

MICORRIZAS: UMA FERRAMENTA NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Sergio Gaiadl

1. INTRODUÇÃO

O processo de recuperação de áreas degradadas exige procedimentos que levem em consideração as peculiaridades e o histórico da área a ser recuperada. Aspectos relacionados à composição florística original, ao tipo de degradação ocorrido e ao objetivo final da recuperação devem, sempre, ser considerados em profundidade antes de se iniciar atividades e ações que visem a recuperação da área em questão.

Neste contexto, as questões relacionadas ao solo devem ser consideradas em sua totalidade, ou seja, em seus aspectos físicos, químicos e biológicos. Dentre os fatores biológicos, a comunidade microbiana do solo, formada por bactérias, fungos, algas, vírus e protozoários desempenha fator decisivo na estabilidade do ecossistema através de sua atuação na decomposição da matéria orgânica e liberação de nutrientes no solo, formação e estabilização de agregados do solo e na ciclagem de nutrientes. É necessário se entender o papel da biota do solo na reconstrução de sistemas estáveis através de uma variedade de condições edafo-climáticas (MILLER & JASTROW, 1992).

Neste universo de microrganismos, os simbiontes destacam-se pela sua interação direta com as espécies vegetais. Assim, as associações simbióticas entre microrganismos do solo e as espécies selecionadas para ocupação da área a ser recuperada, podem se tornar fator determinante do sucesso ou não do objetivo proposto.

2. IMPORTÂNCIA DAS MICORRIZAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Dentre as associações simbióticas de maior importância destacam-se as micorrizas. Micorriza é um termo genérico utilizado para definir a associação entre alguns tipos de fungos e as raízes de espécies vegetais. Sua distribuição é ampla, ocorrendo na maior parte das espécies vegetais conhecidas (LINDERMAN, 1994).

Do universo de organismos encontrados no solo, é o fungo micorrízico que proporciona a ligação física direta entre produtores primários e decompositores (MILLER & JASTROW, 1992). Primariamente, as micorrizas atuam como extensões do sistema radicular das plantas, aumentando a capacidade das mesmas em absorver nutrientes e melhorando seu estado nutricional e fisiológico. A característica ou atributo mais conhecido das micorrizas é sua capacidade de absorver íons de baixa mobilidade no solo, destacando-se assim, o aumento na absorção de fósforo pelas plantas (HARLEY & SMITH, 1983). Porém, estudos recentes têm demonstrado que as micorrizas possuem uma função ecológica mais ampla, atuando na ciclagem de nutrientes (NEWMAN, 1988), na estabilidade de agregados do solo (MILLER & JASTROW, 1992; TISDALL, 1994), na diminuição da ocorrência de doenças (LINDERMAN, 1994) e na capacidade de suportar estresse hídrico (NELSEN, 1987; GEORGE *et al.*, 1992). Assim, as micorrizas podem desenvolver papel fundamental na recuperação de ecossistemas degradados (PFLEGER *et al.*, 1994; MALAJCZUK *et al.*, 1994; JASPER, 1994).

Dentre os cinco tipos de micorrizas existentes, destacam-se as ectomicorrizas (ECM) e as endomicorrizas arbusculares (MA) ou vesículo-arbusculares (MVA), por ocorrerem em espécies vegetais de maior importância econômica. As ectomicorrizas são formadas por Basidiomicetos e Ascomycetos e se caracterizam por uma penetração intercelular do córtex e formação da "rede de Hartig" onde ocorrem as trocas entre fungo e planta, pela apresentação de um manto de hifas, externo à raiz, protegendo-a fisicamente contra microrganismos patogênicos do solo e pela indução de mudanças anatômicas nas raízes, o que permite sua identificação a olho nu e pela formação do cordão micelial que permite uma maior exploração do solo, como se fosse uma extensão do sistema radicular. As ectomicorrizas ocorrem em espécies florestais, principalmente nas famílias Fagaceae, Tiliaceae, Betulaceae e Pinaceae, podendo ocorrer também nas famílias Cesalpiniaceae, Dipterocarpaceae e Myrtaceae. Nas endomicorrizas, as hifas apresentam penetração intracelular, formação de arbusculos, responsáveis pelas trocas entre fungo e plantas e não existe a formação do manto externo de hifas, "rede de Hartig" ou alterações morfológicas nas raízes, sendo que sua identificação só é possível com análise microscópica. Ocorre de forma generalizada na natureza, colonizando a grande maioria das espécies vegetais conhecidas (TRAPPE, 1987).

3. POTENCIAL DE USO DAS ECTOMICORRIZAS

As ectomicorrizas começaram a ser estudadas no Brasil quando da introdução de espécies de *Pinus* em programas de reflorestamento incentivados pelo Governo Federal. A introdução do inóculo oriundo da região de ocorrência natural das espécies florestais se deu, provavelmente, através de mudas envasadas e/ou povoamentos ou esporos aderidos às sementes (KRUGNER & TOMAZELLO, 1981). Devido a ausência do inóculo micorrízico muitos povoamentos iniciais de *Pinus* fracassaram, devido à baixa sobrevivência e desuniformidade no crescimento. Com a

preocupação com a micorrização das mudas durante sua fase de produção e o estabelecimento de uma massa de inóculo inicial nos talhões florestais comerciais, estes problemas foram superados. O Quadro 1 mostra as situações onde se faz necessária a inoculação com fungos ectomicorrízicos.

Quadro 1: Situações que requerem a introdução de fungos ectomicorrízicos

- Fora do habitat natural dos simbiontes
- Em solos sujeitos à erosão
- Em regiões sujeitas a pouso prolongado
- Em regiões de cultivo sistemático de plantas endomicorrízicas
- Em solos sujeitos a desinfestação, fertilização e uso de defensivos agrícolas
- Em substratos inertes tipo vermiculita e outros utilizados em viveiros
- Em regiões sujeitas a queimadas sistemáticas

Fonte: BELLEI & CARVALHO (1992)

Pouco se conhece sobre a situação das espécies florestais nativas quanto a colonização por fungos ectomicorrízicos. Esta falta de informação dificulta em muito a exploração do potencial das associações e sua utilização em programas, como por exemplo, de recuperação de áreas degradadas. Em estudo realizado por THOMAZINI (1974), em região de cerrado, de 58 espécies estudadas somente duas espécies apresentaram colonização por fungos ectomicorrízicos. Mesmo os trabalhos sobre as espécies de fungos introduzidos não é completa, restringindo-se em sua grande maioria ao levantamento das espécies de fungo que ocorrem numa determinada região.

Outro ponto que restringe o uso de fungos ectomicorrízicos é a falta de material básico, de qualidade aceitável, para a inoculação de espécies exóticas. No Quadro 2 são apresentados os diferentes tipos de inóculo para fungos ectomicorrízicos. No Brasil, o tipo mais utilizado é o terriço, que apresenta sérios problemas, principalmente quanto a incerteza da qualidade do material que esta sendo introduzido e quanto ao risco de introdução de ervas daninhas e fungos patogênicos. A aplicação de esporos oriundos de esporocarpos é uma alternativa com maior controle da espécie e pureza do material que se está utilizando. Produtos comerciais a partir de esporocarpos têm apresentado bons resultados nas Filipinas. Na França são produzidos produtos comerciais a base de alginato de cálcio, com alto grau de pureza e controle da espécie de fungo que está

Quadro 2: Métodos de produção de inóculo de fungos ectomicorrízicos

Método	Inóculo	Comentários
terriço	solo + acículas + esporos + micélio	- não existe nenhum controle sobre o material que esta sendo inoculado - alto risco de disseminar patógenos e ervas daninhas - é o método mais simples, barato e disponível
esporocarpos	esporos	- sabe-se o que está sendo inoculado - exige grandes quantidades de inóculo para uma boa micorrização - possibilidade de armazenamento por até 2 anos - não é aplicável para espécies com baixa produção de esporos
tabletes de basidiosporos ¹	esporos	- pode-se utilizar mistura de espécies - sabe-se o que está sendo inoculado
alginato de cálcio ¹	hifas	- alto grau de pureza - alta eficiência - baixa disponibilidade no mercado
grânulos de hidrogel ²	hifas	- alto grau de pureza - alta eficiência - baixa disponibilidade no mercado
vermiculita + turfa ¹	hifas + vermiculita	- alto grau de pureza - alta eficiência - difícil manuseio - baixa disponibilidade no mercado

¹ MARX (1991); ² KUECK (1994)

sendo introduzida. De maneira semelhante, a Austrália possui um produto comercial a base de hidrogel, com propriedades semelhantes ao produto francês. Os Estados Unidos da América comercializam um produto a base de vermiculita que também tem apresentado bons resultados, com alto grau de pureza. De maneira geral, os produtos que utilizam o micélio vegetativo do fungo apresentam melhores resultados do que os que utilizam esporos ou terriço.

4. POTENCIAL DE USO DAS MICORRIZAS ARBUSCULARES

As micorrizas arbusculares ou vesículo-arbusculares são o tipo mais comum que ocorre na natureza. Estão presentes na grande maioria das famílias de plantas conhecidas, desde espécies florestais até culturas agrícolas. As micorrizas arbusculares são simbiotes obrigatórios o que implica que elas só se desenvolvem e estabelecem na presença de um hospedeiro. A impossibilidade de cultura desses fungos em meio axênico é uma limitante vital para o uso desses simbiotes em larga escala.

Em função dessa limitação, estratégias mais complexas devem ser utilizadas para a introdução e/ ou aumento da quantidade de inóculo numa determinada área. Dependendo do resultado da análise da infectividade e eficiência dos fungos MA nativos da área pode-se adotar o uso de mudas inoculadas, a inoculação da área ou o manejo da população nativa de fungos formadores de micorrizas arbusculares. O uso de mudas inoculadas ou a inoculação da área deve ser feito onde o fungo esta ausente ou os fungos nativos não são eficientes ou apresentam baixa infectividade (JASPER, 1994). Este método esbarra na dificuldade de obtenção de grandes quantidades de inóculo, necessários a estas operações, principalmente quando se opta por pela inoculação da área. Quando a infectividade do fungo nativo é baixa mas há adequada eficiência, existe a possibilidade de se trabalhar a área, através do uso de estratégias que visem o aumento da infectividade (JASPER, 1994). MILLER & JASTROW (1992) sugerem condições onde o manejo de fungos micorrízicos é importante (Quadro 3).

Um dos principais entraves ao uso de inóculo de fungos MA é a produção de inóculo. O inóculo usado de forma mais comum é aquele oriundo de culturas de pote, ou seja, esporos de uma determinada espécie de fungo formador de MA é colocado em contato com uma planta hospedeira de forma a ocorrer a colonização e a multiplicação do mesmo. Este inóculo produzido é então multiplicado em uma escala maior a fim de proporcionar volume suficiente de inóculo para a finalidade desejada. Apesar de possuir a desvantagem de ser uma mistura de solo, esporos, hifas e raízes, o que acarreta grande volume e peso é o método mais prático e disponível. Sieverding & Saif (1984), citado por CARDOSO & LAMBAIS (1992) sugerem um modelo teórico para produção de larga escala de inóculo oriundos de culturas de pote (Figura

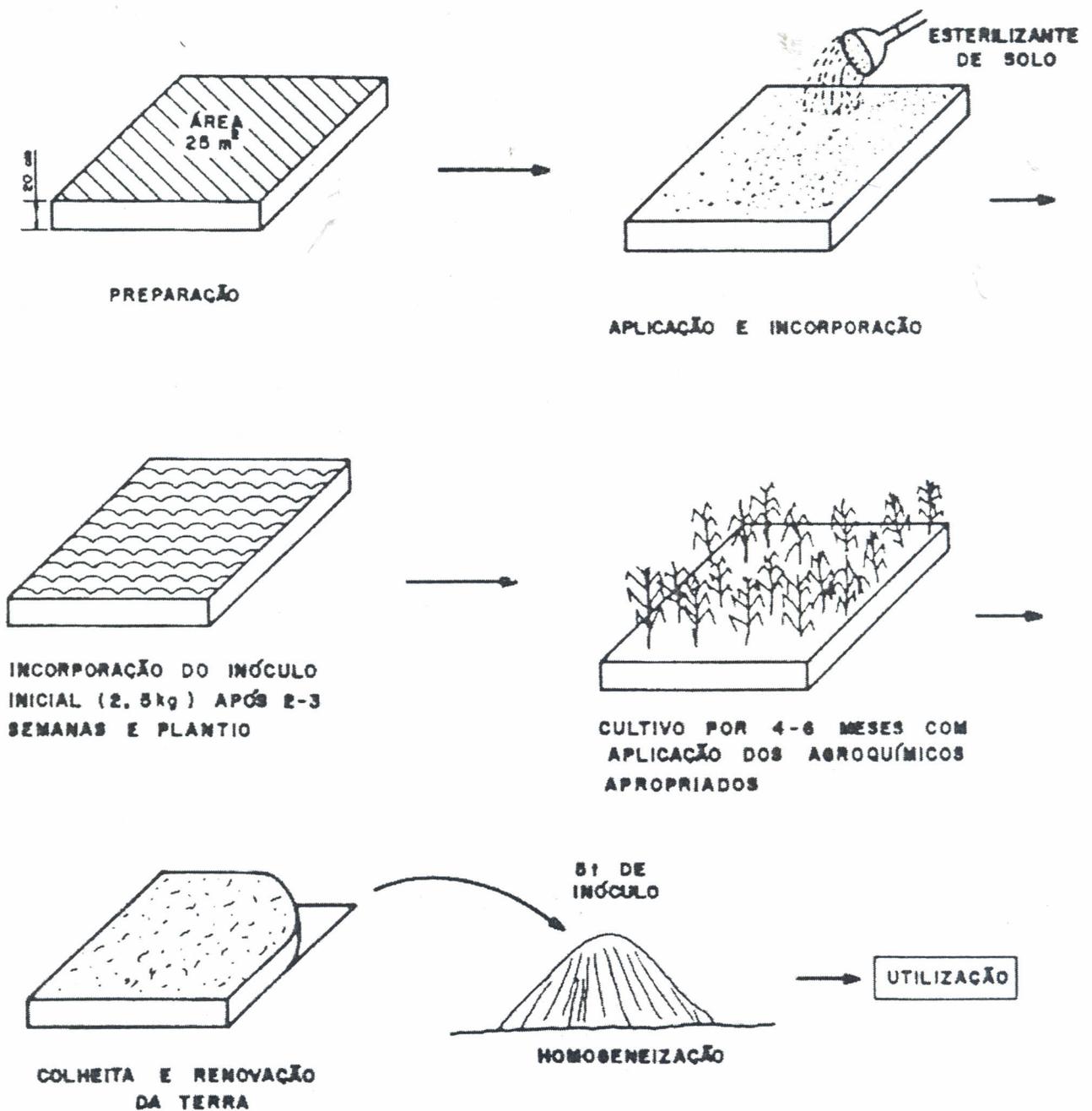
1). Outros métodos são:

Quadro 3: Condições onde o manejo de micorrizas arbusculares pode ser importante na recuperação de ecossistemas

-
- Densidade de inóculo micorrízico é baixa
 - As principais formas de inóculo são raízes colonizadas e hifas extraradiciais
 - O sitio é extremamente árido ou encharcado durante um período da estação de crescimento
 - Existe baixo teor de nutrientes minerais no solo
 - Existe potencial de toxicidade do solo para a planta
 - A otimização da biodiversidade é o objetivo principal
-

Fonte: MILLER & JASTROW (1992)

Figura 1: Modelo teórico para produção de inóculo em uma propriedade (proposto por Sievereding & Saif (1984) citado por CARDOSO & LAMBAIS (1992))



citados em literatura (Quadro 4), porém, não são disponíveis em função de ajustes que ainda se fazem necessários na metodologia

Quadro 4: Métodos de produção de inóculo de fungos MA

Método	Inóculo	Comentários
cultura em pote ou vaso	soló + esporos + hifas + raízes	- método mais comum - tem como desvantagem o grande volume e peso do inóculo
agregados de casca, turfa, argila expandida, vermiculita, areia ¹	substrato + esporos + hifas + raízes	- materiais mais leves - método de produção parecido com o pot culture, com produção de grande volume de inóculo
sistemas hidropônicos e aeropônicos ¹	esporos + raízes	- permite maior pureza do material produzido - aplicável a poucas espécies de fungos micorrízicos - alto custo

¹ SYLVIA & JARSTFER (1994)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recuperação de áreas degradadas é um processo e como tal é composto por várias etapas que devem ser desenvolvidas de forma a, num conjunto, obter-se o resultado final que é a recuperação da área em questão. Os passos que facilitem ou favoreçam a obtenção do objetivo final devem ser considerados, a fim de aumentar as chances de sucesso. Os fungos micorrízicos são responsáveis pela ligação direta entre a planta e o solo, permitindo um casamento mais próximo com a ciclagem de nutrientes; estão ligados com a criação de uma reserva de nutrientes, pela contribuição ao desenvolvimento da estrutura do solo e; são associados ao funcionamento diário da planta, através de seu envolvimento em vários processos da planta, tais como: absorção de nutrientes, relações hídricas, crescimento e reprodução. Neste contexto, o uso de fungos micorrízicos tornam-se, em alguns casos, uma ferramenta importante.

Os fungos micorrízicos por si só e de forma generalizada não são uma panacéia para a resolução de todos os problemas da recuperação que possui peculiaridades ímpares dependendo da região onde esteja sendo realizada. Porém, não devem ser esquecidos ou desprezados, pois, podem, ser a diferença entre sucesso e fracasso no estabelecimento da vegetação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLEI, M.M.; CARVALHO, E.M.S. 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.
- CARDOSO, E.J.B.N.; LAMBAIS, M.R. Aplicações práticas de micorrizas vesículo - arbusculares (MVA). *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. 283-296.
- GEORGE, E.; HÄUSLER, K.; KOTHARI, S.K.; LI, X. -L.; MARSCHNER, H. Contribution of mycorrhizal hyphae to nutrient and water uptake of plants. *In*: READ, D.J.; LEWIS, D.H.; FITTER, A.H.; ALEXANDER, I.J. Mycorrhizas in ecosystems. Wallingford, Oxon, UK. CAB International, 1992. p. 42-47.
- HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. Mycorrhizal symbiosis. London. Academic Press. 1983. 483p.
- JASPER, D.A. Management of mycorrhiza in revegetation. *In*: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K.; MALAJCZUK, N. Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry; Proceedings of an International Symposium on Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1994. p. 211-219. (Developments in Plant and Soil Sciences, 56)
- KRUGNER, T.L.; TOMAZELLO FILHO, M. Ocorrência de micorrizas em espécies de *Pinus* e identificação dos fungos associados. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, 1981. 7p. (Circular Técnica, nº139).
- KUECK, C. Issues concerning the production and use of inocula of ectomycorrhizal fungi in increasing the economic productivity of plantations. *In*: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K.; MALAJCZUK, N. Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry; Proceedings of an International Symposium on Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1994. p. 221-230. (Developments in Plant and Soil Sciences, 56)
- LINDERMAN, R.G. Role of VAM fungi in biocontrol. *In*: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G. Mycorrhizae and plant health. St. Paul. APS Press. 1994. p.01-25.
- MALAJCZUK, N.; REDDELL, P.; BRUNDRETT, M. Role of ectomycorrhizal fungi in minesite reclamation. *In*: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G. Mycorrhizae and plant health. St. Paul. APS Press. 1994. p.83-100.
- MARX, D.H. The practical significance of ectomycorrhizae in forest establishment. *In*: MARCUS WELLENBERG PRIZE SYMPOSIUM, 1991, Stockholm. Ecophysiology of ectomycorrhizae of forest trees. Falun: The Marcus Wellenberg Foundation. 1991. p. 54-90. (Symposia Proceedings, 7).
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. *In*: ALLEN, M.F. Mycorrhizal functioning: An integrative plant-fungal process. New York. Chapman & Hall. 1992. p. 438-467.
- NELSEN, C.E. The water relations of vesicular arbuscular mycorrhizal systems. *In*: SAFIR, G.R. Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. Boca Raton, Florida. CRC Press. 1987. p. 71-91.
- NEWMAN, E.I. Mycorrhizal links between plants: Their functioning and ecological significance. Advances in Ecological Research, London, 18. p. 243-270. 1988. PFLEGER, F.L.; STEWART, E.L.; NOYD,

- R.K. Role of VAM fungi in mine land revegetation. *In*: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G. Mycorrhizae and plant health. St. Paul. APS Press. 1994. p.47-81.
- SYLVIA, D.M.; JARSTFER, A.G. Production of inoculum and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *In*: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K.; MALAJCZUK, N. Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry; Proceedings of an International Symposium on Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1994. p. 231-238. (Developments in Plant and Soil Sciences, 56)
- THOMAZINI, L.I. Mycorrhiza in plants of the "cerrado". Plant and Soil, 41. 1974. p. 707-711.
- TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *In*: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K.; MALAJCZUK, N. Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry; Proceedings of an International Symposium on Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1994. p. 115-121. (Developments in Plant and Soil Sciences, 56)
- TRAPPE, J.M. Phylogenetic and ecological aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. *In*: SAFIR, G.R. Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. Boca Raton, Florida. CRC Press. 1987. p. 2-25.