster@celso-foelkel.com.br](mailto:webmaster@celso-foelkel.com.br))

**GRAU CELSIUS:** Tel. (51) 9947-5999

Copyrights © 2011- 2014 - [celso@celso-foelkel.com.br](mailto:celso@celso-foelkel.com.br)

---

Essa **Eucalyptus Newsletter** é uma realização da **Grau Celsius**. As opiniões expressas nos artigos redigidos por Celso Foelkel, Ester Foelkel e autores convidados, bem como os conteúdos dos websites recomendados para leitura não expressam necessariamente as opiniões dos apoiadores, facilitadores e patrocinadores.

---

Caso você tenha interesse em **conhecer mais sobre a Eucalyptus Newsletter** e suas edições, por favor visite:

<http://www.eucalyptus.com.br/newsletter.html>

---

**Descadastramento:** Caso você **não queira continuar recebendo** a Eucalyptus Newsletter, o Eucalyptus Online Book e a PinusLetter, envie um e-mail para: [webmanager@celso-foelkel.com.br](mailto:webmanager@celso-foelkel.com.br)

---

---

Caso esteja interessado em **apoiar ou patrocinar** as edições da Eucalyptus Newsletter, da PinusLetter, bem como os capítulos do Eucalyptus Online Book - [click aqui](#) - para saber maiores informações

---

Caso queira se **cadastrar** para passar a receber as próximas edições dirija-se a:  
<http://www.eucalyptus.com.br/cadastro.html>

---



Danos pelos ventos em eucaliptos – Um desafio a ser encarado pelo setor florestal

---