

Espécies de *Pinus* na Silvicultura Brasileira

Jarbas Yukio Shimizu, Alexandre Magno Sebbenn

1. Introdução

O gênero *Pinus* constitui um grupo de aproximadamente 90 espécies de árvores da família Pinaceae (MARCHIORI, 1996), originárias, quase que exclusivamente, do Hemisfério Norte, sendo nativas na Europa, Ásia e Américas do Norte e Central. Somente uma espécie (*Pinus merkusii*) estende sua área de ocorrência até o sul da Linha do Equador, na Sumatra (2° S) (CRITCHFIELD; LITTLE JÚNIOR, 1966). Nas Américas, a distribuição estende-se desde 66° N, no Canadá, até 12° N, na Nicarágua. A máxima diversidade do gênero ocorre no México e na Califórnia, onde, aparentemente, está em intenso processo de especiação. Muitas espécies são intensivamente plantadas e manejadas para produção comercial de madeira, especialmente no Hemisfério Sul, em países como Nova Zelândia, Brasil, Colômbia, Chile, Argentina, Uruguai, África do Sul e Austrália, entre outros.

Espécies de pínus vêm sendo plantadas no Brasil há mais de um século. Muitas delas foram trazidas pelos imigrantes europeus, para fins ornamentais e para produção de madeira. Em 1880, já havia pínus (*P. canariensis*) plantados no Rio Grande do Sul e, em 1906, várias espécies faziam parte de experimentos

de campo, no Estado de São Paulo (FERREIRA, 2001).

Em 1948, através do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas as espécies americanas conhecidas nas origens como “pinheiros amarelos”, que incluem *Pinus palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e *P. taeda*. Dentre essas, as duas últimas se destacaram pela facilidade nos tratamentos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil. Desde então, outras têm sido introduzidas, não só dos Estados Unidos, mas, também, do México, da América Central, das ilhas do Caribe e da Ásia.

O potencial das espécies de pínus como produtoras de madeira, para processamento industrial, foi a principal motivação para a introdução subsequente, para experimentação (KRONKA et al., 2005), de um grande número de espécies de diferentes procedências pelos órgãos do governo e pelas empresas privadas. A sociedade brasileira passou a conviver mais intensamente com espécies desse gênero a partir da década de 1960, quando extensas áreas começaram ser plantadas com *P. elliottii* e *P. taeda*, nas regiões Sul e Sudeste. Assim, para o público em geral, ficou a impressão de que os atributos do gênero se resumiam nas qualidades e defeitos inerentes a essas duas

espécies. Por exemplo, ambas são relativamente resistentes à geada e proporcionam altos rendimentos em madeira nas regiões que englobam: 1) para *P. taeda*, o planalto da região Sul, até o norte do Paraná; e 2) para *P. elliottii*, a região Sul como um todo e parte da região Sudeste, no Estado de São Paulo e nas regiões serranas do sul de Minas Gerais.

2. Aspectos Relacionados à Escolha de Espécies para Plantios Comerciais

O gênero *Pinus* inclui espécies produtoras de madeira de características variadas e de grande valor comercial. No subgênero *Haploxylon*, estão as espécies produtoras de madeira de baixa densidade, considerada "madeira mole", indicada para uso em acabamentos, marcenaria e artesanato (por exemplo, *P. chiapensis*); no subgênero *Diploxylon*, estão as produtoras de "madeira dura", altamente valorizada para uso em estruturas, móveis, chapas, embalagens, celulose e papel. Este grupo engloba as demais espécies plantadas com sucesso, para fins comerciais no Brasil. Além disso, várias delas, como *P. elliottii* var. *elliottii*, *P. caribaea* e outras, produzem resina em quantidade viável para a sua exploração comercial.

Considerando a ampla variação presente quanto aos requisitos ecológicos para o seu desenvolvimento, aos hábitos de crescimento, à qualidade da madeira, à resistência ou tolerância aos extremos climáticos, aos regimes de precipitação pluviométrica e a muitos outros aspectos, todos estes precisam ser criteriosamente analisados na escolha da espécie para os plantios comerciais. Por exemplo, no manejo de povoamentos de *P. greggii* ou *P. patula*, algumas atividades como

a desrama são indispensáveis, para produzir madeira mais valorizada possível (sem nós) para o mercado. É importante que esta operação seja programada para os períodos mais frios e secos do ano, para evitar o ataque de fungos como os do gênero *Sphaeropsis* que danificam a madeira e podem levar as árvores à morte.

Nas espécies de coníferas como do gênero *Pinus*, as estruturas onde são formadas as sementes são conhecidas como cones. Estes são equivalentes aos frutos nas angiospermas e são características altamente variáveis, servindo, muitas vezes, para a identificação das espécies. Algumas como *P. kesiya* e *P. oocarpa* apresentam cones pequenos, com 3 cm a 5 cm de comprimento, enquanto que outras como *P. lambertiana* produzem cones com mais de 30 cm. Quando maduros, as escamas dos cones de várias espécies logo se abrem e liberam as sementes. Porém, nas espécies conhecidas como *closed cone pines*, mesmo depois de maduros, os cones permanecem fechados por vários anos. Isso faz parte da estratégia de sobrevivência, normalmente em regiões semi-áridas onde, após um longo período de seca, a chegada da estação das chuvas é precedida de tempestades elétricas que, periodicamente, dão origem a incêndios florestais. Assim, os cones que ficarem expostos ao fogo abrem-se imediatamente, liberando uma grande quantidade de sementes que irão germinar e assegurar a regeneração natural.

2.1. Requisitos ambientais

Quanto ao habitat, a maioria das espécies de *Pinus* que se desenvolvem bem no Brasil são originárias de regiões com solos ligeiramente ácidos. Porém, existem outras

que são próprias de regiões com solos de reação neutra a alcalina, como *P. engelmannii* e *P. greggii* da região Norte do México. No entanto, as condições restritivas como essas raramente ocorrem isoladamente, pois uma situação pode estar associada a outra, de maneira que as espécies próprias desses ambientes estão adaptadas ao conjunto desses fatores. Em princípio, a alcalinidade do solo é consequência do tipo de material de

origem desse solo. Porém, isso, normalmente, está associado, também, à baixa precipitação pluviométrica, pois, em um ambiente semi-árido, grande parte da umidade que chega ao solo tende a se evaporar, reduzindo a ocorrência de lixiviação das bases trocáveis do solo. De maneira geral, os pinus dos tipos ecológicos que habitam esses locais não encontram condições de crescimento normal no Brasil (Figura 1).



Figura 1. *Pinus greggii* em Ponta Grossa, PR, com fuste deformado devido à origem inadequada. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

É importante observar o regime pluviométrico nas regiões de origem das espécies antes de introduzi-las para uso comercial. Essa é uma das razões da inviabilidade de espécies como *P. radiata*, para plantios comerciais na maior parte do Brasil, apesar do rápido crescimento em locais com condições ecológicas adequadas. Na sua região de origem (Califórnia, Estados Unidos) e em todos os locais onde esta espécie é plantada comercialmente (Nova Zelândia, Sul da Austrália, África do Sul, Chile), as precipitações pluviométricas ocorrem no período mais frio do ano. Quando plantada no Brasil, onde o período chuvoso coincide com o período mais quente, a combinação da alta umidade com a temperatura causa estresse fisiológico, além de favorecer o desenvolvimento de fungos patogênicos, levando as plantas à morte em poucos anos.

A produtividade dos povoamentos florestais é uma consequência direta das condições ecológicas do local de plantio e do potencial das espécies de utilizar os recursos naturais disponíveis para o seu crescimento. Portanto, na ausência de experiência prévia, a primeira aproximação para identificar as espécies exóticas de maior potencial para plantios comerciais pode ser obtida através de analogias ecológicas (climática e edáfica) entre os locais onde se pretende plantar com os de origem dessas espécies. Esse procedimento aumenta a probabilidade de escolha de espécies com maior potencial de adaptação na região. Dentre os vários fatores ambientais, os seguintes aspectos precisam ser observados com maior cuidado, quando se pretende estabelecer plantios de espécies introduzidas:

2.1.1. Altitude

Na introdução de espécies florestais em ambientes distintos das suas origens, as probabilidades de adaptação serão maiores quanto mais semelhantes forem as altitudes dos locais de plantio às das suas origens, dentro da mesma faixa de latitudes ou de latitudes correspondentes no outro hemisfério. Por exemplo, *P. patula* ocorre no México, entre as latitudes 24° N, próximo a Ciudad Victoria, Tamaulipas, até 17° N, na Sierra de Papalos, Oaxaca, em altitudes variando de 1.500 m a 3.100 m (PERRY JÚNIOR, 1991). Plantios desta espécie no Hemisfério Sul, em altitudes menores, normalmente resultam em árvores de baixa estatura e com grande quantidade de ramos grossos (Figura 2). Além disso, o desajuste ambiental gera estresses que a torna altamente vulnerável a vários patógenos e insetos desfolhadores. Somente quando estabelecidos a 1.000 m ou mais de altitude desenvolvem fustes retilíneos com ramos finos e representam um grande potencial para produção de madeira de alta qualidade (Figura 3).

Pinus caribaea var. *hondurensis* manifesta deformações quando ecótipos de baixa altitude são plantados em locais de altitude elevada (Figura 4). Porém, cada espécie constitui um caso à parte. Existem exceções como *P. caribaea* var. *bahamensis*, originário das Ilhas Bahamas e arredores. A região de origem dessa variedade é de clima tropical, praticamente ao nível do mar, com solo de reação neutra a ligeiramente alcalina. Apesar disso, ela tem sido introduzida em vários países e tem apresentado bom crescimento, mesmo em solos de reação ácida, como também em locais de maior altitude, suportando inclusive geadas em regiões sub-tropicais.



Figura 2. *Pinus patula* com baixa qualidade de fuste e ramos, plantado a menos de 900 m de altitude no Sul do Brasil. Foto: Jarbas Y. Shimizu.



Figura 3. *Pinus patula* com boa forma de fuste e ramos, plantado em local a mais de 1.000 m de altitude no Sul do Brasil. Foto: Jarbas Y. Shimizu.



Figura 4. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, originário de região próxima ao nível do mar, manifestando deformações no tronco quando plantado a 1.000 m de altitude no Planalto Central do Brasil. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

2.1.2. Temperatura

Para cada espécie, existe uma faixa de temperatura ótima, bem como a mínima e a máxima que podem limitar o seu crescimento. Espécies de clima temperado têm como ótima a temperatura de 25 °C, com a mínima e a máxima de 4 °C e 41 °C, respectivamente; as espécies tropicais têm como ótima a faixa de temperatura de 30 °C a 35 °C, com as mínimas e máximas de 10 °C e 50 °C, respectivamente (BURNS; HONKALA, 1990). A ocorrência de geadas severas é limitante para espécies tropicais como *P. caribaea*, *P. tecunumanii* e *P. maximinoi*. Por outro lado, a falta de alternância de temperaturas altas e baixas, durante o dia e a noite, respectivamente, pode limitar o desenvolvimento de espécies próprias de regiões temperadas. Em *P. taeda*, o maior crescimento é observado em regiões onde a temperatura atinge 27 °C durante o dia e 17 °C à noite (BURNS; HONKALA, 1990).

2.1.3. Distribuição de chuvas

Precipitações uniformemente distribuídas durante o ano ou com maior tendência de chuvas no verão são propícias ao crescimento dos pínus do sul e sudeste dos Estados Unidos, bem como dos pínus tropicais da América Central e do Caribe. Por outro lado, espécies de clima mediterrânico como *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. ponderosa*, *P. sylvestris*, *P. radiata* e outras não encontram condições para crescimento sadio na maior parte do Brasil, visto que necessitam de um regime que ofereça período seco no verão e chuvoso no inverno. Além do prejuízo no crescimento devido ao desajuste climático, a alta umidade no período mais quente do ano favorece a intensa proliferação de patógenos.

2.1.4. Umidade no solo

Para se ter uma idéia da quantidade de água necessária para o crescimento satisfatório das espécies florestais, a primeira indicação pode ser vista pela precipitação e pelo tipo de solo predominante no seu local de origem. A disponibilidade de água para as plantas no solo é assegurada não só pela entrada em forma de chuvas e gotejamento da neblina condensada nas folhagens, mas, também pela capacidade de retenção de água do solo. Solos porosos ou de granulação grossa têm menor capacidade de retenção de água do que os siltosos e os argilosos. Por outro lado, o excesso de umidade, também, é prejudicial. A maioria das espécies não tolera solos com drenagem deficiente. Portanto, todas as variáveis relacionadas tanto à entrada quanto à capacidade de retenção e saída de água da rizosfera precisam ser analisadas, na escolha de espécies para plantio. Mesmo assim, ensaios de campo são indispensáveis para assegurar maior probabilidade de êxito na introdução de espécies.

2.1.5. Profundidade e reação do solo

No conhecimento popular, existe uma tendência de se considerar que os pínus são espécies rústicas que crescem em qualquer lugar onde sejam plantadas, mesmo em solos rasos. Até certo ponto, isto é verdade, dentro das limitações próprias de cada espécie. Ademais, é preciso enfatizar que, ao estabelecer plantios em escala comercial, busca-se a maior rentabilidade possível. Nesse aspecto é que surgem as diferenças, pois não basta que as árvores sobrevivam e se estabeleçam. Para produzir o maior volume de madeira por área plantada, num determinado período de tempo, a profundidade do solo é

fundamental. Em solos com menos de 1 m de profundidade, normalmente, há perda no crescimento em altura e, conseqüentemente, no volume de madeira produzida, prejudicando a rentabilidade do empreendimento. As espécies de maior êxito no Brasil são as adaptadas aos solos ligeiramente ácidos, onde a associação simbiótica de suas raízes com fungos micorrízicos aumenta a capacidade de utilização de fósforo e de outros nutrientes, promovendo, assim, o seu rápido crescimento.

2.2. Qualidade da madeira

Os pinus, em geral, produzem porções significativas de madeira juvenil. Sua presença nas toras é inevitável, pois corresponde aos primeiros anéis de crescimento após a medula, formando um núcleo de madeira diferenciada ao longo do tronco. Essa madeira apresenta várias características que são indesejáveis nas peças sólidas para fins estruturais. Entre os aspectos marcantes da madeira juvenil, estão: a) baixa densidade; b) traqueóides (fibras) curtos; c) paredes celulares finas; d) baixa resistência; e) alta tendência ao colapso (BENDTSEN; SENFT, 1986).

A duração do período de produção da madeira juvenil varia amplamente entre espécies. Por exemplo, em *P. caribaea*, pode durar em torno de quatro anos, enquanto que, em *P. elliottii*, estende-se por seis a oito anos e, em *P. taeda*, de 13 a 15 anos. Em espécies do oeste americano como *P. ponderosa*, pode durar mais de 20 anos. Após essa fase, as árvores passam a produzir madeira adulta, com características físico-mecânicas distintas e de melhor qualidade para usos estruturais (maior densidade, resistência e estabilidade) (SCHULTZ, 1997). Essa transição brusca na qualidade da madeira torna complicado o seu

uso como madeira sólida, especialmente quando se pretende processar a matéria-prima produzida nos primeiros desbastes. Portanto, quanto menor for a proporção de madeira juvenil no tronco, melhor será a qualidade da madeira. Isto explica a baixa qualidade da madeira de pinus para fins estruturais, quando esta provém dos primeiros desbastes. Na madeira adulta, não só as suas propriedades físicas se tornam favoráveis para uso como peças sólidas, mas também aumenta o rendimento nos processos de produção de celulose.

Para usos estruturais, bem como para a maioria das aplicações, é desejável obter madeira de características uniformes, com alta resistência física e mecânica. Normalmente, estas características estão diretamente relacionadas com a maior densidade básica da madeira. Nessa categoria, estão as espécies como *P. oocarpa*, *P. taeda* e *P. patula*. Por outro lado, se a madeira requerida for do tipo homogêneo, de baixa densidade, para uso em marcenaria, fabricação de embalagens finas e artesanatos, *P. chiapensis* seria a opção mais apropriada. Porém, é preciso lembrar que a qualidade da madeira produzida depende do ambiente em que a espécie está plantada. Experiências na África do Sul mostraram que *P. caribaea* plantado nas regiões de baixa altitude produzem madeira praticamente só do tipo primaveril, de densidade e resistência demasiadamente baixas para qualquer tipo de aplicação (ZOBEL; TALBERT, 1984). Fato semelhante ocorre com *P. taeda*, que produz madeira de boa qualidade em plantios estabelecidos em locais de baixa altitude, mas de densidade extremamente baixa e, assim, sem valor comercial, quando estabelecidos em locais de

grande altitude, na África do Sul. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tende a apresentar crescimento anormal conhecido como *fox-tail*, que é associado à madeira de baixa qualidade, com maior frequência em locais com precipitações abundantes do que em locais onde ocorrem deficiências hídricas durante um período do ano.

2.3. Características especiais

Todas as espécies de pinus são resinosas, em maior ou menor grau. No Brasil, *P. taeda* é preferido para uso industrial na produção de celulose e papel, justamente porque, além do rápido crescimento, apresenta baixo teor de resina na madeira. Isso facilita a sua industrialização e resulta em produtos de alta qualidade pelos processos utilizados no país. Por outro lado, *P. elliottii* é destinado à produção de madeira serrada e chapas, além da exploração comercial de resina, devido ao alto teor desse extrativo na madeira.

A resina de *P. elliottii* tem grande aceitação no mercado devido ao alto teor de pineno. Porém, o ambiente propício para o crescimento desta espécie, no Brasil, limita-se às regiões Sul e parte do Sudeste. Nas regiões de clima tropical, somente espécies como *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. kesiya*, *P. maximinoi*, *P. tecunumanii* e outras próprias desse tipo de ambiente conseguem prosperar. Dessas, *P. caribaea* é usada, também, para a exploração da resina, embora de constituição e propriedades diferentes daquelas de *P. elliottii*.

3. Opções de Espécies para Plantios Comerciais no Brasil

Experiências acumuladas ao longo de décadas, com a introdução de *Pinus* em diferentes períodos (FERREIRA, 2001) no

Brasil, resultaram em um grande volume de informações sobre essas espécies. Os aspectos de maior importância para a silvicultura de pinus referem-se ao potencial produtivo, requisitos ecológicos e vulnerabilidades aos agentes bióticos e abióticos da região onde serão plantadas.

3.1. *Pinus taeda*

A distribuição natural do *Pinus taeda* L. abrange 14 Estados do Sul e Sudeste dos Estados Unidos, estendendo-se desde o sul de Nova Jérsei até o centro da Flórida e, em direção ao oeste, até o leste do Texas. O clima nessas regiões é úmido, temperado, com verões longos e quentes e invernos suaves. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.020 mm a 1.520 mm. A temperatura média anual varia de 13 °C a 24 °C (FOWELLS, 1965).

Pinus taeda é plantado em maior escala na sua região de origem. No Sul e no Sudeste dos Estados Unidos, os plantios comerciais desta espécie estão estimados em 13,4 milhões de ha (SCHULTZ, 1997), constituindo o maior centro de produção de madeira de florestas plantadas dos Estados Unidos. Ele é plantado, também, em várias partes do mundo, para produção de madeira para processamento industrial. No Brasil, os principais plantios encontram-se no planalto das regiões Sul e Sudeste, estendendo-se por uma área estimada em 962.500 ha (KRONKA et al., 2005).

A predominância de *P. taeda* no Sul e Sudeste dos Estados Unidos é atribuída, basicamente, à ação antrópica. Na época da colonização européia nos Estados Unidos, a paisagem era dominada pelas florestas de *P. palustris*, enquanto que *P. taeda* se encontrava

restrito aos sítios ao longo dos cursos de água (ZOBEL, 1983). O desenvolvimento inicial da região foi marcado pela intensa exploração de *P. palustris* para produção de madeira e resina, seguida pela cultura de algodão. Porém, devido à forma predatória das práticas agrícolas da época, sem os cuidados com a conservação dos solos, a produtividade do algodão declinou rapidamente. A agricultura, em geral, tornou-se inviável na região devido à erosão, ao esgotamento da fertilidade do solo e à infestação por pragas. Assim, grande parte dos agricultores migrou para o norte, em busca de trabalho nas indústrias metalúrgicas, deixando vastas áreas com solos expostos. Estes foram, gradativamente, colonizados pelo *P. taeda*, formando a base da atual economia florestal da região.

A facilidade para colonizar áreas abertas é um atributo do *P. taeda* que é interpretado, especialmente em ecossistemas fora da sua região de origem, como caráter invasivo e danoso. Porém, essa agressividade só se verifica em situações em que haja: a) grande produção de semente; b) ausência de predadores naturais de semente; c) luminosidade suficiente para que as plântulas se estabeleçam; e d) contato direto das sementes com o solo. Sendo, ainda, uma espécie pioneira, ela é dependente de distúrbios ambientais para se estabelecer. Na ausência destes, o pínus tende a desaparecer da paisagem ao ser dominada pelas espécies folhosas (SCHULTZ, 1997). Portanto, através do manejo apropriado que inclua o controle do seu caráter invasivo, *P. taeda* pode ser cultivado em plantios intensivos para gerar múltiplos benefícios à sociedade.

Os primeiros plantios comerciais de *P. taeda* no Brasil foram estabelecidos com semente importada dos Estados Unidos, sem qualquer controle da qualidade genética ou de origem geográfica. Isso resultou em povoamentos de baixa qualidade de fuste devido aos defeitos como tortuosidades, bifurcações e um grande número de ramos grossos. Apesar disso, esta espécie oferece grandes oportunidades para ser transformada em espécie chave na economia florestal brasileira, mediante melhoramento genético.

Estudos de procedências em várias partes do Brasil revelaram variações geográficas importantes. As procedências da planície costeira do estado da Carolina do Sul ficaram conhecidas como as de maior produtividade e melhor qualidade de fuste no Sul e Sudeste do Brasil, em locais onde as geadas são moderadas. Para locais sujeitos às geadas severas, como na serra gaúcha e no planalto catarinense, as procedências de locais onde prevalecem invernos rigorosos como as da Carolina do Norte são mais promissoras.

O sucesso inicial do *P. taeda* como fonte de madeira no Brasil deveu-se, em grande parte, à ausência de inimigos naturais. Porém, a partir dos anos 1980, começaram a surgir algumas pragas atacando tanto a madeira quanto as acículas e os brotos terminais. Dentre elas, a mais notória é a vespa-da-madeira que representou uma séria ameaça à base florestal de pínus no Sul do Brasil. Para reduzir os danos causados por esta e outras pragas como os pulgões e as doenças fúngicas e bacterianas, foi necessário adotar medidas preventivas e de controle, em forma de manejo adequado dos povoamentos. Portanto, ficou evidente que a prática de somente plantar e

esperar que o povoamento produza madeira, da forma como se fazia inicialmente, não assegura retorno significativo. Os cuidados desde a escolha dos sítios adequados para o desenvolvimento da espécie até a adoção de práticas de manejo visando à fitossanidade, ao aumento da produtividade dos povoamentos e à qualidade do produto passaram a ser indispensáveis no negócio florestal.

As principais características de valor econômico como incremento volumétrico, forma de fuste e a densidade da madeira de *P. taeda* são herdáveis e podem ser melhoradas mediante seleção de matrizes. Povoamentos estabelecidos com semente de origem geográfica apropriada e melhorados geneticamente na mesma região têm possibilitado não só o aumento na produtividade de madeira, mas, também, melhoria substancial na qualidade do fuste. No Brasil, a madeira de *P. taeda* é destinada ao processamento mecânico na produção de peças serradas para estruturas, fabricação de móveis, embalagens, molduras, chapas de diversos tipos e, também, à fabricação de celulose e papel (Figura 5). Em geral, a qualidade da matéria-prima aumenta à medida que aumenta a densidade da madeira, dentro dos limites normais da espécie. Portanto, quanto menor for a proporção de madeira juvenil presente na tora, melhor será a sua qualidade. No entanto, na produção de celulose de fibra longa, pelos processos mecânicos e semi-mecânicos, a madeira juvenil, de baixa densidade, é muitas vezes preferida.



Figura 5. Povoamento de *Pinus taeda* manejado para produção de madeira para celulose. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

3.2. *Pinus elliottii*

Pinus elliottii Engelm. var. *elliottii* é de origem subtropical e produz grande quantidade de resina rica em pineno. Ele ocorre, naturalmente, no Sul e Sudeste dos Estados Unidos, desde a Planície Costeira do sul da Carolina do Sul (33° N) até o centro da Flórida e sudoeste do estado da Louisiana (30° N) (DORMAN; SQUILLACE, 1974). Uma particularidade desta espécie é a tolerância aos solos úmidos, podendo ser plantada em áreas mesmo que tenha lençol

freático próximo à superfície. Ela é adequada para plantios nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, pois tolera geadas e um grau moderado de deficiência hídrica, podendo ser plantada nas regiões da Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e nas zonas de transição destas para o Cerrado e as Florestas Semi-decíduais dos estados do Paraná e São Paulo. Por ser de ambiente com características mais próximas à tropical, ele cresce menos que *P. taeda* nas partes mais frias do planalto sulino, mas, muito mais que esta em ambientes característicos de Cerrado do norte do Paraná e parte do Estado de São Paulo, bem como no litoral sul brasileiro.

Ensaio de campo têm indicado baixa ou nenhuma variação em produtividade ligada à procedência das sementes. Visto que a maior parte da variação nessa característica se verifica

entre indivíduos (de árvore para árvore) dentro de populações, os trabalhos de melhoramento genético ficam facilitados, uma vez que se pode contar com uma extensa população, independentemente da origem geográfica, para a seleção individual.

De maneira geral, o incremento volumétrico de *P. elliottii* costuma ser menor que o de *P. taeda*. Porém, ele inicia a produção de madeira adulta a partir dos sete a oito anos de idade, em contraste com 12 a 15 anos, em *P. taeda*. Este pode ser um diferencial importante na escolha da espécie para produção de madeira destinada ao processamento mecânico. Isto significa que, em toras da mesma idade, a de *P. elliottii* contém menor proporção de madeira juvenil e, portanto, será de melhor qualidade física e mecânica do que a de *P. taeda* (Figura 6).



Figura 6. *Pinus elliottii* var. *elliottii* manejado para produção de toras de grandes dimensões. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

Embora *P. elliottii* seja amplamente utilizado na fabricação de celulose e papel nos Estados Unidos, o mesmo não ocorre no Brasil. Devido ao alto teor de resina na madeira, seria necessário um processo industrial adicional para separar esse componente da matéria-prima. É por isso que o uso de *P. elliottii*, no Brasil, restringe-se à produção de madeira para processamento mecânico e à extração de resina de árvores em pé.

A resina de *P. elliottii* possibilitou a criação de uma importante atividade econômica no setor florestal brasileiro. Dados de 2002 indicaram uma produção de aproximadamente 100 mil t/ano, propiciando a movimentação financeira de US\$25 milhões. Com isso, o Brasil passou de importador a exportador deste produto.

A exploração da resina no Brasil gera mais de 12 mil empregos diretos no campo, oferecendo uma importante contribuição social que resulta no melhoramento das condições de vida no meio rural. A produtividade média de resina de *P. elliottii*, em árvores não melhoradas, é em torno de 2 kg/árvore ao ano. Esta característica é, também, de alta herdabilidade e pode ser alterada mediante seleção criteriosa das matrizes. Assim, após mais de uma geração de seleção e reprodução controlada, as árvores geneticamente melhoradas passaram a produzir, em média, 6 kg/árvore ao ano. Portanto, existe perspectiva de até triplicar, nas próximas rotações, a produtividade de resina com o uso de semente geneticamente melhorada, possibilitando a agregação de valor substancial aos povoamentos de *P. elliottii*.

3.3. *Pinus palustris*

Pinus palustris Mill. é a espécie arbórea que, originalmente, predominava nas florestas do

sul dos Estados Unidos. As árvores adultas atingem grandes dimensões e sua madeira foi intensamente explorada como matéria-prima para construções civis, navais e outros usos. Além disso, no período da colonização, a resina extraída desta espécie era altamente demandada para calafetação das embarcações de madeira.

Sementes de várias procedências de *P. palustris* foram introduzidas, no início dos anos 1970, para experimentação em várias partes do Sul e Sudeste do Brasil. De maneira geral, a produtividade tem sido menor que a de *P. taeda* e de *P. elliottii*, além de requerer cuidados especiais na fase inicial de sua implantação. Isto devido a uma característica peculiar que é a fase de dormência apical nas mudas, conhecida como “estágio de grama”. Esta é uma fase de desenvolvimento inicial em que não há crescimento apical. Ela se estende, desde a sua germinação, por um período variável entre plantas, podendo durar até cinco a seis anos. Toda a energia do crescimento é canalizada para o desenvolvimento das raízes e, durante esse período, a parte aérea da planta apresenta a aparência de um tufo de capim, já que somente as acículas permanecem visíveis. Isto dificulta muito as operações de capina e roçada.

Após o período da dormência apical, o broto terminal inicia o alongamento, dando início ao crescimento da planta. Tanto o tempo para o término da dormência apical quanto a rapidez do seu crescimento subsequente variam amplamente entre árvores. Portanto, na fase inicial de desenvolvimento, o povoamento de *P. palustris* apresenta muitas desigualdades, dificultando as operações de manejo.

3.4. *Pinus patula*

Pinus patula Cham. et Schlecht é uma espécie de origem mexicana, de grande valor como produtora de madeira, para processamento mecânico e de alto rendimento em celulose. Uma das características marcantes e úteis para a sua identificação é o formato das acículas que são finas e tenras, dispostas de forma pendente (Figura 7). Ela é cultivada com sucesso em alguns países andinos e na África. No Brasil, o seu plantio comercial é restrito aos pontos mais altos do sul de Minas Gerais e no planalto catarinense, em altitudes maiores que 1.000 m. Quando plantada em baixas altitudes, *P. patula* tende a produzir árvores de estatura média a baixa, com ramos numerosos e mais grossos que o normal. Além disso, nesses ambientes desfavoráveis ao seu crescimento normal, ela se torna altamente vulnerável ao ataque de insetos desfolhadores e de fungos, principalmente na madeira exposta por danos mecânicos ou após operações de desrama efetuadas em períodos úmidos com alta temperatura.

Através do melhoramento genético, já se tem conseguido desenvolver árvores de boa forma de fuste e ramos mais finos do que da geração anterior. Ainda assim, observam-se amplas variações nas características de interesse comercial, mesmo em povoamentos que sofreram uma geração de seleção. Portanto, há muito trabalho de melhoramento a ser feito, mediante seleção criteriosa de sítios e genótipos, seguida de reprodução controlada. Em condições favoráveis ao seu desenvolvimento, *P. patula* apresenta crescimento em altura maior do que *P. elliottii* ou *P. taeda*.



Figura 7. *Pinus patula* e características típicas da espécie. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

3.5. *Pinus caribaea*

Pinus caribaea Morelet é uma espécie que abrange três variedades naturais: *caribaea*, *bahamensis* e *hondurensis*. A variedade *hondurensis* (*Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf.) é originária da América Central, sendo encontrada, naturalmente, em Belize, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicarágua e México (PERRY JÚNIOR, 1991) (Figura 8). As árvores, comumente, apresentam em torno de 30 m de altura e DAP de 80 cm, podendo, no entanto, atingir 45 m de altura e 135 cm de DAP. Geralmente, o tronco é reto e bem formado, não apresentando excesso de

ramificação. Uma das características marcantes desta variedade é a alta frequência de árvores com crescimento anormal conhecido como *fox-tail* ou “rabo-de-raposa” em que somente o broto terminal segue crescendo, sem ramificações laterais. A madeira formada em árvores com esse padrão de crescimento torna-se quebradiça e de baixa qualidade física e mecânica por causa da grande proporção de madeira de compressão e de fibras anormais. Normalmente, ocorre maior frequência de *fox-tail* em locais com alta precipitação e sem déficit hídrico. Esta é uma característica que, felizmente, apresenta um controle genético moderado. Mediante seleção de matrizes, a ocorrência desse defeito tem reduzido significativamente.

Plantios comerciais de *P. caribaea* var. *hondurensis* são recomendados em toda a região tropical brasileira, exceto no Semi-árido (GOLFARI, 1967). Sua madeira é de densidade moderada a baixa, mas de grande utilidade geral. Além disso, ela produz resina em quantidade viável para exploração comercial.

Dentre as espécies de pínus tropicais, *P. caribaea* var. *hondurensis* é a mais plantada no mundo. Isto pode ter relação com a grande amplitude de condições ambientais nas suas origens, que abrange altitudes desde o nível do mar até 1.000 m (HODGE; DVORAK, 2001), favorecendo a ocorrência de variabilidade genética ligada à adaptação a variadas condições ecológicas. Entre as variantes geográficas mais importantes estão as procedências litorâneas e as das montanhas, no interior do continente. As litorâneas localizam-se em áreas frequentemente afetadas por furacões e tempestades tropicais. Assim, o material genético dessa origem inclui indivíduos



Figura 8. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos 15 anos em Ventania, PR. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

selecionados, naturalmente, ao longo dos milênios, com características de maior resistência ao tombamento pelos ventos e menor propensão à quebra de fuste do que as procedências do interior do continente. Essas diferenças ficaram evidentes em experimentos no Sudeste do Brasil onde, após a ocorrência de ventanias, somente as árvores das procedências litorâneas permaneceram ilesas.

Uma das maiores limitações no uso e no melhoramento genético desta variedade é que os locais propícios para o seu crescimento e produção de madeira não são, necessariamente, os mais adequados para a sua reprodução. Ela requer condições

ecológicas específicas para produzir sementes como no litoral da Bahia e do Espírito Santo, bem como na Chapada dos Parecis, no sul de Rondônia. Nesses locais, os primórdios das estruturas reprodutivas (coneletes) podem ser observados desde o terceiro ano após o plantio no campo.

Na planície litorânea de Queensland, Austrália, a variedade *hondurensis* tem apresentado alto incremento volumétrico, desde que o solo não seja encharcado. Por outro lado, *P. elliottii* produz madeira de alta qualidade física e mecânica, além de suportar sítios temporariamente alagados. Assim, a estratégia local de melhoramento genético incluiu a exploração da superioridade dos híbridos interespecíficos de *P. elliottii* com *P. caribaea* var. *hondurensis*, mediante polinizações controladas. Conseguiu-se, com isso, gerar árvores com alto incremento volumétrico, semelhante ao de *P. caribaea* var. *hondurensis*, produzindo madeira de qualidade física e mecânica semelhante à de *P. elliottii*. No entanto, a superioridade dos híbridos só pode ser assegurada se os parentais de cada espécie forem, também, de alto valor genético. Portanto, é indispensável manter programas contínuos de melhoramento genético, separadamente para cada "taxon", visando à geração de híbridos de alta produtividade em ambientes sujeitos a constantes mudanças.

P. caribaea Morelet var. *bahamensis* Barr. & Golf. destaca-se como uma das mais importantes para a produção de madeira e resina na Região Sudeste brasileira. Suas origens são as Ilhas Bahamas, em áreas separadas por até 600 km. Uma das áreas é formada pelas Ilhas Grand Bahamas, Great Ábaco, Andros e New Providence, entre 23° N e 27° N; a segunda área inclui as Ilhas Caicos, entre 21° N e

22° N. Esses locais estão praticamente ao nível do mar, atingindo, no máximo, 30 m de altitude. O clima é tropical (25 °C), sub-úmido (chuvas anuais de 700 mm a 1.300 mm), com períodos de seca de seis meses e solos alcalinos (pH 7,5 a 8,5). O crescimento desta variedade é intermediário entre o de *P. caribaea* var. *caribaea* e o de *P. elliottii* (BARRETT; GOLFARI, 1962). Ela é recomendada para plantio na mesma faixa de ambientes indicada para a variedade *hondurensis* (GOLFARI, 1967). No entanto, plantios exploratórios em regiões tropicais e subtropicais têm mostrado que a variedade *bahamensis* cresce bem mesmo em altitudes maiores que 700 m e resistem bem a geadas.

Variações genéticas em crescimento, forma e produção de resina, em testes de progênies, foram relatadas em vários estudos (SEBBENN et al., 1994; ZHENG et al., 1994; GURGEL GARRIDO et al., 1996; 1999; MISSIO et al., 2004; FREITAS et al., 2005). Ganhos genéticos mediante seleção de matrizes foram estimados em até 23,4 % em altura, 30,6 % em DAP (ZHENG et al., 1994), 8,3 % em volume real (SEBBENN et al., 1994) e 46,2 % na produção de resina (GURGEL GARRIDO et al., 1999).

Um dos obstáculos para a sua ampla utilização nos plantios comerciais é a dificuldade na produção de sementes. Sua madeira tende a ser mais densa e, portanto, de melhor qualidade física e mecânica do que da variedade *hondurensis*. Ela, também, apresenta os mesmos problemas de *fox-tail*, como se verifica na variedade *hondurensis*.

A variedade *caribaea* (*P. caribaea* Morelet var. *caribaea* Bar. et Gol.) é endêmica na ilha de Cuba, ocorrendo entre a província de Pinar

del Rio e a Isla de la Juventud, entre 21° 40' N e 22° 50' N, em altitudes variando de 45 m a 355 m. A precipitação média na sua origem varia entre 5 °C a 25,5 °C. A precipitação pluviométrica nestes locais varia de 1.200 mm a 1.600 mm anuais e os solos são ácidos (pH 4,5 a 6,0). Esta variedade é recomendada para plantio em regiões quentes, tanto para a produção de madeira quanto de resina. Uma de suas características é o fuste exemplar, geralmente reto, com ramos numerosos, mas curtos e finos. Ela, também, apresenta dificuldade para produzir sementes no Brasil, exceto em alguns locais específicos.

3.6. *Pinus oocarpa*

Pinus oocarpa Schiede está entre as espécies de pinus tropicais mais difundidas pelos trópicos. Ela é originária do México e América Central, com ampla distribuição natural no sentido noroeste-sudeste. Ela ocorre entre os limites de 12° N a 27° N, estendendo-se do México até a Nicarágua, passando por Belize, Guatemala e Honduras. Nestes países, *P. oocarpa* é encontrado em altitudes variando de 600 m a 2.500 m (GREAVES, 1980), em regiões com estações secas, às vezes severas, com períodos de até seis meses com precipitações menores que 50 mm e temperatura média mensal de 26 °C a 36 °C (KEMP, 1973). A espécie ocorre, mais freqüentemente, em solos bem drenados ao longo das encostas das montanhas entre 700 m e 1.500 m de altitude. Porém, na

parte norte de sua área de distribuição, ela pode ser encontrada a 2.500 m de altitude (STYLES, 1983).

As condições ecológicas no habitat natural do *P. oocarpa* variam desde clima temperado-seco, com precipitação pluviométrica entre 500 mm e 1.000 mm até subtropical úmido, com precipitação pluviométrica em torno de 3.000 mm anuais. O melhor desempenho desta espécie é observado no planalto, especialmente no Cerrado, dada a sua tolerância à seca. Sua madeira é moderadamente dura e resistente, de alta qualidade para produção de peças serradas para construções e fabricação de chapas. Além de madeira, *P. oocarpa* produz, também, resina em quantidade viável para extração comercial. Esta espécie produz muitas sementes, facilitando a expansão dos seus plantios. Locais de baixa altitude ou planícies costeiras não são ambientes propícios para o seu desenvolvimento.

P. oocarpa tolera geadas moderadas após a fase inicial de plantio e tem sido recomendado para plantios em uma ampla área do Brasil (GOLFARI, 1967). No Estado de São Paulo, a espécie tem apresentado bom crescimento na região de Angatuba (Figura 9), Agudos (KAGEYAMA, 1977), Bebedouro, Moji Mirim e Assis (ROSA, 1982), bem como nos estados do Pará (WOESSNER, 1983) e Rio Grande do Sul (BERTOLANI, 1983).



Figura 9. *Pinus oocarpa* de 22 anos na região de Angatuba, SP. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

3.7. *Pinus maximinoi*

Pinus maximinoi H. E. Moore é uma espécie que ocorre desde Semola (México) até o norte

da Nicarágua (DVORAK; DONAHUE, 1992; PERRY JÚNIOR, 1991), em altitudes entre 600 m até 2.400 m, embora os melhores povoamentos com as maiores taxas de crescimento e melhores formas sejam encontrados em altitudes entre 800 m e 1.500 m, em solos bem drenados e férteis (DVORAK; DONAHUE, 1992). Anteriormente, era conhecida como *P. tenuifolia*. Trata-se de uma espécie produtora de madeira de coloração clara, de alta resistência. No Brasil, por estar plantada apenas em caráter experimental, com material genético ainda não melhorado, há grande variação na forma e vigor. Porém, com trabalhos básicos de melhoramento genético, grande parte dos defeitos poderá ser eliminada rapidamente. Portanto, esta é mais uma espécie que poderá figurar como opção para a diversificação de espécies em plantios destinados à produção de madeira sólida. Seu crescimento tem sido maior que das demais espécies do gênero, usadas tradicionalmente na silvicultura intensiva, tendendo, inclusive, a produzir alta frequência de árvores com *fox-tail*. Uma limitação para o seu plantio no Sul do Brasil é a baixa resistência a geadas (Figura 10). A densidade da madeira varia entre 0,32 e 0,51 g/cm³ e o seu uso potencial inclui a fabricação de papel e celulose, produção de resina, madeira para usos gerais e para a fabricação de móveis (PERRY JÚNIOR, 1991).



Figura 10. *Pinus maximinoi* aos 15 anos em Ponta Grossa, PR. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

3.8. *Pinus greggii*

Pinus greggii Engelm. é uma espécie mexicana que, em estado natural, se encontra em duas regiões com características ambientais distintas: 1) região Norte do México, nos estados de Coahuila e Nuevo León, em altitudes entre 2.300 m e 2.700 m, em solos de reação neutra a alcalina, em ambiente semi-árido, com precipitação média anual entre 400 mm e 600 mm; e 2) região Central, em altitudes entre 1.200 m e 1.800 m, nos estados de San Luís Potosí, Hidalgo e Puebla, em solos ácidos, com precipitação entre 700 mm e

1.600 mm anuais. Por essas características, fica claro que as procedências do segundo grupo têm maiores probabilidades de êxito em plantios no Sul do Brasil (Figura 11). Os experimentos instalados em vários locais têm demonstrado essa tendência, além de um claro sinal de má adaptabilidade das procedências da região Norte do México, em forma de árvores de baixo vigor, com acículas mais curtas e rígidas do que nas procedências da região Central, além de deformações severas no fuste e ramos. Entre as particularidades desta espécie, estão a resistência às geadas severas e a precocidade do florescimento. Desde o primeiro ano no campo, já podem ser observados primórdios de estróbilos femininos. Portanto, esta espécie tem grande potencial para geração de híbridos interespecíficos, visando à combinação de suas características favoráveis com as de outras espécies plantadas comercialmente na região. A madeira de *P. greggii* é amarela pálida e pouco resinosa, tendo sido testada e considerada de alta qualidade para produção de celulose e papel, bem como para madeira sólida. A sua densidade varia de 0,45 a 0,55 g/cm³. Dado o grande número de ramos que produz, se não for devidamente manejada, ela tende a concentrar um grande número de nós na madeira, tornando-se de baixa qualidade para o processamento industrial. No aspecto do seu melhoramento genético, o passo inicial seria o estabelecimento de povoamentos comerciais com sementes introduzidas da região Central do México. A partir dessa base genética, deverão ser selecionadas matrizes, levando-se em conta não somente as características de crescimento e forma, mas, também, as características físicas da madeira.



Figura 11. *Pinus greggii* aos 12 anos em Ponta Grossa, PR. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

3.9. *Pinus tecunumanii*

Pinus tecunumanii ou *Pinus patula* Schiede & Deppe ssp. *tecunumanii* (Equiluz & Perry) Styles tem sido objeto de disputa entre os botânicos (STYLES; HUGHES, 1988) quanto à classificação taxonômica do que se convencionou denominar *Pinus tecunumanii*. Alguns acreditam que *P. patula* ssp. *tecunumanii* deve ser considerada uma espécie distinta de *P. tecunumanii*, enquanto que outros a consideram como uma subespécie do *P. patula* (EQUILUZ; PERRY, 1983). *P. tecunumanii* é indicada para plantios comerciais nas regiões tropicais brasileiras

devido ao seu rápido crescimento, boa forma do fuste e baixa ocorrência de *fox-tail*. A árvore pode atingir 50 m de altura e 120 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), com tronco reto e, geralmente, livre de ramos até 20 m a 30 m de altura (Figura 12). A madeira é de excelente qualidade (STYLES; HUGHES, 1988), de características favoráveis para a produção de pasta mecânica e celulose kraft (SILVA JÚNIOR et al., 1993).



Figura 12. *Pinus tecunumanii* de 10 anos, em Presidente Castelo Branco, PR. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

Pinus tecunumanii ocorre desde 600 m até 2.400 m de altitude, formando populações pequenas e isoladas, em forma de ilhas, no alto das montanhas (BIRKS; BARNES, 1990).

Embora seja encontrada em forma de povoamentos puros, na maioria das vezes, ela ocorre associada a *P. oocarpa* var. *ochoterenai*, *P. patula* var. *longepedunculata*, *P. maximinoi*, *P. oaxacana*, *P. nubicola* e *P. ayaraciflua* (STYLES; HUGHES, 1988). Várias procedências como Camélias, Yucul e San Rafael (Nicarágua), e Mountain Pine Ridge (Belize), foram, inicialmente, confundidas com variações geográficas de *P. oocarpa* (GREAVES, 1983; ETTORI et al., 2002). Suas características, tanto morfológicas quanto de crescimento mais rápido que de *P. oocarpa*, deixaram claro que se tratava de uma espécie distinta. As procedências de altitudes maiores que 1.500 m têm apresentado alta suscetibilidade à quebra de fuste pelo vento. Sua madeira apresenta densidade maior que 0,40 g/cm³ e menor teor de resina do que *P. oocarpa*. A madeira adulta começa a ser formada, aproximadamente, a partir dos 10 anos de idade. Além disso, a variação interna em densidade da madeira, tanto no sentido medula-casca quanto no sentido longitudinal do tronco é substancialmente menor que em outras espécies, como *P. patula* e *P. taeda*. Comparativamente às demais espécies, *P. tecunumanii* apresenta maior homogeneidade nas características físicas da madeira, conferindo melhor qualidade e valor para processamento industrial.

Um estudo internacional conduzido pelo Oxford Forestry Institute (Inglaterra), envolvendo as procedências Camélias, Yucul e San Rafael del Norte, da Nicarágua, e Mountain Pine Ridge, de Belize, em onze locais (Austrália, Brasil, Congo, Equador, Fiji, Costa do Marfim, Quênia, Porto Rico, África do Sul, Tailândia e Zâmbia), possibilitou a detecção de variações significativas entre procedências

quanto à altura e ao volume, em vários locais de experimentação (BIRKS; BARNES, 1990). Contudo, as três procedências nicaraguenses apresentaram desempenhos similares entre si, enquanto que a procedência Mountain Pine Ridge apresentou menor produtividade, alta frequência de *fox-tail* e alta proporção de alfa e beta-pineno, além de menor proporção de delta-3-careno (BIRKS; BARNES, 1990).

Um teste de procedências e progênies no Município de São Simão, SP, aos 18 anos de idade, indicou as procedências San Esteban e Villa Santa (Honduras) como altamente produtivas, enquanto que Las Piedrecitas, México, foi considerada sem perspectiva para a região. A procedência San Rafael del Norte (Nicarágua) apresentou a melhor forma do fuste, enquanto que Mountain Pine Ridge (Belize) produziu os fustes de pior qualidade (SEBBENN et al., 2005).

Estudos comparativos desta espécie revelaram maior crescimento em volume sem casca e maior teor de matéria seca do que *P. oocarpa*, em Agudos, SP (WRIGHT et al., 1989). Lima (LIMA, 1991) observou menor frequência de *fox-tail*, melhor forma de fuste e maior diâmetro dos ramos em relação a *P. oocarpa* em Felixlândia, MG. Isso mostra que a espécie é altamente potencial para plantios comerciais no Sudeste brasileiro, usando-se as procedências mais adequadas para a região.

No Brasil, *P. tecunumanii* tem grande potencial para plantios comerciais, dada a facilidade de adaptação e a baixa incidência de *fox-tail*. O ambiente ideal para o seu desenvolvimento é caracterizado por solos ácidos e argilo-arenosos, com pelo menos 40 cm de profundidade, boa drenagem e precipitação pluviométrica de, pelo menos, 1.000 mm anuais.

Nos cerrados da região central do Brasil, foi observado o maior crescimento nos materiais genéticos oriundos da parte meridional da sua área de distribuição natural, de altitudes em torno de 1.000 m. Entre os pontos fracos da espécie, podem ser destacados a baixa resistência às geadas, a alta suscetibilidade à quebra de fuste pelo vento e a baixa produção de sementes. Esta última característica, em particular, pode ser solucionada, gradativamente, mediante seleção em favor de matrizes mais prolíficas e pesquisas de campo para localizar os ambientes mais favoráveis à sua reprodução. A tendência à quebra de fuste, também, é um caráter de herdabilidade moderada a alta, o que significa que se trata de um defeito relativamente fácil de ser corrigido por meio da seleção de matrizes.

Um aspecto importante é que *P. tecunumanii* pode ser enxertado sobre porta-enxertos de outras espécies como *P. caribaea*, *P. patula*, *P. elliottii* e *P. oocarpa*. Isso permite a formação de pomares clonais com materiais genéticos selecionados, mesmo que não haja sementes disponíveis da mesma espécie para a formação de porta-enxertos. Esta espécie pode ser cruzada, artificialmente, com outras como *P. patula*, *P. greggii*, *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. oocarpa* e *P. caribaea*. O híbrido gerado com esta última tem apresentado crescimento e densidade da madeira mais altos do que de ambas as espécies parentais. Isto é muito importante na implementação de programas de silvicultura intensiva baseada em propagação vegetativa massal de híbridos.

3.10. *Pinus chiapensis*

Pinus chiapensis (Mart.) Andresen é a única espécie do grupo chamado de "pinus brancos" que se adaptou bem no Brasil. Ela é natural do México e América Central, de altitudes entre 150 m e 2.300 m. Seu ambiente natural é caracterizado por precipitações pluviométricas elevadas, variando de 1.300 mm até 3.000 mm anuais. Portanto, supõe-se que não seja tolerante à deficiência hídrica. Sua madeira é esbranquiçada, macia e de baixa densidade (0,34 a 0,36 g/cm³). Além disso, a variação na densidade da madeira é mínima, tanto no sentido medula-casca quanto no sentido longitudinal. A homogeneidade nessa característica física é muito importante para os processos industriais. A madeira é muito utilizada na fabricação de móveis, molduras e revestimentos interiores. Na fase inicial de estabelecimento, esta espécie tem a tendência de produzir fustes múltiplos e troncos com casca fina, muito suscetível aos danos mecânicos e ao fogo. Portanto, um trabalho de manejo é fundamental, fazendo-se o raleio para deixar somente um fuste por planta e adotando-se as devidas medidas de proteção.

No Brasil, *Pinus chiapensis* tem apresentado rápido crescimento e alta produtividade de madeira na região central do Estado de São Paulo, na Zona da Mata de Minas Gerais e no norte do Paraná (Figura 13). No entanto, ainda não é plantada, comercialmente, devida à falta de tradição no uso deste tipo de matéria-prima, e principalmente, à falta de sementes para operações em grande escala.



Figura 13. *Pinus chiapensis* aos 15 anos em Ventania, PR. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

3.11. *Pinus kesiya*

Pinus kesiya Royle et Gordon é uma espécie de origem asiática com potencial para produção de madeira e resina nas regiões tropicais. Ela engloba o grupo anteriormente chamado de *P. insularis*, que ocorre na Ilha Mindoro, nas Filipinas, e os grupos chamados *P. khasya* e *P. yunnanensis* de países do sudeste Asiático, parte da China e Índia. Experimentos instalados no Cerrado da região central do Brasil têm demonstrado rápido crescimento e intensa produção de sementes. Esta espécie constitui uma alternativa viável para produção de madeira em ambientes tropicais sujeitos à deficiência hídrica. Porém,

seu manejo requer cuidado especial nos regimes de desrama, visto que ela produz uma grande quantidade de ramos persistentes desde a base do tronco.

3.12. *Pinus merkusii*

Pinus merkusii Jungh. et De Vriese é uma espécie tropical do sudeste da Ásia. Ela ocorre, naturalmente, em Mianmar, Tailândia, Laos, Camboja, China e Vietnam, bem como nas ilhas da Sumatra na Indonésia e Luzon e Mindoro nas Filipinas. A árvore apresenta geralmente 30 m a 50 m de altura, podendo atingir 70 m e o DAP pode variar de 60 cm a 80 cm (DE LAUBENFELS, 1988). Esta é a espécie de *Pinus* que apresenta distribuição geográfica mais ao sul do que qualquer outra do gênero, chegando a 2° 06' de latitude Sul, nas ilhas da Sumatra. Ela é encontrada em altitudes desde o nível do mar até 2.000 m, preferencialmente entre 800 m e 2000 m. Os povoamentos com os maiores desenvolvimentos são encontrados ao longo do Lago Toba, no norte de Sumatra (DE LAUBENFELS, 1988).

No Brasil, existem apenas alguns plantios em escala experimental (Figura 14), sem informação detalhada sobre as origens. De maneira geral, seu fuste é reto, com ramos finos e numerosos. Porém, devido ao crescimento mais lento do que as espécies tradicionalmente usadas na região, ele não tem despertado interesse para plantios comerciais. A madeira é de alta densidade, variando de 0,88 a 0,96 g/cm³ (madeira pesada), de utilidade para diversas aplicações como na construção civil e naval, marcenaria, produção de celulose e papel etc. A espécie produz resina que pode ser explorada em escala comercial. A produtividade observada tem sido

da ordem de 3 a 4 kg/árvore ao ano (FOREST INVENTORY AND PLANNING INSTITUTE, 1996).



Figura 14. *Pinus merkusii*, aos 35 anos, em Capão Bonito, SP. Foto: Jarbas Y. Shimizu.

4. Melhoramento Genético e Oportunidades Futuras

Quando não se dispõe de informação técnica sobre o desempenho de espécies florestais em um ambiente exótico, a melhor orientação a seguir na escolha de espécies e procedências são as analogias climáticas e das características do solo entre os locais de origem e os da região onde se pretende plantar. Várias espécies foram introduzidas no Brasil com base nesse princípio. Porém, quando se

busca maior refinamento visando maximizar a produtividade, torna-se essencial um estudo detalhado das variáveis ambientais predominantes nas origens das espécies a serem introduzidas e nos locais de plantio, especialmente quanto aos fatores como temperatura mínima, deficiência ou excesso hídricos, profundidade e características químicas do solo. Essas informações, complementadas com dados experimentais que comprovem ou refutem o desempenho esperado das espécies nos variados locais de plantio, possibilitarão uma definição segura quanto às espécies e procedências mais promissoras em cada situação ecológica.

A destinação do material genético apropriado para cada ambiente é essencial para o sucesso dos empreendimentos florestais. Este desafio se aplica, também, na escolha dos genótipos para cada tipo de sítio, visto que, na maioria das espécies, ocorrem interações genótipo-ambiente substanciais. Quando não se leva em conta este aspecto, corre-se o risco de se desperdiçar investimentos que seriam destinados ao desenvolvimento ou à aquisição de materiais genéticos melhorados. Tanto a geração de genótipos superiores quanto a determinação da melhor forma de sua utilização são temas tratados na implementação de programas de melhoramento genético, especificamente para a referida espécie, para a região onde será plantada e para o tipo de matéria-prima desejado.

Na maioria dos plantios de pínus no Brasil, o material genético em uso costuma não ser o mais adequado para o seu propósito nesse local, visto que, na melhor das hipóteses, as sementes ou mudas são provenientes de pomares formados com genótipos

selecionados em uma região distante, para atender os requisitos de um segmento industrial distinto. Pode-se dizer que, em operações florestais envolvendo plantios regulares de pelo menos 200 ha/ano, torna-se indispensável um programa de melhoramento genético para atender os seus objetivos específicos.

5. Referências

- BARRETT, W. H. G.; GOLFARI, L. Descripción de los nuevos variedades del "pino del caribe". **Caribbean Forester**, n. 23, p. 59-71, 1962.
- BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and loblolly pine. **Wood and Fiber Science**, v.18, n. 1, p. 23-38. 1986.
- BERTOLANI, F. Programas em andamento e problemas básicos em florestas implantadas de pinheiros tropicais. **Silvicultura**, São Paulo, ano 8, n. 29, p. 1-4, 1983. Edição dos Anais do Simpósio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido Crescimento, 1980, Águas de São Pedro. Fast growing trees.
- BIRKS, J. S.; BARNES, R. D. **Provenance variation in *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii***. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1990. 40 p. (Tropical forestry papers, 21).
- BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. **Silvics of North America**: conifers. Washington, DC: USDA, Forest Service, 1990. v. 1, 675 p. (USDA. For. Serv. Agric. Handbook, 654).
- CRITCHFIELD, W. B.; LITTLE JÚNIOR, E. L. **Geographic distribution of the pines of the world**. USDA, Forest Service, 1966. 97 p. (USDA. Misc. Publ., 991).
- DE LAUBENFELS, D. J. Coniferales. In: VAN STEENIS, C. G. G. J.; de WILDE, W. J. J. O. (Eds.), **Flora Malesiana**. Dordrecht: Kluwer Academic. Series I, Sermatophyta. Flowering Plants., v. 10, part. 3, p. 337-453, 1988.
- DORMAN, K. W.; SQUILLACE, A. E. **Genetics of slash pine**. USDA For. Serv. Res. Pap. WO-20. 20 p. 1974.
- DVORAK, W. S.; DONAHUE, J. K. **CAMCORE**: cooperative review 1980-1992. Raleigh: North Carolina State University, College of Forest Resources, 1992. 94 p.
- EQUILUZ, P. T.; PERRY JUNIOR, J. P. *Pinus tecunumanii* una especie nueva de Guatemala. **Ciencia Forestal**, n. 41, p. 3-22, 1983.
- ETTORI, L. C.; SEBBENN, A. M.; SATO, A.; MORAES, E. Teste de procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em três locais do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, n. 14, p. 39-51, 2002.
- FERREIRA, M. O histórico da introdução de espécies florestais de interesse econômico e o estado de sua conservação no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E USO DE RECURSOS GENÉTICOS FLORESTAIS, 2000, Paranaguá. **Memórias...** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 19-66. (Embrapa Florestas. Documentos, 56).
- FOWELLS, H. A. (Comp.). **Silvics of forest trees of the United States**. Washington, DC: USDA, Forest Service, 1965. 761 p. (USDA. For. Serv. Agric. handbook, 271)
- FOREST INVENTORY AND PLANNING INSTITUTE. **Vietnam forest trees**. Hanoi: Agricultural Publ., 1996. 23 p.
- FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; MORAES, E.; ZANATTO, A. C. S.; SOUSA, C. M. R.; LEMOS, S. V. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção em *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, n. 17, p. 103-111, 2005.
- GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v. 6, n. único, p. 7-62, 1967.
- GREAVES, A. Status of the international provenance trial of Mexican *Pinus oocarpa* Schiede provenances, 1980. In: **Simpósio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido Crescimento**. Águas de São Pedro, 1980. 8 p. (datilografado).

- GREAVES, A. Revisão dos testes internacionais de procedências de *Pinus caribaea* Morelet e *Pinus oocarpa* Schiede. **Silvicultura**, São Paulo, ano 8, n. 29, p. 13-17, 1983. Edição dos Anais do Simpósio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido Crescimento, 1980, Águas de São Pedro. Fast growing trees.
- GURGEL GARRIDO, L. M. do A.; ROMANELLI, R. C.; GARRIDO, M. A. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. **Revista do Instituto Florestal**, n. 8, p. 89-98, 1996.
- GURGEL GARRIDO, L. M. do A.; GARRIDO, M. A. O.; PIRES, C. L. S.; PALOMO, M. Variação genética em progênies e procedências de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. para produção de resina e características de crescimento. **Revista do Instituto Florestal**, n. 11, p. 105-121, 1999.
- HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in 48 international trials. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p. 496-511, 2001.
- KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos**. 1977. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- KEMP, R. H. Status of the C.F.I. international provenance trial of *Pinus oocarpa* Schiede. In: BURLEY, J.; NIKLES, D. G. (Ed.). **Tropical provenance and progeny research and international cooperation**. Oxford. Commonwealth Forestry Institute, 1973. v. 1, p. 76-82.
- KRONKA, F. J. N.; BETOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160 p.
- LIMA, R. T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia/MG-Brasil, Região de Cerrado: 2 – *Pinus patula* ssp. *tecunumanii*. **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 1-9, 1991.
- MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 158 p.
- MISSIO, R. F.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T.; PAULA, R. C. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 161-166, 2004.
- PERRY JÚNIOR, J. P. **The pines of Mexico and Central America**. Portland, Timber Press, 1991. 231 p.
- ROSA, P. R. F. **Teste de procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em três regiões do Estado de São Paulo**. 1982. 84 f. Dissertação (Mestrado) - UNESP, Jaboticabal.
- SCHULTZ, R. P. **Loblolly pine: the ecology and culture of loblolly pine (*Pinus taeda* L.)**. Washington, DC: USDA, Forest Service, 1997. (USDA. For. Serv. Agricultural Handbook, 713).
- SEBBENN, A. M.; PIRES, C. L. S.; CUSTÓDIO FILHO, A.; ROSA, P. R. F. Variação genética em progênies de meios-irmãos de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et. Gol. na Região de Bebedouro, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 6, n. único, p. 63-73, 1994.
- SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, E.; ZANATTO, A. C. S. Variação genética em procedências e progênies de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2005.
- SILVA JUNIOR, F. G.; BARRICHELO, L. E. G.; SHIMOYAMA, V. R. S.; WIECHETECK, M. S. S. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus patula* var. *tecunumanii* visando a produção de celulose Kraft e pasta mecânica. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 26., 1993, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABTCP, 1993. p. 357-365.
- STYLES, B. T. Taxonomia, variação e exploração de *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa* no México e América Central. **Silvicultura**, São Paulo, ano 8, n. 29, p. 144-146, 1983. Edição dos Anais do Simpósio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido Crescimento, 1980, Águas de São Pedro. Fast growing trees.
- STYLES, B. T.; HUGHES, C. E. **Variabilidad de los *Pinus* centroamericanos: taxonomia y nomenclatura de los *Pinus* y otras gimnospermas**. Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Centro Nacional de Investigación Forestal Aplicada, 1988. 20 p.

WOESSNER, R. A. Programa de melhoramento genético de pinheiros em Jarí. **Silvicultura**, São Paulo, ano 8, n. 29, p. 153-155, 1983. Edição dos Anais do Simpósio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido Crescimento, 1980, Águas de São Pedro. Fast growing trees.

WRIGHT, J. W.; GIBSON, G. L.; BARNES, R. D. Variación en volumen y densidad de la madera de ocho procedencias de *Pinus oocarpa* y *P. patula* ssp. *tecunumanii* en Conocoto, Ecuador. **IPEF**, n. 41/42, p. 5-7, 1989.

ZHENG, Y.; ENNOS, R.; WANG, H. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barr. and Golf. **Forest Genetics**, n. 1, p. 167-174, 1994.

ZOBEL, B. Loblolly pine: in retrospect. In: SYMPOSIUM ON THE LOBLOLLY PINE ECOSYSTEM (EAST REGION), 1982, Raleigh. **Proceedings**. Raleigh: North Carolina State University, College of Forest Resources, [1983]. p. 1-6.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York, J. Wiley, 1984. 505 p.