

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM RECUPERAÇÃO SOB PLANTIO DE *Pinus* spp.

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A RED LATOSOL IN RECOVERING UNDER *Pinus* spp.

Alexandre Marques Da Silva¹ Daniela Sílvia de Oliveira Canuto² Marlene Cristina Alves³
Salatiér Buzetti⁴ Mario Luiz Teixeira de Moraes⁵ Arnaldo Yoso Sakamoto⁶

RESUMO

Para a recuperação de um solo é preciso selecionar e identificar espécies aptas às novas condições edáficas e que, de forma rápida, acelerem a estruturação e formação dos horizontes mais superficiais do solo. O experimento teve como objetivos avaliar o desenvolvimento de algumas espécies e variedades de *Pinus*, visando à detecção daquelas que apresentam maior potencialidade de adaptação e recuperação do solo degradado na região de cerrado e, para isto, foram avaliadas as condições químicas do solo em que se encontram as mesmas. Aos 20 anos, após o plantio, analisaram-se as características silviculturais e as propriedades químicas do solo. Foram coletadas em cada parcela amostras deformadas nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. A utilização de espécies de *Pinus* na recuperação de áreas degradadas mostrou-se promissora melhorando as condições químicas do solo na camada de 0,00 – 0,10 m, destacando-se o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por apresentar bom crescimento aliado a sua sobrevivência, o que garante a cobertura do solo devido à deposição de matéria orgânica aumentando a soma de bases e a capacidade de troca catiônica. As espécies de *Pinus* estão proporcionando condições para o aumento da diversidade de espécies espontâneas.

Palavras-chave: solos degradados; qualidade do solo; área de empréstimo.

ABSTRACT

For the recovery of a soil, it is necessary to select and to identify suitable species to new soil conditions and, quickly, accelerate the structuring and formation of more superficial horizons of the soil. The experiment aimed to evaluate the development of some species and varieties of *Pinus*, aiming at detecting those that present the greatest potential for adaptation and recovery of degraded land in the savannah region, and for this, we evaluated the chemical conditions of the soil where they are present. At 20 years after planting, we analyzed the silvicultural characteristics and the chemical properties of the soil. In each plot, deformed

1 Geógrafo, Doutorando, Técnico Agropecuário do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Ilha Solteira, Av. Brasil 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. amsilva@agr.feis.unesp.br

2 Bióloga, Dr^a., Professora Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Ilha Solteira, Av. Brasil 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. dsocanuto@gmail.com

3 Engenheira Agrônoma, Dr^a., Professora Titular do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Ilha Solteira, Av. Brasil 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. mcalves@agr.feis.unesp.br

4 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Ilha Solteira, Av. Brasil 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. sbuzetti@agr.feis.unesp.br

5 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Ilha Solteira, Av. Brasil 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. teixeira@agr.feis.unesp.br

6 Geógrafo, Dr., Professor do Departamento de Ciências Humanas, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Ranulfo Marques Leal 3484, Distrito Industrial, CEP 79610-000, Três Lagoas (MS), Brasil. arnaldo.sakamoto@ufms.br

samples were collected in the layers of 0.0-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m. The use of *Pinus* species in reclamation showed promising improving the chemical conditions of the soil layer from 0.00 to 0.10 m, highlighting the *Pinus caribaea* var. *hondurensis* to present a good growth combined their survival, which guarantees the coverage of the soil due to deposition of organic matter by increasing the sum of bases and cation exchange capacity. The species of *Pinus* are providing conditions for the increasing of the diversity of spontaneous species.

Keywords: degraded soils, soil quality; lending area.

INTRODUÇÃO

Durante muito tempo falou-se que a geração de energia hidrelétrica não causava impactos ambientais negativos ao meio ambiente, no entanto, muitas pesquisas demonstraram que este tipo de geração de energia antes tido como “energia limpa” causa sérios impactos ambientais negativos desde a sua construção até o seu funcionamento (INATOMI; UDAETA, 2011). Um dos principais danos ambientais gerados pela construção de hidrelétricas são as áreas de empréstimos, locais utilizados para a remoção de solo e descarte de materiais diversos, causando modificação da paisagem, e produzindo impactos ambientais, sociais e econômicos.

Área de empréstimo é o local do qual se retira material mineral (argila, rochas, etc.), destinado às obras de engenharia. As áreas de empréstimo são definidas após prospecções geológicas, considerando fatores técnicos (mecânica dos solos) e econômicos (distância de transporte e volume da jazida), compatibilizados com fatores ecológicos e estéticos (MÜLLER, 1995). As áreas de empréstimo apresentam baixo índice de revegetação natural, ficando seus solos desnudos e expostos aos processos de erosão acelerada, sobretudo os ocasionados pelas chuvas, pois possui baixa taxa de infiltração e armazenamento de água, por possuir um solo compactado pela movimentação de máquinas pesadas ou pela exposição do subsolo, não fornecendo condições adequadas para o desenvolvimento de plantas, pois apresenta baixos teores de matéria orgânica, deficiência de oxigênio e aumento da densidade do solo, dificultando a penetração de raízes. No momento que a cobertura vegetal nativa é retirada de uma região e substituída por uma cidade, outra cultura, pasto, etc., a dinâmica de evolução do relevo altera-se. É o momento de ruptura de um processo que foi elaborado ao longo das eras, e da perda da estabilidade delicada dos elementos da relação. A evolução das formas sai da escala geológica para

entrar na história. Apesar dos poucos estudos a este respeito, poderia se afirmar que o relevo desprovido de sua vegetação natural evoluirá para formas diferentes (e, sem dúvida, muito mais rapidamente) daquelas que evoluiria em condições naturais (NOFFS, 1982).

As áreas de empréstimo constituem-se em um ecossistema degradado, que teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento. Com estas características edáficas, a escolha das espécies que iniciarão a sucessão ecológica é de suma importância, tendo que ser capaz de produzir condições favoráveis para que, gradualmente sejam substituídas por outras espécies até que as condições ambientais cheguem a uma diversidade compatível com as características daquele ambiente. A adaptação e desenvolvimento dessas espécies dependerá das condições físicas, químicas, biológicas e hídricas do solo, bem como das condições do microclima local (ALVES, 2001).

O gênero *Pinus* ocorre naturalmente em várias regiões do mundo em diferentes climas e solos. Segundo Gurgel Filho (1965-66), a ocorrência natural de *Pinus* acha-se entre 2°06' de latitude sul ou centro de Sumatra, até 69°45' de latitude norte, ou seja, na Finlândia, Mongólia e Sibéria. A maior quantidade de espécies em estado nativo encontra-se no Hemisfério Norte. Quanto à altitude, encontram-se desde quase ao nível do mar até cerca de 3000 m. A grande maioria está em planaltos ou regiões montanhosas com cerca de 700 m.

Silva et al. (2002a), trabalhando em área degradada com diferentes espécies de *Pinus* com 5 anos, e manejo de um Latossolo em Selvíria – MS, concluíram que o gênero *Pinus* mostrou-se promissor para a recuperação destas áreas, devido ao bom desenvolvimento e sobrevivência que garante uma razoável cobertura do solo, destacando-se o

Pinus oocarpa, *Pinus patula* var. *tecunumanii* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

Para a revegetação de áreas degradadas não existe uma receita de manejo, portanto, para cada situação o maior número de espécies nativas ou exóticas deve ser testada, considerando que, no caso de exóticas, deve-se conhecer o comportamento da espécie em termos de sucessão, para evitar que estas passem a ser dominantes no ecossistema. Dessa forma, objetiva-se uma diversidade razoável de espécies adaptadas às difíceis condições iniciais (CAMPELLO, 1998).

Silva et al. (2011) e Silva et al. (2012) avaliaram as características químicas de Latossolo Vermelho distrófico sob reflorestamento ciliar após 20 anos de plantio em área de cerrado e concluíram que as espécies plantadas estão contribuindo com a deposição de material orgânico suficiente para que haja reciclagem de nutrientes, mantendo as características químicas do solo em boas condições para que ocorra o estabelecimento da mata ciliar.

Os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad), apesar de exigidos desde 1989, são relativamente recentes nos empreendimentos e há uma evidente dissociação entre as medidas praticadas e aquelas preconizadas nesses planos. A maior parte dos trabalhos de recuperação de áreas degradadas pela mineração que se tem registrado no Estado de São Paulo tem caráter incipiente e se baseia especialmente na execução de medidas restritas de revegetação, visando atenuar o impacto visual gerado (MECHI; SANCHES, 2010).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivos avaliar o desenvolvimento de algumas espécies e variedades de *Pinus*, visando à detecção daquelas que apresentam maior potencialidade de adaptação e recuperação ao solo degradado na região de Cerrado, e avaliar as condições químicas do solo em que as mesmas se encontram.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 01 de março de 1982 em uma área de empréstimo localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pertencente à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (FE/Unesp), área de Produção Animal, localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul situada a 51°23'59,09" de longitude Oeste de Greenwich e 20°22'03,97" de latitude Sul, a uma altitude de 334 m. O tipo climático é Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado

como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (DEMATTE, 1980), apresentando temperatura média anual de 25°C e precipitação anual de 1.300 mm (CENTURION, 1982).

Demattê (1980) caracterizou o solo original do local como sendo do tipo Latossolo Vermelho-Escuro álico com textura média (20 – 35 % argila), muito profundo, rico em sesquióxido. A sua fração argila é de baixa atividade e denominada essencialmente pela gibbsita e caulinita. O solo, classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013), é um Latossolo Vermelho Distrófico. A área de estudo está localizada no Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná, apresenta declives muito suaves, relevo plano e suavemente ondulado (ALVES, 2001). A área estudada possuía vegetação natural de Cerrado. A pesquisa foi desenvolvida no subsolo do solo citado anteriormente, pois houve remoção de uma camada de 8,60 m de profundidade para o terrapleno e fundação da barragem, com o objetivo de se construir a usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP.

Foi feita uma única adubação inicial por cova em todo o experimento de 30 g de N, 80 g de P₂O₅ e 15 g de K₂O, usando como fontes respectivamente o nitrato de amônio, termofosfato yoorin e o cloreto de potássio. Não foi feita a correção do pH do solo no plantio do experimento. Ao longo dos anos do experimento não houve nenhuma outra adubação química, orgânica ou correção do pH do solo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, constituindo de quatro repetições e seis tratamentos. Os tratamentos são compostos por espécies e variedades de *Pinus*: *Pinus caribaea* var. *bahamensis*; *Pinus caribaea* var. *caribaea*; *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; *Pinus oocarpa* (Agudos-Brasil); *Pinus oocarpa* (Guaimaca-Honduras) e *Pinus strobus* var. *chiapensis*. Cada parcela possui 42 plantas, sendo 20 úteis, plantadas no espaçamento de 2,5 x 2,0 m. O *Pinus strobus* var. *chiapensis* não suportou as condições do local, sendo que todas as plantas morreram, no entanto, estas parcelas vêm sendo utilizadas como testemunha. O experimento foi analisado, portanto, com apenas cinco tratamentos, para as características silviculturais avaliadas. As mudas das espécies e variedades de *Pinus* utilizadas no experimento foram provenientes da antiga Cia. Agroflorestral Monte Alegre (CAFMA), atual Duratex, localizada no município de Agudos - SP, sendo produzidas em recipientes do tipo laminado.

Aos 20 anos após o plantio, analisaram-se as características silviculturais sendo: diâmetro a altura do peito (DAP, em cm) mensurado a 1,30 m acima do nível do solo; altura total das árvores (ALT, em m); volume de madeira (VOL, em $m^3 \text{ arv}^{-1}$) e sobrevivência de plantas no campo (SOB, em %). A forma do fuste das árvores (FOR), obtida com base em escala de notas: (1) tortuosidade acentuada em toda extensão; (2) ligeiramente tortuoso em toda extensão; (3) reto na parte superior e tortuosidade acentuada na base; (4) reto na parte inferior e tortuosidade acentuada no topo; (5) reto com ligeira tortuosidade na base; (6) reto com ligeira tortuosidade na parte superior e (7) perfeitamente reto. Bifurcação da árvore (BIF), obtida por notas: (1) bifurcação no terço inferior do fuste; (2) bifurcação no terço mediano do fuste; (3) bifurcação no terço superior do fuste e (4) fuste sem bifurcação. O caractere rabo de raposa (*foxtail*) (FT), também obtida por uma escala de notas, baseando-se em Kageyama, Oires e Herrera Prera (1984): (0) ausência de *foxtail*; (1) internódio com 1,5 m; (2) internódio entre 1,5 a 3,0 m; (3) 3,0 a 4,5 m; (4) 4,5 a 6,0 m; (5) 6,0 a 7,5 m; (6) 7,5 a 9,0 m; (7) 9,0 a 10,5 m; (8) 10,5 a 12,0 m e (9) 12,0 a 13,5 m. O DAP foi realizado com a utilização de um paquímetro florestal e a altura mensurada com hipsômetro eletrônico Vertex. A sobrevivência foi baseada na percentagem de plantas existentes. O volume foi calculado a partir das medidas de DAP e altura das plantas.

Foi realizado na área experimental um levantamento qualitativo da ocorrência natural de espécies nativas. O levantamento não considerou os tratamentos de *Pinus*, sendo realizado em área total para verificar quais espécies espontâneas ocorriam na área experimental. As espécies foram identificadas *in loco* e por meio de literatura especializada. A identificação da nomenclatura botânica com base nos trabalhos de: Lorenzi (2002); Silva Júnior et al. (2005); Lorenzi (2008) e Lorenzi (2009). As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group II (2003).

Em janeiro de 2003 foram coletadas quatro amostras simples deformadas nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m em cada parcela, com auxílio de um trado de caneca, com diâmetro interno de 0,08 m e altura de 0,20 m, constituindo um volume de $1,005 \text{ m}^{-3}$, as quais, após misturadas, geraram uma amostra composta que foi analisada segundo metodologia descrita em

Raij et al. (2001). O solo foi seco ao ar, processado em moinho de solo com rotor vertical e martelos móveis (Marconi MA330) passado por peneira com malha de 2 mm, sendo as análises químicas realizadas no Laboratório de Análise do Solo e Tecido Vegetal do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Ilha Solteira.

O pH foi determinado em solução de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ através de potenciometria (pHmetro Luca-210); o teor de H + Al foi determinado pelo método SMP utilizando potenciometria (pHmetro Luca-210); Al trocável extraído por solução KCl 1 mol.L^{-1} , determinado por titulometria com NaOH $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$. A matéria orgânica do solo foi determinada por meio do método colorimétrico (solução de $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $0,667 \text{ mol.L}^{-1}$ + H_2SO_4 5 mol.L^{-1}), através de espectrofotometria (Biospectro SP-22). Os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio pelo método de extração com resina trocadora de íons, sendo o Ca e Mg determinados por espectrometria de absorção atômica (Varian 55B), K trocável por fotometria de chama (Micronal B462) e P disponível por espectrofotometria (Biospectro SP-22); o enxofre disponível foi extraído por $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$, e determinado por turbidimetria (Biospectro SP-22).

Os resultados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey no nível de 5 % de probabilidade para comparação de médias, sendo utilizado o programa SAS (SAS INSTITUTE, 1990) para análise dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes às características silviculturais diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (ALT), volume (VOL), forma do fuste das árvores (FOR), *foxtail* (FT), bifurcação (BIF) e a sobrevivência das plantas (SOB) das 5 espécies estudadas estão apresentados na Tabela 1. Não houve diferenças significativas para altura total, forma do fuste, *foxtail* e bifurcação. O *Pinus oocarpa* (Brasil) apresentou as melhores médias para o diâmetro a altura do peito e volume, respectivamente 27,45 cm e $1,01 \text{ m}^3 \text{ arv}^{-1}$, e os *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *Pinus caribaea* var. *caribaea* apresentaram os menores resultados para diâmetro a altura do peito e volume. O *Pinus caribaea* var. *bahamensis* apresentou uma maior adaptação no

local onde está instalado o experimento com 71,25 % de sobrevivência e o *Pinus oocarpa* (Brasil) apresentou 26,25 %. Os melhores resultados obtidos de DAP e volume apresentado pela espécie *Pinus oocarpa* (Brasil) podem estar relacionados com a baixa sobrevivência, pois menor número de plantas por parcela proporciona menor competição por luz e nutriente entre as plantas.

Avaliados aos 18 anos de idade por Silva et al. (2002b), os tratamentos de *Pinus caribaea* variedades *bahamensis*, *caribaea* e *hondurensis* apresentavam para DAP, respectivamente 17,03; 20,02 e 23,07 cm, altura de plantas 12,99; 13,82 e 14,66 e para sobrevivência 72,50; 52,50 e 47,50 % e os tratamentos de *Pinus oocarpa* (Honduras) e *Pinus oocarpa* (Brasil) apresentavam respectivamente para DAP (22,96 e 27,12 cm); altura de plantas (15,27 e 14,85 m) e sobrevivência (43,75 e 26,25 %) condições mantidas até o presente estudo.

Silva et al. (2011b) e Moraes et al. (2007) em trabalhos realizados com *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 14 anos e Missio et al. (2004) com *Pinus caribaea* var. *bahamensis* aos 13 anos de idade, obtiveram em Latossolo Vermelho Distrófico não degradado valores para o caráter DAP 23,75; 25,04 e 20,63 cm, altura de plantas 19,47; 23,20 e 18,85 m e volume 0,624; 0,750 e 0,547 m³ arv⁻¹, possibilitando entender que as espécies de *Pinus caribaea* no

presente trabalho possuem altura, diâmetro a altura do peito e volume menores, evidenciando o efeito do solo degradado sobre o desenvolvimento das plantas.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para fósforo, matéria orgânica, pH, magnésio, hidrogênio mais alumínio, alumínio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases e para as camadas estudadas não teve significância para pH, potássio e cálcio (Tabela 2).

Os valores médios para fósforo entre os tratamentos de *Pinus* encontram-se muito abaixo em relação ao *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (6,25 mg dm⁻³) que apresentou o maior valor, enquanto a testemunha é o tratamento de menor conteúdo (1,69 mg dm⁻³). Há uma diminuição do fósforo com o aumento da profundidade do solo. Na camada de 0,00 – 0,10 m, o fósforo encontra-se com conteúdo médio para essências florestais, que é de 6 a 8 mg dm⁻³ (RAIJ et al., 1996).

O tratamento com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentou o maior teor de matéria orgânica, com 19 g dm⁻³ (Tabela 2), diferindo estatisticamente do *Pinus oocarpa* (Honduras) com 12 g dm⁻³. O *Pinus caribaea* depositou maior quantidade de matéria orgânica, provavelmente por possuir fascículo de acículas com bainha caduca com duração de 2 anos, enquanto que o *Pinus*

TABELA 1: Valores médios obtidos para as características silviculturais, envolvendo cinco espécies de *Pinus*, em Selvíria - MS.

TABLE 1: Average values for silvicultural traits, including five species of *Pinus* in Selvíria – MS state.

Tratamentos	Caracteres Silviculturais						
	DAP (cm)	ALT (m)	VOL (m ³ arv ⁻¹)	'FOR	'FT	'BIF	'SOB (%)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	17,18b	13,75a	0,32b	1,92a	1,25a	2,00a	71,25a
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	20,23b	14,45a	0,47b	2,17a	1,23a	1,98a	52,50ab
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	23,58ab	16,00a	0,71ab	2,12a	1,32a	1,96a	47,50ab
<i>Pinus oocarpa</i> (Honduras)	22,93ab	15,85a	0,66ab	1,92a	1,22a	1,90a	41,25ab
<i>Pinus oocarpa</i> (Brasil)	27,45a	16,28a	1,01a	2,10a	1,22a	1,86a	26,25b
Média	22,27	15,27	0,63	2,05	1,25	1,94	47,75
CV (%)	13,19	8,20	36,11	7,79	4,84	3,93	19,79
F (TRAT)	6,85	3,10	5,18	2,20	1,67	2,32	3,35
Pr > F	0,0041	0,0573	0,0116	0,1301	0,2213	0,1163	0,0463

Em que: ¹ Para efeito de análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. DAP = diâmetro a altura do peito; ALT = altura de plantas; VOL = volume; FOR = forma de fuste; FT = *foxtail*; BIF = bifurcação de plantas; SOB = sobrevivência de plantas.

oocarpa possui fascículo de acículas com bainha persistentes.

Por serem espécies diferentes em relação à vegetação nativa dos cerrados, os *Pinus* possuem estruturas diferentes de copa, pois, a quantidade de espaço ocupado pelos troncos, galhos, ramos e acículas, proporcionam uma deposição diferenciada de material orgânico. No processo de recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, os efeitos da interação da quantidade e qualidade do material orgânico, das espécies que estão sendo utilizadas e das condições climáticas do local, são importantes para a compreensão dos resultados. Esses fatos podem promover diferentes efeitos na restauração das condições originais do solo, uma vez que as espécies diferem quanto à dinâmica do sistema radicular e às atividades biológicas no solo (CAVENAGE, 1996). No trabalho de Poggiani (1979), com *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, a quantidade de nutrientes variou entre as duas espécies, visto que o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* retorna ao solo uma quantidade maior de acículas e, conseqüentemente, uma maior quantidade de elementos químicos.

Cavenage (1996) encontrou para cerrado o teor 39 g dm^{-3} de matéria orgânica na camada de 0,00 – 0,10 m, valor acima dos encontrados neste trabalho e para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, o autor encontrou valor de 24 g dm^{-3} , tendo-se então que a deposição de matéria orgânica pelos *Pinus* estudados em área degradada é semelhante ao trabalho mencionado em solo que não houve remoção da camada superficial. Entre as camadas de estudo, verificou-se uma diminuição do teor de matéria orgânica com o aumento da profundidade do solo, conforme o esperado, por ser este o comportamento natural nos solos. As espécies de *Pinus caribaea* apresentaram os maiores valores para o teor de matéria orgânica, esta deposição de material orgânico provavelmente proporciona uma melhor cobertura do solo e dos atributos químicos, o que garante uma melhor sobrevivência de plantas em relação aos *Pinus oocarpa*.

Para os tratamentos e camadas estudadas, os valores médios de pH são considerados com acidez alta a muito alta (4,3 e 5,0), segundo Raij et al. (1996). O *Pinus oocarpa* (Honduras) diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (4,6) (Tabela 2). Alves (2001), trabalhando com a utilização de calcário, gesso e adubo verde na recuperação de solo no mesmo local e condições de estudo, obteve resultados semelhantes, ou seja,

pH entre 4,5 a 5,0. Cavenage (1996), em Latossolo Vermelho-Escuro na mesma região de cerrado, encontrou resultados para pH entre 4,6 a 4,9, também semelhantes a este trabalho. Em termos de nutrição de plantas, a faixa ideal de pH situa-se em torno de 5,6 a 6,2. Nessa faixa, o alumínio encontra-se precipitado e a maioria dos nutrientes encontra-se em formas solúveis e, assim, passíveis de serem absorvidas pelas raízes. No entanto, com a evolução dos programas de levantamentos de espécies com potencial para utilização em recuperação de áreas degradadas, tem sido observada ampla gama de espécies que toleram valores de pH na faixa de 4,2 a 5,0. Essas plantas apresentam mecanismos internos e externos ao sistema radicular que fazem com que tolerem a acidez elevada, apesar da maior disponibilidade de elementos que possam causar fitotoxidez (DIAS, 1998). As espécies de *Pinus* demonstram-se tolerantes a acidez do solo em estudo, por apresentarem um bom desenvolvimento neste solo degradado. Barret e Golfari (1962) concluem que o *Pinus caribaea* var. *caribaea* tem uma faixa de pH ideal entre 4,5 e 6,0; o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* entre 4,0 e 6,5 e *Pinus caribaea* var. *bahamensis* entre 7,5 e 8,5.

Não houve variação entre os tratamentos e camadas para os teores de cálcio e potássio estudados (Tabela 2). Segundo Raij et al. (1996), estes elementos se encontram baixo para potássio ($0,8$ a $1,5 \text{ mmol} \text{ dm}^{-3}$) e de médio a alto para cálcio (de 4 a maior que $7 \text{ mmol} \text{ dm}^{-3}$).

A relação K/Ca é sempre menor nos piores sítios, nos quais o potássio é deficiente. Nessas áreas de arenito, ambos os nutrientes são ofertados em quantidades irrisórias. A diferença é que os requerimentos de potássio são superiores àqueles do cálcio. No entanto, a importância do cálcio não deve ser desmerecida, uma vez que quantidades expressivas deste elemento são exportadas. Tudo leva a crer que o bom suprimento de potássio acha-se em torno ou acima de $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ da massa seca, nos quais, bons níveis de crescimento foram verificados entre $6,0$ – $12,0 \text{ g kg}^{-1}$ para *Pinus* de 8 anos de idade (REISSMANN, 1981; REISSMANN; WISNEWSKI, 2000). Os menores teores observados em povoamentos com 15 anos sugerem ser o efeito da idade, uma vez que nos solos mais férteis não foram observados teores mais elevados (REISSMANN; WISNEWSKI, 2000).

O tratamento com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentou valor médio de $4,44 \text{ mmol} \text{ dm}^{-3}$ para o elemento magnésio (Tabela 2), diferindo

TABELA 2: Quadrados médios, coeficientes de variação e valores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio (H) + alumínio (Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), em função dos tratamentos e camadas estudadas em Selvíria - MS.

TABLE 2: Mean squares, coefficients of variation and average values of phosphorus (P), organic matter (MO), pH, potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), hydrogen (H) + aluminum (Al), aluminum (Al), total bases (SB), cation exchange capacity (CTC) and base saturation (V), depending on the treatments and depths studied in Selvíria – MS state.

Tratamento	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	CTC	V
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----	-----	mmolc.dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	%
Pcb	6,25a	16ab	4,4ab	1,45a	8,62a	4,06a	31,50ab	4,13bc	14,94ab	46,44ab	30,81a
Pcc	2,13b	15abc	4,3b	1,20a	8,00a	3,38ab	31,75a	5,25ab	12,60ab	44,35ab	26,75a
Pch	3,31ab	19a	4,3b	0,95a	10,44a	4,44a	33,56a	4,38abc	15,90a	49,46a	30,50a
Po (Honduras)	2,06b	12c	4,6a	0,93a	8,63a	3,63ab	27,38c	3,38c	13,18ab	40,55bc	30,44a
Po (Brasil)	2,31b	13bc	4,2b	1,06a	5,38a	3,06ab	33,69a	5,81a	9,48b	43,17b	22,06a
Testemunha	1,69b	15bc	4,2b	1,59a	6,13a	2,50b	27,88bc	4,88ab	9,14b	37,02c	23,31a
DMS-Tukey 5%	3,53	3,70	0,25	1,71	5,42	1,54	3,74	1,47	6,05	5,99	9,47
F (Trat)	46,37**	84,29**	0,30**	1,19 ^{ns}	54,43 ^{ns}	7,74**	119,99**	11,96**	122,67**	306,31**	243,38*
Camada (m)											
0,00–0,10	6,38a	24a	4,4a	1,50a	10,21a	5,13a	34,25a	3,63b	16,70a	50,95a	31,79a
0,10–0,20	2,42b	13b	4,4a	1,14a	7,16a	3,13b	29,71b	4,46ab	12,07b	41,78b	27,67a
0,20–0,40	1,50b	11b	4,3a	1,45a	6,38a	3,42b	30,46b	5,33a	10,60b	41,06b	24,88a
0,40–0,60	1,54b	11b	4,3a	0,69a	7,71a	2,38b	29,42b	5,13a	10,79b	40,20b	24,92a
DMS-Tukey 5%	2,58	2,70	0,17	1,25	3,97	1,13	2,74	1,08	4,43	4,38	6,93
F (Prof)	128,81**	930,45**	0,066 ^{ns}	3,37 ^{ns}	65,83 ^{ns}	32,43**	120,19**	14,23**	194,88**	602,30**	254,96*
F (Trat x Prof)	21,54*	12,19 ^{ns}	0,12*	2,92 ^{ns}	36,12 ^{ns}	4,85*	22,15 ^{ns}	4,53*	36,10 ^{ns}	46,30 ^{ns}	86,93 ^{ns}
CV %	113,31	23,46	5,56	135,95	65,53	41,79	11,48	30,19	45,83	13,08	32,95

Em que: Médias, seguidas de mesma letra na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. **, * e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 1 %, 5 % e não significativo no teste F. Pcb = *Pinus caribaea* var. *bahamensis*; Pcc = *Pinus caribaea* var. *caribaea*; Pch = *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; Po = *Pinus oocarpa*.

estatisticamente somente da testemunha, que apresentou o menor valor (2,50 mmol_c dm⁻³). Alves (2001), estudando a recuperação deste mesmo solo com adubação química e adubos verdes, encontrou valores baixos para o magnésio, demonstrando esta área ser deficiente neste nutriente. Para as camadas estudadas, houve uma diminuição de magnésio da camada superficial para as demais camadas. Quantidades maiores de magnésio encontram-se na camada de 0,00 – 0,10 m (5,15 mmol_c dm⁻³). Os valores encontrados para os tratamentos enquadram-se na classificação de Rajj et al. (1996) como baixo e médio para a camada de 0,00 – 0,10 m (0 – 4 baixo; 5 – 8 mmol_c dm⁻³ - médio). Evidenciou-se que, no

mínimo, 0,6 g kg⁻¹ de magnésio são necessários para um adequado crescimento do *Pinus*, valor encontrado nas melhores classes de sítio (REISSMANN; WISNEWSKI, 2000). A área de cerrado estudada por Cavenage (1996) apresentou os seguintes valores na camada de 0,00 – 0,10 m: 2,30; 30,40; 10,10 mmol_c kg⁻¹, para, respectivamente, potássio, cálcio e magnésio. A área de estudo apresenta-se com baixos teores destes nutrientes em relação ao cerrado.

Apesar de haver um acúmulo de nutrientes na superfície do solo, em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* representado pela manta, a ação destes nas características químicas do solo se faz

praticamente apenas no aumento do teor de matéria orgânica (HAAG, 1983).

Para os teores de hidrogênio mais alumínio houve significância estatística entre os tratamentos e camadas (Tabela 2). Os *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* (Brasil) não diferiram estatisticamente entre si. Enquanto que o menor valor encontrado para estes elementos foi do *Pinus oocarpa* (Honduras) com 27,38 mmol_c dm⁻³ não diferindo da testemunha. Alves (2001) encontrou resultados menores neste solo, estando entre 15,00 a 17,04 mmol_c dm⁻³, devido aos tratamentos que receberam calagem e calagem + gesso, com maior influência na camada de 0,00 – 0,10 m. Para as camadas estudadas, a camada de 0,00 – 0,10 m apresenta maior valor de hidrogênio mais alumínio (34,25 mmol_c dm⁻³) em relação às demais camadas. Estes resultados são contrários aos de Alves (2001), nos quais o menor valor foi encontrado na camada superficial (14,98 mmol_c dm⁻³). Resultados semelhantes ao presente trabalho foram encontrados por Cavenage (1996) na camada de 0,00 – 0,10 m para área de mata ciliar, cerrado e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (respectivamente 39,10; 38,00 e 35,40 mmol_c kg⁻¹).

O *Pinus oocarpa* (Honduras e Brasil) apresentaram o menor e o maior valor para o alumínio (respectivamente, 3,38 e 5,81 mmol_c dm⁻³) (Tabela 2). Para este elemento houve significância para os tratamentos e camadas, em que, o menor valor de alumínio encontra-se na camada de 0,00 – 0,10 (3,63 mmol_c dm⁻³), e com o aumento da profundidade há um aumento de alumínio, tendência também encontrada por Alves (2001) e Cavenage (1996). O último autor encontrou esta tendência ocorrendo naturalmente em mata ciliar e cerrado e também concluiu uma relação existente entre o alumínio e o pH de forma negativa para a área de eucalipto, pois, quanto menor o pH maior a quantidade de alumínio e vice-versa, e isto também ocorreu nos tratamentos de *Pinus oocarpa* (Honduras e Brasil) estudados, nos quais tem-se o menor pH e a maior quantidade de alumínio e vice-versa. Alves (2001), neste mesmo solo com o uso de calagem, adubos verdes e gesso, encontrou valores de alumínio entre 1,00 e 1,56 mmol_c dm⁻³ para os tratamentos estudados. Veiga et al. (1977), estudando povoamentos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em diferentes localidades do Estado de São Paulo, visando conhecer as suas respostas ante a deficiência natural de macronutrientes e a limites intoleráveis de alumínio, concluíram que o limite

de tolerância ao alumínio parece ser maior que 5, talvez, em torno de 25 ou 30 mmol_c dm⁻³ de solo.

O tratamento com maior valor de soma de bases e capacidade de troca catiônica é o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, e os menores valores encontrados foram os da testemunha (Tabela 2). Para as camadas estudadas, a camada de 0,00 – 0,10 m difere estatisticamente das demais, pois, apresentou maiores valores de soma de bases e capacidade de troca catiônica (respectivamente, 16,70 e 50,95 mmol_c dm⁻³). Portanto, a cobertura residual do solo está contribuindo para aumento de nutrientes na camada superficial, melhorando as condições deste solo. Lopes (1984) classificou a capacidade de troca catiônica dos solos de cerrado como extremamente baixa. Em seu trabalho, 84% das amostras de solos analisadas apresentaram 11 mmol_c dm⁻³.

A saturação por bases (V %) não apresentou variação tanto para tratamentos como para as camadas (Tabela 2). Pela classificação de Raij et al. (1996), os resultados se enquadram com valores muito baixo a baixo (0–25 e 26–50 %). Se analisadas com os valores de Cavenage (1996) para área de cerrado (41,9 a 54,3 %), os resultados aqui encontrados estão baixos.

Na Tabela 3 são apresentadas espécies que se desenvolveram naturalmente no sub-bosque do experimento. Foram identificadas um total de 16 famílias e 18 espécies. As famílias Anacardiaceae e Malvaceae apresentaram maior diversidade com duas espécies e as demais famílias uma espécie cada.

Estudos de regeneração natural na região de Selvíria - MS em Latossolo Vermelho Distrófico não decapitado, os autores encontraram sob sistema silvipastoril de *Myracrodruon urundeuva* (GUERRA et al., 2008) 36 famílias e 71 espécies. Silva et al. (2011a), estudando os aspectos quantitativo e qualitativo da regeneração natural sob reflorestamento ciliar em dois modelos de plantio identificaram 33 famílias e 63 espécies. E em sub-bosque de *Eucalyptus camaldulensis* foram identificadas 74 espécies por Silva et al. (2011c).

As espécies nativas de cerrado têm potencial de regeneração em condições de solo degradado, apresentando alta diversidade de espécies, quando já existe uma cobertura vegetal de espécies nativas ou exóticas, como apresentado neste estudo.

Kageyama e Patiño (1985) citam autores que encontraram espécies arbóreas em ecossistemas de coníferas em diferentes regiões: Spurr e Barnes (1982) em Michigan, EUA (10 espécies); Valdez e

Aguilar (1983), Nuevo León, México (28 espécies) e em floresta de *Pinus guercus* 64 espécies encontradas por estes últimos autores. Verificando que as espécies de *Pinus* realmente contribuem de forma positiva para a regeneração natural de solos degradados ou não.

As espécies que se desenvolveram no

experimento possuem potencial de recuperação de áreas degradadas por estarem ocorrendo naturalmente neste local. Isto demonstra que, quando há uma cobertura do solo, todo o conjunto do ecossistema degradado tende a se regenerar, pois foi oferecida condição inicial para que este sistema começasse a recuperar-se. Trabalho realizado em

TABELA 3: Nome das espécies que estão ocorrendo naturalmente em consórcio com os *Pinus*.

TABLE 3: Name of species that are naturally occurring in consortium with *Pinus*.

Família/Espécies	Nome vulgar
ANACARDIACEAE	
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott. ex Spreng.	gonçalo-alves
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira
BIGNONIACEAE	
<i>Handroanthus</i> spp.	ipê
CANNABACEAE	
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	grão-de-galo
COMBRETACEAE	
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	capitão-do-campo
DILLENACEAE	
<i>Curatella americana</i> L.	lixeira
LEGUMINOSAE-CAESALPINOIDEAE	
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taubert	canafistula
LEGUMINOSAE-FABOIDEAE	
<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	sapuva
LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE	
<i>Acosmium</i> sp.	calunga
MALPIGHIACEAE	
<i>Byrsonima</i> sp.	murici
MALVACEAE	
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	açoita-cavalo
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutambo
MELIACEAE	
<i>Melia azedarach</i> L.	santa-barbara
MORACEAE	
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	amora-branca
MYRTACEAE	
<i>Psidium guajava</i> L.	goiaba
POLYGONACEAE	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	quina-doce
RHAMNACEAE	
<i>Rhamnidium elaeocarpus</i> Reissek	cafezinho
RUBIACEAE	
<i>Alibertia edulis</i> Rich.	marmelo

área ripária de região de Cerrado para verificar se o plantio de *Pinus elliottii* influencia na regeneração nativa em vários espaçamentos, Modna, Durigan e Vital (2010) concluíram que até onze anos após o plantio, as árvores de *Pinus* exerceram ação facilitadora da regeneração de espécies nativas em seu sub-bosque, sendo maior a densidade de plantas em regeneração quanto maior a biomassa de *Pinus*. Modna, Durigan e Vital (2010) em plantio de *Pinus elliottii* observaram 59 espécies lenhosas e destas, 21 espécies sob as copas do *Pinus* e em média foram amostrados 4.398 ind ha⁻¹.

O papel ou função que a espécie arbórea exerce na melhoria das condições de uma área degradada nos aspectos físico, químico e biológico do solo são mais importantes que a procedência da espécie utilizada, pois cada local a se recuperar tem uma situação própria. Informações a respeito do local a ser recuperado são de extrema importância, para um planejamento sustentável do solo. Tanto para florestas com fins de produção de matéria-prima, como para áreas de preservação permanente em que se deseja recompor a floresta natural, isto, a longo prazo, para que haja interação floresta e solo.

CONCLUSÕES

A utilização de espécies de *Pinus* na recuperação de áreas degradadas, conhecidas como áreas de empréstimo, mostra-se promissora, destacando-se o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por apresentar um bom crescimento aliado a sua sobrevivência, o que garante a cobertura do solo.

As espécies de *Pinus* contribuíram para a melhoria das condições químicas do solo na camada 0,00 – 0,10 m, devido à deposição de matéria orgânica, destacando o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por apresentar maior deposição desta, aumentando a matéria orgânica, soma de bases e capacidade de troca catiônica.

O *Pinus caribaea* var. *bahamensis* é o mais eficaz na ciclagem do fósforo no solo.

Os *Pinus* destacam-se em relação à testemunha (condição natural), por cobrir rapidamente o solo degradado, fornecendo condições para que a sucessão da vegetação ocorra, servindo de abrigo para a fauna e principalmente por formar uma camada orgânica na qual as sementes e micro-organismos começam a atuar mais intensamente na melhoria da estrutura do solo.

As espécies de *Pinus* estão proporcionando condições para o aumento da diversidade de espécies

espontâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. 2001. 83 f. Tese (Concurso de Livre-docência em Solos) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP II. Na update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2003.
- BARRET, W.; GOLFARI, L. H. G. Descripción de dos nuevas variedades del “Pino del Caribe” (*Pinus caribaea* Morelet.). **Caribbean Forester**, Porto Rico, v. 23, n. 2, p. 59-71, 1962.
- CAMPELLO, E. F. C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1998. p. 183-196.
- CAVENAGE, A. **Alterações das propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho Escuro sob diferentes usos e manejos**. 1996. 75 f. (Trabalho de Graduação) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1996.
- CENTURION, J. F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.
- DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 131 p.
- DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1998. p. 183-196.
- GUERRA, C. R. S. B. et al. Levantamento de espécies florestais em área de sistema silvipastoril. **Ciências Agrárias e Saúde**, Andradina, v. 8, p. 40-45, 2008.
- GURGEL FILHO, O. A. Silvicultura e economia de *Pinus* no Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 4-5, n. 4, p. 209-234, 1965-1966.
- HAAG, H. P. (Coord.). **Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 101 p.
- INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. **Análise**

- dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos.** Seção de estudos estratégicos de energia e de desenvolvimento sustentável do GEPEA/EPUSP. 2011. Disponível em: <http://seeds.usp.br/portal/uploads/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf>. Acesso em: 2011.
- KAGEYAMA, P. Y.; PATIÑO-VALERA, F. Conservación y manejo de recursos genéticos forestales: factores que influyen en la estructura y diversidad de los ecosistemas forestales. Documento Especial. In: CONGRESSO FORESTAL MUNDIAL, 9., 1985, México. **Anais...** 1985.
- KAGEYAMA, P. Y.; PIRES, I. E.; HERRERA PRERA, L. E. Phenotypic and genotypic variations for foxtail growth in *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: PROCEEDINGS OF A JOINT CONFERENCE OF IUFRO, 1984, Mutare, Zimbabwe. **Anais...** 1984. p. 526-534.
- LOPES, A. S. “**Solos sob cerrados**”: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1984. 162 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Plantarum, 2002. v. 2.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa, SP: Plantarum, 2008. v. 1.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. ed. Nova Odessa, SP: Plantarum, 2009. v. 3.
- MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.
- MISSIO, R. F. et al. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 161-168, 2004.
- MODNA, D.; DURIGAN, G.; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora da regeneração natural da mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.
- MORAES, M. L. T. et al. Efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 74, p. 55-65, 2007.
- MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995. 412 p.
- NOFFS, P. S. Informações geomorfológicas para reflorestamento de essências nativas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão, SP. **Anais...** 1982. p. 976-980.
- POGGIANI, F. Deposição mensal de acículas e nutrientes em plantações homogêneas de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Boletim Informativo PPT**, Piracicaba, v. 7, p. 12-19, 1979.
- RAIJ, B. V. et al. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).
- REISSMANN, C. B. **Naehrelementversorgung und Wuchsleistung von Kiefernbeständen in Sued-Brasilien**. 1981. 169 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, 1981.
- REISSMANN, C. B.; WISNEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135-165.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's Guide: version 6**. 4. ed. Cary: SAS institute, 1990. v. 2.
- SILVA, A. M. et al. Recuperação de áreas degradadas com a utilização de diferentes espécies de *Pinus* ssp e manejo do solo, em Selvíria – MS. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Água e Biodiversidade, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002a. p. 451-453.
- SILVA, A. M. et al. Recuperação de áreas degradadas com a utilização de diferentes espécies e variedades de *Pinus*. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2002b.
- SILVA, A. M. et al. Aspectos quantitativo e qualitativo da regeneração natural sob reflorestamento ciliar em dois modelos de plantio. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 20, n. 1, p. 51-70, 2011a.
- SILVA, A. M. et al. Avaliação das propriedades

- químicas em solo de cerrado sob reflorestamento ciliar. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 49-58, 2012.
- SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. Propriedades químicas de solo sob reflorestamento ciliar após 20 anos de plantio em área de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 97-106, 2011.
- SILVA, J. M. et al. Variação genética e ganho esperado na seleção de progênie de *Pinus caribaea* var. *caribaea* em Selvíria, MS. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 241-251, 2011b.
- SILVA, J. M. et al. Regeneração do cerrado em sub-bosque de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh na região de Selvíria-MS. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 20, n. 2, p. 67-80, 2011c.
- SILVA JUNIOR, M. C. et al. **100 árvores do cerrado**: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.
- VEIGA, A. A. et al. Macronutrientes e alumínio em povoamentos de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Boletim técnico Instituto Florestal**, São Paulo, n. 27, p. 1-13, 1977.