



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

FRANCINE BEATRIZ DE SOUZA

**SELEÇÃO DE ESPÉCIES E PROCEDÊNCIAS DE *Pinus* sp PARA A
REGIÃO DE ASSIS, ESTADO DE SÃO PAULO.**

**Ilha Solteira
2015**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

FRANCINE BEATRIZ DE SOUZA

**SELEÇÃO DE ESPÉCIES E PROCEDÊNCIAS DE *Pinus* sp PARA A
REGIÃO DE ASSIS, ESTADO DE SÃO PAULO.**

Prof. Dr. Alexandre Magno Sebbenn
Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia do Campus de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Agronomia.
Especialidade: Sistema de Produção.

Ilha Solteira
2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729s Souza, Francine Beatriz de.
Seleção de espécies e procedências de Pinus sp para a região de Assis,
Estado de São Paulo. / Francine Beatriz de Souza. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015
45 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistema de Produção, 2015

Orientador: Alexandre Magno Sebbenn
Inclui bibliografia

1. Caracteres quantitativos. 2. Melhoramento genético. 3. Pinus oocarpa.
4. Pinus maximinoi. 5. Pinus tecunumanii. 6. Variabilidade genética.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

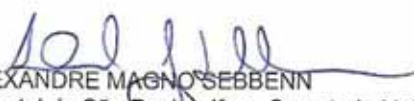
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Seleção de espécies e procedências de Pinus sp para a Região de Assis, Estado de São Paulo

AUTORA: FRANCINE BEATRIZ DE SOUZA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ALEXANDRE MAGNO SEBBENN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ALEXANDRE MAGNO SEBBENN
Instituto Florestal de São Paulo - Ifsp - Secret. do Meio Ambiente / Instituto de Botanica


Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Profa. Dra. DANIELA SÍLVIA DE OLIVEIRA CANUTO
Departamento de Agronomia / Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Data da realização: 13 de fevereiro de 2015.

DEDICO

Aos meus Pais Edson Wanderley de Souza e Vânia Aparecida Rodrigues Souza, e

Ao meu Irmão Fábio Henrique de Souza,
que sempre me fizeram acreditar na realização dos meus sonhos e trabalharam muito para que eu pudesse realizá-los, pelo amor, apoio, confiança e motivação incondicional. Que sempre me impulsiona em direção às vitórias dos meus desafios.

Agradecimentos

À DEUS, por sempre me conceder sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar, força para não desistir e proteção para me amparar.

À toda minha família Souza's e Rodrigue's, por serem parte responsável da pessoa que sou hoje, pelo Amor, carinho, compreensão e pela ajuda sempre.

Ao Prof. Dr. Alexandre Magno Sebbenn pela orientação, dedicação, amizade, incentivo e ensinamentos, fundamentais para a conclusão deste trabalho, uma pessoa ímpar, onde busco inspirações para me tornar melhor em tudo faço.

Ao Prof. Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes, pela ajuda, ensinamentos, orientações, incentivo e contribuições. Por me receber em seu laboratório de portas abertas e sempre estar à disposição, respondendo minhas dúvidas e me incentivando sempre, se tornando parte essencial deste trabalho.

Ao Otávio André Brogin Perez, pelo Amor, companheirismo, por todo seu apoio, incentivo, ajuda e compreensão na realização deste projeto de vida. Desde os melhores momentos até os piores sempre ao meu lado, obrigada por existir em minha vida.

À pesquisadora da EMBRAPA/Floresta Ananda Virginia de Aguiar pela amizade, ensinamentos, ajuda e conselhos.

Aos professores do curso de Pós Graduação que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.

À Selma Maria Bozzetti de Moraes, pelos ensinamentos de laboratório e amizade.

Aos colegas do Laboratório de Genética de Populações I e II, pela amizade e ajuda nos trabalhos realizados.

A todos meus amigos que me ajudaram e me incentivaram durante o curso de mestrado.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira e ao Instituto Florestal de Assis por tornar possível o desenvolvimento desse trabalho;

Aos técnicos e assistentes do Instituto Florestal de Assis, especialmente ao Osmar Vilas Boas na avaliação do experimento.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, em especial ao José Cambuim.

À FAPESP pelo apoio, incentivo e suporte financeiro, que foi de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente em mais esta etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

Em programas de melhoramento florestal a seleção de espécies e procedências dentro das melhores espécies são os dois mais importantes passos, pois são nestas fases que os maiores ganhos genético são capitalizados. Isso é feito utilizando-se teste de espécies e procedências, estabelecidos nos locais de interesse e avaliando-se caracteres de crescimento e sobrevivência. Este trabalho teve como por objetivo a seleção de espécies e procedências de *Pinus* para a região de Assis, estado de São Paulo. O teste de espécie e procedências foi instalado na Floresta Estadual de Assis, na região oeste do estado de São Paulo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três tratamentos representado as espécies (*Pinus oocarpa*, *P. maximinoi* e *P. tecunumanii*) e duas a três procedências, quatro repetições (blocos) e parcelas quadradas com 49 plantas (7 x 7), obedecendo o espaçamento de 3 x 2,5 m. Aos 21 anos após o plantio foram mensurados os caracteres diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (ALT), volume real individual (VOL) e a taxa de sobrevivência (SOB). Diferenças significativas entre as espécies foram detectadas apenas para o caractere SOB, indicando a possibilidade de seleção entre espécies. A divergência genética entre espécies variou entre os caracteres de zero a 0,4326, indicando que a maior parte da variabilidade genética para os caracteres se encontra distribuída dentro das espécies e que as diferenças genéticas entre as espécies para ALT, VOL e SOB são maiores do que as diferenças entre as procedências estudadas. Embora não há diferenças significativas, comparando a média dos caracteres entre as espécies, *P. oocarpa* apresentou os maiores valores para os caracteres ALT, VOL e SOB e *P. maximinoi* o maior crescimento em DAP. Foram observadas correlações fenotípicas significativas, positivas e altas entre os caracteres DAPxALT (0,403; $p < 0,05$), DAPxVOL (0,792; $p < 0,01$), ALTxVOL (0,874; $p < 0,01$), logo existe a possibilidade de se selecionar indivíduos das três espécies com base em observações fenotípica em um caractere e alterar indiretamente a média fenotípica de outros caracteres e obter progressos em programas de melhoramento genético. Em termos gerais, os resultados mostraram que existem variações genéticas entre as três espécies de *Pinus* para sobrevivência sendo que a espécie *P. oocarpa* é a mais indicada para o reflorestamento comercial nas condições ambientais de Assis.

Palavras-chave: Caracteres quantitativos. Melhoramento genético. *Pinus oocarpa*. *Pinus maximinoi*. *Pinus tecunumanii*. Variabilidade genética.

ABSTRACT

In forest breeding programs the selection of species and provenances of the best species are the two most important steps because in these steps the largest genetic gains are capitalized. This is done by using species and provenance test established in the sites of interest and evaluating growth and survival traits. This work aimed the selection of species and provenances of *Pinus* species for the region of Assis, state of São Paulo. The test was installed in Assis State Forest, in the western region of São Paulo. The experimental design was a randomized complete block design with three treatments represented species (*Pinus oocarpa*, *P. maximinoi* and *P. tecunumanii*) and two to three provenances, represented the provenances within species, four replications (blocks) and square plots with 49 plants (7 x 7), in a spacing of 3 x 2.5 m. After 21 years of planting, were measured the diameter at breast height (DBH), total height (ALT), individual real volume (VOL) and the survival rate (SOB) in the trial. Significant differences among species were detected only for SOB, indicating the possibility of selection among species. The genetic divergence between species varied between zero to 0.4326, which indicates that most of genetic variability for the traits is distributed within species and that the genetic differences between species for ALT, VOL and SOB are more salient than the difference between the provenances studied. Although no significant differences comparing the average of traits among species, *P. oocarpa* showed the highest values for ALT; VOL and SOB and *P. maximinoi* the highest growth in DBH. Significant positive correlations were observed between the DAPxALT (0,403; $p < 0,05$), DAPxVOL (0,792; $p < 0,01$), ALTxVOL (0,874; $p < 0,01$). Thus, there is the possibility to select individuals of three species based on phenotypic observations in a trait and indirectly change the average phenotypic of other traits and get genetic progress in breeding programs. In general, the results showed that genetic variation among the three *Pine* species for survival rate, the species *P. oocarpa* is the most suitable for commercial reforestation in the environmental conditions of Assis.

Keywords: Quantitative traits. Tree breeding. *Pinus oocarpa*. *Pinus maximinoi*. *Pinus tecunumani*. Genetic variation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Espécie, procedência, coordenadas geográficas, altitude, temperatura média anual e precipitação média anual de três espécies de <i>Pinus</i>	26
Tabela 2	Quadro da análise de variância com as fontes de variação (FV), os graus de liberdade (GL) e esperanças dos quadrados médios [E(QM)].	28
Tabela 3	Teste F da análise de variância para os quadrados médios (QM), coeficiente de variação experimental (CV_e), componentes de variância e divergência genética entre espécies ($\hat{Q}_{ST(esp)}$), entre procedências dentro de espécies ($\hat{Q}_{p(esp)}$) e dentro de procedências ($\hat{Q}_d$) de <i>Pinus</i> para caracteres quantitativos aos 21 anos de idade em Assis, estado de São Paulo.	32
Tabela 4	Média dos caracteres, teste de Tukey e incremento médio anual (IMA) para o DAP e a ALT em três espécies de <i>Pinus</i> aos 21 anos de idade em Assis, estado de São Paulo.	33
Tabela 5	Média dos caracteres e teste de Tukey para média de procedências das espécies de <i>Pinus</i> aos 21 anos de idade em Assis, estado de São Paulo.	34
Tabela 6	Médias de crescimento e incremento médio anual (IMA) de espécies de <i>Pinus</i> plantadas nos estado de São Paulo, para os caracteres DAP e ALT. ...	36
Tabela 7	Correlações de Spermann entre caracteres de crescimento e a sobrevivência das procedências das espécies de <i>Pinus</i> e características geográficas dos locais de origem das procedências.	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	HISTÓRICO: O GÊNERO <i>PINUS</i>	14
3.2	MELHORAMENTO GENÉTICO DO <i>PINUS</i>	15
3.3	ALGUMAS ESPÉCIES DE <i>PINUS</i> CULTIVADAS NO BRASIL	18
3.3.1	<i>Pinus oocarpa</i>	18
3.3.2	<i>Pinus maximinoi</i>	20
3.3.3	<i>Pinus tecunumanii</i>	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	LOCAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	24
4.2	ANÁLISE DE VARIÂNCIA E ESTIMATIVAS DOS COMPONENTES DE VARIÂNCIA	27
4.3	ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS	28
4.4	CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS ENTRE CARACTERE	29
4.5	CORRELAÇÕES ENTRE OS CARACTERES E AS CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS E CLIMÁTICAS DOS LOCAIS DE ORIGEM DAS PROCEDÊNCIAS	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	VARIABILIDADE GENÉTICA	30
5.2	DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ESPÉCIES E ENTRE PROCEDÊNCIAS DENTRO DE ESPÉCIES	31
5.3	CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES E PROCEDÊNCIAS DENTRO DE ESPÉCIES	32
5.4	CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS ENTRE OS CARACTERES	37
5.5	CORRELAÇÕES ENTRE OS CARACTERES E CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE ORIGEM DAS PROCEDÊNCIAS	37
6	CONCLUSÕES	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

As plantações de *Pinus* são estabelecidas com base em planos de manejo florestal sustentável. O gênero *Pinus* engloba mais de 100 espécies com grande potencial a ser explorado. Sendo importantes fontes de matérias prima para diversos segmentos industriais. Encontra-se nesse gênero algumas das espécies mais plantadas no mundo para a produção de madeira serrada, resina, papel e celulose (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

No Brasil, o gênero *Pinus* foi introduzido por imigrantes europeus em meados de 1936 com o objetivo de produzir madeira e ter finalidade decorativa, porém, devido às diferenças climáticas, não houve sucesso na adaptação das primeiras espécies introduzidas no país. Várias espécies foram plantadas posteriormente, onde as com melhor adaptação e importância econômica no país são as que vieram da América do Norte e Central (SILVA et al., 2012). A partir da década de 1960 se iniciou o plantio de *Pinus* em escala comercial e a partir da década de 1970, foram as principais fontes de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria florestal. Em 2012, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.664.812 ha, sendo 23,4% (1.562.782 ha) correspondentes aos plantios de *Pinus* (ABRAF, 2013).

As espécies de *Pinus* possuem características que facilitam sua adaptação e estabelecimento em ambientes com condições adversas e restritivas, como: alto potencial de dispersão, germinação e instalação, crescimento rápido, reprodução a partir dos cinco anos, grande quantidade de sementes e dispersão pelo vento (SILVA et al., 2012).

Os principais objetivos do melhoramento Florestal são: o aumento da produtividade, a obtenção de matéria-prima de maior qualidade, a melhoria nas condições adaptativas das espécies, a tolerância a pragas e doenças e ainda a manutenção da variabilidade genética, requisito fundamental para a obtenção de ganhos genéticos em longo prazo (FURLAN et al., 2007).

O melhoramento genético florestal do *Pinus*, tem-se voltado principalmente, para papel, celulose de fibra longa, madeira serrada e para extração de resina (RESENDE, 1999). Uma das vantagens do melhoramento genético do *Pinus* é o aumento das taxas de ganho genético para o caráter produção volumétrica, produção de árvores com troncos mais retos, menor número de bifurcações e menor número de galhos grossos, melhorando o aproveitamento industrial da madeira.

2 OBJETIVOS

Este estudo teve por objetivo a seleção de espécies e procedências de *Pinus* para a região de Assis, estado de São Paulo. Os objetivos específicos foram:

- 1) Determinar qual das três espécies de *Pinus* ou procedências apresenta maior adaptação e melhor desempenho para caracteres de crescimento nas condições ambientais de Assis-SP;
- 2) Determinar como está distribuída a variação genética para caracteres de crescimento, entre e dentro de espécie e procedências de *Pinus* da Guatemala;
- 3) Determinar se existem correlações fenotípicas entre caracteres de crescimento e sobrevivência de três espécies e procedências de *Pinus*; e se existem correlações fenotípicas entre caracteres de crescimento e sobrevivência e características geográficas e climáticas (latitude, longitude, altitude, temperatura e precipitação média anual) das espécies e procedências de *Pinus*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 HISTÓRICO: O GÊNERO *PINUS*

O gênero *Pinus* é o mais antigo da família *Pinaceae*, tendo surgido há aproximadamente 180 milhões de anos (MOURA; VALE; ISAIAS, 2004; SHIMIZU; SEBBENN, 2008). As plantações de *Pinus* estão estabelecidas dentro dos padrões de sustentabilidade. Esse gênero ocorre em quase todos os continentes e engloba mais de 100 espécies com grande potencial a ser explorado (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). *Pinus* são espécies monóicas e se reproduzem por um sistema misto de reprodução, com predomínio de cruzamentos (MATHESON; BELL; BARNES, 1989).

Os primeiros ensaios de introdução de espécies de *Pinus* no Brasil, para fins silviculturais, foram iniciados por volta de 1936, com espécies européias. No entanto, em decorrência da má adaptação ao clima do país, não houve sucesso. Somente em 1948, através do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas, para ensaios as espécies americanas que incluem *P. 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 (SILVA et al., 2012).

A partir da década de 1960 se iniciou o plantio de *Pinus* em escala comercial. Nas décadas de 1970 e 1980, as plantações deste gênero foram as principais fontes de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria florestal, abastecendo um mercado altamente diversificado. Atualmente, a madeira de *Pinus* representa 30% das plantações florestais destinadas à produção de papel e celulose, contribuindo com fibras longas, imprescindíveis à fabricação de papéis que exigem maior resistência ao rasgo e estouro, e melhor absorção de tinta. Assim, a cultura do *Pinus* estabeleceu-se como uma importante aliada dos ecossistemas florestais nativos, pois vem suprimindo uma parcela cada vez maior da necessidade atual de madeira e contribuindo, assim, para a diminuição do corte de florestas naturais (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

No Brasil são plantadas, com interesses comerciais, diversas espécies do gênero *Pinus*, devido ao seu rápido crescimento, boa forma e adaptação às condições climáticas e de solo do país. Dentre as espécies, as tropicais como *Pinus caribaea* Mor. e suas três variedades *caribaea*, *hondurensis* e *bahamensis* Bar. et Gol., *P. tecunumanii*, *P. maximinoi* e *P. oocarpa* têm sido plantadas com sucesso no Brasil (SEBBENN et al., 1994, 1995; SEBBENN; VILAS

BOAS; MAX, 2008a). Espécies de *Pinus* tropicais, como o *Pinus elliottii* var *elliottii* têm ampla utilidade, servindo para produção de resina, madeira e celulose, entre outros usos (SEBBENN et al., 2008). Dentre estas também se destaca o *P. tecumumanii* pela importância como produtora de madeira, papel e celulose na região sudeste e sul (SEBBENN et al., 1995).

Em 2012, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.664.812 ha, sendo 76,6% (5.102.030 ha) correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 23,4% (1.562.782 ha) aos plantios de *Pinus*. Porém, não é possível afirmar que ocorreu crescimento da área de plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil, pois o aumento de área apurado (148.968 ha), em torno de 2,2%, está dentro da margem de erro do levantamento. O indicador de 2012 corrobora a tendência de desaceleração do crescimento da área de plantios apresentada nos dois anos anteriores. No período de 2006 a 2012, o crescimento médio anual foi de 2,8% (ABRAF, 2013).

Tal diminuição ocorreu devido à rotação de áreas plantadas no país, uma vez que as espécies de *Eucalyptus* apresentam maior potencial produtivo e, atualmente tem-se no mercado maior opção de cultivares (clones) adaptada em diferentes condições edafoclimáticas e para diversas finalidades. Já as florestas de *Pinus* que ficaram restritas aos estados do Sul e Sudeste do Brasil. Porém, com o advento de novas tecnologias, processo de formação de híbridos e mudanças climáticas os povoamentos florestais desse gênero poderão ser ampliados. (MOREIRA, 2013)

3.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DO *PINUS*

Segundo Shimizu e Sebbenn (2008) para o sucesso dos empreendimentos florestais é essencial à destinação do material genético apropriado para cada ambiente. 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. Um programa básico de melhoramento pode ser dividido em três partes: i) a seleção de espécies (NAMKOONG, 1979); ii) a seleção de procedências dentro da espécie mais adaptada e; iii) a seleção de progênies dentro da ou das procedências mais adaptadas. Etapas posteriores podem envolver cruzamentos controlados e seleção genotípica individual, associada à clonagem dos genótipos superiores. Contudo, as duas primeiras fases são fundamentais para o sucesso na domesticação de espécies e populações. É na fase de seleção de espécies e procedências que os maiores ganhos são capitalizados. O erro na seleção de espécie pode representar um ardo

custo para uma empresa florestal devido a grande diferença no crescimento e adaptação das espécies aos diferentes ambientes, em especial quando se testam espécies de diferentes hemisférios e continentes.

Assim tornou-se necessário à obtenção de populações melhoradas que satisfaçam as exigências da produtividade florestal, o que depende da capacidade de identificar genótipos desejados na população sob seleção (SAMPAIO; RESENDE; ARAÚJO, 2000).

A principal estratégia de seleção usada no melhoramento de uma espécie é a recorrente. A seleção recorrente é uma técnica de melhoramento de populações que tem por objetivo a concentração de alelos favoráveis ao longo dos ciclos de melhoramento, mantendo a variabilidade genética da população. As principais estratégias de seleção recorrente são a intrapopulacional, quando se visa melhorar uma população e tem como unidade de seleção o indivíduo ou a progênie, e a recíproca conhecida também como seleção recorrente interpopulacional, quando visa melhorar duas populações, buscando a heterose entre elas (MOREIRA, 2013).

Para recombinação do material genético selecionado, bem como para dar continuidade à seleção recorrente, utilizam-se povoamentos conhecidos como áreas de coleta e produção de sementes ou pomares de sementes por mudas clonais. Testes de progênies convencionais são utilizados para a seleção dos indivíduos superiores. Já por via assexuada, uma ferramenta do melhoramento é realizada por meio do enraizamento de propágulos de árvores selecionadas, muitas vezes híbridas, para a implantação de testes clonais e áreas de multiplicação clonal, fundamentais para a silvicultura intensiva clonal (FERREIRA, 1992).

No Brasil, o melhoramento genético do *Pinus* foi implementado por empresas florestais, principalmente indústrias de celulose e papel, instituições públicas federais e estaduais, como a Embrapa, IBAMA, IFSP e as universidades UNESP, ESALQ/USP, UFPR, UFV e UFLA (AGUIAR et al., 2011). Os principais objetivos do melhoramento de espécies florestais são: o aumento da produtividade, a obtenção de matéria-prima de maior qualidade, a melhoria nas condições adaptativas das espécies, a tolerância a pragas e doenças e ainda a manutenção da variabilidade genética, requisito fundamental para a obtenção de ganhos genéticos em longo prazo (FURLAN et al., 2007).

O melhoramento genético florestal do gênero *Pinus*, tem-se voltado principalmente para papel, celulose de fibra longa, madeira serrada e para extração de resina (RESENDE 1999). Uma das vantagens do melhoramento genético do *Pinus* é o aumento das taxas de ganho genético para o caráter produção volumétrica, produção de árvores com troncos mais

retos, menor número de bifurcações e menor número de galhos grossos, melhorando o aproveitamento industrial da madeira.

Para Aguiar (2011), o sucesso do programa de melhoramento de *Pinus* depende de alguns ajustes, tendo em vista algumas características peculiares das espécies envolvidas, tais como: longo período para atingir a maturidade sexual; período de até dois anos demandado desde a polinização até a maturação das sementes; dificuldade de propagação vegetativa devido à maturidade fisiológica (dificuldade de enraizamento); forte efeito da depressão por endogamia; e estado praticamente selvagem do material genético, caracterizado pela alta variabilidade individual nos povoamentos.

No programa de melhoramento do gênero *Pinus*, a produção de sementes híbridas ocorre nos pomares clonais e bancos de genes formados a partir de espécies economicamente importantes, para condições edafoclimáticas específicas, sendo, de fundamental importância e inerente ao trabalho de produção de híbridos a aplicação de pólen de boa qualidade, com elevada capacidade de germinação (KALIL FILHO et al., 2000).

Uma das formas mais utilizadas para se identificar genótipos com características que satisfaçam as exigências da produtividade é por meio de testes de progênies, que são plantios estabelecidos em delineamento experimental a partir de sementes (progênies) procedentes de árvores matrizes distintas de uma determinada região. Uma das finalidades dos testes progênies é avaliar o desempenho dos pais de seus descendentes e com base nos valores genéticos selecionar os indivíduos geneticamente superiores. Como todas as progênies estão crescendo sob a mesma condição ambiental, é possível identificar e selecionar os genótipos superiores, fornecendo informações sobre as diferenças entre indivíduos para cada local, além de permitir conhecer a variabilidade genética da espécie, essa variabilidade é a matéria prima para realizar o melhoramento da espécie, sendo fundamental conhecer sua distribuição entre e dentro das progênies e o grau de controle genético dos caracteres de interesse (PIRES et al., 2013).

Quando não se leva em conta este aspecto, corre-se o risco de desperdiçar altos investimentos no desenvolvimento ou na aquisição de materiais genéticos melhorados para plantá-los em locais em que não haverá o retorno esperado. Tanto a geração de genótipos superiores quanto à 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 (SHIMIZU, 2008).

3.3 ALGUMAS ESPÉCIES DE *PINUS* CULTIVADAS NO BRASIL

3.3.1 *Pinus oocarpa*

Pinus oocarpa Schiede tem uma ampla distribuição geográfica na sua área de ocorrência natural. A espécie é encontrada, segundo Kemp (1973), no México, Belize, Guatemala, Honduras e Nicarágua. Em várias condições climáticas, de temperado-seco a subtropical-úmido, com precipitação pluviométrica anual variando de 500 a 2.500 mm e altitude de 200 a 2.500 m (PERRY, 1991), a espécie apresenta melhor crescimento em solos bem drenados de encostas sob condições de clima temperado quente a subtropical, em altitude de 1.500 m e precipitação pluviométrica anual de 1.500 a 2.000 mm (AGUIAR; SOUZA; SHIMIZU, 2013). Portanto, o plantio da espécie em locais de baixa altitude não é favorável para o seu desenvolvimento (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). As árvores desta espécie alcançam entre 20 a 30 m de altura, e em algumas situações até 35 m, e diâmetro altura do peito (DAP) entre 40 a 70 cm. A forma do tronco varia bastante, os galhos são finos e relativamente ralos e a casca possui fendas e frequentemente é escamosa na parte superior. (LAMPRECHT, 1990). A espécie apresenta potencialidade de crescimento em áreas de baixa fertilidade, solos ácidos a neutro, rasos e de drenagem livre, representando com isso, uma das mais importantes espécies de coníferas para diversas regiões tropicais e subtropicais. (KAGEYAMA et al., 1977).

O *P. oocarpa* pertence à Secção Serotina e são divididos em três grupos principais: grupo *oocarpa*, grupo *patula* e grupos peninsulares. O grupo *oocarpa* compreende as espécies que apresentam cones simétricos, ovóides ou parcialmente ovóides e coloração ocre ou vermelho-marron. Esse grupo compreende o *P. oocarpa* e suas variedades: *microphylla*, *manzanoi*, *trifoliata* e *ochoterenai*. Dentro do grupo *oocarpa*, vem tomando importância no cenário florestal mundial somente o *P. oocarpa*. A utilização da madeira da espécie para indústria de celulose e papel tem sugerido uma boa qualidade para esse fim e uma equivalência em qualidade com as mais importantes espécies de *Pinus* do Sul dos EUA (KAGEYAMA et al., 1977). Sua madeira é utilizada também na construção civil e para lenha. Além disso, apresenta um conteúdo elevado de celulose (59,1% de α -celulose, 21,2% de hemiceluloses A e B) (MORAIS; NASCIMENTO; MELO, 2005).

Pinus oocarpa, também, apresenta potencial resinífero, produzindo resina em quantidade viável para extração comercial, tanto que no México, Honduras e Guatemala é a principal espécie produtora de resina. Esta espécie produz muitas sementes, o que facilita a

expansão dos seus plantios. Em locais de baixa altitude ou na planície costeira, esta espécie apresenta crescimento lento, com má forma de fuste, além de se tornar suscetível a várias doenças (SHIMIZU, 2008).

Os primeiros plantios foram efetuados em 1911, na África do Sul e em outros países, nesta época a espécie era considerada exótica. Inicialmente, não houve muito interesse pela espécie para reflorestamento, pois produziam baixos incrementos e má forma de fuste. No entanto, novas coleções procedentes da América Central, estabelecidas nos anos 60, resultaram em altos incrementos e excelente forma de fuste, demonstrando o alto potencial da espécie, quando são utilizadas sementes de procedências apropriadas (SHIMIZU; SEBBENN; AGUIAR, 2008).

No Brasil, as plantações comerciais de *P. oocarpa* foram introduzidas no início de 1960. Na década 70, o governo brasileiro incentivou os programas de reflorestamentos, e com isso largas áreas foram utilizadas. A maioria dos reflorestamentos se localizou no Cerrado por causa do preço da terra naquela época. Porém, reflorestamentos situados em Angatuba, SP, e outras regiões alcançaram rendimentos surpreendentes. Atualmente, a espécie tem apresentado boa adaptação, principalmente nos Estados de São Paulo, Pará e Rio Grande do Sul (MOURA; DVORAK; HODGE, 1998; MORAIS; NASCIMENTO; MELO, 2005; SHIMIZU; SEBBENN; AGUIAR, 2008).

Pinus oocarpa vem tomando cada vez mais importância para os países tropicais, com sua inclusão em inúmeros programas de melhoramento em todo o mundo. Segundo Kemp (1973), um total de 30 países vem participando do Teste de Procedência Internacional que vem sendo conduzido com a espécie. Martin (1973), em descrição dos trabalhos de melhoramento genético que vem sendo conduzido no Congo-Brazaville, relatou a alta produção que vem sendo obtida com o *P. caribaea* e o *P. oocarpa*, merecendo atenção especial no programa que vem sendo conduzido naquele país. A importância da espécie na África do Sul é enfatizada por Moterson (1973), relatando que o *P. oocarpa* poderia ocupar real destaque em áreas ecológicas intermediárias às que vem sendo utilizadas para *P. caribaea* Morelet e *P. patula* Schiede et Deppe. Kageyama et al. (1977) complementam a introdução desta espécie em território brasileiro, relatando que as maiores plantações com a espécie situam-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, no entanto, as sementes utilizadas para implantação dessas florestas foram, no geral, de origem não definida. Segundo estes autores, as variações observadas entre plantações da espécie, tanto para os caracteres de crescimento como para forma do fuste das árvores, justificam a necessidade de estudos de procedência e consequentemente de melhoramento genético (KAGEYAMA et al., 1977).

3.3.2 *Pinus maximinoi*

Pinus maximinoi é a segunda espécie mais comum na América Central. Ela é uma espécie pioneira, que coloniza áreas abertas nas florestas. Trata-se de uma espécie tropical e sua área de ocorrência natural estende-se desde o México, passando pela Guatemala, Honduras, El Salvador, até o noroeste da Nicarágua (DVORAK et al., 2000a). Ocorre em altitudes que variam entre 700 a 2.400 m e precipitação anual entre 900 e 2.200 mm, com uma estação seca bem definida, no entanto, apresenta maior preferência por áreas cuja precipitação é superior a 1.200 mm. Nas áreas montanhosas, os povoamentos recebem umidade adicional dos constantes nevoeiros (DVORAK et al., 2000a). De acordo com Aguiar et al. (2011), *P. maximinoi* apresenta rápido crescimento, podendo chegar a 20 ou 40 m de altura e 1m de diâmetro a altura do peito (DAP). Sua madeira é leve, macia e de coloração clara, sendo muito resistente (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Foi introduzida em diversos países a fim de avaliar o seu potencial e conservar o recurso genético. No que diz respeito à qualidade da madeira, Malan (2006), relata que a espécie demonstra grande potencial e Kietzka (1988), corrobora afirmando que é bastante promissora devido a sua forma, servindo como matéria prima complementar a indústria madeireira. Sabe-se que a espécie é adequada para uso em construções, celulose de fibra longa e painéis de fibras (WRIGHT; WESSELS, 1992), polpação termomecânica (DVORAK et al., 2000a), celulose e papel (KLOCK, 2000), painéis aglomerados (IWAKIRI et al., 2001), painéis de partículas orientadas – OSB (MENDES, 2001), painéis compensados (IWAKIRI et al., 2009) e painéis de colagem lateral – EGP (PRATA, 2010).

Pinus maximinoi foi introduzido em vários países em escala experimental, e vem se destacando por seu alto potencial de crescimento, sendo uma das espécies testada pela Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative CAMCORE. No Brasil, apresenta boa adaptação em regiões de clima subtropical e tropical. Em regiões de clima temperado, uma das limitações para o seu plantio é a baixa resistência às geadas (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Conforme Trianoski (2009), geadas leves em ambientes fora do habitat natural de *P. maximinoi* podem ocasionar secura dos seus ramos apicais e terminais, causando deformação nos galhos e troncos. Geadas severas podem levar à morte da árvore, principalmente nos primeiros anos de plantio.

A disponibilidade de sementes comerciais da espécie é praticamente inexistente, o que implica na necessidade do desenvolvimento de um programa de melhoramento, visando à produção de sementes geneticamente melhoradas para crescimento, tendo em vista que a qualidade da madeira, bem como a taxa de crescimento e as práticas de manejo requeridas

pela espécie indicam o seu potencial de utilização para o estabelecimento de plantios florestais (SHIMIZU; SEBBENN; AGUIAR, 2008).

Na origem, *P. maximinoi* é uma espécie que apresenta árvores com troncos retos, as árvores adultas têm em sua maioria galhos horizontais que formam uma copa bastante densa e arredondada. Apresentam acículas, com comprimentos de 15 a 28 cm, pendentes, com as margens ligeiramente serrilhadas, geralmente em grupos de cinco. Os cones são longos e ovalados, assimétricos, em grupos de três a quatro, fixos em pedúnculos de 10 a 15 mm. (SHIMIZU, 2005).

A espécie é produtora de madeira de coloração clara, de alta resistência, porém, há grande variação na forma e vigor, por estar sendo plantada apenas em caráter experimental, com material genético selvagem. Alguns plantios pilotos, *P. maximinoi* têm apresentado tortuosidade excessiva e ramos grossos em grande quantidade. Em locais de baixa altitude, ele tende a apresentar alta incidência de rabo de raposa (*fox-tail*). Esta espécie tem demonstrado alto incremento volumétrico e boa forma de fuste na região do cerrado, no sul do estado de São Paulo, em solo arenoso. Na região Sul, a cultura desta espécie é limitada devido à ocorrência de geadas severas (AGUIAR; SOUZA; SHIMIZU, 2013).

As pesquisas sobre esta espécie são constantes, alguns experimentos foram instalados no Brasil. Em Poços de Caldas, Minas Gerais, o *P. maximinoi* revelou ser uma das espécies de *Pinus* mexicano que mais se destacou em altura e sobrevivência aos cinco anos de idade (7,5m e 72,4% respectivamente). Já em Campos do Jordão, São Paulo, experimentos com sementes procedentes de Honduras, Guatemala e Nicarágua não apresentaram diferenças significativas aos oito anos (TRIANOSKI, 2009).

O Instituto Florestal implantou o teste de procedência e progênies de H. E. Moore em cooperação com a CAMCORE, com os objetivos de avaliar a adaptação de procedências mexicanas e analisar a avaliação genética passível de ser explorada para melhoramento. O experimento foi instalado na Estação Experimental de Angatuba – SP, coordenadas 23°29' S, 48°25' W, o experimento com *P. maximinoi* para avaliar procedências mexicanas e a variação genética passível de ser explorada para melhoramento. Os caracteres analisados aos 10 anos e 7 meses através de análises de variância genética, as correlações entre caracteres, herdabilidades e a resposta esperada à seleção, concluíram que a espécie apresentou boa adaptação ao local de experimentação, sem diferenças entre as procedências; a seleção deve ser feita entre progênies, indistintamente da procedência e dentro de progênies, proporcionando maiores ganhos genéticos e a seleção para a altura ocasionará melhoramento também em diâmetro e fuste (ETTORI; SATO; SHIMIZU, 2004).

3.3.3 *Pinus tecunumanii*

Pinus patula Schiede & Deppe ssp *tecunumanii* (Equilez & Perry) Styles é uma interessante conífera da América Central e América do Norte para reflorestamentos, nas regiões tropicais brasileiras, por seu rápido crescimento, boa forma do fuste e baixa ocorrência de rabo-de-raposa. A árvore pode atingir 50 m de altura e 120 cm de DAP. O tronco é reto e geralmente livre de galhos até 20 a 30 m de altura. A madeira é de excelente qualidade (STYLES; HUGHES, 1988), e apresenta boas características para a produção de pasta mecânica e celulose Kraft (SILVA JUNIOR et al., 1993). *Pinus tecunumanii* ocorre naturalmente na América Central sob a forma de populações disjuntas, desde o México até a Nicarágua, estando divididas em dois grandes grupos, de acordo com a altitude: alta (acima de 1.500 m) ou baixa (abaixo de 1.500 m) (DVORAK et al., 2000b). Esta espécie é encontrada em populações cuja altitude varia de 400 a 2.800 m (DVORAK; LAMBETH; LI, 1993).

Pinus tecunumanii possui elevado potencial de crescimento podendo tornar-se uma das mais importantes coníferas para plantios de florestas tropicais comerciais. 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 de pelo menos 1.000 mm anuais. Estudos realizados com diversas procedências originais, no Cerrado da Região Central do Brasil, demonstraram o maior crescimento nos materiais genéticos oriundos da parte mais meridional da sua área de distribuição natural, de altitudes em torno de 1.000 m (MOURA; VALE; ISAIAS, 2004).

A altitude exerce grande influência no desenvolvimento dos povoamentos de *P. tecunumanii*. Em solos profundos e férteis da Floresta Montana da Guatemala e de Honduras, árvores de povoamentos de alta elevação podem atingir 55m de altura e mais de 100 cm no DAP. Já árvores de populações de baixa altitude raramente apresentam altura superior a 30 e 60 cm de DAP (SHIMIZU, 2005).

Para Moura e Vale (2002) os plantios estabelecidos quase que exclusivamente no cerrado brasileiro, também têm demonstrado a influência da altitude, porém populações de baixa altitude normalmente têm apresentado maior crescimento volumétrico e também maior massa específica, sendo que os usos destas populações são mais recomendadas para serem incluídas nos processos de melhoramento genético. Os autores ressaltam que em função do grande potencial de produção e da capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes, esta espécie se apresenta como espécie alternativa para atividades de reflorestamento.

Um aspecto importante do *P. tecunumanii* é que ele pode ser enxertado sobre portas-enxerto 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 portas-enxerto. Esta espécie pode ser cruzada, artificialmente, com várias espécies 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 maior do que em ambas as espécies parentais. Isto é muito importante na implementação de programas de silvicultura intensiva baseada em propagação vegetativa massal de híbridos (SHIMIZU; SEBBENN; AGUIAR, 2008).

Em relação à produtividade, Moura e Vale (2002) relatam que entre as espécies de *Pinus*, o *P. tecunumanii* é um das que apresenta maior potencial, de acordo com as observações resultantes de uma série de ensaios internacionais. No Brasil, *P. tecunumanii* é uma das espécies tropicais mais valorizadas pela alta produtividade e qualidade de sua madeira. A baixa produção de sementes dessa espécie constitui um problema para a expansão de plantios comerciais, o que poderia ser solucionado, gradativamente, mediante seleção de matrizes mais prolíficas e também de pesquisas de campo para localizar ambientes mais favoráveis à sua reprodução (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Para estimular a expansão dos plantios comerciais são necessárias estratégias que propiciem aumento na produtividade, melhoramento das condições de adaptação da espécie, manutenção da variabilidade genética e melhoria na qualidade da matéria-prima (MORI, 1993).

Considerando as práticas de melhoramento florestal, especialistas da área ressaltam que em função do grande potencial de produção e da capacidade de adaptação a diversos ambientes, esta espécie se apresenta como alternativa para atividades de reflorestamento (CORNACCHIA et al., 1998). Sendo recomendada sua inclusão nos processos de melhoramento genético (MOURA; DVORAK, 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O teste de espécies e procedências de *Pinus* foi instalado em novembro de 1991 na Floresta Estadual de Assis, com coordenadas de 22°35' de latitude Sul e 50°22' de longitude Oeste, e altitude média de 562 m. Segundo a classificação de Köppen, o local se encontra em uma zona de transição climática entre os tipos Cwa (clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente) e Cfa (clima temperado úmido com Verão quente). A precipitação média anual é de 1.400 mm e a temperatura média anual é de 21,8° C. O solo do local foi caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico álico típico A moderado e textura média (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006).

O teste de espécies e procedências foi instalado utilizando-se sementes de polinização aberta, provenientes de duas procedências de *P. tecunumanii*, três procedências de *P. oocarpa* e de duas procedências de *P. maximinoi* (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso, totalizando sete tratamentos (três espécies e duas a três procedências por espécie), com quatro repetições (blocos), parcelas quadradas de 49 plantas (7x7), obedecendo o espaçamento de 3x2,5 m. Uma bordadura de duas linhas foi adicionada para reduzir o efeito ambiental nas parcelas externas do experimento. Em julho de 2012 foram mensurados os caracteres o diâmetro a altura do peito (DAP, em cm), altura total (ALT, em m), volume real individual (VOL, em cm³/indivíduo) e a taxa de sobrevivência (SOB, em %). O VOL foi estimado pela equação:

$$VOL = \left(\frac{\pi DAP^2}{4} \right) ALT \times F$$

em que, F = 0,5 e representa o fator de forma utilizado.

Figura 1- Mapa com a distribuição de *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoi* e *Pinus tecunumanii*, em seus locais de ocorrência natural.



Fonte: Dreamstime (2015).

Tabela 1- Espécie, procedência, coordenadas geográficas, altitude, temperatura média anual e precipitação média anual de três espécies de *Pinus*.

Espécie	Procedência	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Temperatura média anual (°C)	Precipitação média anual (mm)
<i>P. oocarpa</i>	San Juan Ermita, Chiquimula	14° 33' 32	89° 20' 31	1.160	21	1.742
<i>P. oocarpa</i>	San Luis Jilotepeque	14° 29' 07	89° 53' 10	850-970	22,3	1.127
<i>P. oocarpa</i>	San Pedro Pinula	14° 39' 44	89° 50' 47	1.015	19	1.900
<i>P. maximinoi</i>	San Raymundo	14° 43' 00	90° 39' 00	1.585	19	1.333
<i>P. maximinoi</i>	Bosque Santa Rosita	14° 33' 48	90° 23' 54	1.692	20	1.437
<i>P. tecunumanii</i>	Bosque San Geronimo, Salama, B.V.	15° 03' 10	90° 14' 10	1.640	21,5	1.016,9
<i>P. tecunumanii</i>	San Vicente, Salama, B.V.	15° 07' 20	90° 05' 55	1.610	19,5	2.280
Local do experimento	Assis	22° 35' S	50° 22' W	562	21,8	1.400

4.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA E ESTIMATIVAS DOS COMPONENTES DE VARIÂNCIA

As análises de variância foram realizadas utilizando-se o programa SAS (SAS, 1999). O teste F para os efeitos de blocos, espécies e procedências dentro de espécies foi calculado utilizando-se o procedimento GLM. As análises da variância para a estimativa dos componentes de variância foram conduzidas utilizando-se do método de REML (Restricted Maximun Likelihood) em combinação com o comando VARCOMP, devido ao desbalanceamento experimental, em termos do número desigual de procedências testadas por espécie e do número de árvores sobreviventes por parcelas. Os valores perdidos foram estimados, e os componentes de variância foram ajustados para estes. Para análise de variância e estimativa de componentes de variância, adotou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = m + b_i + t_j + f_{jk} + (tb)_{ij} + (fb)_{ijk} + e_{ijkl}$$

em que, Y_{ijkl} é o valor fenotípico do l -ésimo indivíduo da k -ésima procedência da j -ésima espécie na i -ésima repetição (bloco); m é o termo fixo da média geral; b_i é o efeito fixo da i -ésima repetição; t_j é o efeito fixo da j -ésima espécie; f_{jk} é o efeito fixo da k -ésima procedência da j -ésima espécie; $(tb)_{ji}$ é o efeito da interação entre a j -ésima espécie e a i -ésima repetição; $(fb)_{ijk}$ é o efeito da interação entre a k -ésima procedência da j -ésima espécie na i -ésima repetição; e_{ijkl} é o efeito da l -ésima árvore dentro da k -ésima procedência da j -ésima espécie na i -ésima repetição. Este último termo inclui os efeitos do erro dentro; $i = 1....b$ (b é o número de repetições, no caso blocos); $j = 1....t$ (t é o número de espécies, no caso 3); $k = 1....f$ (f é o número de procedências dentro de espécies); $l = 1....n$ (n é o número de árvores por procedência). Da análise de variância foram decompostos os componentes: $\hat{\phi}_e^2$ = componente quadrático entre espécies; $\hat{\phi}_{p(e)}^2$ = componente quadrático entre procedências dentro de espécies; $\hat{\sigma}_e^2$ = variância da interação entre blocos e procedências dentro de espécies (variância ambiental).

Tabela 2- Quadro da análise de variância com as fontes de variação (FV), os graus de liberdade (GL) e esperanças dos quadrados médios [E(QM)].

FV	GL	E(QM)
Blocos	I-1	$\sigma_e^2 + IJ \sigma_b^2$
Espécie	J-1	$\sigma_e^2 + I \phi_{p(e)}^2 + Ik \phi_e^2$
Procedência/Espécie	$\sum(K_i - 1)$	$\sigma_e^2 + I \phi_{p(e)}^2$
Erro	$\sum(K_i - 1)(I-1)$	σ_e^2
Total	$JK_i - 1$	

Em que I= número de blocos; J = número de espécies; K = número de procedências por espécie; ϕ_e^2 = componente quadrático entre espécies; $\phi_{p(e)}^2$ = componente quadrático entre procedências dentro de espécies; σ_e^2 = variância da interação entre blocos e procedências dentro de espécies (variância ambiental).

4.3 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS

A partir dos componentes de variância foram estimadas a divergência genética entre espécies ($\hat{Q}_{ST(esp)}$) e a divergência genética entre procedências dentro de espécies ($\hat{Q}_{p(esp)}$) e ($\hat{Q}_d$) diversidade fenotípica entre indivíduos dentro de procedências e dentro de espécies.

$$\hat{Q}_{ST(esp)} = \frac{\hat{\phi}_e^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\phi}_{p(e)}^2 + \hat{\phi}_e^2} \text{ e}$$

$$\hat{Q}_{p(esp)} = \frac{\hat{\phi}_{p(e)}^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\phi}_{p(e)}^2 + \hat{\phi}_e^2}, \text{ e}$$

$$\hat{Q}_d = 1 - \hat{Q}_{p(esp)} - \hat{Q}_{ST(esp)}.$$

4.4 CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS ENTRE CARACTERES

As correlações fenotípicas entre os caracteres foram calculadas de dados individuais pela seguinte equação:

$$\hat{r}_F = \frac{\hat{\sigma}_{xy}}{\sqrt{\hat{\sigma}_x^2 \hat{\sigma}_y^2}}$$

em que, $\hat{r}_F$ é o coeficiente de correlação fenotípico; $\hat{\sigma}_{xy}$ é o produto cruzado fenotípicos entre os caracteres x e y; $\hat{\sigma}_x^2$ e $\hat{\sigma}_y^2$ são as variâncias fenotípicas dos caracteres x e y, respectivamente.

4.5 CORRELAÇÕES ENTRE OS CARACTERES E AS CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS E CLIMÁTICAS DOS LOCAIS DE ORIGEM DAS PROCEDÊNCIAS

A associação entre caracteres e características dos locais de origem das procedências foi estimada pelo coeficiente de correlação linear de Sperman ($\hat{r}$), calculado usando o PROC REG do programa SAS (1999).

$$\hat{r} = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{(n^3 - n)},$$

em que d_i é a diferença entre cada posto de valor correspondentes das variáveis x e y e n é o número de pares de valores..

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VARIABILIDADE GENÉTICA

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre blocos pelo teste F da análise de variância para o caractere ALT, indicando que a instalação do teste no delineamento experimental foi eficiente para controlar o ambiente (Tabela 2). Foram detectadas diferenças significativas entre as espécies pelo teste F ($P < 0,05$) apenas para SOB, logo existe a possibilidade de seleção entre espécies. Não foram detectadas diferenças significativas entre as procedências para os caracteres de crescimento e adaptação.

Os caracteres DAP e SOB apresentaram coeficiente de variação experimental (CV_e) menores que 10% e a ALT e o VOL apresentaram valores menores que 20%. Assim, o CV_e estimado para os caracteres DAP e SOB foram baixos e para ALT e VOL foram médios (GARCIA, 1989). Baixos e médios valores de CV_e indicam precisão na estimativa de componentes de variância, logo os componentes estimados para todos os caracteres foram confiáveis e apresentaram suficiente precisão experimental. O caractere VOL foi estimado do DAP e ALT, logo acumula os erros de mensuração de ambas as variáveis e maior valor de CV_e é esperado neste caso (TAMBARUSSI et al., 2010). De fato, vários estudos com espécies arbóreas, incluindo *Pinus* têm revelado valores de CV_e variando de médios a altos (SEBBENN et al., 1994, 1995, 2004; FREITAS et al., 2005; BATISTA et al., 2012), indicando que isso é um padrão em testes de campo com espécies arbóreas. Em suma, a menor precisão observada para o VOL era esperada.

5.2 DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ESPÉCIES E ENTRE PROCEDÊNCIAS DENTRO DE ESPÉCIES

A divergência genética entre espécies ($Q_{ST(esp)}$) variou entre os caracteres de zero (DAP) a 0,4326 (SOB), isso indica que a maior parte da variabilidade genética para os caracteres foi distribuída dentro das espécies para sobrevivência (Tabela 2).

A divergência entre procedências dentro de espécies ($Q_{p(esp)}$) variou de 0,0196 a 0,3708 e foi menor que $Q_{ST(esp)}$ para ALT, VOL e SOB e maior para o DAP. Este resultado indica que as diferenças genéticas entre as espécies para ALT, VOL e SOB, são maiores que a diferença entre as procedências estudadas. Contudo, a diversidade fenotípica entre indivíduos dentro de procedências e dentro espécies (Q_d) foi maior que $Q_{ST(esp)}$ e $Q_{p(esp)}$ para o DAP, ALT e VOL, indicando a possibilidade de se explorar esta variabilidade pela seleção massal dentro das procedências de diferentes espécies. O padrão observado de distribuição da variabilidade genética nesse estudo, com maior variação entre indivíduos dentro de procedências para os caracteres de crescimento DAP, ALT e VOL esta de acordo com os estudos realizados com *Araucaria angustifolia* (SEBBENN; AOKI; MORAES, 2003; SEBBENN et al., 2003, 2004), *Araucaria cunninghamii* (SEBBENN et al., 2005), *Cordia alliodora* (SEBBENN et al., 2007), *P. oocarpa* (ETORRI et al., 2002) e *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* (SEBBENN et al., 2005).

Tabela 3- Teste F da análise de variância para os quadrados médios (QM), coeficiente de variação experimental (CV_e), componentes de variância e divergência genética entre espécies ($\hat{Q}_{ST(esp)}$), entre procedências dentro de espécies ($\hat{Q}_{p(esp)}$) e dentro de procedências ($\hat{Q}_d$) de *Pinus* para caracteres quantitativos aos 21 anos de idade em Assis, estado de São Paulo.

Fonte de variação	GL	DAP	ALT	VOL	SOB
Bloco: QM	3	7,1052	41,3785**	1,2280	0,0033
Espécie: QM	2	0,6513	10,6129	0,5501	0,0812**
Procedência: QM	4	8,0304	2,2850	0,4065	0,0043
CV_e (%)		8,6	10,6	16,2	5,8
$\hat{\phi}_e^2$		0	0,7093	0,0159	0,0077
$\hat{\phi}_{p(e)}^2$		0,1329	0,2930	0,0087	0,0066
$\hat{\sigma}_e^2$		5,0391	4,2757	0,4196	0,0035
$\hat{Q}_{ST(esp)}$		0,0000	0,1344	0,0358	0,4326
$\hat{Q}_{p(esp)}$		0,0257	0,0555	0,0196	0,3708
$\hat{Q}_d$		0,9743	0,8101	0,9446	—

GL - graus de liberdade; DAP - diâmetro a altura do peito; ALT - altura de plantas; VOL - volume individual; SOB - sobrevivência; $\hat{\phi}_e^2$ e; $\hat{\phi}_{p(e)}^2$ - componentes quadráticos entre espécies e entre procedências dentro de espécies, respectivamente; $\hat{\sigma}_e^2$ - variância ambiental.

5.3 CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES E PROCEDÊNCIAS DENTRO DE ESPÉCIES

O teste de Tukey detectou diferenças significativas a 5% de probabilidade entre as espécies apenas para o caractere SOB (Tabela 3), indicando que a média da SOB, foi significativamente maior no *P. oocarpa* que no *P. maximinoi* e *P. tecunumanii*. Logo, o *P. oocarpa* foi à espécie mais indicada para o reflorestamento em Assis, local de experimentação, visto a menor mortalidade.

Tabela 4- Média dos caracteres, teste de Tukey e incremento médio anual (IMA) para o DAP e a ALT em três espécies de *Pinus* aos 21 anos de idade em Assis, estado de São Paulo.

Espécie	DAP (cm)	ALT (m)	IMA-DAP (cm)	IMA-ALT (m)	VOL (m ³ /indivíduo)	SOB (%)
<i>P. oocarpa</i>	26,13 ^a	20,32 ^a	1,63	1,27	0,4175 ^a	73,5 ^a
<i>P. maximinoi</i>	26,22 ^a	19,43 ^a	1,64	1,21	0,3990 ^a	47,0 ^b
<i>P. tecunumanii</i>	25,70 ^a	18,22 ^a	1,61	1,14	0,3699 ^a	38,2 ^b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. DAP - diâmetro a altura do peito; ALT - altura de plantas; VOL - volume individual; SOB - sobrevivência.

Comparando a média dos caracteres entre as procedências das diferentes espécies (Tabela 4), pelo teste de Tukey não foram detectadas diferenças significativas a 5% de probabilidade para o DAP e ALT entre as procedências da mesma e de diferentes espécies. Para o VOL e SOB, também não foram encontradas diferenças significativas entre as procedências da mesma espécie, apenas entre procedências de diferentes espécies. As três procedências de *P. oocarpa* apresentaram VOL significativamente maior que as duas procedências de *P. tecunumanii*. As procedências San Luis Jilotepeque e San Juan Ermita, Chiquimula de *P. oocarpa* apresentaram VOL significativamente maior que a procedência Bosque Santa Rosita de *P. maximinoi*.

As procedências San Juan Ermita e Chiquimula de *P. oocarpa* apresentaram SOB significativamente maior que as procedências de *P. maximinoi* e *P. tecunumanii*. A procedência San Pedro Pinula de *P. oocarpa* apresentou SOB significativamente maior que as procedências de *P. tecunumanii*. A procedência San Luis Jilotepeque de *P. oocarpa* apresentou SOB significativamente maior que as procedências San Raymundo de *P. maximinoi* e das duas de *P. tecunumanii*. Isso mostra que existe a possibilidade de selecionar procedências de *P. oocarpa* e aumentar a produtividade de plantios na região de Assis.

Tabela 5- Média dos caracteres e teste de Tukey para média de procedências das espécies de *Pinus* aos 21 anos de idade em Assis, estado de São Paulo.

Espécie/Procedência	DAP (cm)	ALT (m)	VOL (m ³ /indivíduo)	SOB (%)
<i>P. oocarpa</i>				
San Pedro Pinula	27,57 ^a	20,36 ^a	0,4422 ^{ab}	65,0 ^{abc}
San Luis Jilotepeque	26,20 ^a	19,90 ^a	0,4100 ^a	74,5 ^{ab}
San Juan Ermita, Chiquimula	24,62 ^a	20,71 ^a	0,4020 ^a	81,0 ^a
<i>P. maximinoi</i>				
Bosque Santa Rosita	25,15 ^a	18,87 ^a	0,3717 ^{bc}	48,5 ^{bcd}
San Raymundo	27,30 ^a	19,99 ^a	0,4252 ^{abc}	45,5 ^{cd}
<i>P. tecunumanii</i>				
San Vicente, Salama, B.V.	26,52 ^a	19,20 ^a	0,3985 ^c	33,2 ^d
Bosque San Geronimo, Salama, B.V.	24,87 ^a	17,24 ^a	0,3412 ^c	43,2 ^{cd}

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. DAP - diâmetro a altura do peito; ALT - altura de plantas; VOL - volume individual; SOB - sobrevivência.

Comparando-se os incrementos médios anuais (IMA) dos caracteres DAP e ALT aqui observados para as três espécies de *Pinus* (Tabela 3), com os observados em outros estudos (Tabela 5) verifica-se que: O *P. oocarpa* apresentou maior IMA em DAP (1,63 cm) que o observado para a mesma espécie em Batatais, Itapeva, Pederneiras e Angatuba, os quais variaram de 1,03 a 1,28 cm. Em contraste, o IMA em ALT (1,27 m) foi maior apenas que o detectado em Angatuba (0,99 cm). Logo a espécie em geral teve um melhor desempenho em Assis do que em outros locais, em especial considerando a maior precisão na mensuração do DAP do que a altura.

O *P. maximinoi* apresentou menor IMA em DAP (1,64 cm) e ALT (1,21 m) que o observado para procedências da mesma espécie crescendo em Angatuba, os quais variaram de 2,11 a 2,30 cm e de 1,38 a 1,64 m, respectivamente. Assim, a espécie teve um menor desempenho em Assis do que em Angatuba.

O *P. tecunumanii* apresentou menor IMA em DAP (1,61 cm) e ALT (1,14 m) que o observado para a procedência San Rafael del Norte, da Nicarágua de *P. tecunumanii*

crescendo em São Simão (IMA-DAP= 2,04 cm; IMA-ALT= 1,77 m), isso mostra que a espécie teve um menor desempenho em Assis que em São Simão. O *P. tecunumanii* também apresentou menor IMA em DAP (1,61 cm) e ALT (1,14 m) que o observado para procedências de *P. patula* spp *tecunumanii* crescendo em São Simão, os quais variaram de 1,89 a 2,04 cm e de 1,33 a 1,45 m, respectivamente. Isso mostra que a espécie teve um menor desempenho em Assis que o *P. tecunumanii* e *P. patula* spp *tecunumanii* plantados em São Simão.

Comparado os IMA em DAP e ALT das três espécies aqui estudadas com estudos com outras espécies de *Pinus* (Tabela 5) crescendo na região de Assis (Assis e Paraguaçu Paulista), verifica-se o seguinte: Sebbenn et al. (2008), estudando o *P. caribaea* var. *bahamensis* aos 16 anos de idade, crescendo em Paraguaçu Paulista, encontraram IMA em DAP e ALT de 1,48 cm e 1,15 m, respectivamente, isso mostra um melhor crescimento em DAP nas três espécies aqui estudadas e da ALT *P. oocarpa* e *P. maximinoii*. Pires et al. (2013), estudando o *P. caribaea* var. *bahamensis* aos 21 anos de idade, crescendo em Assis encontraram IMA em DAP e ALT de 1,36 cm e 0,97 m, respectivamente. Isso mostra um melhor crescimento em DAP e ALT nas três espécies aqui estudadas. Sebbenn, Vilas Boas e Max (2008b), estudando o *P. elliottii* aos 19 anos de idade, encontraram IMA em DAP de 1,34 cm, portanto menor que o observado para as três espécies em estudo. Em suma, o IMA em DAP e ALT das três espécies em estudo foi melhor que o observado na mesma região que para o *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. elliotti* portanto são mais indicadas para reflorestamentos comerciais em Assis.

Os resultados do presente estudo juntamente como os resultados dos estudos citados (Tabela 5), demonstraram diferenças no desempenho de caracteres de crescimento de espécies e procedências de *Pinus*, em diferentes regiões do estado de São Paulo. Isso por sua vez, sugere que maiores ganhos genéticos na seleção possam ser obtidos pela utilização de programas de melhoramento florestal baseados em multi-espécie e multi-população.

Tabela 6- Médias de crescimento e incremento médio anual (IMA) de espécies de *Pinus* plantadas nos estado de São Paulo, para os caracteres DAP e ALT.

Espécie	Procedência	Local	Idade (anos)	DAP (cm)	ALT (m)	IMA-DAP (cm)	IMA-ALT (m)	Autores
<i>P. oocarpa</i>	—	Batatais	18	19,57	24,02	1,09	1,33	Ettori et al. (2002)
<i>P. oocarpa</i>	—	Itapeva	18	21,36	27,84	1,19	1,55	Ettori et al. (2002)
<i>P. oocarpa</i>	—	Pederneras	18	18,50	24,50	1,03	1,36	Ettori et al. (2002)
<i>P. oocarpa</i>	—	Angatuba	18	22,99	17,77	1,28	0,99	Ettori, Sato, Shimizu (2004)
<i>P. maximinoii</i>	Cienega de Leon	Angatuba	19	43,0	26,2	2,26	1,38	Fritzons et al. (2012)
<i>P. maximinoii</i>	Cienega de Leon	Angatuba	11	23,57	17,90	2,14	1,63	Ettori, Sato, Shimizu (2004)
<i>P. maximinoii</i>	Coapilla	Angatuba	19	43,7	29,7	2,30	1,56	Fritzons et al. (2012)
<i>P. maximinoii</i>	Coapilla	Angatuba	11	23,16	17,87	2,11	1,62	Ettori, Sato, Shimizu (2004)
<i>P. maximinoii</i>	Altamirano	Angatuba	19	41,5	29,0	2,18	1,53	Fritzons et al. (2012)
<i>P. maximinoii</i>	Altamirano	Angatuba	11	23,61	18,03	2,15	1,64	Ettori, Sato, Shimizu (2004)
<i>P. maximinoii</i>	Monte Cristo	Angatuba	11	23,65	17,63	2,15	1,60	Ettori, Sato, Shimizu (2004)
<i>P. tecunumanii</i>	San Rafael del Norte	São Simão	7	14,26	12,42	2,04	1,77	Sebbenn et al. (1995)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	San Rafael del Norte – Nicaragua	São Simão	14	27,51	19,88	1,97	1,42	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	Yucul, Matagalpa – Nicaragua	São Simão	14	27,34	19,22	1,95	1,37	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	La Paz, San Pedro Tutule – Honduras	São Simão	14	27,72	19,11	1,98	1,37	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	Villa Santa – Honduras	São Simão	14	27,25	20,26	1,95	1,45	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	Dulce Nombre de Culmi – Honduras	São Simão	14	27,84	20,14	1,99	1,44	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	San Esteban – Honduras	São Simão	14	28,58	20,08	2,04	1,43	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	San Francisco de La Paz – Honduras	São Simão	14	28,56	19,86	2,04	1,42	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	Vocón, Yoro – Honduras	São Simão	14	28,32	19,04	2,02	1,36	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	Las Piedrecitas – México	São Simão	14	26,47	18,60	1,89	1,33	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	Mount Pine Ridge – Belize	São Simão	14	28,33	19,05	2,02	1,36	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	—	Assis	21	28,6	20,3	1,36	0,97	Pires et al. (2013)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	—	Paraguaçu	16	23,64	18,33	1,48	1,15	Sebbenn et al. (2008)
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	—	Assis	13	23,58	20,97	1,81	1,61	Sebbenn et al. (2010)
<i>P. elliottii</i>	—	Paraguaçu	19	25,44	—	1,34	—	Sebbenn; Vilas Boas; Max(2008b)

5.4 CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS ENTRE OS CARACTERES

Foram observadas correlações fenotípicas significativas, positivas e altas entre os caracteres DAPxALT (0,403; $p < 0,05$), DAPxVOL (0,792; $p < 0,01$), ALTxVOL (0,874; $p < 0,01$). Isso demonstra que existe a possibilidade de se selecionar indivíduos das três espécies com base em observações fenotípica em um caractere e alterar indiretamente a média fenotípica de outros caracteres e obter progressos em programas de melhoramento genético. Estes resultados eram esperados, devido a um grande número de estudos da associação genética e fenotípica entre caractere de crescimento em espécies arbóreas, os quais tem mostrado forte correlação entre esses caracteres (MISSIO et al., 2004; COSTA et al., 2008; MOURA; VALE, 2002; SEBBENN et al., 2004, 2009; SEBBENN; VILAS BOAS; MAX, 2008a; FREITAS et al., 2008). De acordo com Sampaio, Resende e Araújo (2000), a seleção quando é feita em variáveis com correlações positivas e de alta magnitude, espera-se uma alta resposta correlacionada, ou seja, ocorre uma vantagem na seleção que é a mesma para esses caracteres.

5.5 CORRELAÇÕES ENTRE OS CARACTERES E CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE ORIGEM DAS PROCEDÊNCIAS

O coeficiente de correlação de Spearman detectou associações significativamente negativas entre a latitude e longitude de origem das procedências das três espécies e a ALT, VOL e SOB destas procedências em Assis (Tabela 7). Isso indica que quanto menor a latitude e a longitude das procedências das diferentes espécies maiores são o seu crescimento e sobrevivências em Assis. Associações significativamente negativas foram também detectadas entre a altitude de origem das procedências das três espécies e a ALT e SOB e entre a precipitação de origem das procedências e o DAP das procedências em Assis, indicando que quanto menor a altitude das procedências maior e o seu ALT e SOB e quanto menor a precipitação maior o crescimento em DAP em Assis.

Em contraste, associações significativamente positivas foram detectadas entre a temperatura de origem das procedências das três espécies e o DAP e VOL de origem das procedências, isso indica que quanto maior a temperatura de origem das procedências maior é o seu DAP e VOL em Assis. Kageyama et al. (1977) associaram o crescimento de procedências de *P. oocarpa* às características geográficas e climáticas dos locais de origem

das sementes, e como resultado observaram que o crescimento em altura era melhor explicado pelas variações de altitude, precipitação pluviométrica e estação seca dos locais de origem.

Em resumo, com base em resultados do presente estudo pode-se concluir que o crescimento e a sobrevivência das procedências das diferentes espécies são influenciados em parte pelas origens geográficas e climáticas de origem das procedências das três espécies. Menores latitude e longitude das procedências das espécies geram maior crescimento em ALT e VOL e maior sobrevivência, menores altitudes aumentam a ALT e SOB, menores precipitações aumentam o DAP e maiores temperaturas de origem das procedências aumentam o seu DAP e VOL em Assis.

Tabela 7- Correlações de Spermann entre caracteres de crescimento e a sobrevivência das procedências das espécies de *Pinus* e características geográficas dos locais de origem das procedências.

	DAP	ALT	VOL	SOB
Latitude	-0,215	-0,737**	-0,603**	-0,681**
Longitude	-0,109	-0,665**	-0,546*	-0,903**
Altitude	0,066	-0,585*	-0,391	-0,936**
Temperatura	0,604**	0,215	0,467*	0,048
Precipitação	-0,417*	-0,314	-0,364	0,172

DAP é o diâmetro a altura do peito; ALT é altura de plantas; VOL é o volume; SOB é a sobrevivência. * $P < 0,5$; ** $P < 0,01$.

6 CONCLUSÕES

1. Existem variações genéticas entre as três espécies de *Pinus* para sobrevivência;
2. A espécie e procedências de *P. oocarpa* foi a mais indicada para o reflorestamento comercial nas condições ambientais de Assis;
3. A maior parte da variabilidade genética para os caracteres se encontra distribuída dentro de procedências e dentro de espécies.
4. A divergência entre procedências dentro de espécies é menor do que entre espécie para a maioria dos caracteres;
5. Existem correlações fenotípicas entre os caracteres, indicando a possibilidade de se selecionar indivíduos das três espécies com base em observações fenotípica em um caracter e alterar indiretamente a média fenotípica de outros caracteres e obter progressos em programas de melhoramento genético.
6. O desempenho dos caracteres de crescimento e sobrevivência são determinados, em parte em características geográficas e climáticas das procedências das três espécies.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; FRITZSONS, E.; JUNIOR, J. E. P. **Programa de melhoramento de *Pinus* da Embrapa Florestas**. Colombo: [s.n.], 2011. 81 p. (Documento, 233.).
- AGUIAR, A.V.; SOUZA, V.A.; SHIMIZU, J.Y. Espécies de *Pinus* mais plantadas no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 135, n. 1, p. 1-8, 2013. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1672&subject=Pinus&title=Esp%C9cies%20de%20p%EDnus%20mais%20plantadas%20no%20Brasil>. Acesso em: 2 dez. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS-ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: [s.n.], 2013. 148 p. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 3 dez. 2014.
- BARRETT, W. H. G.; GOLFARI, L. Descripción de las nuevas variabilidades del Pino Del Caribe. **Caribbean Forester**, Porto Rico, v. 23, n. 2, p. 59-71, 1962.
- BATISTA, C. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. A.; ZANATTO, A. C. Z.; SANTOS, P. C.; ZANATA, M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Estimativas de parâmetros genéticos e a variabilidade em procedências e progênes de *Handroanthus vellosi*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 269-276, 2012.
- CÉSAR, E. R. G.; SHIMIZU, J. Y.; ROMANELLI, R. Variação entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* em Angatuba, SP. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p. 13-24, 1988.
- COSTA R. B.; RESENDE, M. D. V.; GONÇALVES, P. S.; OLIVEIRA, L. C. S.; ITAVO, L. C. V.; ROA, R. A. R. Seleção simultânea para porte reduzido e alta produção de látex em Seringueira. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 649-654, 2008.
- CORNACHIA, G.; CRUZ, C. D.; BORGES, R. C. G.; PIRES, I. E.; LOBO, P. R. Variabilidade genética entre e dentro de procedências de pinheiros tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 919-928, 1998.
- DVORAK, W.S.; LAMBETH, C.C.; LI, B. Genetic and site effects on stem breakage in *Pinus tecunumanii*, **New Forests**, Netherlands, v. 7, n. 3, p. 237-253, 1993.
- DVORAK, W. S.; GUTIÉRREZ, E. A.; GAPARE, W. J.; HODGE, G. R.; OSORIO, L. F.; BESER, C.; KIKUTI, P. ***Pinus maximinoi* in: conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the camcore cooperative**. Raleigh: College of natural Resources, 2000a. p. 106-128.
- DVORAK, W. S.; HODGE, G. R.; GUTIERREZ, E. A.; OSORIO, L. F.; MALAN, F. S.; STANGER, T. K. *Pinus tecunumanii*. In: CAMCORE COOPERATIVE. **Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative**. Botha Hill: Grow Graphics, 2000b. p. 188-210.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, D.F.: EMBRAPA, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006. 306 p.

ETTORI, L. C.; SEBBENN, A. M.; SATO, A. S.; MORAIS, E. Teste de procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em três locais do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 39-51, 2002.

ETTORI, L. C.; SATO, A. S.; SHIMIZU, J. Y. Variação genética em procedências e progênies mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2004.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 22-30, 1992.

FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAIS, E.; LEMOS, S. V. Testes de procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 32 anos de idade em Bebedouro-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 17-23, 2005.

FREITAS M. L. M.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; MORAES M. A. de. Variação Genética para caracteres quantitativos em população de *Gallesia integrifolia* (Spreng). Harms. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo, v. 20, n. 2, p. 165-173. 2008.

FRITZSONS, E.; AGUIAR, A. V.; GRABIAS, J.; FREITAS, M. L. M.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Zoneamento climático para plantio de *Pinus maximinoi* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 79-92, 2012.

FURLAN, R. A.; MORI, E. S.; TAMBARUSSI, E. V.; MORAES, C. B., JESUS, F. A.; ZIMBACK, L. Estrutura genética de populações de melhoramento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por meio de marcadores de microssatélites. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 553-563, 2007.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12 p. (Circular técnica, 171).

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, 2001.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; LIMA, A. J. M.; FERREIRA, E. S.; BATISTA, D. C.; ROMÃO, S. A. A. Produção de painéis compensados de *Pinus* tropicais colados com resina fenol-formaldeído. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 669-673, 2009.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, M.; NICOLIELO, N. Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos-SP. **IPEF**, Piracicaba, n. 14 p. 77-120, 1977.

KALIL FILHO, A. N.; GRAÇA, M. E. C.; MEDEIROS, A. C. S. Efeito da concentração de sacarose na germinação de pólen de sete espécies de *Pinus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 41, p. 37-45, 2000.

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. **Commonwealth Forestry Institute**, Oxford, v. 1, p. 76-82, 1973.

KIETZKA, J.E. *Pinus maximinoi*: a promising species in South Africa. **South African Forestry Journal**, Southern African, v. 1, n. 145, p. 33-38, 1988.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus maximinoi* H. E. moore**. 2000. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Rossdorf: TZ – Verl.-Ges, 1990. 343 p.

MALAN, F. S. The wood properties and sawn-board quality of. South African- grown *Pinus maximinoi* (HE Moore). **Southern African Forestry Journal**, Southern African, v. 208, n. 1, p. 39-47, 2006.

MARTIN, B. Initial work on the genetic improvement of tropical pines in congo brazzaville.

In: BURLEY, J.; NIKLES, D.G. (Ed.). **Selection and breeding to improve some tropical conifers**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1973. v. 2, p. 226-235.

MARTINEZ, M. **Los pinos mexicanos**. 2nd ed. México: Ediciones Botas, 1948. 361p.

MATHESON, A. C.; BELL, J. C.; BARNES, R. D. Breeding system and genetic structure in some Central American pine populations. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 38, n. 3-4, p. 107-113, 1989.

MENDES, L. M. ***Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 163 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)- Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

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**, Piracicaba, n. 66, p. 161-166, 2004.

MORAIS, S. A. L. NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

MOREIRA, J.P. **Ganho esperado na seleção de progênies de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em idade precoce para produção de madeira**. 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2013.

MORI, E. S. **Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção.** 1993. 119 f. Tese (Doutorado em Genética)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 1993.

MOTERSON, E. Report from an Expedition to Mexico and Central America to obtain Seeds of Tropical Pines. In: Food and Agriculture Organization- FAO. **Forest genetic resources information.** Roma: FAO, 1973. p. 2-5.

MOURA, V. P. G.; DVORAK, W. S. Provenance and family variation of families of *Pinus tecunumanii*, grown in the Brazilian Cerrado. **Forest Genetic**, v. 5, n. 3, p. 137-145, 1998.

MOURA, V. P. G.; DVORAK, W. S.; HODGE, G. R. Provenance and family variation of *Pinus oocarpa* grown in the Brazilian cerrado. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam v.109, n. 1-3, p. 315-322, 1998.

MOURA, V. P. G.; VALE, A. T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central no cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 62, p. 104-113, 2002.

MOURA, V. P. G.; VALE, A. T.; ISAIAS, F. B. Comparação entre dois métodos de avaliação da variabilidade genética em volume, densidade básica da madeira e matéria seca de *Pinus tecunumanii* (Schwd) Eguliz e Perry. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 14, n. 1, p. 77-84, 2004.

NAMKOONG, G. Introduction to quantitative genetics in forestry. **Forest Service.** Washington: [s.n.], 1979, 342 p. (Technical Bulletin, 1588).

PERRY, J. P. **The pines of Mexico and Central America.** Portland: Timber, 1991. 231 p.

PIRES, V. C. M.; MARTINS, K.; VILAS BÔAS, O.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Variabilidade genética de caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 113-119, 2013.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de *Pinus* tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge Glued Panels – EGP).** 2010. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: UFV, 1999. p. 589-647.

S.A.S. INSTITUTE. **SAS procedures guide. Version 8 (TSMO).** Cary: [s.n.], 1999.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, 2000.

SEBBENN, A. M. Sistema de reprodução e endogamia em espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: WORKSHOP EM MELHORAMENTO FLORESTAL, 3., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 2007. 65 p.

- SEBBENN, A. M.; AOKI, H.; MORAES, M. L. T. Variação genética e seleção em teste de procedências de *Grevillea robusta* A. Cunn.. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 1-8, 2003.
- SEBBENN, A. M.; ARANTES, F. C.; BOAS, O.V.; FREITAS, M. L. M. Genetic variation in an international provenance-progeny test of *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et Gol., in São Paulo, Brazil. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 57, n. 4-5, p.181-187, 2008.
- SEBBENN, A. M.; BOSHIER, D.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; SATO, A. S.; ETTORI, L. C.; MORAES, E. Results of an international, provenance trial of *Cordia alliodora* in São Paulo, Brazil at five and 23 years of age. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 56, n. 3-4, p.110-117, 2007.
- SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAIS, E.; ZANATTO, A. C. S. Variação genética em procedências e progênes de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2005.
- SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E. Seleção dentro de progênes de polinização aberta de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze (Lecythidaceae), visando à produção de sementes para recuperação ambiental. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 27-37, 2009.
- SEBBENN, A. M. PIRES, C. L. S.; CUSTÓDIO FILHO, A.; STORK, L. Variação genética em progênes de meios-irmãos de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et. Gol. na Região de Bebedouro, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 63-73, 1994.
- SEBBENN, A. M.; PIRES, C. L. S.; SALDANHA, H. X.; ZANATTO, A. C. S. Teste de progênes de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. Et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 241-252, 1995.
- SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. A. S.; FREITAS, S. A.; FREITAS, J. A. Variação genética em cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. No Sul do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 91-99, 2004.
- SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. A. S.; GIANOTTI, E.; KAGEYAMA, P. Y. Genetic variation in provenance progeny test of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. in São Paulo, Brazil. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 52, n. 5-6, p. 181-184, 2003.
- SEBBENN, A. M.; VILAS BOAS, O.; MAX, J. C. M. Altas herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de polinização aberta de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*, aos 25 anos de idade em Assis-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 95-102, 2008b.
- SEBBENN, A. M.; VILAS BOAS, O.; MAX, J. C. M. Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* aos 20 de idade em Assis-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 103-115, 2008a.

SEBBENN, A. M.; VILAS BOAS, O.; MAX, J. C. M.; FREITAS, M. L. M. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 22 n. 2 p. 279-288, 2010.

SHIMIZU, J. Y. **Cultivo de *Pinus* (espécies)**. Colombo: Embrapa, 2005. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/importancia-do-genero-Pinus-spp-para-o-setor-madeireiro-no-brasil/53886/#ixzz2kTwRm1X4>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

SHIMIZU, J. Y. Introdução. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 15-16.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de *Pinus* na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M.; AGUIAR, A. V. Produção de resina de *Pinus* e melhoramento genético. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 193-206

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 DA ABTCP, 26., 10993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1993. p. 357-365.

SILVA, J. M.; AGUIAR, A. V.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. Divergência genética entre progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* com base em caracteres quantitativos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 69-77, 2012.

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 -CENIFA, 1988. 20 p.

TAMBARUSSI, E. V.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T.; ZIMBACK, L.; PALOMINO, E. C.; MORI, E. S. Estimative of genetic parameters in progeny test of *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari by quantitative traits and microsatellite markers. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 39-47, 2010.

TRIANOSKI, R. **Caracterização tecnológica de espécies de *Pinus* tropicais provenientes de plantios experimentais no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira)– Faculdade de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. 127 p.

WRIGHT, J. A.; WESSELS, A. Laboratory scale pulping of *Pinus pseudostrobus*, *Pinus maximinoi* e *Pinus patula*. **IPEF Internacional**, Piracicaba, v. 2, n. 2, p. 39-44, 1992.