



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
LSO - DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO
PACES – PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM
SUSTENTABILIDADE

JOÃO CARLOS GUIMARÃES IACOBUCCI
RENAN DINIZ BUCCI

**Associações micorrízicas na agricultura: um destaque para Fungos
Micorrízicos arbusculares e Ectomicorrizas**

Piracicaba

2023

JOÃO CARLOS GUIMARÃES IACOBUCCI
RENAN DINIZ BUCCI

**Associações micorrízicas na agricultura: um destaque para Fungos
Micorrízicos arbusculares e Ectomicorrizas**

Revisão Bibliográfica apresentada ao
Grupo PACES – Projetando Agricultura
Compromissada em Sustentabilidade da
Escola Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz”.

Coordenadores:

Rodrigo Cintra Bachega
João Oléa Leone

Piracicaba

2023

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	4
2.	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	6
2.1.	ASPECTOS AGRONÔMICOS.....	10
3.	ECTOMICORRIZAS	13
3.1.	ASPECTOS AGRONÔMICOS.....	14
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
	REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

A microbiologia do solo tem ganhado cada vez mais popularidade devido ao descobrimento de funcionalidades que impactaram diretamente na produtividade agrícola de grandes culturas. Dentro da microbiologia do solo, estuda-se as funções e interações de fungos micorrízicos com o sistema solo-planta.

Micorrizas são associações entre fungos e o sistema radicular das plantas (ANTONIOLLI, 1991), sendo que esta associação é caracterizada pela simbiose mutualística e trocas bidirecionais de nutrientes (SMITH; READ, 2008). As plantas fornecem Carbono orgânico como fonte de alimento para esses microrganismos, enquanto os mesmos fornecem compostos inorgânicos para as plantas (ALLEN, 1991), tal associação entre esses organismos compreende não só em troca de nutrientes, mas também desempenham outras funções importantes para o ecossistema como um todo, a medida que conferem estruturação do solo agindo como agentes cimentantes; aumentam a tolerância das plantas para estresses abióticos, como estresse hídrico, atuam na mobilização de nutrientes retidos no solo e podem funcionar como extensões de raízes (CARDOSO; ANDREOTTI, 2020). Outra característica que as micorrizas possuem, é a formação de uma rede subterrânea que conecta diferentes plantas no mesmo ecossistema e assim contribuem com a troca de nutrientes de planta-a-planta (SMITH; READ, 2008), e também na comunicação sobre ataques de patógenos para plantas mais distantes (WOHLLEBEN, 2015).

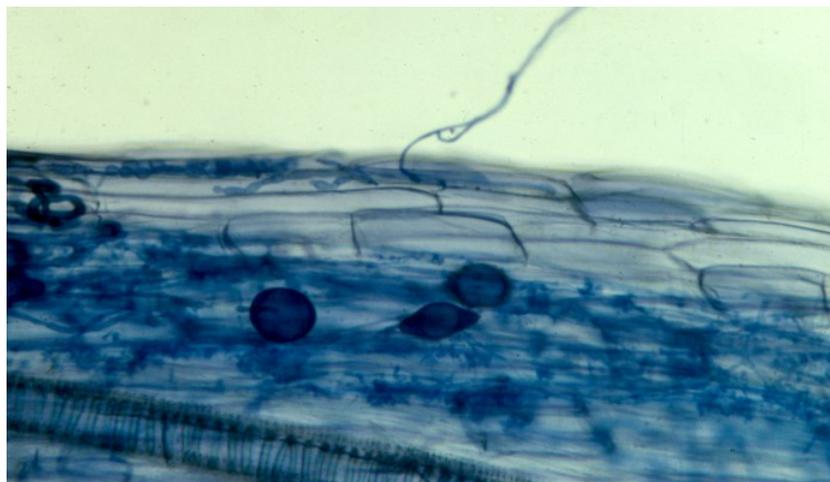
Pela extensão de diferenças anatômicas, diversidades de organismos envolvidos, diferentes interações nas plantas e no solo, as micorrizas são classificadas de diferentes formas; sendo que as classificações mais aceitas atualmente pela comunidade científica são: as micorrizas arbusculares, sendo as mais comuns e de maior abundância no globo terrestre (SMITH; READ, 2008); ectomicorrizas, cuja colonização acontece de modo intercelular, ou seja, entre as células; ectoendomicorrizas, são associações intracelular porém mantêm o manto externo de hifas; endomicorrizas, penetrações intra e intercelular coma ausência do manto externo de hifas; micorrizas arbutóides, são endomicorrizas formando novelos de hifas nas células das raízes (ANTONIOLLI; KAMINSKI, 1991); micorrizas

monotropiódas, extensa penetração intracelular; micorrizas ericóides, também são endomicorrizas formadoras de novelos de hifas no interior das células; e micorrizas de orquídeas, são associações características das raízes da família Orchedaceae (CARDOSO; ANDREOTTI, 2020).

2. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos da classe *Glomeromycetes*, composta por dezenas de gêneros e mais de 245 espécies catalogadas, das quais uma parcela considerável pode ser encontrada naturalmente em regiões agrícolas brasileiras. Os glomerocetos (maneira pela qual a classe *Glomeromycetes* é conhecida), são classificados como biotróficos obrigatoriamente, isto é, necessitam de um hospedeiro vivo para produzirem esporos e assim completar seu ciclo (simbiose de alto grau de evolução). Além disso, essas espécies se caracterizam por apresentar uma estrutura de troca de nutrientes denominada de arbúsculo, que é a ramificação da hifa do fungo desenvolvida entre a membrana plasmática e a parede celular do hospedeiro (curiosamente, o nome da referida estrutura se deve ao fato da ramificação se parecer com o formato de um arbusto). Outras características que valem ser destacadas a respeito da morfologia dos FMAs são a de serem espécies majoritariamente clonais, possuírem esporos de grande tamanho (de 22 a 1050 μm), e de apresentarem micélio asseptado (VASCONCELLOS; 2020).

Figura 1: Fungo micorrízico arbuscular associado à espécie vegetal

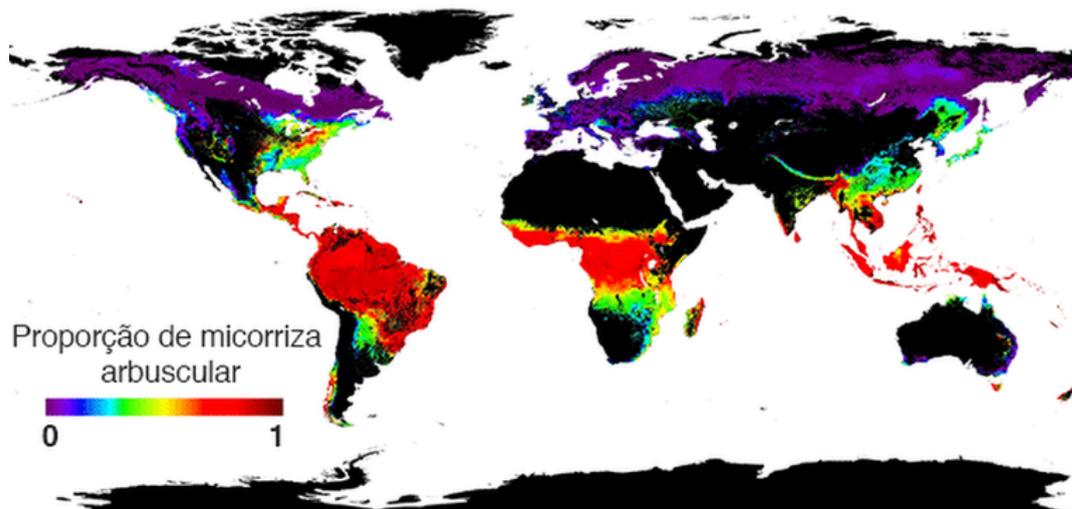


Fonte: Sem autor (2018).

Por conta da grande variedade de espécies, os fungos micorrízicos arbusculares conseguem ter compatibilidade para se associar a mais de 20 mil espécies de hospedeiras. Dessa forma, eles são amplamente encontrados se associando com diferentes grupos de plantas em todo o mundo, estando presentes

em aproximadamente 80% das espécies vegetais que realizam micorrizas. Em regiões de clima quente e úmido de baixas latitudes, a presença dos referidos fungos é ainda maior, podendo estar presentes em quase 100% das plantas que micorrizam (VASCONCELLOS, 2020).

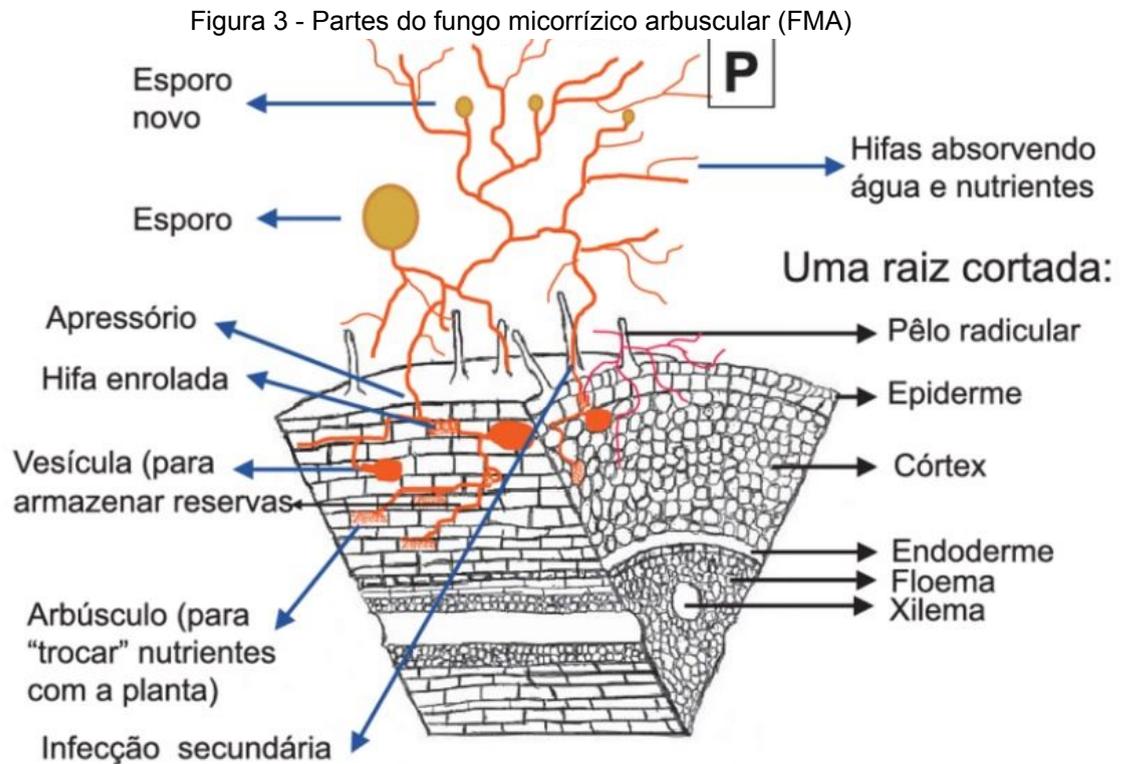
Figura 2 - Participação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no total de espécies vegetais que se associam a fungos micorrízicos



Fonte: Crowther (2019).

O processo de simbiose entre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e as plantas ocorre seguindo uma série de etapas que garantem o sucesso da micorrização. Tudo se inicia com a identificação entre a espécie hospedeira e a espécie hospedada (fungo), que precisam ser compatíveis entre si para que a micorriza possa ser estabelecida. Logo após, é iniciado o processo de colonização com o desenvolvimento de hifas infectivas, formas de propágulo que crescem na rizosfera e dão origem ao apressório (estrutura especial de penetração) ao entrar em contato com as raízes. Em seguida, através da degradação enzimática da parede celular e de pressão mecânica exercida pelo fungo, é iniciada a penetração das células vegetais da epiderme pelo apressório. Mais adiante, são formados enovelamentos simples que colonizam as células do córtex e o apoplasto, dando origem assim aos arbúsculos, que permitem com que os fungos tenham “troquem” recursos com a planta. Por fim, são desenvolvidos, a partir das hifas, estruturas denominadas de vesículas, estruturas destinadas a armazenar reservas para os fungos. Vale ressaltar que, durante o estabelecimento dos arbúsculos, tanto as hifas quanto as células vegetais envolvidas passam por alterações fisiológicas e

morfológicas profundas que definem a funcionalidade da micorriza (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).



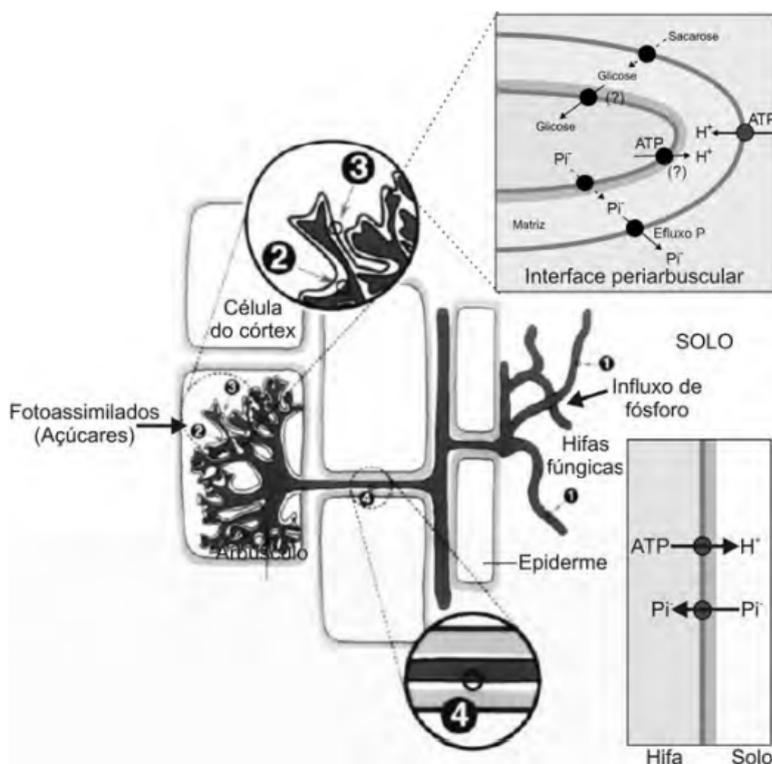
Fonte: MATTIELO, 2021.

Após a formação da micorriza, a troca de recursos começa a ocorrer entre a espécie hospedeira e o fungo. Por parte da primeira, as reservas de carbono cedidas se encontram no apoplasto e são fornecidas aos "FMA" através da absorção do arbúsculo. Por outro lado, para o fungo ser capaz de fornecer nutrientes às plantas, ele deve ser capaz de atingir porções do solo não alcançáveis pelas raízes. Isso ocorre através do crescimento do micélio e de hifas externas no solo, que penetram majoritariamente microporos com alta concentração de nutrientes e que são inatingíveis por raízes não micorrizadas, podendo ampliar em até 1800% a superfície de contato (VACSONCELLOS, 2020).

Dentre os elementos essenciais absorvidos por meio da micorrização, com certeza o fósforo (P) é o de maior destaque. Basicamente, o fornecimento de P via fungo à planta é o que mantém a simbiose ativa, haja vista que, dentre os macronutrientes, ele é um dos encontrados em menores concentrações no solo; além disso, sua absorção requer um fenômeno que é essencial para o bom funcionamento da micorriza. Tudo se inicia com a absorção ativa de P pelas hifas,

que transforma o fosfato presente na solução (PO_4^{3-}) em grânulos de polifosfato, que posteriormente são transportados por meio de corrente citoplasmática até os arbúsculos. Por lá, os grânulos são hidrolisados liberando fósforo inorgânico (P_i), que é disponibilizado ao vegetal passivamente e, em seguida, é translocado via xilema às folhas para ser parte integrante do processo de fotossíntese. Vale lembrar que, simultaneamente, no fluxo contrário acontece o transporte de fotoassimilados responsável por nutrir os “FMA”, garantindo assim o estabelecimento da relação simbiótica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Ao todo, estima-se que as micorrizas arbusculares sejam capazes de suprir o equivalente a 80% do P absorvido pelas plantas, reforçando assim a importância que essa relação possui na nutrição vegetal. Além do fósforo, os “FMA” também são responsáveis por disponibilizar outros nutrientes às plantas, fornecendo quantidades consideráveis; alguns deles e sua participação no total absorvido pelas plantas são o cobre (Cu) (60%), o nitrogênio (N) (25%), zinco (Zn) (25%) e potássio (K) (10%) (MARSCHNER; DELL, 1994).

Figura 4 - Mecanismo de transferência e absorção de P e carboidratos em raízes micorrizadas. Legenda: Absorção de P em hifas externas (1); chegada de P no arbúsculo (2); entrada de P no apoplasto das células da raiz (3); e sítio de absorção de açúcares pelo fungo (4).



Fonte: Moreira; Siqueira (2006).

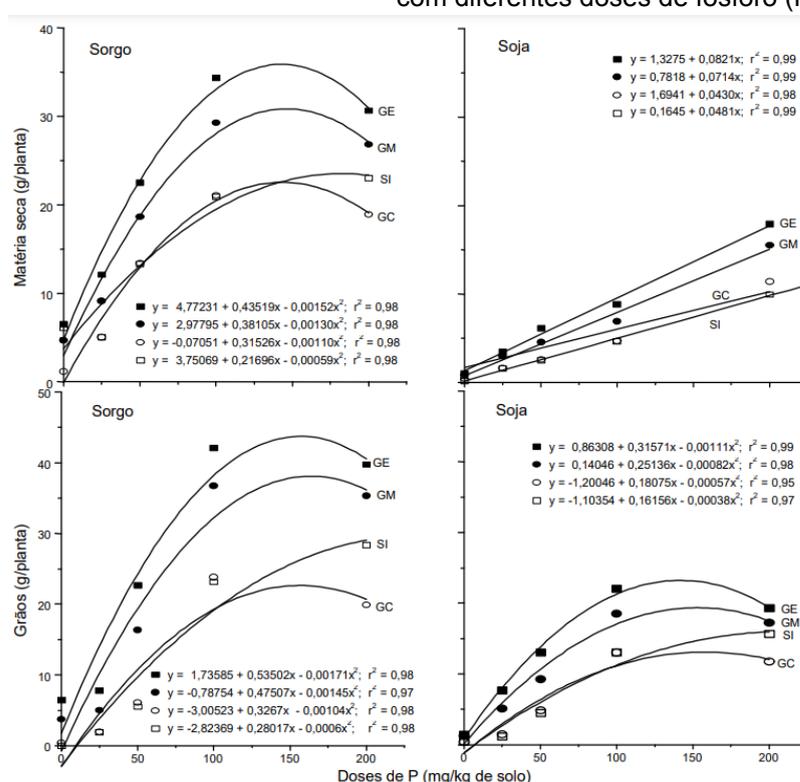
2.1. ASPECTOS AGRONÔMICOS

Considerando o protagonismo que os fungos micorrízicos arbusculares exercem nas associações com vegetais, sabe-se também que os últimos se destacam em micorrizas com espécies agrícolas de interesse econômico. Dessa forma, o estudo a respeito de manejos corretos pensando no favorecimento da micorrização no ambiente agrícola tem ganhado importância tendo em vista a busca por cultivos mais produtivos, rentáveis e ecológicos (CARDOSO; ANDREOTI, 2020).

A realidade supracitada foi testada experimentalmente por Bressan et. al (2000), que testou os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos (3 espécies inoculadas separadamente: *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e da aplicação de P na produção e nos teores de nutrientes de soja e sorgo consorciados em casa de vegetação. Ao final, verificou-se que as

concentrações nas folhas de ambas as culturas de N, P K, Zn e Cu foram incrementadas em decorrência da presença dos “FMA”, comprovando a considerável capacidade de disponibilização de nutrientes por meio das hifas externas. Além disso, a espécie *Glomus etunicatum* proporcionou aumentos na produção de matéria seca e grãos de soja e sorgo, destacando assim a sua boa compatibilidade tanto com gramíneas como com leguminosas (BRESSAN et. al, 2000).

Figura 5 - Peso da matéria seca e dos grãos de soja e sorgo consorciados, de acordo com diferentes doses de fósforo (P).

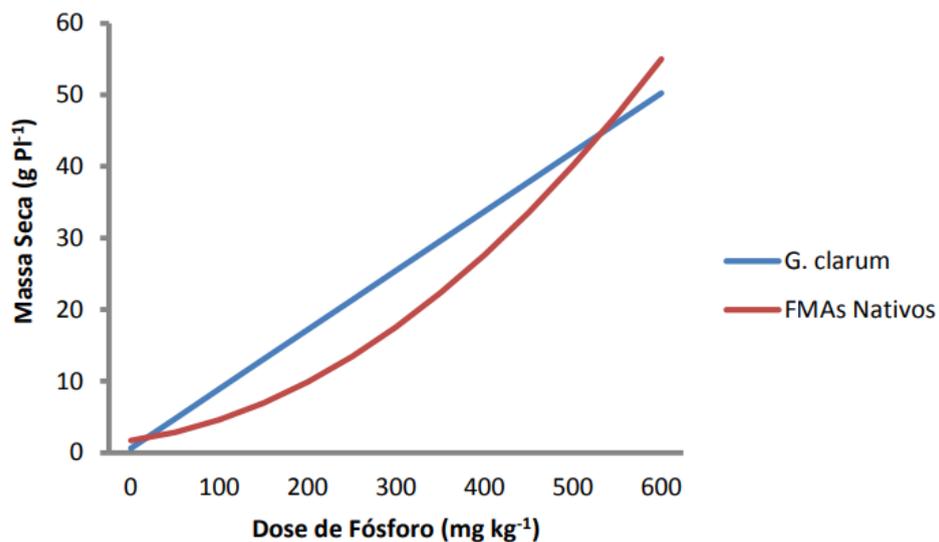


Fonte: BRESSAN et. al (2000).

Outra prova interessante envolvendo o efeito dos “FMA” em culturas agrícolas é observado em SEI (2012), que avaliou a coinoculação de rizobactérias (*Pseudomonas* spp. e *Rhizobium* spp.) com fungos micorrízicos (*Glomus* spp.) na cultura do feijoeiro, sob diferentes doses de fósforo. Após a realização do experimento, aferiu-se que a colonização micorrízica nas raízes foi potencializada após a aplicação de doses maiores de P na área, indicando assim a possibilidade de uma interação sinérgica entre os “FMA” e a adubação fosfática nos sistemas agrícolas, colaborando assim para o aumento de produtividade. Também foi

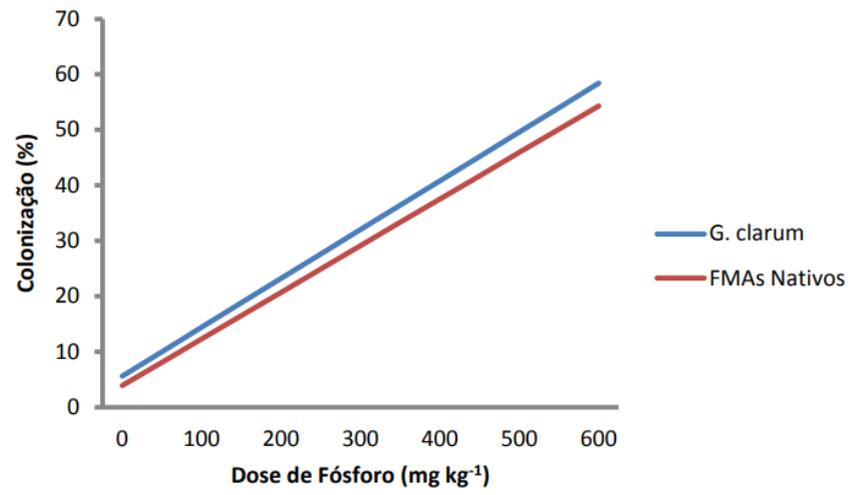
observado que espécies de fungos nativas do solo cultivado apresentaram compatibilidade igualmente boas com o feijoeiro em comparação aos organismos do gênero inoculado, assim sendo, o gênero *Glomus* foi capaz de estabelecer uma quantidade considerável de micorrizas com a cultura agrícola em destaque. Mais além, também foi confirmado que as cepas das espécies de rizobactérias e dos “FMA” inoculados não possuem qualquer tipo de incompatibilidade uns com os outros.

Figura 6 - Efeitos dos “FMA”s nativos e de *Glomus clarum* no incremento de matéria seca do feijoeiro, 48 dias após o plantio.



Fonte: Sei (2012).

Figura 7 - Porcentagem de plantas de feijão colonizadas por “FMA”s nativos e/ou *Glomus clarum*, 48 dias após o plantio



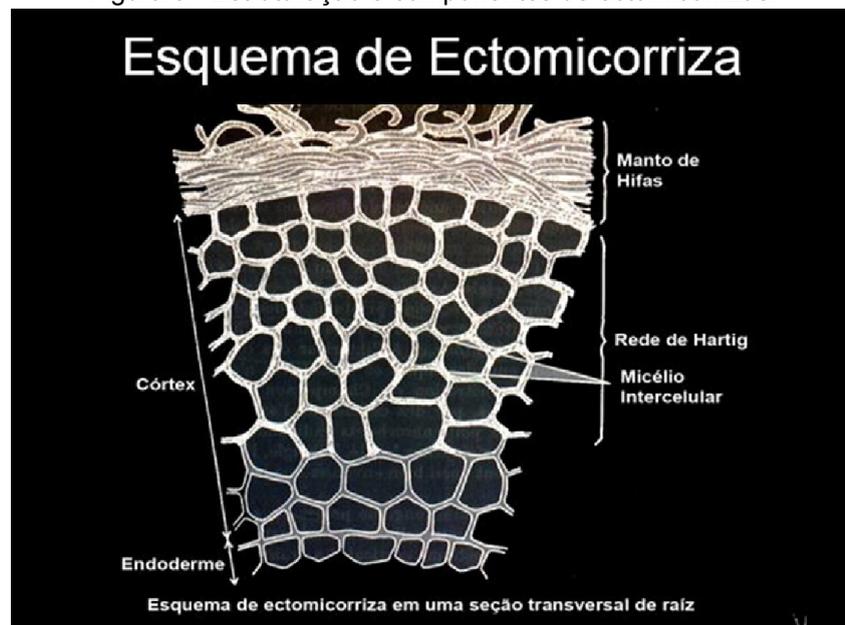
Fonte: Sei (2012).

3. ECTOMICORRIZAS

Os fungos ectomicorrízicos são geralmente pertencentes à divisão Basidiomycota, porém também pertencem às divisões Ascomycota, Zigomycota e Deuteromycota (WEIRICH, 2013), possuem uma diversidade relativamente grande de fungos interagindo com as plantas, porém uma quantidade reduzida de plantas susceptíveis a tais associações, como exemplos os gêneros *Amanita*, *Scleroderma*, *Pisolithus*, *Rhizopogon* *Thelephora* são todos encontrados aqui no Brasil, e fazem associações somente com os cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus* (CARDOSO; ANDREOTI, 2020).

Associações ectomicorrízicas são caracterizadas pela presença de três principais estruturas, sendo elas: um manto fúngico, aproxima e recobre as raízes; a Rede de Hartig, que são ramificações formando uma espécie de labirinto entre as células da epiderme e do córtex das raízes, e também estruturas chamadas de hifas e rizomorfos que permanecem na parte externa das raízes, elas contribuem fortalecendo a conexão entre as raízes e o solo, e são as estruturas de frutificação que expandem de tamanho conforme condições favoráveis para tal (SMITH; READ, 2008).

Figura 8 - Estruturação e componentes de ectomicorrizas.



Fonte: Cardoso e Andreote (2020).

Contudo, estes fungos fornecem diversos benefícios diretos e indiretos para plantas e árvores em climas tropicais como aqui no Brasil, sendo que entre os benefícios diretos pode-se citar a ciclagem de nutrientes entre as raízes e o solo (KABATA-PENDIAS, 2010), fornecimento de diferentes formas de nitrogênio (WEIRICH, 2013), também induzem alterações morfológicas no sistema radicular das quais aumentam a formação de micorrizas (MADIGAN *et al*, 2004), tal processo acontece pela inibição da formação de pelos radiculares nas raízes, aonde irá acontecer a substituição dos mesmos pelas hifas dos fungos, tal regulação envolve a secreção de compostos indólicos como por esses fungos, como exemplo temos ácido indolacético e hipaforina (CARDOSO; ANDREOTI, 2020). Como benefícios indiretos as ectomicorrizas produzem conferem maior tolerância contra possíveis estresses abióticos ou até mesmo bióticos, e desintoxicação por metais pesados (WEIRICH, 2013). Inclusive, a ausência de aplicações adequadas de fertilizantes, torna as plantas mais dependentes das relações simbióticas micorrizas-plantas (SOUZA *et al*, 2012).

3.1. ASPECTOS AGRONÔMICOS

As ectomicorrizas são especializadas na colonização de árvores Gimnospermas, contanto, não estabelecem conexões com outras espécies de plantas, no entanto, são diversos os benefícios que associações micorrízicas podem fornecer para as plantas que possuem seu sistema radicular colonizado por uma diversidade de fungos ectomicorrízicos. Entretanto estes fungos podem fornecer grande importância para cultivos de eucalipto, Pinus, e integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

A integração Lavoura-Pecuária-Floresta (IPLF), pode ser uma alternativa sustentável para cultivos agrícolas, estas são práticas cujo objetivo é produção é manter diferentes sistemas produtivos, sendo eles agricultura, pecuária e florestas sob uma mesma área de produção, podendo ser consorciada ou em rotação (DOS REIS, 2015), neste quesito as micorrizas podem ser um aspecto importante para manter a produtividade equilibrada de todos estes sistemas em conjunto.

Figura 9 - sistema integrado de lavoura, pecuária e floresta



Fonte: Emiliano Santarosa (2015).

O estudo realizado por Bieluczyk et al (2016), com objetivo de analisar a implementação de IPLF, pastejo extensivo e integração Lavoura-Pecuária, e por fim verificar o efeito desses tratamentos sob o crescimento de raízes das culturas envolvidas no experimento, utilizando a técnica de minirhizotrons; para a IPLF foi utilizado o consórcio de braquiária (*Urochloa brizantha*), milho (*Zea Mays*) e eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) junto com ectomicorrizas; o resultado obtido pelos autores foi de que o sombreamento causado pelo eucalipto reduziu o potencial de crescimento de raízes das gramíneas milho e braquiária, enquanto as micorrizas favoreceram o crescimento das raízes de eucalipto, e o tratamento que mais incrementou o sistema radicular foi somente a integração Lavoura-Pecuária. Tal resultado, do ponto de vista florestal, pode ser interessante para o incremento na produção de eucalipto, porém não tão eficiente para o consórcio de gramíneas.

Para a produção de mudas de eucalipto, a interação entre o sistema radicular das mudas e os fungos ectomicorrízicos demonstram significativa resposta de interação entre esses organismos (WEIRICH et al, 2018). Analisando quatro diferentes espécies de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*), inoculadas com três diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos, sendo eles: *Pisolithus microcarpus* e *Pisolithus tinctorius*, das cepas UFSC-132 e UFSC-121; os autores Weirich et al (2018), concluíram que as

respostas do crescimento de raízes, altura de planta, número de folhas e matéria seca da parte aérea foi consideravelmente maior do que o tratamento controle, com destaque para a cepa USFC-132 a qual gerou maior incremento das mudas, podendo gerar um aumento de 160% na produção de biomassa (MOREIRA; SIQUEIRA, 2016), sendo que este acúmulo na biomassa representa a quantidade líquida de fotossíntese restante na planta, e maiores acúmulo de biomassa proporciona taxas fotossintéticas mais altas, e maior translocação de fotoassimilados para promover a manutenção das ectomicorrizas (WEIRICH *et al*, 2018).

As ectomicorrizas possuem a capacidade de detoxificação de solos contaminados por metais pesados, por diferentes mecanismos elas são capazes de realizar este feito; um dos mecanismos a citar é que a parede celular dos fungos é capaz de produzir agentes quelantes que compartimentalizam estes metais presentes no solo, externos as células fúngicas; outro mecanismo é a precipitação de destes metais em compostos orgânicos, as quais ficaram acumulados no interior das células; neste caso, enzimas transportadoras produzidas pelos fungos, irão se ligar aos metais no solo e transportarão estes metais para compartimentos especializados na célula e assim, sofrerão o processo de desintoxicação (WEIRICH, 2013).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as informações postuladas nos tópicos anteriores, tem-se que as associações micorrízicas se apresentam como uma simbiose muito benéfica às partes envolvidas, haja vista que os fungos garantem sua sobrevivência e nutrição junto às raízes, enquanto as espécies vegetais potencializam sua absorção de nutrientes tendo acesso a recursos inexploráveis sem a micorriza. Além disso, as especificidades de cada tipo de micorriza promovem uma diferenciação nos nichos ecológicos de forma que diferentes espécies consigam usufruir com sucesso dessa simbiose. Os fungos micorrízicos arbusculares “FMA”, por exemplo, se caracterizam por apresentarem os arbúsculos, que permitem com que a relação de troca de nutrientes seja bastante eficiente e assim consigam maximizar os benefícios da simbiose. Não à toa, esses fungos conseguem se associar a milhares de espécies, principalmente em regiões tropicais. Por outro lado, ectomicorrizas se utilizam de sua grande capacidade de penetração nos espaços intercelulares para conseguir estabelecer relações estáveis em diversas espécies de plantas, com destaque às gimnospermas, que têm grande extensão radicular.

Pensando nisso, conhecer a existência, o funcionamento e as particularidades de cada tipo de micorriza se faz relevante tendo em vista o potencial agrícola que essas associações podem ter na busca por cultivos mais produtivos, ecológicos e rentáveis. A partir desses conhecimentos se faz possível estabelecer estratégias de manejo que considerem a importância das micorrizas, e assim incluam-na (inoculada ou a partir da sua multiplicação ao longo do tempo no solo) como um complemento à adubação com fertilizantes tradicionais. Mais além, a existência de uma boa micorrização das espécies cultivadas também deve ser usada com um parâmetro para aferir a qualidade e a “saúde” da microbiota de um determinado solo.

REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, Z. I.; KAMINSKI, J. MICORRIZAS. **Ciência Rural**, v. 21, n. 3, p. 441–455, 1991.
- BRESSAN, W.; PURCINO, A. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A. **Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados**. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/XsfyFJkgbMZfB5PsS94Fh6z/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21/08/2023.
- CAMPOS, D. T. D. S. et al. **Colonização micorrízica em plantios de eucalipto**. Revista *Árvore*, v. 35, n. 5, p. 965–974, 2011.
- CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira; ANDREOTE, Fernando Dini. **Microbiologia do Solo**. 2. ed. Piracicaba: Esalq, 2008
- CROWTHER, L. **Conheça a WWW, a extensa rede de raízes, fungos, e bactérias que ajudam a conectar árvores e plantas nas florestas**. Disponível em: <https://overdoso.com.br/2019/05/21/www-a-extensa-rede-de-raizes-fungos-e-bacterias-que-interliga-as-plantas-nas-florestas/>. Acesso em: 18/08/2023
- KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants** (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10158>, 2010
- MADIGAN, Michael T.. **Biología de los microorganismos**. 10. ed. Madrid: Prentice Hall-Pearson Education Inc, 2004.
- MATIELLO, J. B. **É preciso mais atenção à simbiose de micorrizas com o cafeeiro**. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/colunas/folha-procafe-jose-braz-matiello/e-preciso-mais-atencao-a-simbiose-de-micorrizas-com-o-cafeeiro-225963/>. Acesso em: 19/08/2023
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Editora UFLA, 2ª edição, p. 553–575, 2006.
- REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2016, Curitiba. **TÉCNICA DO MINIRHIZOTRON AVALIA DINÂMICA DE RAÍZES E ECTOMICORRIZAS SOB SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL**. Foz do Iguaçu: Nepar, 2016.
- SEM AUTOR. **Glomerycota**. Disponível em: <http://website.nbm-mnb.ca/mycologywebpages/NaturalHistoryOfFungi/Glomeromycota.html>. Acesso em: 21/08/2023
- SMITH, S.E.; READ, D.J.. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. New York: Elsevier, 2008
- VASCONCELLOS, Rafael. **Fungos Micorrízicos**. Biologia do solo (LSO – 0400). 2020.
- WEIRICH, Sidinei Wolnei. **Eucalipto e ectomicorrizas para fitorremediação de solos contaminados com zinco**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2013.

WEIRICH, S. W. et al. **Influência de ectomicorrizas no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii***. Ciência Florestal, v. 28, n. 2, p. 765–775, 2018.