

AVALIAÇÃO DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE LIQUIDAMBAR DA AMÉRICA CENTRAL, DO MÉXICO E DOS ESTADOS UNIDOS, EM AGUDOS, BRASIL

Jarbas Y. Shimizu*
Ivana H. Z. Spir**

RESUMO

Foi instalado um teste de procedência e progênie de *Liquidambar styraciflua* L. em Agudos, SP, em solo de areia quartzosa. Os materiais genéticos foram fornecidos pelo Oxford Forestry Institute, incluindo doze procedências da Guatemala, Honduras, Nicarágua, México e dos Estados Unidos, sendo testados juntamente com uma testemunha local, com duas a dez progênies por procedência. Medições efetuadas dos quatro até os nove anos de idade revelaram alta sensibilidade da espécie à variação do sítio e efeito significativo da procedência no seu desenvolvimento. As procedências de maior potencial produtivo na região de Agudos foram da Nicarágua, Honduras e Guatemala, de latitudes de até 15°N, onde a temperatura média anual é igual ou maior que 18°C. As hierarquias das procedências, tanto em altura, quanto em DAP, foram consistentes dos quatro aos nove anos de idade, demonstrando que seleções precoces de procedências podem ser efetuadas a partir dos quatro anos. Efeitos de progênies foram variados, sendo significativos somente em algumas procedências.

PALAVRAS-CHAVES: *Liquidambar styraciflua*, seleção.

ASSESSMENT OF SWEETGUM PROVENANCES AND PROGENIES FROM CENTRAL AMERICA, MEXICO AND THE UNITED STATES, IN AGUDOS, BRAZIL

ABSTRACT

A sweetgum provenance and progeny trial was established in Agudos, State of São Paulo, with genetic material distributed by Oxford Forestry Institute. Twelve provenances from Nicaragua, Honduras, Guatemala, Mexico and the United States were included in the study, together with a local control. Height and DBH measurements taken at ages four to nine years showed high sensitivity of this species to site variations, as well as significant provenance effects. The provenances with the highest potential for wood production in the region were from latitudes no higher than 15°N and with annual mean temperatures no lower than 18°C in Nicaragua, Honduras and Guatemala. Height and diameter ranks among provenances were consistent from four to nine years of age, suggesting that

* Eng. Florestal, Doutor, CREA n° 26.763-D, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

** Estagiária, estudante de Engenharia Florestal da UFPR.

provenances can be selected as early as at four years of age. Progeny effects were variable and significant only within some provenances.

KEY WORDS: *Liquidambar styraciflua*, selection.

1. INTRODUÇÃO

Em um cenário em que se tem como expectativa a escassez de madeira de *Pinus* no mercado nacional, há a necessidade de se utilizar espécies florestais alternativas para atender a demanda futura do mercado. O liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.) é uma das alternativas potenciais para este setor, dada a sua capacidade de adaptação e seu crescimento no Brasil, verificados em um arboreto instalado em solo arenoso, na região central do Estado de São Paulo, e pela sua tendência de crescer melhor em povoamentos do que isoladamente (Hughes & McCarter, 1984). Visto que as primeiras introduções foram feitas com material de origem desconhecida, é necessário avaliar as variações em produtividade, que possam estar ligadas às condições ecológicas de suas origens.

O liquidambar é uma espécie folhosa, monóica (Kormanik, 1990), da família Hamamelidaceae (McCarter & Hughews, 1984), auto-estéril (Wilcox, 1967; Schmitt & Perry, 1964), produtora de madeira de baixa densidade (0,50-0,65 g/cm³) (Muñoz, 1992). Seu nome científico está ligado ao fato de sua casca exsudar uma goma cor de âmbar, que é utilizada na fabricação de perfumes, adesivos, tabaco e produtos farmacêuticos (Muñoz, 1992).

A área de ocorrência natural do liquidambar estende-se desde o Estado de Nova York até a Flórida, nos Estados Unidos, seguindo pelo México e pelos países da América Central como Guatemala, Honduras e Nicarágua. Nestas regiões, a precipitação média anual varia de 1.000 mm a 1.500 mm, com 5 a 6 meses de estação seca e chuvas predominantes no verão. As altitudes, na maior parte de sua área de ocorrência, variam de 1.000 m a 1.200 m. Nos Estados Unidos, existem populações ocorrendo em altitudes de 750 m a 900 m, em sítios planos e úmidos, em solos aluviais sujeitos a inundações periódicas, enquanto que, no México, esta espécie cresce melhor em altitudes de 1.200 m a 1.600 m, principalmente em solos profundos. Normalmente, os solos onde esta espécie apresenta maior crescimento são férteis, frescos e úmidos, soltos e areno-argilo-humíferos, de textura média e reação neutra, tolerando algum grau de salinidade (Muñoz, 1992). Esta espécie encontra-se, geograficamente, isolada de outras do mesmo gênero, que ocorrem na Ásia, como *L. formosana* e *L. alcalycina* (Muñoz, 1992). Usualmente, ela se encontra associada a *Pinus* spp. e *Quercus* spp. (McCarter & Hughes, 1984).

Em povoamentos naturais, a floração inicia-se entre os 20 e 30 anos de idade (Mohn & Randall, 1970). As sementes são pequenas, com alta capacidade de dispersão, chegando a atingir distâncias de até 183 m, instalando-se, facilmente, em áreas destinadas a outras culturas (Cuttenberg, 1952).

A raiz do liquidambar é pivotante e profunda, quando cresce em solos profundos, tornando as árvores resistentes aos ventos. A poda de raízes provoca o desenvolvimento de raízes laterais, produzindo um sistema radicular denso e compacto (Gilman & Yeager, 1988). Sua capacidade de rebrota é grande, tanto a partir de raízes adventícias, quanto de touças, podendo ser propagada, vegetativamente, com certa facilidade (Kormanik & Brown, 1967; Hook *et al.*, 1970; Johnson, 1964). Farmer (1966) obteve sucesso no enraizamento de estacas de raiz,

em substrato composto pela mistura de areia e turfa na proporção de 1:1. Além disso, foi verificado que a aplicação de AIB (ácido indol-butírico) não proporciona aumento significativo no enraizamento das estacas (Bonner, 1963).

Segundo Kormanik & Brown (1967), muitas touceiras são oriundas de brotações de raízes e não da germinação de sementes, sendo responsáveis por grande parte da regeneração da espécie (Kormanik, 1990). As brotações a partir dos tocos apresentam crescimento acelerado nos primeiros 3 a 4 anos, excedendo a vegetação competitiva (Johnson, 1964). Em apenas um período vegetativo, a rebrota atinge a mesma altura de plantas com 3 a 5 anos e, aos 10 anos, apresenta dimensões de árvores de 18 a 20 anos.

É possível utilizar rebrotas para a produção de madeira serrada (Muñoz, 1992). Para isso, os tocos devem ser adubados durante o primeiro ano. Ao final da terceira rotação, deve-se renovar o povoamento e reiniciar o ciclo.

Uma das vantagens de se conduzir um povoamento de liquidambar por talhadia é o menor período do ciclo (Malac & Heeren, 1979). Ainda, segundo os mesmos autores, esta espécie é considerada intolerante à competição e responde bem à aplicação de adubos. Aumento de 50% em volume de madeira foi obtido através do controle intensivo e regular da vegetação invasora e da aplicação de superfosfato triplo ou fosfato diamônio, dependendo da análise do solo, na dosagem de 280 kg/ha, entre o segundo e o terceiro anos (Malac & Heeren, 1979).

A madeira de liquidambar é amplamente utilizada em vários países, tanto para celulose, quanto para peças serradas e chapas (Muñoz, 1992). Ela não apresenta grande variação de peso específico, mesmo variando a posição no tronco (Carpenter & Hopkins, 1966). Outras características incluem textura uniforme, dureza e densidade médias e facilidade de ser polida. De maneira geral, essa madeira é fácil de ser trabalhada, embora possam ocorrer empenamentos e outros problemas devido à grã-reversa (Muñoz, 1992). Nos primeiros dez anos, a madeira produzida é de baixa densidade. A partir dessa idade, ela passa a produzir madeira mais densa (Gene, 1965).

O cerne e o albúrnio são comercializados separadamente, por apresentarem coloração e características distintas. O cerne tem coloração café avermelhado, acetinado, enquanto que o albúrnio é quase branco (Muñoz, 1992).

Diferenças entre procedências são relatadas, tanto no crescimento quanto na época e duração da floração (Mohn & Randall, 1970), bem como no comprimento das fibras (Webb, 1965). Um teste de procedência e progênie, com material oriundo da América Central, México e Estados Unidos, distribuído pelo Oxford Forestry Institute e plantado em Paraguaçu Paulista (Gurgel Garrido et al., 1997) revelou a maior produtividade das procedências Finca Las Victorias (Sierra de Las Minas, Guatemala) e Las Lajas (Comayaguas, Honduras) e a menor produtividade da procedência dos Estados Unidos. Entre as procedências da América Central e México, a menor produtividade foi de Tactic (Coban, Guatemala). Este trabalho é semelhante a esse, só que plantado na região de Agudos, SP e teve como objetivo gerar informações sobre as magnitudes e as naturezas das variações no desenvolvimento do liquidambar, em Agudos, especialmente direcionadas às seguintes questões:

a. Como o desenvolvimento do liquidambar é afetado pelas variações de sítio na região de Agudos, SP?

b. Quais são as procedências de maior potencial produtivo recomendáveis para a

região de Agudos, SP?

c. É viável a aplicação de seleções precoces, ao nível de procedências, para acelerar os ciclos de seleção no programa de melhoramento desta espécie?

d. O desenvolvimento do liquidambar, na região de Agudos, SP, está relacionado com as coordenadas geográficas de suas origens?

2. MATERIAL E MÉTODOS

Em 1986, foi instalado um teste combinado de procedência e progênie de liquidambar na região de Agudos, Estado de São Paulo, com material distribuído pelo Oxford Forestry Institute. O material genético era constituído de sementes de dez procedências da América Central e México, acompanhadas de duas procedências americanas e uma testemunha local (semente comercial coletada em Agudos, de árvores representativas das primeiras introduções feitas na região), totalizando 104 progênies (Tabela 1). O local do plantio foi anteriormente ocupado por um povoamento comercial de *Pinus elliottii*. O preparo do solo constituiu-se somente de passagem do rolo-faca sobre a cama de acículas de *Pinus*.

O delineamento experimental usado foi o de blocos compactos de famílias, com 3 repetições e espaçamento de 3 m x 3 m entre plantas. Foram realizadas medições anuais de altura e DAP (diâmetro a 1,3 m de altura), dos 4 aos 9 anos, exceto no oitavo ano. No caso de árvores bifurcadas abaixo de 1,3 m de altura, foi medido somente o tronco de maior diâmetro.

As análises de variância, bem como a estimação dos parâmetros genéticos, foram efetuadas utilizando-se o programa SELEGEN (Resende *et al.*, 1994). Para verificar se o desenvolvimento das procedências está associado às coordenadas geográficas dos locais de origem, foram estimados os coeficientes de correlação linear simples entre os caracteres de crescimento (altura e diâmetro) e os graus de deslocamento das latitudes de suas origens em relação à linha do equador e os graus de deslocamento das longitudes a oeste, em relação ao meridiano de Greenwich.

Para cada procedência, com seis ou mais progênies, foram efetuadas análises de variância entre progênies. Não foram efetuadas análises de variância entre as progênies das procedências Jacksonville, Grady e El Portillo porque o reduzido número de progênies nessas procedências proporcionaram graus de liberdade dos resíduos insuficientes para uma estimativa confiável dos efeitos das progênies. Somente para os casos em que efeito de progênies foi estatisticamente significativo, foram efetuadas análises adicionais para a estimação de parâmetros genéticos. Para esses cálculos, adotou-se o grau de parentesco de 25% entre plantas na progênie, sem auto-fecundação, visto que a espécie é considerada auto-estéril.

TABELA 1. Características edafo-climáticas dos locais de origem das procedências de *Liquidambar styraciflua* testadas em Agudos (McCarter & Hughes, 1984).

| nº prog. | Procedência | País | Lat. (N) | Long. (W) | TMA (°C) | Altitude (m) | PMA (mm) |
|----------|--|-----------|----------|-----------|----------|--------------|-----------|
| 4 | Jacksonville, Flórida | EUA | 30°00' | 81°40' | | | |
| 3 | Gredy, Georgia | EUA | 30°30' | 84°15' | | | |
| 9 | Tactic, Coban | Guatemala | 15°19' | 90°21' | 17,5 | 1380-1420 | 2079 |
| 10 | Lagunas de Montebello, Chiapas | México | 16°04' | 91°44' | 18,0 | 1460-1540 | 1800-2000 |
| 2 | El Portillo, Ocotepeque | Honduras | 14°28' | 89°06' | 18,0 | 1570-1650 | 1500-1800 |
| 10 | Las Lajas, Comayagua | Honduras | 14°48' | 87°34' | 21,5 | 1100-1200 | 1500-2000 |
| 10 | Zacualtipen, Hidalgo | México | 20°42' | 98°37' | 13,5 | 1800-1870 | 2047 |
| 10 | Los Alpes, Siguatepeque | Honduras | 14°33' | 87°58' | 18,0 | 1250-1350 | 1400-1600 |
| 10 | Gómez Farias, Tamaulipas | México | 23°06' | 99°10' | 17,0 | 1100-1450 | 1800-2400 |
| 6 | Finca Las Victorias, Sierra de las Minas | Guatemala | 15°12' | 89°22' | 20,0 | 800-1000 | 1900-2100 |
| 10 | Yucul, Matagalpa | Nicarágua | 12°55' | 85°48' | 20,0 | 800-1100 | 1400-1600 |
| 10 | Huatusco, Veracruz | México | 19°05' | 98°58' | 15,5 | 1350-1550 | 1746 |
| | Agudos, São Paulo | Brasil | 22°19'S | 48°52' | 21,1 | 550 | 1300 |

TMA = Temperatura média anual; PMA = Precipitação média anual.

A estabilidade da hierarquia do desenvolvimento das progênies, relativamente às demais, da mesma procedência, foi avaliada através da correlação fenotípica entre idades. Essa avaliação foi efetuada somente nas procedências constituídas de dez progênies e que apresentaram efeito significativo das progênies no seu desempenho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos dos blocos foram altamente significativos em todas as procedências (Tabelas 2 e 3). Na maioria delas, o maior crescimento foi verificado no bloco I, seguido pelo II e III, em ordem decrescente. Como não foi efetuada uma descrição detalhada do solo do local do experimento, as razões para a ocorrência desse padrão de variação ainda não estão esclarecidas. Supõe-se que poderiam ser desde variações sistemáticas nos graus de umidade do solo e nos teores de areia e argila, à medida que se caminha entre blocos, até possíveis gradientes horizontais nos teores de nutrientes disponíveis no solo. Somente a partir dos cinco anos de idade é que diferenças estatisticamente significativas entre blocos começaram a se manifestar, acentuando-se no decorrer dos anos. Considerando que, a partir dessa idade, as copas já se encontravam fechadas, as diferenças entre blocos, verificadas a partir de então, sugerem que a sensibilidade do liquidambar às diferenças de sítio se acentuam em situações de estresse, devido à competição intensa. Esta espécie, segundo Malac & Heeren (1979), é considerada intolerante à competição. Portanto, para se obter a máxima produtividade de madeira desta espécie, é necessário controlar a competição através de desbastes, bem como através da seleção cuidadosa de sítio (McCarter & Hughes, 1984).

Em todas as avaliações, as variâncias entre procedências foram altamente significativas, tanto em diâmetro, quanto em altura (Tabelas 2 e 3).

TABELA 2. Análise da variância em DAP das procedências de liquidambar, em Agudos, SP.

| F.V. | G.L. | Q.M. nas idades (anos) | | | | |
|-------------|------|------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 |
| BLOCO | 2 | 0,4565 | 2,0160* | 3,58275* | 7,36324** | 8,43147** |
| PROC. | 12 | 9,0686** | 13,7386** | 17,78515** | 21,17523** | 29,18084** |
| RESID. | 24 | 0,4540 | 0,5724 | 0,72446 | 0,89890 | 1,01643 |
| MÉDIA GERAL | | 5,382 | 7,655 | 9,165 | 10,896 | 13,565 |
| C.Ve.(%) | | 12,82 | 9,88 | 9,29 | 8,70 | 7,43 |

** significativo ao nível de 1% pelo teste F.

* significativo ao nível de 5% pelo teste F.

As médias das procedências, tanto em altura quanto em diâmetro (Tabelas 4 e 5), mantiveram suas hierarquias, com apenas pequenas variações até os 9 anos de idade. A relativa consistência na ordem hierárquica no crescimento das procedências, relativamente às demais, ao longo dos anos, é confirmada pelos altos coeficientes de correlação observados entre idades (Tabela 6).

TABELA 3. Análise da variância em altura, das procedências de liquidambar, em Agudos, SP.

| F.V. | G.L. | Q.M. nas idades (anos) | | | | |
|-------------|------|------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 |
| BLOCO | 2 | 0,5213 | 2,12624* | 2,85864* | 5,22302** | 14,42836** |
| PROC. | 12 | 7,2964** | 11,93458** | 14,43900** | 20,74958** | 31,00768** |
| RESID. | 24 | 0,3257 | 0,51790 | 0,57904 | 0,83637 | 1,47601 |
| MÉDIA GERAL | | 5,792 | 7,582 | 8,993 | 10,731 | 13,579 |
| C.Ve.(%) | | 9,85 | 9,49 | 8,46 | 8,52 | 8,95 |

** significativo ao nível de 1% pelo teste F.

* significativo ao nível de 5% pelo teste F.

A amplitude latitudinal de distribuição natural das procedências, incluídas neste experimento, se estende desde Grady, no Estado da Geórgia (EUA), a 30°30'N até Yucul, na Nicarágua, a 12°55'N. As variações ambientais contidas nessa área são amplas, tanto em temperatura e em número de dias propícios ao crescimento durante o ano, quanto em freqüências e intensidades de geadas, fotoperíodos e tipos de solo (McCarter & Hughes, 1984). No entanto, o liquidambar amostrado de diversos locais, dentro dessa grande área, parece não depender de padrões diferenciados nas estratégias de crescimento, ao longo de suas idades, como forma

de adaptação às adversidades ambientais.

Como não houve alteração substancial nas hierarquias entre procedências de liquidambar, dos quatro aos nove anos de idade (Tabela 5), avaliações aos quatro anos podem ser utilizadas na seleção das procedências de maior desenvolvimento aos nove anos. Isto proporciona um ganho substancial de tempo para a tomada de decisões quanto à reintrodução de maior número de materiais genéticos e à rápida implementação de programas de melhoramento genético.

Pelas correlações negativas, altamente significativas, observadas entre os caracteres de crescimento com as latitudes (Tabelas 4 e 5), confirma-se que, quanto mais a origem do liquidambar se distancia do equador, menor tende a ser o seu crescimento em Agudos. Esse padrão de crescimento já era esperado pois maior latitude implica menor número de dias, durante o ano, de que as plantas dispõem para o processo de crescimento (McCarter & Hughes, 1984). Portanto, o menor crescimento observado nas procedências de maior latitude, mesmo em ambiente com número maior de dias propícios a esse processo, do que nas suas origens, é uma evidência de que o comprimento do ciclo de crescimento é uma resposta adaptativa, resultante de evolução sob condições ecológicas de cada latitude.

TABELA 4. Médias de DAP (cm) das procedências de liquidambar, em Agudos, SP e correlações com latitude e longitude das origens, em diferentes idades^{a/}.

| Procedências | Idades (anos) | | | | |
|---------------------------|---------------|----------|----------|----------|-----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 |
| Jacksonville | 3,74(12) | 5,16(12) | 6,25(12) | 7,52(12) | 9,38(12) |
| Grady | 1,48(13) | 2,46(13) | 3,20(13) | 4,50(13) | 6,00(13) |
| Tactic | 6,34(5) | 8,65(5) | 10,15(5) | 11,76(7) | 14,56(7) |
| Montebello | 5,92(8) | 8,46(8) | 10,03(7) | 11,61(8) | 14,21(8) |
| El Portillo | 6,76(4) | 9,66(3) | 11,57(1) | 13,74(1) | 16,97(1) |
| Las Lajas | 7,28(3) | 9,40(4) | 10,99(4) | 12,77(4) | 15,61(4) |
| Zacualtipan | 4,04(11) | 6,50(10) | 7,92(10) | 9,69(10) | 12,47(10) |
| Los Alpes | 5,98(7) | 8,19(7) | 9,96(8) | 11,97(6) | 14,82(6) |
| Gomez Farias | 4,98(9) | 7,18(9) | 8,51(9) | 10,24(9) | 12,97(9) |
| Las Victorias | 7,44(2) | 9,70(2) | 11,37(3) | 13,53(2) | 16,48(2) |
| Yucul | 6,03(6) | 8,11(8) | 10,12(6) | 12,00(5) | 15,19(5) |
| Huatusco | 4,61(10) | 6,22(11) | 7,60(11) | 9,17(11) | 11,54(11) |
| Agudos | 7,47(1) | 9,84(1) | 11,48(2) | 13,25(3) | 16,13(3) |
| Correlações com latitude | -0,88** | -0,89** | -0,91** | -0,91** | -0,92** |
| Correlações com longitude | 0,05 | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,17 |

Obs: A procedência Agudos não foi incluída nos cálculos das correlações;

^{a/} Os valores entre parênteses indicam a hierarquia nas respectivas colunas;

** Coeficiente de correlação significativo ao nível de 1%.

Das treze procedências testadas, as cinco de maior crescimento, aos nove anos de idade, foram Agudos, Las Victorias, Yucul, Las Lajas e El Portillo. Esta última, no entanto, deve ser vista com reserva, pois pode estar manifestando, em grande parte, a variabilidade inerente às progênies e não necessariamente o potencial da procedência, uma vez que está representada por somente duas famílias. A

superioridade das Finca Las Victorias e Las Lajas, em crescimento, é confirmada para o Estado de São Paulo, dado o resultado semelhante obtido no experimento em Paraguaçu Paulista (Gurgel Garrido *et al.*, 1997).

TABELA 5. Médias de altura (m) das procedências de liquidambar, em Agudos, SP e correlações com latitude e longitude das origens, em diferentes idades¹.

| Procedências | Idades (anos) | | | | |
|---------------------------|---------------|----------|----------|----------|-----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 |
| Jacksonville | 4,04(12) | 5,09(12) | 6,10(12) | 7,21(12) | 9,51(12) |
| Grady | 2,35(13) | 3,10(13) | 4,12(13) | 4,97(13) | 6,28(13) |
| Tactic | 6,62(4) | 8,72(4) | 10,17(5) | 12,15(5) | 14,62(7) |
| Montebello | 6,21(7) | 8,25(7) | 9,72(7) | 11,37(8) | 14,39(8) |
| El Portillo | 6,52(6) | 8,45(6) | 9,96(6) | 11,88(6) | 15,26(5) |
| Las Lajas | 7,29(3) | 9,28(3) | 10,85(3) | 13,05(3) | 15,80(4) |
| Zacualtipan | 4,21(11) | 5,86(11) | 7,22(11) | 8,64(11) | 11,11(11) |
| Los Alpes | 5,97(8) | 8,16(8) | 9,60(8) | 11,71(7) | 14,83(6) |
| Gomez Farias | 5,01(10) | 6,54(10) | 7,95(10) | 9,55(9) | 12,40(9) |
| Las Victorias | 7,88(1) | 9,92(1) | 11,55(1) | 14,00(1) | 16,94(2) |
| Yucul | 6,57(5) | 8,70(5) | 10,57(4) | 12,49(4) | 16,26(3) |
| Huatusco | 5,32(9) | 6,84(9) | 7,96(9) | 9,34(10) | 11,79(10) |
| Agudos | 7,31(2) | 9,66(2) | 11,14(2) | 13,15(2) | 17,33(1) |
| Correlações com latitude | -0,89** | -0,93** | -0,93** | -0,93** | -0,93** |
| Correlações com longitude | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,06 |

Obs: A procedência Agudos não foi incluída nos cálculos das correlações;

¹ Os valores entre parênteses indicam a hierarquia nas respectivas colunas;

** Coeficiente de correlação significativo ao nível de 1%.

O fato da testemunha (Agudos) se colocar entre as de maior crescimento pode ser uma indicação de que o material introduzido inicialmente na região pode ter sido proveniente de uma das origens de maior potencial, principalmente da Nicarágua, Honduras ou Guatemala, de latitudes de até 15°N, e ambiente com temperatura média anual de 18°C ou mais. No entanto, deve-se considerar, também, a possibilidade de que o ganho em vigor de crescimento seja decorrente da seleção massal aplicada no local, adicionalmente ao valor inerente à sua origem geográfica. De qualquer maneira, fica confirmado o alto valor do material genético introduzido inicialmente em Agudos.

TABELA 6. Coeficientes de correlação linear simples entre alturas (A_) e diâmetros (D_) do liquidambar, em Agudos, SP, nas idades de 4 aos 9 anos.

| | Correlações Lineares Simples | | | | | | | | |
|----|------------------------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | A5 | A6 | A7 | A9 | D4 | D5 | D6 | D7 | D9 |
| A4 | 0,995 | 0,990 | 0,989 | 0,975 | 0,986 | 0,958 | 0,955 | 0,948 | 0,935 |
| A5 | | 0,998 | 0,996 | 0,988 | 0,986 | 0,968 | 0,968 | 0,961 | 0,952 |
| A6 | | | 0,999 | 0,992 | 0,981 | 0,967 | 0,970 | 0,964 | 0,958 |
| A7 | | | | 0,990 | 0,981 | 0,966 | 0,968 | 0,965 | 0,959 |
| A9 | | | | | 0,977 | 0,968 | 0,974 | 0,971 | 0,967 |
| D4 | | | | | | 0,987 | 0,982 | 0,975 | 0,964 |
| D5 | | | | | | | 0,997 | 0,993 | 0,986 |
| D6 | | | | | | | | 0,998 | 0,994 |
| D7 | | | | | | | | | 0,998 |

As procedências do México (dos Estados de Chiapas, Hidalgo, Tamaulipas e Veracruz) e dos Estados Unidos (Geórgia e Flórida) foram as de menor crescimento. Principalmente nestas duas últimas, devido à maior latitude, a abscisão das folhas ocorre mais cedo e as brotações primaveris surgem mais tardiamente, resultando em menor período de crescimento vegetativo durante o ano, em comparação com as demais procedências.

Não foi detectada correlação entre os caracteres de crescimento de liquidambar em Agudos com as longitudes de suas origens. Pelo menos com referência à área abrangida pelas populações naturais dos materiais incluídos neste estudo, a ausência de um padrão de crescimento correlacionado à variação em longitude se explica pela inexistência de fatores ambientais que variem, sistematicamente, ao longo dessa variável geográfica.

Não foram detectadas variações significativas entre as progênies procedentes de Tactic (Guatemala), Las Lajas (Honduras), Los Alpes (Honduras), Gomez Farias (México), Yucul (Nicarágua) e Huatusco (México) durante todo o período abrangido pelas avaliações deste experimento (ANEXOS 1 e 2). Os altos coeficientes de correlação entre idades, das médias de altura e DAP, apresentados na Tabela 7 e 8 indicam a possibilidade de se fazer seleção precoce. No entanto, existe uma tendência de as correlações decrescerem à medida que aumenta a distância entre idades. Essa tendência foi mais acentuada entre as progênies oriundas de Zacualtipan, especialmente em altura, cujo coeficiente de correlação de 0,947 entre as idades de 4 e 5 anos reduziu-se para 0,685 entre as idades de 4 e 9 anos. Isto indica que seleções precoces entre progênies podem ser eficientes somente dentro de algumas procedências.

TABELA 7. Correlações fenotípicas entre idades, em DAP (acima da diagonal) e altura (abaixo da diagonal) das progênes de liquidambar de Montebello plantadas em Agudos, SP.

| | DAP5 | DAP6 | DAP7 | DAP9 | |
|------|--------|-------|-------|-------|------|
| | 0,987 | 0,974 | 0,967 | 0,941 | DAP4 |
| | | 0,987 | 0,982 | 0,965 | DAP5 |
| ALT7 | 0,885 | | 0,990 | 0,962 | DAP6 |
| ALT6 | 0,886 | 0,964 | | 0,974 | DAP7 |
| ALT5 | 0,911 | 0,870 | 0,886 | | |
| ALT4 | 0,752* | 0,890 | 0,897 | 0,923 | |
| | ALT9 | ALT7 | ALT6 | ALT5 | |

* correlação significativa ao nível de 5%; as demais foram significativas ao nível de 1%.

TABELA 8. Correlações fenotípicas entre idades, em DAP (acima da diagonal) e altura (abaixo da diagonal) das progênes de liquidambar de Zacualtipan plantadas em Agudos, SP.

| | DAP5 | DAP6 | DAP7 | DAP9 | |
|------|--------|-------|-------|-------|------|
| | 0,977 | 0,956 | 0,915 | 0,871 | DAP4 |
| | | 0,987 | 0,970 | 0,923 | DAP5 |
| ALT7 | 0,959 | | 0,987 | 0,960 | DAP6 |
| ALT6 | 0,921 | 0,941 | | 0,982 | DAP7 |
| ALT5 | 0,872 | 0,818 | 0,921 | | |
| ALT4 | 0,685* | 0,785 | 0,872 | 0,947 | |
| | ALT9 | ALT7 | ALT6 | ALT5 | |

* correlação significativa ao nível de 5%; as demais foram significativas ao nível de 1%.

4. CONCLUSÕES

- O liquidambar é uma espécie sensível às variações de sítio e sua produtividade pode ser aumentada substancialmente através da seleção de sítios mais apropriados, ou com aplicação de tratamentos culturais para reduzir a competição, principalmente após os cinco anos de idade;
- O desenvolvimento do liquidambar, na região de Agudos, SP, está inversamente correlacionado com a latitude de suas origens; as procedências de maior produtividade, na região de Agudos, SP, são da Guatemala, da Nicarágua e de Honduras, de latitudes de até 15°N e locais com temperatura média anual igual ou maior que 18°C, além da procedência local;
- As procedências do México e dos Estados Unidos, de latitudes maiores que 15°N têm baixa produtividade na região de Agudos, SP.;
- O desenvolvimento do liquidambar, na região de Agudos, SP, não está

relacionado com as longitudes das suas origens;

e. As avaliações das procedências, tanto em altura, quanto em DAP, podem ser efetuadas em idades precoces (4 anos), visto que praticamente não ocorrem alterações nas suas hierarquias até os 9 anos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa DURAFLORES S.A. pelas informações e dados que permitiram a concretização deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONNER, F.T. Some Southern hardwoods can be air-layered. **Journal of Forestry**, v.61, n.12, p.923, 1963.
- CARPENTER, B.E., Jr.; HOPKINS, W.C. Specific gravity values of sweetgum topwood and bolewood. **Forest Products Journal**, v.16, n.7, p.3 1966.
- CUTTENBERG, S. Sweetgum seed is over-rated flier. **Journal of Forestry**, v.5 n.11, p.844, 1952.
- FARMER, R.E. Jr. Propagation of sweetgum by softwood stem cuttings. **Eighth South. Conf. Forest Tree Impr. Proc.**, p.123-124, 1966.
- GENE, H.A. **Variation in selected wood characteristics of sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.) in Alabama**. Auburn: Auburn University, 1965. Master's thesis.
- GILMAN, E.F.; YEAGER, T.H. Root initiation in root-pruned hardwoods. **HortScience**, v.23, n.4, p.775, 1988.
- GURGEL GARRIDO, L.M.A.; FARIA, H.H.; CRUZ, S.F.; PALOMO, M. Variabilidade genética de características silviculturais de *Liquidambar styraciflua* L. em teste de origens em Paraguaçu Paulista SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v.9, n.2, p.125-132, 1997.
- HOOK, D.D.; KORMANIK, P.P.; BROWN, C.L. Early development of sweetgum root sprouts in coastal South Carolina. **USFS Res. Paper SE-62**. II. 1970. 6p.
- HUGHES, C.E.; McCARTER, P.S. Exploration and seed collection of *Liquidambar styraciflua* in Central America and Mexico. IUFRO Working Parties on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees. Mutare, Zimbabwe, 1984.
- JOHNSON, R.L. Coppice regeneration of sweetgum. **Journal of Forestry**, v.62, n.1, p.34-35, 1964.
- KORMANIK, P.P. *Liquidambar styraciflua* L. Sweetgum. In: Silvics of North America. Volume 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654. U. S. Department of Agriculture - Forest Service. Washington, DC, 1990. p.400-405.
- KORMANIK, P.P.; BROWN, C.L. Root buds and the development of root suckers in sweetgum. **Forestry Science**, v.13, n.4, p.338-345, 1967.

- MALAC, B.F.; HEEREN, R.D. Hardwood plantation management. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.3, n.1, p.3-6, 1979.
- McCARTER, P.S.; HUGHES, C.E. *Liquidambar styraciflua* L. - a species of potencial for the tropics. **Commonwealth Forestry Review**, v.63, n.3, p.207-216, 1984.
- MOHN, C.A.A.; RANDALL, W.K. Flowering in young sweetgum plantations, **Forest Science**, v.16, n.1, p.70-71, 1970.
- MUÑOZ, V.L. Apuntes sobre algunas latifoliadas de maderas valiosas. 3. Liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.). **Ciência e Investigacion Forestal**, Santiago, v.6, n.2, p.335-348, 1992.
- RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, E.B, de; MELINSKI, L.C.; GOULART JUNIOR, F. da S.; OAIDA, G. P. R. Seleção genética computadorizada -SELEGEN - Best prediction - Manual do usuário. Curitiba, 1994.
- SCHMITT, D.; PERRY, T.O. Self-sterility in sweetgum. **Forest Science**, v.1 n.3, p.302-305, 1964.
- WEBB, C.D. Natural variation in specific gravity, fiber length, and interlocked grain of sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.) in the South Atlantic states. Abstr. of thesis, in Dissert. Abstr., v.6, n.2, p.600-601, 1965.
- WILCOX, J.R. Duration of pistillate flower receptivity in sweetgum. **Forest Science**, v.13, n.1, p.95-96, 1967.

ANEXO 1

Quadrados médios dos efeitos das progênies nas alturas de cada procedência de liquidambar, em Agudos, SP, dos 4 aos 9 anos de idade.

| Procedência | GL | QM4 | QM5 | QM6 | QM7 | QM9 |
|---------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tactic | 8 | 0,1796 | 0,2179 | 0,3807 | 0,4264 | 0,4784 |
| Monte Bello | 9 | 0,5411** | 0,4705* | 0,6249** | 0,5397* | 1,0511** |
| Las Lajas | 9 | 0,2697 | 0,2704 | 0,5715 | 0,5405 | 0,5862 |
| Zacualtipan | 9 | 0,7815 | 1,0002 | 0,8873* | 1,5685* | 2,1624* |
| Los Alpes | 8 | 2,2943 | 3,7448 | 5,0842 | 8,0074 | 11,5914 |
| Gomez Farias | 8 | 0,4710 | 0,6200 | 0,522 | 0,5495 | 0,9705 |
| Las Victorias | 5 | 0,5392* | 0,6602** | 0,5117* | 1,1572** | 0,7183* |
| Yucul | 9 | 0,3723 | 0,4049 | 0,5826 | 0,3773 | 0,4246 |
| Huatusco | 9 | 0 4091 | 0 5836 | 0 5317 | 0 6488 | 1 0634 |

* e ** = significativos com 95% e 99% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

ANEXO 2

Quadrados médios dos efeitos das progênies no DAP de cada procedência de liquidambar, em Agudos, SP, dos 4 aos 9 anos de idade.

| Procedência | GL | QM4 | QM5 | QM6 | QM7 | QM9 |
|---------------|----|---------|---------|----------|----------|----------|
| Tactic | 8 | 0,3953 | 0,3825 | 0,3370 | 0,2346 | 0,2893 |
| Monte Bello | 9 | 1,6112* | 1,7404* | 2,9071* | 3,8167** | 5,2381** |
| Las Lajas | 9 | 0,8202 | 0,9397 | 1,4107 | 1,5359 | 2,2967 |
| Zacualtipan | 9 | 1,7770* | 3,2300* | 4,2931** | 5,1417** | 7,6819** |
| Los Alpes | 8 | 3,3529 | 5,2235 | 7,4487 | 10,7422 | 15,1209 |
| Gomez Farias | 8 | 1,2474 | 2,2182 | 1,6836 | 1,3776 | 2,1201 |
| Las Victorias | 5 | 0,9435 | 0,7245 | 0,6995 | 0,8 59 | 0,9767 |
| Yucul | 9 | 0,4835 | 2,0366 | 0,7731 | 1,0467 | 1,7127 |
| Huatusco | 9 | 0,8769 | 1,1366 | 1,4764 | 1,6104 | 2,0421 |

* e ** = significativos com 95% e 99% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.