

EFEITOS DE CARACTERÍSTICAS DO SOLO SOBRE A CAPACIDADE PRODUTIVA DE *Pinus taeda*

Américo Pereira de Carvalho^{*}

Osmar Menegol^{**}

Edilson Batista de Oliveira^{***}

Sebastião do Amaral Machado^{****}

Reinaldo Oscar Potter^{*}

Pedro Jorge Fasolo^{**}

Carlos Alberto Ferreira^{***}

Alexandra Bartoszeck^{****}

RESUMO

Dentre os fatores do meio que expressam a produtividade de um povoamento florestal, os mais importantes são: características físicas, químicas e mineralógicas dos solos, características climáticas, características fisiográficas e fatores bióticos. Neste trabalho, os levantamentos pedológicos e a classificação de solos, juntamente com medições periódicas de *Pinus taeda* L., em uma área de 5600 ha, no município de Arapoti, Estado do Paraná, serviram de base para uma classificação de sítio na área e para o estudo da influência de características do solo no crescimento e produção do *Pinus*. Três classes principais de solos foram identificadas: (1) "Latossolo Vermelho Escuro" (Rhodic Hapludox), (2) "Podzólico Vermelho Amarelo" (Typic Paleudult/Hapludult) e (3) "Cambissolo" (Typic Dystrochrept). Os horizontes A (0 a 20 cm) e B (40 a 60 cm) foram avaliados separadamente. A classe (1) foi subdividida com base na textura do horizonte B em: muito argilosa, argilosa, média e média leve. A classe (2), devido à grande diferença textural entre os horizontes A e B, foi subdividida (A/B) em média/argilosa e arenosa/média. A classe (3) não foi subdividida. Com dados de alturas dominantes de parcelas permanentes, estabelecidas em toda a área, foram elaboradas curvas de classificação de sítio que possibilitaram a obtenção dos índices de sítio (altura dominante aos 15 anos) para 5 parcelas em cada subdivisão. Destas parcelas, foram coletadas amostras de solos para análise química e granulométrica. Com estes dados, quatro classes de sítios foram estabelecidas. O teor de argila no solo foi determinante para estabelecer as classes de sítios. Teores de cálcio + magnésio e potássio também interferiram, embora em escala pouco significativa. Para cada classe de sítio, foi simulada a produção de reflorestamentos de *P. taeda*, com diferentes números de árvores plantadas por hectare.

* Engº Agrônomo, MSc., CREA PR-001985/D, CREA-RJ-13294.D, CREA PR-2049/D, Embrapa Florestas,
Estrada da Ribeira, km 111, 83411-000

** Engº Florestal, MSc. INPACEL, Caixa Postal 11. 84.990-000. Arapoti-PR. Brasil

*** Engº Agrônomo, Dr., CREA AC 1211/D, CREA-SP----

**** Engº Florestal, Dr. CREA PR-2413-D Colombo-PR.Brasil, Consultor IICA-Embrapa

***** Engº Florestal, MSc. Estagiária do CNPq

PALAVRAS-CHAVE: índice de sítio, altura dominante, classificação de solos.

**EFFECTS OF SOIL CHARACTERISTICS ON THE PRODUCTIVE CAPACITY OF
*Pinus taeda***

SUMMARY

Among the productivity indicators of a forest stand, the most significant are: physical, chemical and mineralogical characteristics of the soil; climate; physiographic features and biotic factors. This study was based on pedologic surveys and soil classification data combined with periodic measurements of *Pinus taeda* L. in a 5,600 ha area located in the Municipality of Arapoti, State of Paraná. The data led to a site classification and to the study of the influences of soil characteristics on pine growth and production. Three main classes of soils were identified: (1) : "Dark Red Latosol" (Rhodic Hapludox), (2) "Red Yellow Podzol" (Typic Paleudult/Hapludult) e (3) "Cambisol" (Typic Dystrochrept). Horizons A (0 to 20cm) and B (40 to 60cm) were analyzed separately. Class (1) was subdivided according to the texture of B horizon, into: very fine clayey, fine clayey, loamy sand clay, and loamy sand. Due to marked difference in texture between horizons A and B, class (2) was subdivided (A/B) into loamy over clayey and sandy over loamy. Class (3) was not subdivided. Based on the dominant height of permanent sampling plots for the whole area, classification curves were drawn for the site. These revealed site indices (dominant height at year 15) for 5 sampling plots in each subdivision. Soil samples were collected from these sampling plots for further chemical and granulometric analyses. Four sites classes were established based on this data. Clay content in the soil was the main factor determining site classes. Calcium + magnesium and potassium contents had some importance but were less significant. The level of production of forests planted with *P. taeda* was simulated for each class of site with varying numbers of trees per hectare.

KEY WORDS: Site index, dominant height, soil classification.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade produtiva de um povoamento florestal pode ser avaliada, para determinado local, através da medição de fatores intrínsecos ou extrínsecos à biomassa florestal. Ortega & Montero (1988) destacam, como fatores intrínsecos, a altura dominante ou média, o crescimento médio máximo, o volume total no final da rotação e a intercepção. Como fatores extrínsecos do biótipo: o clima, a litologia, a edafologia e a morfologia; e da biocenose: espécies indicadoras (sociologia) e associações indicadoras (fitossociologia). Esta capacidade produtiva depende, portanto, fundamentalmente, das condições do solo e do meio ambiente. A classe de solo agrega importantes informações, destacando-se a profundidade do solum, a classe de textura, os níveis de nutrientes, o teor de matéria orgânica, a atividade química da fração coloidal e a presença de camadas compactadas que poderiam restringir o crescimento das raízes e a percolação de água. Com relação ao meio ambiente, as informações se referem, principalmente, à classe de relevo, ao material de origem do solo, ao tipo de cobertura vegetal primitiva e à presença de

pedregosidade e rochosidade. Dentre estes fatores, a influência que as propriedades físicas e químicas dos solos exercem sobre o crescimento das árvores tem merecido atenção especial. Pesquisas sobre estes aspectos têm sido direcionadas, principalmente, à definição de espécies a serem plantadas e indicações de práticas de manejo dos solo e dos povoamentos florestais. Coile (1952) apresentou um amplo trabalho abordando este assunto. Diversos outros autores vêm demonstrando que as características do solo como teor de argila nos horizontes A e B, profundidade, níveis de nutrientes e capacidade de retenção de umidade afetam a qualidade do sítio, dependendo do tipo de solo e das espécies envolvidas.

As propriedades físicas do solo têm se relacionado, com maior freqüência, à capacidade produtiva dos sítios florestais do que as químicas, principalmente nos aspectos da capacidade de retenção e armazenamento de umidade do solo (Gonçalves et al., 1990). A estrutura do solo, a consistência, a capacidade de retenção de água, a drenagem e as reações de troca entre o sistema radicular e o complexo coloidal são diretamente dependentes da textura. Esta pode ser considerada, individualmente, como a característica que mais influencia na capacidade produtiva dos sítios florestais.

Estudos desenvolvidos por Petersen et al., (1968) demonstraram que a disponibilidade de água é mínima em solos de textura arenosa, máxima nos solos de textura média com altos teores de silte e intermediária nos de textura mais fina. Solos argilosos costumam ser mais férteis que os arenosos, embora possam apresentar drenagem insuficiente (Zobel et al., 1987). Entretanto, quando se trata de latossolos, que são bem drenados, essa generalização não se aplica.

A atuação conjunta de diversos fatores no crescimento da floresta, aliada à dificuldade de medição de algumas variáveis, principalmente as referentes ao clima e ao solo, tem dificultado o trabalho com modelos que contemplam todos estes fatores. A alternativa mais utilizada tem sido o uso da altura dominante como índice (Índice de Qualidade de Sítio ou "Site Index") que se refere à altura dominante em uma determinada idade de referência (Philip, 1994).

A associação de características do solo à classificação de sítio tem sido enfocada por diversos autores. No Canadá, a relação solo-sítio foi estudada para *Tsuga heterophylla* por Kayahara et al. (1995). No Segundo Planalto do Estado do Paraná, Menegol (1991) selecionou variáveis nutricionais que possam servir de base para o estudo do crescimento em altura de *P. elliottii* e concluiu que os teores de magnésio e zinco são os fatores mais limitantes ao crescimento em altura do *Pinus*. Nesse trabalho, foram ajustadas curvas para classificação de sítio para *P. elliottii*.

Doldan (1987), também, encontrou forte correlação do crescimento em altura de *P. taeda* com os teores de nitrogênio, zinco e cobre foliares e profundidade do horizonte superficial do solo, considerando estas variáveis como as mais limitantes para o crescimento dessa espécie no Segundo Planalto Paranaense. Nessa região, os melhores sítios estão relacionados aos solos com horizonte B latossólico de elevada friabilidade, e com os localizados em terraços, independentes da classe, devido à maior disponibilidade de água (Santos Filho & Rocha, 1987). Estes autores referem-se à espessura de solos litólicos e à drenagem excessiva nos solos de textura arenosa e média, como condições limitantes permanentes ao uso do solo e à estrutura, à porosidade, ao tipo de horizonte A e à compactação como condições limitantes não permanentes para o desenvolvimento do *Pinus*.

Os objetivos do presente trabalho foram estudar os efeitos das características físicas e químicas de alguns solos paranaenses sobre a capacidade produtiva de *P.*

taeda e agrupar estes solos de acordo com as classes de produtividade madeireira. O estudo visa fornecer subsídios às classificações de sítio, inclusive a priori, isto é, antes de se plantar a floresta e, assim, possibilitar o planejamento da produção e a definição de regimes de manejo adequados a cada povoamento florestal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente trabalho vieram de levantamentos pedológicos e de medições periódicas de *P. taeda* em uma área de 5600 ha, no município de Arapoti, Estado do Paraná, Brasil. Para a elaboração das curvas de classificação de sítio, foi utilizada a equação $H = S \cdot e^{[-4,6433(1/I)^{0,5220} - 1/15]^{0,5220}}$, onde H é a altura dominante na idade I e S é o índice de sítio, inserida no software Sispinus (Oliveira, 1995). Antes da utilização desta equação, foram realizadas análises gráficas para validação, através da plotagem dos dados de altura dominante com intervalos de 2 m à idade índice de quinze anos disponíveis das parcelas permanentes, e verificação de suas consistências em anos subseqüentes, dentro da mesma classe de sítio. Com este procedimento, obteve-se o índice de sítio dado pela altura dominante aos 15 anos.

Os solos foram classificados (*in loco*) e as seguintes variáveis foram analisadas no laboratório da Embrapa Florestas: teores de argila, silte, areia (fina e grossa), matéria orgânica, pH, P, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, Al⁺⁺⁺ e H⁺ + Al⁺⁺⁺. A seleção das variáveis mais importantes na determinação da qualidade de sítio foi efetuada através do seguinte procedimento:

a) inicialmente, foram determinadas as correlações da altura dominante aos 15 anos com cada uma das 28 variáveis analisadas. Todas as variáveis que apresentaram coeficiente de correlação não significativo ao nível de 1% com a altura dominante foram descartadas.

b) utilizando-se a metodologia de componentes principais (Johnson & Wichern, 1992), foram calculados os vetores e auto-valores para as variáveis que apresentaram correlações significativas com a altura dominante. Considerando os primeiros vetores que explicaram 90% da variação total das variáveis, foi identificada, dentro de cada vetor, a variável com coeficiente de maior valor absoluto. Assim, a variável com maior coeficiente no vetor de maior auto-valor foi a de maior importância. Com os demais vetores, até o limite de 90% estabelecido, o procedimento foi semelhante.

c) a seguir, foi efetuado o ajuste de regressão, pelo método "stepwise" (Draper & Smith, 1978), das variáveis selecionadas no item b sobre a altura dominante, aos 15 anos de idade. Este procedimento inclui, na equação, variáveis independentes a partir da variável de maior correlação com a altura dominante, re-examinando-se cada variável em conjunto com as anteriormente selecionadas e incluindo-as na equação definitiva, se o valor for significativo ao nível $p = 0,01$ do teste "F".

Para o estudo do potencial de produção de madeira de cada classe de sítio identificada, foi utilizado o simulador Sispinus (Oliveira, 1995). Para isso, foram considerados reflorestamentos implantados com densidades iniciais variando de 1.111 a 2.000 árvores/ha em cada classe de sítio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise estatística

A partir dos coeficientes de correlação da altura dominante aos 15 anos com as variáveis analisadas (Tabela 1) foram selecionadas as variáveis pH e matéria orgânica apenas no horizonte A. Nos horizontes A e B, foram selecionadas as variáveis Ca⁺⁺, Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ e todas as variáveis relacionadas à granulometria do solo.

TABELA 1. Coeficientes de correlação entre altura dominante de *P. taeda* aos 15 anos e características de solo no local do experimento, em Arapoti, PR.

Horizonte A												
pH	K ⁺	Ca ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺ + Al ⁺	M.O.	P	Na ⁺	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Altura	0,48	0,19	0,63*	0,63*	-0,02	0,26	0,37	0,07	0,02	-	-	0,54* 0,49*
Domin.	*					*						0,56* 0,57* 0,37*
(15 anos)												
Horizonte B												
pH	K ⁺	Ca ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺ + Al ⁺	M.O.	P	Na ⁺	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Altura	0,10	0,12	0,50*	0,64*	0,19	0,27	0,19	0,08	0,001	-	-	0,50* 0,46*
Domin												0,57* 0,55* 0,50*
(15 anos)												

* significativo ao nível de 1%

Das variáveis apresentadas na Tabela 1, as relacionadas à granulometria do solo foram as que apresentaram entre si os maiores valores absolutos, inclusive entre os horizontes (Tabela 2).

TABELA 2. Coeficientes de correlação entre características do solo nos horizontes (A e B) em Arapoti, PR.

	Ca ²⁺ A	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ A	M.O. A	Areia A	Areia Grossa A	Areia Fina A	Silte A	Argila A	Ca ²⁺ B	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ B	Areia B	Areia Grossa B	Areia Fina B	Silte B	Argila B
pH A	0,51	0,52	0,03	0,01	-0,01	0,07	-0,03	0,02	0,29	0,41	0,04	0,04	0,02	-0,09	0,01
Ca ²⁺ A		0,98	0,41	-0,38	-0,39	-0,26	0,55	0,21	0,81	0,88	-0,37	-0,36	-0,33	0,42	0,31
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ A			0,43	-0,44	-0,44	-0,30	0,57	0,28	0,79	0,83	-0,42	-0,40	-0,37	0,45	0,36
M.O. A				-0,53	-0,47	-0,51	0,38	0,53	0,37	0,41	-0,51	-0,45	-0,53	0,42	0,52
Areia A					0,96	0,79	-0,87	-0,94	-0,37	-0,39	0,99	0,96	0,84	-0,92	-0,94
Areia Grossa A						0,61	-0,89	-0,88	-0,38	-0,38	0,96	0,98	0,70	-0,90	-0,91
Areia Fina A							-0,59	-0,80	-0,26	-0,29	0,78	0,64	0,95	-0,70	-0,76
Silte A								0,67	0,47	0,48	-0,86	-0,88	-0,64	0,96	0,72
Argila A									0,24	0,28	-0,93	-0,88	-0,85	0,77	0,96
Ca ²⁺ B										0,88	-0,40	-0,38	-0,35	0,36	0,38
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ B											-0,41	-0,39	-0,37	0,37	0,40
Areia B												0,98	-0,84	-0,92	-0,96
Areia Grossa B													0,70	-0,91	-0,92
Areia Fina B														-0,74	-0,84
Silte B															0,78

Efetuando-se a análise de componentes principais (Tabela 3), observa-se que os primeiros quatro vetores explicaram 91,98% da variação total, indicando que as quatro variáveis, correspondentes aos maiores valores absolutos dos coeficientes, de cada um dos quatro primeiros vetores, praticamente dispensam a utilização das demais variáveis inicialmente avaliadas.

TABELA 3. Parâmetros dos componentes principais das características do solo no local do experimento em Arapoti, PR , de maior importância na determinação da altura dominante em *P. taeda*.

Vetor	Auto-valores	Variância Relativa	Variância Acumulada
1	9,9294	62,05	62,05
2	3,0638	19,15	81,21
3	0,9385	5,86	87,07
4	0,7849	4,90	91,98
5	0,5430	3,39	95,37
6	0,4085	2,55	97,93
7	0,1226	2,55	98,69
8	0,1119	0,77	99,39
9	0,0409	0,70	99,64
10	0,0280	0,25	99,82
11	0,0199	0,17	99,94
12	0,0070	0,12	99,99
13	0,0016	0,04	99,99
14	0,0001	0,01	99,99
15	0,0001	0,01	99,99
16	0,51	0,01	100,00

As variáveis identificadas como as mais importantes (Tabela 4) foram teor de argila no horizonte B, seguida por cálcio, matéria orgânica e pH (estas três no horizonte A). A análise de regressão múltipla destas quatro variáveis sobre a altura dominante indicou que a matéria orgânica ($p = 0,61$ no modelo ajustado) poderia ser suprimida da equação resultando em: Altura Dominante = $-14,61 + 0,0623.\text{argila} + 2,2492.\text{Ca}^{2+} + 7,9829.\text{pH}$ ($R^2 = 0,59^{**}$)

Esta equação, juntamente com o auto percentual de variância relativa do primeiro vetor (62,05%), em que foi identificada a variável argila no horizonte B com a maior influência, indicam que, no estudo dos sítios, as características físicas (granulométricas) são fundamentais. Assim, a interpretação dos resultados e a caracterização dos sítio podem ser estruturadas a partir da classificação dos solos.

TABELA 4. Auto-vetores dos quatro primeiros componentes principais das características de solo no local do experimento, em Arapoti, PR.

VARIÁVEL	HORIZONTE	VETOR 1	VETOR 2	VETOR 3	VETOR 4
pH	A	0,0284	-0,3703	0,1591	-0,8166
Ca ²⁺	A	0,1819	-0,4509	-0,0498	0,0619
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	A	0,1945	-0,4252	-0,0383	0,0076
M.O.	A	0,1899	-0,0554	0,5292	0,3226
Areia	A	-0,2971	-0,1248	0,0558	0,0765
Areia Grossa	A	-0,2951	-0,1021	0,2358	0,1223
Areia Fina A	A	-0,2497	-0,1458	-0,4185	-0,0572
Silte	A	0,2816	0,0050	-0,3935	0,1154
Argila	A	0,2814	0,1914	0,1731	-0,2329
Ca ²⁺	B	0,1777	-0,3895	-0,0294	0,2789
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	B	0,1853	-0,4126	0,0306	0,1543
Areia	B	-0,3076	-0,1250	0,0859	0,0501
Areia Grossa	B	-0,2959	-0,1185	0,2328	0,0756
Areia Fina	B	-0,2704	-0,1138	-0,3601	-0,0166
Silte	B	0,2877	0,0993	-0,2731	0,0755
Argila	B	0,3086	0,1312	0,0868	-0,1333

3.2. Definição das classes de sítio

Para cada parcela estudada, as seguintes classes de solos foram identificadas:

LE: "Latossolo Vermelho-Escuro"

PV: "Podzólico Vermelho Amarelo"

C: "Cambissolo"

Em relação à textura, foram encontradas as seguintes classes:

Textura Muito Argilosa - Solos com teor de argila maior que 60% no horizonte B. No presente trabalho, considerou-se como tal, solos com 50% ou mais de argila na profundidade de 80-100 cm.

Textura argilosa - Solos com teor de argila entre 35% e 60% no horizonte B. Foram considerados, entretanto, solos com 35% a 50% de argila na profundidade de 80-100 cm.

Textura média - Solos que, na profundidade de 80-100 cm, enquadram-se na classe de textura franco-argilo-arenosa.

Textura média leve - Solos que, na profundidade de 80-100 cm, enquadram-se na classe de textura franco-arenosa.

Textura média/argilosa - Solos com textura média no horizonte A e argilosa no B (80-100cm).

Textura arenosa/média - Solos com textura arenosa no horizonte A e franco-arenosa ou franco-argilo-arenosa no horizonte B (80-100cm).

Relacionando a altura dominante do *Pinus* aos 15 anos de idade, com os fatores do solo, foram estabelecidas quatro classes de sítio (Tabela 5):

I. Classe de ALTA produtividade - Compreendendo áreas de "Latossolo Vermelho-Escuro" textura argilosa/muito argilosa (50% ou mais de argila ao longo do perfil). A altura dominante do *Pinus*, aos 15 anos de idade, é em torno de 21,7m;

TABELA 5. Características de cada classe de solo estudada nos horizontes A e B, e altura dominante aos 15 anos de idade do *Pinus taeda*.

Classificação do Solo	Arena grossa (%) A - B	Arena fina (%) A - B	Silte (%) A - B	Argila (%) A - B	Alt. Dom.(m) aos 15 anos de idade	Classe do sítio
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura muito argilosa	11 - 9	10 - 8	22 - 18	58 - 65	21,7	I
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura argilosa	26 - 25	15 - 11	19 - 16	41 - 48	19,5	II
CAMBISSOLO textura argilosa	8 - 9	5 - 8	37 - 35	50 - 47	19,7	II
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, textura argilosa.	20 - 16	16 - 11	27 - 30	37 - 43	19,7	II
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, textura média no horizonte A e argilosa no B	26 - 17	31 - 20	19 - 24	24 - 39	19,7	II
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura média (classe textural franco-argiloarenosa no horizonte B)	42 - 41	24 - 21	14 - 13	20 - 26	18,0	III
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura média leva	59 - 54	21 - 18	8 - 11	12 - 17	16,6	IV
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO textura arenosa no horizonte A e média no	59 - 47	20 - 16	9 - 16	11 - 21	16,5	IV

Continuação da Tabela 5.

Classificação do Solo	pH (CaCl ₂) A - B	Ca + Mg A - B	K A - B	Materias Orgânicas (%). A - B	Al ³⁺ A - B	P A - B
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO muito argilosa	3,99 - 4,27	0,32 - 0,22	0,07 - 0,03	4,5 - 1,7	2,1 - 0,9	1 - tr
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO argilosa	3,91 - 4,22	0,16 - 0,20	0,04 - 0,02	2,5 - 1,8	1,7 - 1,2	1 - tr
CAMBISOLO textura argilosa	3,84 - 3,87	0,65 - 0,29	0,43 - 0,40	4,2 - 2,9	5,3 - 5,9	3 - 1
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, textura argilosa.	3,90 - 3,94	0,64 - 0,32	0,54 - 0,13	3,5 - 2,0	2,8 - 3,0	2 - 1
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, textura média no horizonte A e argilosa no B	3,85 - 3,90	0,49 - 0,20	0,08 - 0,06	1,9 - 1,1	3,3 - 3,9	2 - 1
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO média I classe textural franco-argilo-arenosa no horizonte B	3,91 - 3,98	0,13 - 0,12	0,04 - 0,02	2,5 - 1,4	2,0 - 1,6	1 - tr
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO média leve	3,87 - 4,04	0,10 - 0,13	0,03 - 0,02	2,5 - 1,3	1,5 - 1,2	1 - tr
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO textura ARENOSA no horizonte A e média em B	3,81 - 4,01	0,19 - 0,15	0,06 - 0,28	2,7 - 1,3	2,07 - 1,7	2 - 1

II Classe de MÉDIA/ALTA produtividade - Compreendendo áreas de: "Latossolo Vermelho-Escuro" textura argilosa (35 a 50% de argila no horizonte B), "Cambissolo" textura argilosa e "Podzólico Vermelho Amarelo" textura argilosa ou textura média no horizonte superficial e argilosa nos demais. A altura dominante do *Pinus*, aos 15 anos de idade é de aproximadamente 19,5m;

III Classe de MÉDIA produtividade - Compreendendo áreas de "Latossolo Vermelho-Escuro" textura média (classe textural franco argilo-arenosa no horizonte B). A altura dominante do *Pinus*, aos 15 anos de idade, é em torno de 17,8m;

IV Classe de BAIXA produtividade - Compreendendo áreas de "Latossolo Vermelho-Escuro" textura média leve e "Podzólico Vermelho-Amarelo" textura arenosa no horizonte A e média no B. A altura dominante do *Pinus*, aos 15 anos de idade, é de aproximadamente 16,5m.

Apesar do teor de argila no solo ser aparentemente determinante na classificação de sítios, há indícios de que os teores de cálcio + magnésio e os de potássio, também, interferem no crescimento das espécies florestais. Nos "latossolos", os teores de cálcio + magnésio variaram de 0,32 a 0,12 cmol/dm³ nos de textura muito argilosa e média leve, respectivamente, enquanto que os teores de potássio variaram de 0,07 a 0,02 cmol/dm³. Apesar destes valores serem considerados muito baixos, nos solos argilosos, os teores são cerca de três vezes maiores do que nos mais arenosos.

Nos "cambissolos" e "podzólicos", ambos de textura argilosa e incluídos na classe de MÉDIA/ALTA produtividade, os teores de cálcio, magnésio e potássio foram significativamente maiores em relação aos latossolos, compensando possíveis desvantagens em termos de características físicas.

3.3. Reflexos na produção madeireira

As simulações do incremento médio anual do povoamento de *Pinus* com 15 anos de idade e do incremento médio anual máximo nas respectivas idades (Tabela 6), mostraram que, enquanto a classe de sítio I (21,7m) apresenta altura dominante 31,5% maior que a classe de sítio IV (16,5m), sua produção, aos 15 anos, em todas as densidades iniciais estudadas, foi 80% maior. Comparando-se a classe II com a IV, os 3 m de diferença representam entre 40% e 55% na produção.

TABELA 6. Classes de sítio e regimes de manejo de *Pinus taeda*

Nº árvores plantadas	Classe de sítio	Altura Dominante (15 anos)	Incremento médio anual (m ³ / ha) aos 15 anos	Incremento médio anual máximo (m ³ / ha) e idade correspondentes (anos)
2000	I	21,7m	38,1	38,2 (16 anos)
2000	II	19,5m	31,2	31,5 (16 ")
2000	III	17,8m	25,6	26,2 (17 ")
2000	IV	16,5m	20,9	21,9 (19 ")
1667	I	21,7m	35,5	35,7 (16 anos)
1667	II	19,5m	28,7	29,3 (17 ")
1667	III	17,8m	23,3	24,3 (19 ")
1667	IV	16,5m	19,9	20,1 (20 ")
1333	I	21,7m	31,9	32,6 (17 anos)
1333	II	19,5m	25,5	26,7 (19 ")
1333	III	17,8m	20,5	21,8 (20 ")
1333	IV	16,5m	16,4	16,8 (22 ")
1111	I	21,7m	29,4	30,4 (19 anos)
1111	II	19,5m	23,0	24,3 (20 ")
1111	III	17,8m	18,3	19,9 (21 ")
1111	IV	16,5m	16,3	16,6 (23 ")

Em termos de incremento médio anual máximo, como se esperava, quanto mais produtivo for o sítio, mais cedo este incremento é atingido. Isto indica a possibilidade de antecipação de cortes finais ou necessidade de adoção de regimes de manejo que contemplem desbastes.

4. CONCLUSÕES

Os solos de textura mais argilosa, independentemente da classe a que pertencem, propiciam maior crescimento do *Pinus taeda*, na região de Arapoti, PR.

Na classe dos "latossolos", a altura dominante das árvores, aos 15 anos de idade, nos solos de textura muito argilosa, supera em 5,2m a obtida nos solos de textura média leve.

Em todos os solos examinados, independente da textura, os teores de P assimilável são extremamente baixos. Na classe de sítio de média/alta produtividade, que abarca "latossolos", "podzólicos" e "cambissolos", todos com textura argilosa, os teores de potássio e cálcio + magnésio são significativamente maiores nos "podzólicos" e "cambissolos", compensando uma possível desvantagem em relação aos "latossolos", no que se refere às características físicas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

COILE, T.S. Soil and the growth of forest. **Advances in agronomy**. New York, v.4, p.329-98. 1952.

- DOLDAN.M.E.Q. **Desenvolvimento da altura dominante de *Pinus taeda* L., como resposta aos estímulos dos fatores do meio na região de Ponta Grossa-PR.** UFPR, Curitiba, 119p. 1987. Tese Mestrado.
- DRAPPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis.** 2.ed. New York. John Wiley & Sons. Inc., 1981. 709p.
- GONÇALVES, J.L.M. DEMATTÉ; J.L.I., COUTO, H.T.Z. Relações entre a produtividade de sitios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba n.43/44, p.24-39. 1990.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis.** 3.ed. Englewoof Cliffs: Prendice Hall, 1992. 642p.
- KAYAHARA, G.J.; CARTER, R.E.; KLINKA, K. Site index of western hemlock (*Tsuga heterophylla*) in relation to soil nutrient and foliar chemical measurements. **Forest Ecology and Management.** v.74, p.161-169, 1995.
- MENEGOL, O. **Índice de sitio e a relação entre altura dominante e teores nutricionais das acículas em povoamentos de *Pinus elliottii* var *elliottii* no segundo planalto paranaense.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 1991. 74p. Tese Mestrado.
- OLIVEIRA, E.B. de. **Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L. com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 1995. 126p. Tese Doutorado.
- OLIVEIRA, Y.M.M.; OLIVEIRA, E.B.; HAFLEY, W.L. **Classificação de sitio para povoamentos de *Pinus taeda* no sul do Brasil.** IN: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6. 1990: Campos do Jordão. **Anais.** Campos do Jordão, SBS, 1990. p.357-61.
- ORTEGA, A.; MONTEIRO, G. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revision bibliografica. **Ecología**, n.2, p.155-184, 1988.
- PETERSEN, G.W. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I Moisture retention as related to texture. **Soil Sci. Am. Proc.**, Madison, v.32, p.271-275. 1968.
- PHILIP, M.S. Measuring trees and forest. 2ed. Wallingford: CAB International, 1994. 310p.
- SANTOS FILHO, A.G., ROCHA, H.O. Principais características dos solos que influem no crescimento de *Pinus taeda* L. no segundo planalto paranaense. Ver. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, p.107-111. 1987.
- ZOBEL, B.J.; WYK, G. Van; STAHL, P. **Growing exotic forest.** New York, John Wiley & Sons. Inc., 1987. 508p.