

Variação na presença de ectomicorrizas em serapilheira de *Pinus taeda* submetido a teste de omissão de nutrientes em Jaguariaíva, PR ⁽¹⁾.

Etienne Winagraski⁽²⁾; Carlos Bruno Reissmann⁽³⁾; Celso Garcia Auer⁽⁴⁾; Antonio Carlos Vargis Motta⁽⁵⁾; Elaine Vivian de Oliva⁽⁶⁾; Pedro Henrique Riboldi Monteiro⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa Florestas, Universidade Federal do Paraná e Valor Florestal Gestão de Ativos Florestais.

⁽²⁾ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba, PR Bolsista Capes. etiennewinagraski@yahoo.com.br. ⁽³⁾ Engenheiro Florestal, Dr. Professor colaborador do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo e Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. ⁽⁴⁾ Engenheiro Florestal, Dr. Pesquisador da Embrapa Florestas, professor associado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Estrada da Ribeira, Km 111. Colombo, PR. celso.auer@embrapa.br. ⁽⁵⁾ Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo e da Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, CEP 80035-050, Curitiba, PR. mottaufpr@gmail.com. ⁽⁶⁾ Bióloga, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba, PR. Bolsista Capes. elainevivian_bio@hotmail.com. ⁽⁷⁾ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba, PR. Bolsista Capes. monteiro.ef@gmail.com.

RESUMO: As ectomicorrizas estão presentes em coníferas e folhosas e quando associadas às raízes garantem melhor nutrição à planta. O objetivo deste trabalho foi analisar ectomicorrizas na serapilheira de um plantio de *Pinus taeda* com oito anos de idade sob diferentes adubações, localizado no município de Jaguariaíva/PR. No ano de 2008, foi instalado o ensaio utilizando a técnica de diagnose por subtração ou omissão de nutrientes. O experimento foi disposto em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Sete tratamentos foram estabelecidos: T1 (Completo: macro: N, P, K, micro: Zn, Cu, B, Mo e calcário: 2,6 mg ha⁻¹ de calcário dolomítico); T2 (Completo menos a aplicação de Macro); T3 (Completo menos Micro); T4 (Completo menos K); T5 (Completo menos Zn); T6 (Completo menos Calcário); T7 (Testemunha). Em 2010, foi realizada uma reaplicação com a mesma quantidade de nutrientes. Em 2012 foram coletados em cada tratamento 5 monólitos de serapilheira (10 x 10 cm) para avaliar a presença de ectomicorrizas. O tratamento que apresentou maior frequência de ectomicorrizas foi a Testemunha (70 % das amostras), seguido pelo tratamento menos Calcário (55 % das amostras) refletindo o efeito do calcário realizado a lanço na serapilheira. O tratamento menos Macro foi o terceiro com melhor efeito para ectomicorrizas (50 % das amostras). Já os tratamentos Completo, menos Zn, menos Micro e menos K apresentaram baixa presença de ectomicorrizas (10, 20, 20 e 15 %, respectivamente). Houve redução de micorrizas na serapilheira pela aplicação do calcário e do fósforo.

Termos de indexação: Adubação, micorrizas, litter.

INTRODUÇÃO

O pinus é um gênero de espécies florestais de suma importância comercial para o Brasil, totalizando em 25,2 % de áreas de reflorestamento nacional (Abraf, 2012). Desenvolve-se em sítios extremamente pobres e normalmente não são adubados, resultando em produções abaixo do satisfatório (Schneider, 2011). Por este motivo, o cultivo de espécies de pinus no Brasil depende de fungos ectomicorrizicos, para maior sobrevivência e crescimento inicial da muda em campo (Tomazello-Filho & Krugner, 1980).

As micorrizas são encontradas em diferentes tipos de solo e vegetação. Cerca de 90 % das plantas superiores existentes no planeta formam micorrizas (Souza et al., 2003), as quais maximizam a absorção de água e nutrientes, como o P, N e P. Garantem tolerância ao estresse hídrico, à acidez, às temperaturas altas e à toxidez do solo. As associações podem variar de acordo com práticas de manejo de mudas, práticas com a temperatura, umidade, matéria orgânica, nutrientes, pH e a aeração do solo (Bellei & Carvalho, 1992; Souza et al., 2003).

Dentre os diferentes tipos de micorrizas estão as ectomicorrizas. As ectomicorrizas estão presentes em coníferas e folhosas de clima temperado, caracterizando-se por uma densa camada de micélio na superfície da raiz de coloração variável (Bonnassis, 2007; Oliveira et al., 2010). São encontradas nas principais espécies florestais de interesse comercial (Pinaceae, Myrtaceae e Fagaceae) (Bellei & Carvalho, 1992; Bonnassis, 2007).

A serapilheira formada em plantio pinus pode ser um excelente indicador no estabelecimento de sítios florestais. Em geral a atividade microbiana é superior na serapilheira devido a disponibilidade de nutrientes e a qualidade de carbono que se encontram (Carvalho et al., 2008). A camada superficial do solo (0-5 cm) é a região que mais ocorre raízes finas, raízes estas que se encontram as associações com fungos ectomicorrizicos.

Diversos estudos vêm sendo realizados a fim de identificar os fungos micorrizicos mais eficientes quanto aos aspectos nutricionais para espécies silviculturais, mas poucos têm explicado os mesmos eventos em condições de campo (Bonnassis, 2007).

Assim, realizou-se uma análise da ocorrência e frequência de ectomicorrizas presentes na serapilheira de *Pinus taeda* em um ensaio de omissão de nutrientes, para avaliar o efeito dos nutrientes na micorrização.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O município de Jaguariaíva (24° 14' 16"S e 49° 43' 41"W) está localizado no estado do Paraná, especificamente nas áreas dos Campos Gerais. Pertencente ao segundo planalto do Paraná possui como sua classificação o solo Latossolo Vermelho Amarelo Álico Típico, com relevo suave ondulado. Os solos da região caracterizam pelos baixos teores de pH e teores de bases trocáveis e elevada saturação por alumínio (Batista, 2011).

O clima da região de acordo com Köppen está localizado numa área de transição entre o Cfa (subtropical) e o Cfb (temperado), com precipitações médias de 1400 a 1600 mm, temperaturas médias entre 17 e 19 °C, umidade relativa média de 75% e cerca de 10 a 25 geadas no ano.

No ano de 2008 foi instalado um ensaio de omissão de nutrientes em área de reflorestamento da empresa Valor Florestal Gestão de Ativos Florestais.

Delineamento experimental

O ensaio de omissão de nutrientes utilizado foi montado em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições (blocos) contendo sete tratamentos. Cada tratamento correspondeu a uma parcela com 400 m² e espaçamento entre plantas de 3 x 2 m (Schneider, 2011). Cada parcela possuía 16 árvores úteis e uma bordadura dupla.

Sete tratamentos foram utilizados: Tratamento Completo (aplicação de macro, micro e calagem), tratamento menos macro (aplicação do tratamento completo com a omissão dos macronutrientes N, P, K), tratamento menos micro (aplicação do

tratamento completo com omissão dos micronutrientes: Zn, Cu, B e Mo), tratamento menos K (aplicação do tratamento completo menos K), tratamento menos Zn (aplicação do tratamento completo menos Zn), tratamento menos calagem e testemunha (sem aplicação dos tratamentos).

Dois aplicações foram feitas nos anos de 2008 e 2010. Os insumos aplicados foram calculados em relação para um hectare, sendo extrapolados para a área experimental. Esta quantidade foi dividida ao longo das duas aplicações. Aplicou-se doses equivalentes a 40; 60; 80; 3; 2 e 1,5 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, Zn; B e Cu, respectivamente. A fonte dos nutrientes foram uréia, super-fosfato triplo, cloreto de potássio, sulfato de zinco, urexita e sulfato de cobre. Também foram aplicados Mo na dose de 20 g ha⁻¹ como molibdato de sódio e calcário dolomítico na dose de 1300 kg ha⁻¹.

Amostragem e análise de serapilheira

Em 2012, foram coletados em cada tratamento cinco monólitos de serapilheira de 10 x 10 cm com profundidade média de 5 cm, totalizando uma área de 500 cm², a fim de avaliar a ocorrência e frequência de ectomicorrizas.

Foi realizada a avaliação visual da presença das ectomicorrizas nas raízes localizadas na serapilheira (**Tabela 1**). Para análise estatística, os valores foram transformados para $(\sqrt{x})+0,5$ e analisados através do programa estatístico Assistat versão 7.6 beta (pt).

Tabela 1. Metodologia utilizada para quantificação das ectomicorrizas e identificação na serapilheira de *Pinus taeda*.

Nota*	Definição*
0,0	Sem presença de ectomicorriza
0,5	Ectomicorriza rara e dispersa
1,0	Ectomicorriza menos rara e dispersa
2,0	Ectomicorriza abundante, agrupada
3,0	Ectomicorriza em toda área

*Metodologia baseada em Garbaye (1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 140 amostras coletadas, foram observadas a frequência de ectomicorrizas em 48 amostras. O tratamento que apresentou maior frequência foi a Testemunha, confirmando a dependência que o pinus têm das ectomicorrizas principalmente em ambientes de baixa fertilidade, seguido pelo tratamento menos Calcário, refletindo o efeito do calcário realizado a lanço na serapilheira, visto que o mesmo foi observado no momento da coleta da serapilheira em diversos tratamentos (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Frequência acumulada e frequência relativa baseada em 20 amostras coletadas para cada tratamento.

Tratamento	fi*	fi%**
Completo	02	10
Completo menos Macronutrientes	10	50
Completo menos Micronutrientes	04	20
Completo menos K	04	20
Completo menos Zn	03	15
Completo menos Calcário	11	55
Testemunha	14	70

Onde: *fi: frequência acumulada; **fi %: frequência relativa, baseada nas 20 amostras coletadas em cada tratamento.

O tratamento menos Macro foi o terceiro com melhor efeito para ectomicorrizas (50 % das amostras do tratamento).

Os tratamentos Completo, menos Zn, menos Micro e menos K apresentaram baixa presença de ectomicorrizas com valores de 10, 20, 20 e 15 %, respectivamente. Os tratamentos menos Macro, menos K e menos Calcário não diferiram entre si estatisticamente, assim como os tratamentos menos Micro e menos Zn (**Tabela 3**). A Testemunha e o tratamento Completo obtiveram diferença estatística em relação a todos os tratamentos. O tratamento menos Calcário diferiu estatisticamente em relação ao tratamento Completo e a Testemunha.

Tabela 3 – Frequência de ectomicorrizas em cada tratamento por bloco.

Tratamento	BI 1	BI 2	BI 3	BI 4	Σ	Média*
1 Completo	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,25 c
2 Menos Macro	2,0	2,0	3,0	1,0	8,0	2,00 ab
3 Menos Micro	0,0	2,5	0,0	2,0	4,5	1,12 bc
4 Menos K	0,5	0,0	4,5	0,5	5,5	1,37 ab
5 Menos Zn	0,5	3,0	0,0	0,0	3,5	0,87 bc
6 Menos Calcário	3,5	3,5	1,0	2,0	10,0	2,50 ab
7 Testemunha	4,0	2,0	4,5	5,0	15,5	3,87 a

Onde: BI: Bloco. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade (Duncan)

As respostas das micorrizas ao crescimento da planta podem ser positivas ou negativas, dependendo da relação fungo-planta e condições edáficas e ambientais (Bellei & Carvalho, 1992; Johnson et al., 1997).

Pode-se observar inibição da simbiose por parte do calcário e macronutrientes, possivelmente devido o excesso de P. A concentração de ectomicorriza pode ser inibida pela alta disponibilidade de fósforo (Castellano & Molina, 1989; Kasuya et al., 2010; Bellei & Carvalho, 1992). A concentração de P dependerá do fungo e da planta associada (Kasuya et al., 2010). Assim, se o solo possui P suficiente as ectomicorrizas passam a atuar como dreno de

fotossintatos (Harley, 1978). Porém espécies colonizadas promoverão maior absorção de P do que plantas não colonizadas por ectomicorrizas (Santos, 2006).

Apesar de N quando aplicado permitir maior crescimento de ectomicorrizas na forma de amônio (NH_4^+) do que nitrato (NO_3^-) (France & Reide, 1982), por ser muito dinâmico e móvel no solo, no ensaio realizado não foi fator limitante para a ocorrência das ectomicorrizas.

O mesmo ocorreu com o K. Quando aplicado em áreas de baixo pH, a absorção deste elemento pelas ectomicorrizas é reduzido (Jongbloed & Borst-Pauwels, 1992). Devido a última aplicação ter ocorrido no ano de 2010 e o K ser móvel e dinâmico, o mesmo elemento também não foi fator limitante para ocorrência de ectomicorrizas no experimento.

Os nutrientes Ca e Mg em plantas associadas às ectomicorrizas permitem maior absorção de P (Silva et al., 2007a). Relacionando o excesso de fósforo na frequência média do tratamento Completo e do tratamento menos Calcário (0,25 e 2,50, respectivamente) (**Tabela 3**).

Os tratamentos sem micronutrientes e sem Zn apresentaram menor frequência e intensidade de ectomicorrizas podendo indicar que a ausência desses micronutrientes reduz o seu desenvolvimento. Em mudas mantidas em solos contaminados com metais pesados ocorrerá a formação de micorrizas e tolerância dos fungos. (Silva et al., 2007b; Bonnassi, 2007). Entretanto, Mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) com doses crescentes de aplicação de cobre apresentaram redução na ocorrência de ectomicorrizas, onde o cobre reduziu o comprimento radicular e a área específica radicular (Silva et al., 2007b).

CONCLUSÕES

Foi observada a importância de fungos ectomicorrizicos no estabelecimento de reflorestamentos de pinus em baixas condições de fertilidade, visto que a testemunha apresentou a maior colonização (70% das amostras) em relação ao tratamento completo (10% das amostras), ao tratamento menos Calcário (55% das amostras) e ao tratamento menos Macro (50% das amostras).

Os tratamentos menos Micro, menos K, menos Zn também obtiveram pouca resposta na ocorrência de fungos ectomicorrizicos (20%, 20% e 15% das amostras respectivamente), isto devido a presença do P e da calagem.

É necessário realizar mais estudos a fim de identificar os níveis de nutrientes limitantes para cada ectomicorriza bem como identificá-las.



AGRADECIMENTOS

A empresa Valor Florestal Gestão de Ativos Florestais pela área utilizada no experimento e recursos utilizados; ao Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná pelo apoio laboratorial e a Embrapa Florestas pelo apoio laboratorial.

REFERÊNCIAS

- ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011/ ABRAF. Brasília, 2012. 150 p.
- BATISTA, A. H. Influência da calagem e da adubação na acidez do solo e ciclagem de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em plantios de *Pinus taeda* L. no pólo florestal de Jaguariaíva-PR. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- BELLEI, M. M. & CARVALHO, E. M. Ectomicorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. & NEVES, M. C. P. Microbiologia do Solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 297-318.
- BONNASSIS, P. A. P. Caracterização de isolados fúngicos ectomicorrizicos na promoção do crescimento e na colonização radicular de *Eucalyptus dunnii* Maiden. 73 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- CARVALHO, A. M. X.; VALE, H. M. M.; CORDERO, A. F. P.; BARROS, N. F. & COSTA, M. D. Atividade microbiana de solo e de serapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliottii* e *Terminalia ivorensis*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 2709-2716, 2008.
- CASTELLANO, M. A. & MOLINA, R. Mycorrhizae. In: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E. & BARNETT, J. P. The container tree nursery manual. 674. Washington: US Department of Agriculture, Forest Service, 1989. p. 101-167.
- FRANCE, R. C. & REID, C. C. P. Interactions of nitrogen and carbon in the physiology of the ectomycorrhizae. Canadian Journal of Botany, 57: 1203-1205, 1982.
- GARBAYE, J. Competitivité des champignons ectomycorhiziens premiers résultats et application à la selection de souches pour la mycorrhization contrôlée du Hêtre et du Chêne rouvre dans le Nord-Est de la France. Revue Forestière Française, Nancy, 36: 33-43, 1984.
- HARLEY, J. L. Ectomycorrhizas as nutrient absorbing organs. Proceedings of the Royal Society, London, 203: 1-21, 1978.
- JOHNSON, N. C.; GRAHAM, I. H. & SMITH, F. A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. New Phytol, 135: 575-585, 1997.
- JONGBLOED, R. H. & BORST PAUWELS, G. W. F. H. Effects of aluminium and pH on growth and potassium uptake by three ectomycorrhizal fungi in liquid culture. Plant Soil, 140: 157-162, 1992.
- KASUYA, M. C. M.; COSTA, M. D.; ARAÚJO, E. F.; BORGES, A. C. & MENDONÇA, M. M. Ectomicorrizas no Brasil: biologia e nutrição de plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N. & TSAI, S. M. Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil. Lavras: UFLA, 2010. p. 615-643.
- OLIVEIRA, V. L.; OLIVEIRA, L. P. & ROSSI, M. J. Ectomicorrizas no Brasil: diversidade de fungos e aplicação. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N. & TSAI, S. M. Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil. Lavras: UFLA, 2010. p.15-73.
- SANTOS, L. C. Efeito do cobre na população de bactérias e fungos do solo, associação ectomicorrizica e no desenvolvimento de mudas de eucalipto e canafístula. 81 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- SCHNEIDER, T. Crescimento e teores de B, Cu, Mn, Fe e Zn em *Pinus taeda* L., como resultado da adubação e calagem sob a técnica da omissão de nutrientes. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011
- SILVA, M. A.; COSTA, M. D.; ROCHA, R. B. & BORGES, A. C. Formação de ectomicorrizas por monócários e dicários de *Pisolithus* sp. e interações nutricionais em *Eucalyptus grandis*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31: 917-929, 2007.a.
- SILVA, R. F.; SALLES, A. S.; LEAL, L. T.; LUPATINI, M.; MORO, C. A. J. & ANTONIOLLI, Z. I. Ectomicorriza na tolerância de mudas de canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. a solo contaminado por cobre. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais, Gramado, 2007.b
- SOUZA, E. L.; MELLO, A. H.; KAMINSKI, J.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANACLETO, K. M. & SCHIMER, K. Identificação da ocorrência de fungos micorrizicos em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hillex Maiden em solo sujeito a arenização. In: Congresso Brasileiro de Ciência dos Solos. Anais, São Paulo, 2003.
- TOMAZELHO FILHO, M. & KRUGNER, T. L. Formação de ectomicorrizas e crescimento de mudas de *pinus caribaea* var. bahamensis em solo de viveiro infestado artificialmente com *Thelephora terrestris* e *Pisolithus tinctorius* no litoral sul da Bahia. IPEF, 21:21-37. 1980.