



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

BIOTECNOLOGIA

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE ARROZ
SUBMETIDAS A AÇÃO DE 2 TIPOS DE MICORRIZAS ARBUSCULARES**

VITÓRIA GOMES GUERRA

Foz do Iguaçu

2022



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

BIOTECNOLOGIA

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE ARROZ
SUBMETIDAS A AÇÃO DE 2 TIPOS DE MICORRIZAS ARBUSCULARES**

VITÓRIA GOMES GUERRA

Trabalho de Conclusão de Curso I apresentado ao Instituto de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

Orientador: Profa. Dra. Tathianne Pastana de Sousa Poltronieri.

Foz do Iguaçu
2022

VITÓRIA GOMES GUERRA

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE ARROZ
SUBMETIDAS A AÇÃO DE 2 TIPOS DE MICORRIZAS ARBUSCULARES**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Arte, Cultura e História da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Profa. Dra. Tathianne Pastana de Sousa Poltronieri.

UNILA



Profa. Dra. Rafaella Costa Bonugli Santos

UNILA



Prof. Dr. Cristian Antonio Rojas

UNILA

Foz do Iguaçu, 28 de Novembro de 2022.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Vitória Gomes Guerra

Curso: Bacharel em Biotecnologia

	Tipo de Documento
<input checked="" type="checkbox"/> graduação	<input type="checkbox"/> artigo
<input type="checkbox"/> especialização	<input checked="" type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso
<input type="checkbox"/> mestrado	<input type="checkbox"/> monografia
<input type="checkbox"/> doutorado	<input type="checkbox"/> dissertação
	<input type="checkbox"/> tese
	<input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais
	<input type="checkbox"/>

Título do trabalho acadêmico: Análise do Desenvolvimento de Diferentes Variedades de Arroz Submetidas a Ação de 2 Tipos de Micorrizas Arbusculares

Nome do orientador(a): Profa. Dra. Tathianne Pastana de Sousa Poltronieri

Data da Defesa: 28 / 11 / 2022

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, 08 de Dezembro de 2022.


Assinatura do Responsável

Dedico este trabalho aos meus melhores
amigos, meus pais

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a minha orientadora, Tathianne Pastana de Sousa Poltronieri, por todo acolhimento, orientação, paciência e sobretudo por sua amizade, que tornou essa etapa da minha vida ainda mais especial.

Segundo aos professores do curso de Biotecnologia, por todo ensinamento.

A minha mãe Tereza Gomes, pelas incontáveis xicaras de café e palavras de incentivo, ao meu pai, Wilson Martins Guerra, pelos abraços apertados e cumplicidade.

A todos meus amigos que fizeram parte desta jornada em especial a Ana Caroline de Lima, Eliane Patrícia de Sousa Alves e Patricia Yolanda Alderete Ortigoza, por todo apoio, carinho e risadas, que tornam meus dias mais leves.

Agradeço a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em específico a unidade Embrapa Arroz e Feijão, e também ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), por ter fornecido as sementes, base desse projeto.

RESUMO

O arroz é um cereal muito importante na alimentação humana, a base alimentar de bilhões de pessoas no mundo, inclusive no Brasil. Contudo, a orizicultura brasileira enfrenta desafios que inviabilizam sua consolidação no mercado interno e mundial, como as características do clima e solo, trazendo a necessidade de mudanças que melhorem a adaptabilidade, a diminuição no uso de fertilizantes e herbicidas químicos, para gerar grandes safras. A partir disso, a biotecnologia tem ganhado espaço, ao trazer ferramentas que aumentem a produtividade e qualidade das plantações, tornando a produção não apenas mais rendável, mas também mais sustentável. A pesquisa com fungos micorrízicos arbusculares na cultura do arroz, demonstra grande potencial em beneficiar tanto a agricultura como o meio ambiente, isso porque a simbiose entre o fungo e o arroz aumenta a capacidade de sobrevivência, além de impactar positivamente no desenvolvimento e produtividade, pois o fungo aumenta a capacidade e absorção de nutrientes do solo. Com base nessa perspectiva, a pesquisa a que nos dedicamos nesse trabalho teve o intuito de avaliar os efeitos dessa parceria, para tal foram avaliados cinco diferentes cultivares de arroz: IRGA 424 RI, BRS Firmeza, BRS Pampa CI, BRS Pampeira e IAPAR 58, submetidas a duas espécies distintas de micorrizas, *Glomus formosanum* e *Rhizoglyphus clarum*. Foram avaliados tamanho de planta e tamanho de raiz, bem como peso seco de planta e de raiz. Tendo sido possível constatar benefícios de ambos os fungos, em especial o fungo *Rhizoglyphus clarum*, nas variáveis radiculares, tanto no tamanho quanto peso das raízes de quatro dos cinco genótipos analisados. O comportamento dos diferentes genótipos nos permitiram observar potenciais ganhos em todas as variáveis, sendo dois deles detentores de melhores resultados, o genótipo BRS Firmeza e IRGA 242 RI. Tendo o genótipo IRGA 424 RI, apresentado vantagens claras ao ser inoculado por ambos os fungos.

Palavras-chave: Fungos micorrízicos; simbiose com arroz; IRGA 424 RI; BRS Pampa CI; BRS Pampeira.

ABSTRACT

Rice is a very important cereal in human nutrition, the food base of billions of people in the world, including Brazil. However, Brazilian rice farming faces challenges that make its consolidation in the domestic and world markets unfeasible, such as the characteristics of the climate and soil, bringing the need for changes that improve adaptability, the decrease in the use of chemical fertilizers and herbicides, to generate large harvests. From this, biotechnology has gained space, by bringing tools that increase the productivity and quality of plantations, making production not only more profitable, but also more sustainable. Research with arbuscular mycorrhizal fungi in rice cultivation demonstrates great potential to benefit both agriculture and the environment, because the symbiosis between the fungus and rice increases the capacity for survival, in addition to positively impacting development and productivity, as the fungus increases the capacity and absorption of nutrients from the soil. Based on this perspective, the research we dedicated to this work aimed to evaluate the effects of this partnership, for which five different rice cultivars were evaluated: IRGA 424 RI, BRS Firmeza, BRS Pampa CI, BRS Pampeira and IAPAR 58, subjected to two distinct species of mycorrhizae, *Glomus formosanum* and *Rhizoglyphus clarum*. Plant size and root size, as well as plant and root dry weight, were evaluated. It was possible to verify benefits of both fungi, in particular the fungus *Rhizoglyphus clarum*, in the root variables, both in the size and weight of the roots of four of the five analyzed genotypes. The behavior of the different genotypes allowed us to observe potential gains in all variables, with two of them having the best results, the BRS Firmeza and IRGA 242 RI genotypes. Having the IRGA 424 RI genotype, it presented clear advantages when inoculated by both fungi.

Keywords: Mycorrhizal fungi; symbiosis with rice; IRGA 424 RI; BRS Pampa CI; BRS Pampeira.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Genótipos de arroz cultivados em substrato, no dia da inoculação do experimento (vigésimo dia após a semeadura).....27
- Figura 2-** Parte aérea dos genótipos de arroz no primeiro dia da colheita do experimento.....28
- Figura 3-** Média de desenvolvimento do tamanho da raiz dos diferentes genótipos submetidos aos três tratamentos.....33
- Figura 4-** Média de desenvolvimento do peso da raiz dos diferentes genótipos submetidos aos três tratamentos.....37
- Figura 5-** Hifas e esporos do fungo *R. clarum* na lateral na raiz da planta de arroz de genótipo IRGA 424.....39
- Figura 6-** Arbúsculos do fungo *R. clarum* no interior na raiz da planta de arroz de genótipo IRGA 424.....39
- Figura 7-** Extremidade da raiz, da planta de genótipo Pampa CL, com vesículas e arbúsculos e hifas do fungo *G. formosanum*.....40
- Figura 8-** Interior da raiz da planta de genótipo Pampa CL, com vesículas e arbúsculos do fungo *G. formosanum*.....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas do desenvolvimento do tamanho da planta ao longo do tempo em três diferentes tratamentos.....	30
Tabela 2 – Medidas do desenvolvimento do tamanho da raiz da planta ao longo do tempo em três diferentes tratamentos.....	31
Tabela 3 – Medidas do desenvolvimento do peso seco da planta ao longo do tempo em três diferentes tamanhos.....	34
Tabela 4 – Medidas do desenvolvimento do peso seco da raiz da planta ao longo do tempo em três diferentes tamanhos.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVO	20
2.1 <i>Objetivo geral</i>	20
2.2 <i>Objetivo específico</i>	20
3 JUSTIFICATIVA	21
3.1 <i>O arroz na agricultura</i>	21
3.2 <i>Cultivares de arroz</i>	22
3.3 <i>Micorriza arbuscular</i>	23
4 METODOLOGIA	25
4.1 <i>Preparação de plantio</i>	25
4.2 <i>Pré-germinação e semeadura</i>	26
4.3 <i>Inoculação</i>	26
4.4 <i>Avaliações</i>	27
4.5 <i>Confirmação da efetividade da inoculação</i>	28
4.6 <i>Análise estatística</i>	28
5 RESULTADOS	29
5.1 <i>Observação de lâminas</i>	38
6 DISCUSSÃO	40
6.1 <i>Discussão das lâminas</i>	42
6.2 <i>Aplicabilidade em grande escala</i>	43
7 CONCLUSÃO	44
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, correspondendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas, isso porque não requer muitos processos de industrialização, tem um custo relativamente menor, comparado a outros cereais, e devido a suas características nutricionais, o grão possui alto teor de amido, além de fornecer também proteínas, lipídios, vitaminas e minerais (SOSBAI, 2018). A cultura atualmente ocupa uma área de aproximadamente 163 milhões de hectares, sendo a estimativa da safra 2020/21 foi de 502 milhões de toneladas. No Brasil, as últimas cinco safras, produziu anualmente, entre 10,4 e 12,4 milhões de toneladas do grão, o que representa 76% da produção do Mercosul. Cerca de 77% dos 1.665,5 mil hectares semeados com arroz, da safra 2019/20, foi cultivado em condição irrigada, sendo a maior parte dessas lavouras pertencentes a Região Sul. O Rio Grande do Sul, cultiva aproximadamente 946 mil hectares, seguido por 149,6 mil hectares em Santa Catarina e 18,8 mil hectares no Paraná (Conab, 2020).

A produção de arroz no Brasil, enfrenta muitos desafios, devido a características do clima, solo e estresses bióticos, fazendo com que seja necessário o desenvolvimento de novas variedades por cruzamento genético, para criar sementes capazes de resistir as adversidades e prosperar, e com isso abrir caminho entre os diversos cultivares com mais afinidade aos diferentes solos e clima brasileiro. Por ser um cereal de grande consumo no país, os agricultores seguem desenvolvendo estratégias para obter grandes safras, se adaptando ao mercado interno e tornando o arroz um produto com potencial expressivo na economia, mas ainda assim necessita de mais atenção (TMZ Fertilizantes, 2022).

Os agroquímicos, a mecanização e melhoramento genético são ferramentas usadas pela agrotecnologia para desenvolver sistemas de alta produtividade, que embora permitam avanços, vem se mostrando pouco sustentáveis (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Visando aumentar a produção e melhorar a qualidade é necessário um maior investimento de cunho biotecnológico na orizicultura, atribuindo características que melhorem o crescimento e produtividade com menor impacto de fertilizantes inseticidas, fungicidas e herbicidas químicos, com um tempo mais reduzido, o tornando mais rendável e com uma produção mais sustentável.

Nas últimas décadas tem-se realizados muitos estudos a respeito do solo, principalmente relacionando o solo a microrganismos, em que se destacam as micorrizas. As micorrizas são associações mutualísticas entre fungos do solo e raízes, favorecendo as

plantas (BERUDE *et al*, 2015). A otimização de nutrientes, realizada entre espécies simbióticas com as micorrizas compreende o sistema ecológico de intensificação sustentável na produção agrícola, e se aplica ao arroz, pois a partir dessa simbiose o arroz aumenta sua capacidade de sobrevivência, se tornando mais resistente a estresses bióticos, fungos patogênicos e insetos-praga, e estresses abióticos como altas e baixas temperaturas. A otimização de nutrientes, que ocorre em consequência da colonização, confere a planta mais capacidade de absorção de nutrientes provenientes do solo, desse modo favorece o desenvolvimento e a produtividade da planta (ATAMA *et al*, 2018). Segundo experimentos conduzidos em arrozais da Estação Experimental do Ebro, com a inoculação micorrízica houve uma melhora de 40% na produtividade da cultura, evidenciando que a simbiose é funcional em condições de alagamento, o que faz com que essa estratégia seja promissora e abra caminho para uma agricultura mais sustentável (CAMPO *et al*, 2020). Os benefícios do uso de micorrizas no cultivo de arroz pode ser uma estratégia no melhoramento da produtividade, além de uma alternativa ao uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos, pois demonstra um papel promissor no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável.

Com o objetivo de analisar os importantes benefícios que os biofertilizantes à base de fungo proporcionam, especificamente para cultura do arroz, foi realizada a colonização dos fungos *Glomus formosanum* e *Rhizoglyphus clarum*, em diferentes variedades de arroz, buscando estabelecer uma ligação direta entre os fungos e desenvolvimentos das cultivares: IRGA 424 RI, BRS Pampa CL, BRS Pampeira, BRS Firmeza e o IAPAR 58.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar os benefícios resultantes da dinâmica de colonização das espécies de micorrizas arbusculares *Glomus formosanum* e *Rhizoglomus clarum* em cinco diferentes cultivares de arroz: IRGA 424 RI, BRS Firmeza, BRS Pampa CI, BRS Pampeira e IAPAR 58, em solo irrigado.

2.2 Objetivo específicos

- Avaliar se a inoculação de ambos os fungos foi benéfica nos cinco genótipos;
- Avaliar se a simbiose existente permite maior desenvolvimento aéreo e/ou radicular nas plantas submetidas as micorrizas arbusculares;
- Avaliar se existe diferença no teor de massa seca produzida pelas plantas, tanto em parte aérea como na raiz.

3 JUSTIFICATIVA

3.1 O arroz na agricultura

No mundo, o consumo médio de arroz beneficiado é de 54 kg/pessoa/ano, na América do Sul, o consumo é em média, 29 kg/ pessoa/ ano, o Brasil é o grande consumidor, são 32 kg/ pessoa/ ano (SOSBAI,2018). A produção de arroz é importante para países em desenvolvimento, como o Brasil, porque desempenha um papel estratégico na segurança alimentar, o grão está presente na dieta de grande parte da população (WALTER, et al 2008). Contudo, a produção mundial do grão não tem acompanhado o crescimento do consumo, isso porque o crescimento da população e conseqüentemente o consumo tem sido maior que a produção. Segundo estimativas, até 2050, haverá demanda para atender o dobro das cerca de 2,4 bilhões de pessoas que já tem esse alimento como básico (LOPES; ROCHA, 2008). O aumento da produtividade, provoca a necessidade de uma exploração de recursos que diminua o custo de produção e maximize as estratégias de manejo. Sendo assim a exploração de recursos biológicos do solo, como Fungos Micorrízicos Arbusculares, torna-se uma opção não só viável, como sustentável (FERREIRA, 2012). Pesquisas mostram que a utilização das micorrizas na agricultura possuem o potencial de diminuir o impacto relacionado a aspectos do cultivo convencional no meio ambiente, utilizando os próprios recursos que os fungos disponibilizam. Isso porque a micorriza arbuscular forma uma associação benéfica com as raízes da maioria das plantas, os filamentos penetram nas raízes e passam a funcionar como um sistema radicular adicional. Essa associação aumenta a capacidade das plantas em absorver nutrientes do solo, especialmente do fósforo, o que melhora a resposta da planta aos fertilizantes e corretivos (MIRANDA; MIRANDA, 2002).

Várias estratégias vêm sendo utilizadas para se obter um aperfeiçoamento do atual sistema de manejo, nas diferentes regiões orizícolas. Implementando avanços científicos e tecnológicos que promovam uma menor dependência do controle químico, como fertilizantes e defensivos, tornando o cultivo sustentável, rentável que refletirá na qualidade do arroz produzido (MARTINS et al, 2009). Segundo Siqueira & Franco (1988) o arroz (*Oryza sativa* L. tem um alto grau de resposta à associação micorrízica. Uma estratégia é a implementação de fungos arbusculares a orizicultura, pois, o arroz em simbiose com fungos micorrízicos arbusculares promove o aumento no crescimento e produtividade, devido a melhora na absorção de nutrientes minerais da planta hospedeira, além de conferir

a planta maior resistência a estresse biótico e abiótico. Inclusive resistência a um fungo fitopatogênico que atinge o arroz, o *Magnaporthe oryzae*, que causa lesões e manchas que afetam a fotossíntese, panículas e enchimento dos grãos, podendo até causar a morte das plantas. Essa resistência pode levar a redução do uso de fungicidas, contudo, o efeito deve ser avaliado conforme a variedade do arroz (CAMPO, 2020). A colonização do arroz pelo fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus intraradices* realizada por Zhang et al. (2017), verificou o aumento de 7,4% no teor de proteína nos grãos, embora a colonização dessa planta sofra variação de acordo com a região e época do ano, de acordo com Bernaola et al. (2018)

Na agricultura, o principal problema apontado, é o uso irracional de inseticidas químicos (MARTINS et al, 2009). O objetivo prático de pesquisas envolvendo micorrizas é aumentar a produção, reduzir o uso de fertilizantes químicos, diminuir a dependência de insumos e tentar alcançar um padrão de agricultura sustentável (Siqueira & Moreira, 1996).

3.2 Cultivares de arroz

Em condições normais do solo, as sementes de arroz germinam entre 5 e 7 dias. O índice ideal de germinação das sementes é de 80% ou mais. Caso o índice seja de 60% a 80%, deve-se usar uma maior quantidade de sementes para compensar a baixa germinação. Abaixo de 60%, a semente não é considerada apropriada (FAGERIA, 1989). O estado de plântula vai da germinação até a iniciação do primeiro perfilho. Durante esse crescimento inicial a plântula depende exclusivamente da reserva da semente, acumulado no endosperma, isso até a emergência da terceira folha, embora a fotossíntese também contribua no desenvolvimento desse estágio. Na primeira semana após a germinação, a plântula é sensível a temperatura, que deve ser entre 22 a 31°C, cerca de 70% do crescimento é sustentado pela reserva da semente e 30% da fotossíntese. Na segunda semana depois da germinação a taxa de crescimento é menos sensível a temperatura, e a fotossíntese é responsável por mais de 84% do crescimento (YOSHIDA, 1981).

Na germinação a temperatura situa-se na faixa de 20 a 35°C, na floração, ente 30 a 33°C e para a maturação de 20 a 25°C. Trata-se de uma planta hidrófila de dias curtos, o que quer dizer que tem um fotoperíodo de 10 horas, e necessita de solo saturado de umidade (SOSBAI, 2018). Sendo assim, recomenda-se que seja mantida entre 60-70%. Com base na necessidade de água, há duas formas de cultivar o arroz, o plantio de sequeiro, em que a planta usa a chuva como fonte de umidade, e o cultivo irrigado, em que

a planta tem uma grande disponibilidade de água durante todo seu ciclo, o que resulta em maior estabilidade e produtividade. Existe quatro principais sistemas de cultivo de arroz irrigado que se diferenciam no preparo do solo para a semeadura, o mais adequado ao experimento é o sistema pré-germinado, caracterizado pela semeadura de sementes pré-germinadas em solo previamente inundado, em que não é preciso a formação de lama, e o alisamento e nivelamento é geralmente feito com o solo inundado. Essa fase também pode ser feita com o solo seco e posterior inundaçã. Quanto ao ciclo de desenvolvimento, as cultivares de arroz irrigado podem ser classificadas em muito precoces (ou superprecoces), precoces, de ciclo médio, tardias e muito tardias, quando atingem a maturação completa em menos de 105 dias, 105 a 120 dias, 121 a 135, 136 a 150 dias e em mais de 150 dias após a emergência das plantas, respectivamente (SOSBAI, 2016).

A variedade a ser plantada é de extrema relevância, pois o arroz sofre influência direta do meio, sendo assim, fatores como a adaptabilidade, produtividade, resistência a doenças e tolerância a herbicidas devem ser levadas em conta na escolha do cultivar. Aspectos como o ciclo do cultivar, potencial de produtividade dos grãos, resistência à toxidez e doenças, adaptação do sistema de semeadura e a variação climática, foram a base para a escolha das seguintes variedades: IRGA 424 RI, BRS Firmeza, BRS Pampa CI, BRS Pampeira e IAPAR 58. Todas as variedades são da classe de grãos longo-fino e ciclo precoce ou ciclo médio. As cultivares IRGA 424 RI, BRS Pampa CI e BRS Pampeira ocupam posições de destaque dentre as dez cultivares mais plantadas no Rio Grande do Sul, na safra de 2020-2021. Sendo a cultivar BRS Firmeza e IAPAR 58 selecionada devida as suas características quanto a adaptabilidade a fatores abióticos.

3.3 Micorriza arbuscular

Os fungos micorrízicos arbusculares são microrganismos, que realizam simbiose obrigatória com aproximadamente 80% das espécies vegetais. Ao interagir com plantas o fungo pode produzir estruturas como esporos, que ao germinarem, produzem hifas que aumentam a área de absorção não apenas de água, mas também de nutrientes. A base na qual se estabelece a simbiose com o fungo é fundamentalmente nutricional, principalmente os menos disponíveis, tendo em vista que o micélio externo do fungo possui maior acessibilidade aos recursos do solo mais distantes (BAREA *et al.*, 2008). Sendo assim, o fungo atua como promotor de crescimento e aumenta a produtividade da planta, além de aumentar a sua resistência. Além disso, a inoculação desses fungos também possui o

potencial proteger as plantas contra estresses abióticos e bióticos, ao aumentarem o crescimento e produção de metabólitos secundários, que são compostos naturais produzidos pelas próprias plantas (BERUDE *et al.*, 2015).

Os fungos micorrízicos arbusculares atuam na relação hídrica da planta com o solo, pois possuem o potencial de mudar a condutância estomática, taxa fotossintética, potencial hídrico foliar, concentração de osmólitos, eficiência no uso da água, assim como da assimilação de nutrientes da planta (Harris-Valle *et al.*, 2009). A eficiência da associação endomicorrízica na absorção dos nutrientes depende de fatores importantes, como as necessidades nutricionais, geometria das raízes e o nível de fertilidade no solo (MIRANDA, 1986).

Os benefícios nutricionais recebidos pela planta hospedeira, ocorre principalmente onde o suprimento de nutrientes do solo é baixo. Durante a simbioses os fungos podem receber mais de 10% dos fotossintatos produzidos pela planta, resultando em maiores taxas de crescimento, sobrevivência, alocação de biomassa, entre outras consequências benéficas (Bryla & Duniway, 1997). O artigo Crescimento e presença de metabólitos secundários em mudas de *Schizolobium parahyba var. amazonicum* (HUBER-EX-DUCKE) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, indica que *Rhizoglosum clarum* tem capacidade de aumentar a qualidade das mudas e a produção de massa fresca da parte aérea. Quanto a segunda espécie selecionada, *Glomus formosanum*, segundo Caproni *in et.* 2003, essa espécie apresenta infecção rápida e tem capacidade de manter essa característica durante todos os períodos de exposição da planta-isca. Atama *et al.* (2018) avaliou o crescimento e a produção de arroz (*O. sativa* L.) em resposta a inoculação de quatro fungos micorrízicos arbuscular, constando alta dependência do fungo na variedade de arroz testada. Houve correlação positiva a taxa de micorização radicular em parâmetros de crescimento, como altura da planta, desenvolvimento do sistema radicular, biomassa total, número de perfilhos, número de panículas férteis por planta, número de grãos de arroz por panícula e produtividade de grãos de arroz. Concluindo assim, que biofertilizantes à base de fungos micorrízicos exercem benefícios importantes à planta, podendo então serem usados para melhorar o crescimento e produtividade do arroz.

Com o objetivo de avaliar a efetividade do fungo micorrízico arbuscular, em determinado hospedeiro, a seleção de isolados de fungos, visando o uso do fungo como inoculante de plantas de interesse econômico, pode ser realizado em condições de casa de vegetação (Dodd & Thomson, 1994).

4 METOLOGIA

O experimento foi realizado em sala de cultivo, com fotoperíodo 10 horas e temperatura controlada de 30°C, no laboratório de ecologia, da Universidade Federal de Integração Latino-americana. O ensaio experimental, foi realizado em delineamento casualizado, com três tratamentos, foram usados cinco vasos com o fungo 1, *Rhizoglomus clarum*, cinco com o fungo 2, *Glomus formosanum*, e outros cinco testemunhas, totalizando 15 vasos. Cada vaso apresentou 6 plantas, onde cada planta contava com uma repetição.

4.1 PREPARAÇÃO DE PLANTIO

O solo é decisivo na colonização micorrízica, pois são microrganismos edáficos e suas propriedades físico-químicas determinam a adaptabilidade e capacidade de estabelecimento, assim como sua eficiência simbiótica. Para o cultivo foi usado solo próprio para plantio de vegetais, chamado MAXXI, sendo ele um composto orgânico para hortas, jardins e gramados, enriquecido com micro e macro nutrientes, com corretor de acidez e esterilizado a 200° C. Além desse composto, também foi usado Húmiterra, terra enriquecida com húmus, na proporção de duas porções de solo próprio para uma de terra vegetal.

Foram usados vasos de 25 L, cada, como o intuito era realizar um microclima de várzea, cada vaso foi recoberto por 2 sacos plásticos, evitando a saída de água, e formando assim um filme de água, necessário para esse tipo de cultivo, as laterais e fundo dos vasos, contendo furos, foram vedados com quadrados de Flex Tape, para garantir uma vedação eficiente. Optou-se por colocar uma fita crepe no lado externo dos vasos, para que os sacos ficassem corretamente fixos.

Os vasos foram preenchidos com 2 tipos de substratos, a primeira faixa de terra, que corresponde a 10 cm de terra vegetal, foi colocada o substrato Húmiterra, a segunda camada, de terra própria para o plantio de vegetais, correspondeu a 5 cm, foi usado o substrato MAXXI, totalizando 15 cm de terra por vaso. A terra foi umedecida, para a colocação das sementes pré-germinadas.

4.2 PRÉ-GERMINAÇÃO E SEMEADURA

A partir de dados publicados pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), a respeito dos cultivares mais plantados no Rio Grande do Sul, safra de 2020-2021, três cultivares foram escolhidos para a pesquisa, são eles: IRGA 424 RI, BRS Pampa CI, BRS Pampeira. Os outros dois cultivares foram selecionados com base em seu potencial de adaptabilidade, o BRS Firmeza e o IAPAR 58. As cultivares foram obtidas através de parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e o Instituto de desenvolvimento rural do Paraná (IAPAR).

As sementes foram submetidas a um estágio de pré-germinação, estimulando a germinação e garantindo uma homogeneidade ao ensaio, onde estas foram colocadas em copos plásticos contendo água. Após dez dias, com as sementes germinadas, houve a transferência das sementes para os vasos, 10 a 15 sementes, foram semeadas em cada vaso, a aproximadamente um centímetro de profundidade, após uma semana as plântulas semeadas sofreram desbaste com o intuito de deixar apenas 6 plantas por vaso ao fim, em uma pequena lâmina d'água raso.

4.3 INOCULAÇÃO

O experimento explorou cinco genótipos diferentes de arroz, um genótipo por vaso. No vigésimo dia após a semeadura, e trigésimo dia do início, as plantas foram inoculadas, com uma suspensão de solo contendo o fungo, cada genótipo de arroz foi inoculada com duas linhagens diferentes de micorriza, totalizando a quantia de dez vasos inoculados, e mais cinco vasos controle, onde foi aplicado apenas água, totalizando quinze vasos. Segundo as informações fornecidas pelo fabricante, EMBRAPA, uma dose de 1,43 g, corresponde a 100 esporos da linhagem *Rhizoglyphus clarum* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl, sendo assim foram aplicadas duas doses em cada um dos cinco vasos, para isso 2,86 g do inoculante foram diluídos em 80 mL de água, formando uma suspensão de fungos. Com uma seringa, a quantia de 10 mL da solução foi aplicada na base de cada uma das seis plantas. Segundo o mesmo fabricante, uma dose da micorriza *Glomus formosanum* C.G. Wu & Z.C, corresponde a 0,79 g, o que é igual a 100 esporos do fungo, também foram aplicados aproximadamente 200 esporos por vaso, do mesmo modo anterior, se seguiu a inoculação. A irrigação dos vasos foi mantida baixa até quatro dias após a inoculação, onde as lâminas d'água foram colocadas em uma altura

de 2 a 3 cm, que foi mantido até o final do experimento. Nesse período as plantas já apresentavam 10 cm de altura. (Figura 1)



Figura 1- Genótipos de arroz cultivados em substrato, no dia da inoculação do experimento (vigésimo dia após a sementeira)

4.4 AVALIAÇÕES

As plantas foram avaliadas ao longo do tempo, buscando observar como o desenvolvimento das plantas ocorria. Ao todo foram 3 avaliações, nos dias 30, 40 e 50.

As avaliações foram realizadas com a retirada e avaliação de duas plantas de cada vaso, colidas cuidadosamente, para que a raiz não sofresse dano.

Foram avaliadas, quatro características: tamanho da planta (Figura 2), tamanho de raiz, peso seco da planta e peso seco da raiz. A altura de cada planta foi medida da sua base, até o topo da folha mais longa, assim como a raiz. A medição do peso seco da planta e peso seco da raiz foi realizada após a secagem em estufa, por um período de aproximadamente 3 dias, a 70°C, as biomassas aérea e radicular foram pesadas individualmente.

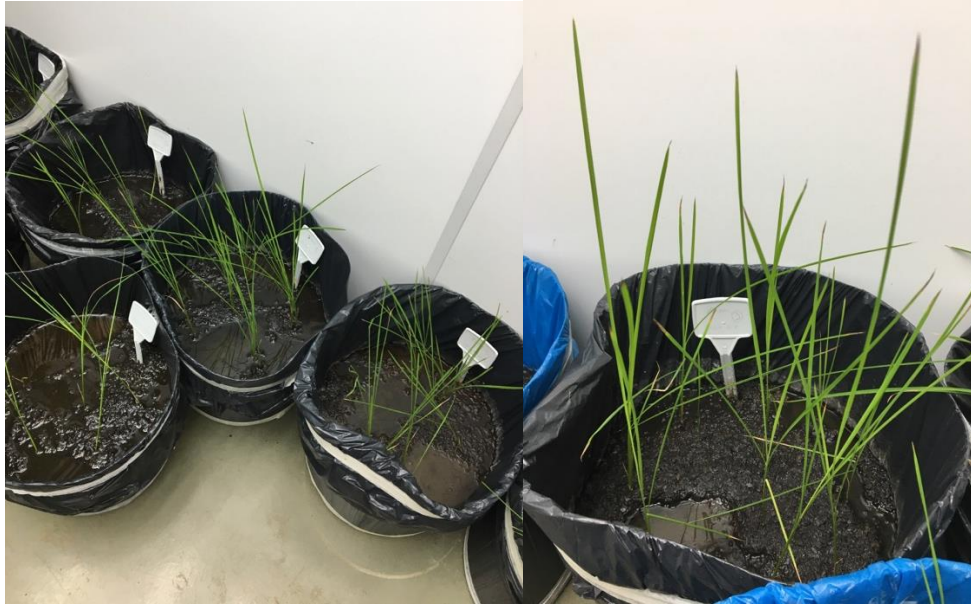


Figura 2- Parte aérea dos genótipos de arroz no primeiro dia da colheita do experimento.

4.5 CONFIRMAÇÃO DA EFETIVIDADE DA INOCULAÇÃO

Foram selecionadas ao acaso uma planta submetida a ação da micorriza *Rhizoglyphus clarum* e uma planta submetida a micorriza *Glomus formasanum*, para verificação de patogenicidade e modo de ação da micorriza. Para tal, as plantas foram submetidas a teste de coloração em micorrizas, para verificar a colonização dos fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das plantas, indicando se houve a formação de interação mutualística entre fungo e planta. A técnica de verificação adotada foi a de Gonçalves et al (2016), que consistia na descoloração de fragmentos de raízes em solução KOH 10%, durante 30 minutos, em uma temperatura de 90°C, em seguida usa-se uma solução de HCl 0,3M por 30 minutos, em temperatura ambiente. Depois da descoloração da raiz, os fragmentos são imersos em corante azul de tripano 0,1%, por 8 minutos a 90°C, depois o corante é removido e as raízes transferidas para placas contendo glicerol 50%. As raízes então são dispostas linearmente em lâminas de microscópio, para visualização e fotografia.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Ao longo do experimento, os quatro parâmetros utilizados para análise: tamanho da parte aérea do arroz, tamanho da raiz, peso seco da parte aérea e peso seco da raiz. Foram então submetidos a análise estatísticas, pelo programa Statistical Package for the Social

Science (SPSS), a fim de descrever os resultados obtidos. Para isso, foi realizada a análise de variância (ANOVA), que além de considerar a distribuição e a relação entre os grupos, também leva em conta o número de grupos ou fatores a serem comparados, isso quando a análise envolve três ou mais grupos, e supõe-se normalidade dos dados. Essa análise tem ainda dois pré-requisitos: homogeneidade das variâncias e a independência das observações. O objetivo da ANOVA, foi verificar se existe diferença significativa entre pelo menos duas médias dos grupos, considerando H_0 , quando não há diferença entre pelo menos duas médias dos grupos, e H_A , quando existe diferença entre pelo menos duas médias dos grupos. Não se rejeita H_0 , quando o valor de p for maior que 0.05, concluindo a análise de que não há evidências significativas de diferença entre as médias dos grupos. Caso contrário, quando o valor de p é menor ou igual a 0.05, rejeita-se H_0 , e deve-se prosseguir a análise, comparando os grupos (teste *post hoc*), para identificar quais médias são significativamente diferentes entre si (Darski *et al*, 2020).

5 RESULTADOS

A tabela 1, mostra as variações de média obtidas na variável tamanho da planta, em cada genótipo, ou seja, no decorrer do tempo de desenvolvimento, acima dos respectivos valores de desvio padrão de cada média, compreendendo os três diferentes tratamentos a que foram submetidas, o que nos permite avaliar como ocorreu o desenvolvimento desses materiais ao longo do tempo. É possível observar o crescimento ao longo do tempo em todos os tratamentos de todos os genótipos, devido ao aumento das médias, sendo notório um maior desenvolvimento com os tratamentos fúngicos no genótipo IRGA 424, onde o material inoculado apresentou quase o dobro do tamanho da testemunha, em contra partida o genótipo BRS Pampeira apresentou um resultado superior no grupo controle quando comparado aos tratamentos fúngicos, o que nos mostra a não preferência deste genótipo a inoculação. A análise da interação Tamanho x genótipo x tratamento, para essa variável indica valores de p de 0.016, (Tabela 1), o que denota significância entre os sujeitos relacionados, ou seja, os genótipos se comportaram de modo diferentes com relação ao tratamento ao longo do tempo. Tal resultado nos leva a avaliar o teste *post hoc*.

Table 1 – Medidas do desenvolvimento da parte aérea da planta ao longo do tempo em três diferentes tratamentos.

Composite Score	Grupo Controle			Grupo Rhizoglossomus clarum			Grupo Glomus formosanum			Interaction (tempo x genótipo x tratamento) Z (p)
	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	
BRS Firmeza	34.25 (3.18)	40.00 (1.41)	48.00 (4.24)	40.00 (1.41)	40.75 (2.47)	49.00 (1.41)	33.15 (0.21)	39.50 (2.12)	48.25 (1.06)	2.46(0.016)
IAPAR 58	27.75 (6.01)	29.00 (1.41)	33.75 (1.06)	31.25 (2.47)	34.50 (2.12)	34.25 (1.76)	26.50 (4.24)	32.00 (2.82)	41.00 (2.82)	
BRS Pampeira	34.25 (1.76)	37.50 (4.24)	49.25 (1.76)	31.75 (1.06)	36.00 (4.24)	40.25 (0.35)	35.50 (2.12)	32.50 (7.77)	40.25 (1.06)	
Pampa CL	31.25 (3.18)	42.50 (0.70)	42.00 (2.12)	27.60 (0.56)	35.25 (1.76)	29.50 (4.24)	30.50 (3.53)	38.25 (5.30)	42.50 (3.53)	
IRGA 424	26.25 (3.18)	35.00 (4.24)	28.50 (0.70)	42.60 (1.97)	40.00 (1.41)	51.25 (2.47)	36.50 (4.94)	43.00 (1.41)	49.00 (4.24)	

DP- Desvio Padrão

No teste *post hoc*, comparando as diferenças entre os tratamentos utilizados, a análise de comparações múltiplas não apresentou diferenças entre o grupo de tratamento controle e o tratamento como o fungo *R. clarum*, a significância foi de 0.165, ou seja, maior que 0.05, o que denota não haver diferenças significativas entre esses grupos. O mesmo acontece entre o tratamento controle e o fungo *G. formosanum*, 0.084, assim como entre os dois tratamentos, 0.977. Contudo os genótipos se comportam de forma distinta, como valores de p de 0.021, o que denota significância, para os genótipos. Quando comparamos o desempenho dos genótipos, de acordo com a diferença média, é possível perceber que o genótipo BRS Firmeza se mostra superior a todos os quatro outros genótipos, pois apresentou um melhor desenvolvimento inicial do tamanho da parte aérea das plantas de arroz, seguido pelo genótipo IRGA 424, o segundo melhor. O pior desempenho em crescimento inicial, foi do genótipo IAPAR 58, principalmente quando se avalia o tratamento controle, nos tratamentos fúngicos foi possível observar uma melhora, principalmente quando submetido ao fungo *G. formosanum*.

Quanto a variável, tamanho de raiz, a tabela 2 apresenta as medias e desvio padrão de cada genótipo, em cada avaliação, separado por cada um dos três tratamentos. Nessa característica é possível observar que as medias de todos os genótipos crescem ao longo do tempo, independentemente do tratamento. O genótipo IRGA 424, apresentou valores médios nos tratamentos fúngicos muito superior ao grupo controle, o que comprova que o genótipo possui uma simbiose positiva tanto com o fungo *R. clarum* como com o *G. formosanum*. O BRS Pampeira obteve valor no tratamento controle duas vezes maior que

os valores dos fungos. A anova realizada nos mostra que a análise da interação Tamanho x genótipo x tratamento, para essa variável indica valores de p de 0.048, (Tabela 2), o que evidencia diferença significativa entre os sujeitos. Indicando a necessidade de avaliarmos os desmembramentos obtidos através dos testes de *post hoc*.

Table 2 – Medidas do desenvolvimento do tamanho da raiz da planta ao longo do tempo em três diferentes tratamentos.

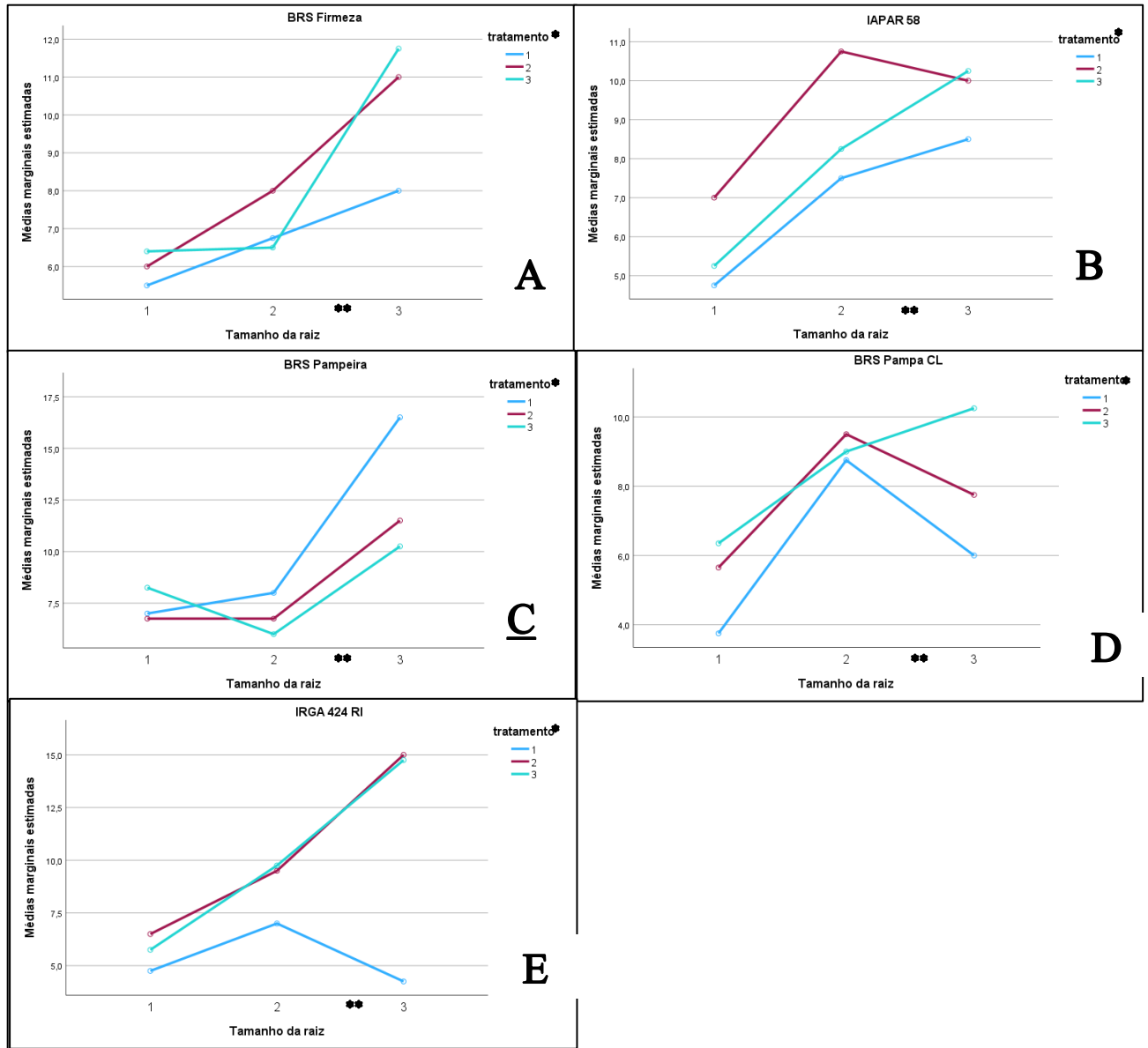
Composite Score	Grupo Controle			Grupo Rhizoglosum clarum			Grupo Glomus formosanum			Interaction (tempo x grupo x tratamento) Z (p)
	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	
BRS Firmeza	5.50 (0.70)	6.75 (1.06)	8.00 (1.41)	6.00 (1.41)	8.00 (0.00)	11.00 (0.70)	6.40 (2.26)	6.50 (0.00)	11.75 (3.18)	2.00 (0.048)
IAPAR 58	4.75 (1.06)	7.50 (2.12)	8.50 (3.53)	7.00 (1.41)	10.75 (1.06)	10.00 (0.00)	5.25 (1.76)	8.25 (2.47)	10.25 (0.35)	
BRS Pampeira	7.00 (2.12)	8.00 (1.41)	16.50 (4.24)	6.75 (3.18)	6.75 (0.35)	11.50 (3.53)	8.25 (0.35)	6.00 (0.70)	10.25 (1.06)	
Pampa CL	3.75 (1.06)	8.75 (1.06)	6.00 (1.41)	5.65 (0.21)	9.50 (0.70)	7.75 (1.06)	6.35 (1.90)	9.00 (1.41)	10.25 (1.76)	
IRGA 424	4.75 (0.35)	7.00 (0.00)	4.25 (0.35)	6.50 (0.00)	9.50 (3.53)	15.00 (0.70)	5.75 (1.76)	9.75 (2.47)	14.75 (0.35)	

DP- Desvio Padrão

O teste nos mostra que houve significância entre o controle e *R. clarum*, com p de 0.005, e entre o controle e *G. formosanum*, p de 0.012, entre os fungos não foi observado diferença significativa, p 0.960. Porém como ambos os fungos se apresentaram diferentes da testemunha é possível identificar para essa característica qual a simbiose de maior efeito.

Sendo assim, foi analisado o desempenho dos diferentes tratamentos dentro de cada um dos genótipos. Para o genótipo BRS Firmeza, o tratamento controle foi inferior aos tratamentos de ambos os fungos, sendo fungo *G. formosanum* superior ao *R. clarum* na última avaliação. O fungo *R. clarum* apresentou um desenvolvimento superior constante, tendo um pico da segunda para a terceira avaliação, enquanto o tratamento com *G. formosanum*, apresentou um pico de desenvolvimento apenas da segunda para a terceira época de avaliação, sendo capaz de superar o desenvolvimento obtido pelo outro fungo (Figura 3-A). O genótipo IAPAR 58, mostrou que o tratamento controle também foi inferior aos tratamentos como fungo, sendo *G. formosanum*, superior, mais uma vez, contudo nesse caso, o fungo permitiu ganhos desde a primeira avaliação e se manteve em crescimento constante, já quando observamos o genótipo submetido ao *R. clarum* o fungo apresentou um bom desenvolvimento inicial, porém que não se manteve ao longo das

avaliações (Figura 3-B). O genótipo BRS Pampeira, mostrou que o tratamento controle foi superior aos tratamentos realizados pelos fungos, inicialmente o tratamento *G. formosanum* demonstrou-se superior aos demais, no entanto essa vantagem foi perdida na segunda avaliação, e posteriormente o desenvolvimento retorna a acontecer contido de modo inferior ao controle (Figura 3-C). A análise do genótipo Pampa CL, mostrou que o controle foi inferior aos fungos, o tratamento com *G. formosanum* foi o que obteve melhores resultados com ganhos constantes entre as avaliações (Figura 3-D). O genótipo IAPAR 424, também preferiu os tratamentos realizados pelos fungos, com resultados finais que demonstram um desempenho muito superior quando submetidos ao tratamento com qualquer um dos fungos. Tanto o fungo *R. clarum* como o fungo *G. formosanum* desenvolveram-se quase que de uma forma igual, tendo desenvolvimento constante ao longo das avaliações, sendo o *R. clarum* levemente superior aos outro (Figura 3-E).



* Tratamento 1, é o tratamento controle, o tratamento 2, é o tratamento do fungo *R. clarum* e o tratamento 3, tratamento do fungo *G. formosanum*. ** o eixo x, 1, 2 e 3, são os intervalos de tempo de 30, 40 e 50 dias respectivamente.

Figura 3- Média de desenvolvimento do tamanho da raiz dos diferentes genótipos submetidos aos três tratamentos.

Observando o desempenho dos tratamentos para cada genótipo dentro dessa variável, através dos gráficos de medias marginais estimadas, observa-se que o controle teve desempenho inferior, em quatro dos cinco genótipos, sendo o genótipo BRS Pampeira, o único que o controle teve melhor desempenho nas medias, ao longo do desenvolvimento da planta.

A significância entre a variável, tamanho da raiz e os genótipos foi de 0.006, o que mostra que existe diferença significativa entre os genótipos para essa variável, podendo seguir o teste de post hoc dentre os genótipos. Com base no resultado da análise, a ordem decrescente de melhor desempenho entre os genótipos é: BRS Pampeira, IRGA 424, IAPAR 5, BRS Firmeza e por último, Pampa CL.

A tabela 3, nos permite visualizar as medias obtidas da variável, peso seco da parte aérea das plantas de arroz. Em todos os genótipos, observa-se que os valores foram crescentes ao longo do tempo. Nota-se que, mais uma vez, o genótipo BRS Pampeira, obteve maiores medias no tratamento controle, em comparação com ambos os tratamentos. O genótipo IRGA 424, assim como anteriormente visto, mostrou maior desenvolvimento quando tratado pelos fungos, apresentando o dobro do tamanho que o tratamento controle obteve.

Segundo a anova, a análise da interação Tamanho x genótipo x tratamento indica valores de p de 0.00 (Tabela 3), ou seja, a interação mostra a existência de diferença significativa entre os sujeitos. Fazendo necessário o desmembramento, e avaliação dos testes de *post hoc*.

Table 3 – Medidas do desenvolvimento do peso seco da planta ao longo do tempo em três diferentes tamanhos.

Composite Score	Grupo Controle			Grupo Rhizoglosum clarum			Grupo Glomus formosanum			Interaction (tempo x grupo x tratamento) Z (p)
	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	
BRS Firmeza	0.03 (0.01)	0.05 (0.00)	0.13 (0.04)	0.05 (0.00)	0.06 (0.00)	0.14 (0.02)	0.03 (0.00)	0.06 (0.00)	0.15 (0.00)	4.61 (0.00)
IAPAR 58	0.03 (0.02)	0.05 (0.01)	0.08 (0.00)	0.03 (0.00)	0.07 (0.00)	0.08 (0.00)	0.02 (0.01)	0.06 (0.01)	0.10 (0.01)	
BRS Pampeira	0.03 (0.00)	0.07 (0.00)	0.19 (0.02)	0.03 (0.00)	0.05 (0.00)	0.10 (0.00)	0.04 (0.00)	0.05 (0.01)	0.09 (0.00)	
Pampa CL	0.04 (0.00)	0.11 (0.00)	0.11 (0.00)	0.02 (0.00)	0.04 (0.00)	0.04 (0.00)	0.31 (0.00)	0.07 (0.01)	0.11 (0.03)	
IRGA 424	0.02 (0.00)	0.04 (0.00)	0.04 (0.00)	0.05 (0.00)	0.06 (0.00)	0.16 (0.03)	0.04 (0.02)	0.09 (0.00)	0.16 (0.00)	

DP- Desvio Padrão

A análise dentre os tratamentos, mostra que entre o controle e o fungo *R. clarum*, a significância foi de 0.922, e entre o controle e o *G. formosanum*, foi de 0.350, já entre os fungos 0.135, ou seja, os tratamentos denotam homogeneidade entre si. Não sendo possível análises para que tratamento a simbiose teve maior efeito.

Com base na significância entre a variável peso da planta com genótipo, observa-se p igual a 0.001, segue-se o post hoc do genótipo. Segundo a análise, a ordem decrescente dos genótipos com melhor desempenho inicia-se pelo BRS Firmeza com melhor desempenho, sobretudo quando inoculado. Seguido do genótipo IRGA 424, que assim como o genótipo anterior, apresenta preferência pela inoculação dos fungos. O BRS Pampeira, também tem destaque, porém dentro do tratamento controle. O Pampa CL, mostra melhor desempenho em especial quando inoculado pelo fungo *G. formosanum*. E o IAPAR 58 também segue tendo pior desempenho inicial, principalmente quanto ao peso seco das testemunhas, tendo o *R. clarum* tido um efeito melhor dentre os fungos.

A quarta tabela, mostra os valores das medias obtidas para a variável peso seco da raiz. A partir dessas informações é possível notar o crescimento das plantas com o passar do tempo, para cada genótipo, em todos os tratamentos. Sendo importante notar que o genótipo BRS Pampeira, obteve mais uma vez superioridade no crescimento dentro do tratamento controle, quando comparado aos demais tratamentos. O genótipo IRGA 424, também manteve um bom desenvolvimento, principalmente dentre ambos os fungos. Comportamento esse que também foi visto no genótipo BRS Firmeza.

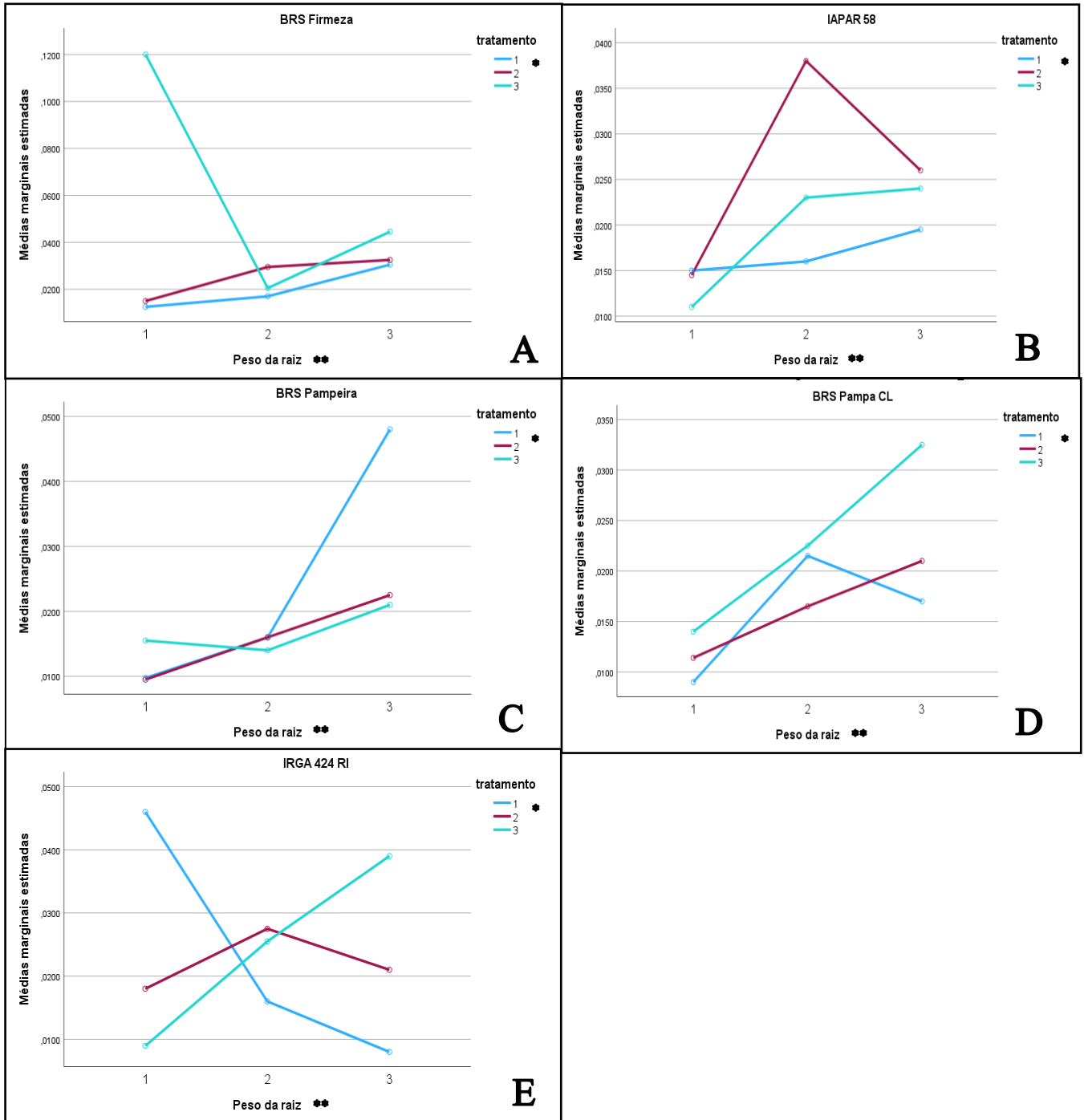
A tabela também oferece a interação tamanho x genótipo x tratamento, resultado da análise anova, o p foi de 0.00 (Tabela 4), com base na evidência de diferença significativa entre os sujeitos, torna-se necessário a análise por meio do teste post hoc dos grupos.

Table 4 –Medidas do desenvolvimento do peso seco da raiz da planta ao longo do tempo em três diferentes tamanhos.

Composite Score	Grupo Controle			Grupo Rhizoglosum clarum			Grupo Glomus formosanum			Interaction (tempo x grupo x tratamento) Z (p)
	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	30 dias Média(DP)	40 dias Média(DP)	50 dias Média(DP)	
BRS Firmeza	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.03 (0.00)	0.01 (0.00)	0.02 (0.00)	0.03 (0.00)	0.12 (0.00)	0.02 (0.00)	0.04 (0.00)	9.59 (0.00)
IAPAR 58	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.03 (0.00)	0.02 (0.00)	0.01 (0.00)	0.02 (0.00)	0.02 (0.00)	
BRS Pampeira	0.00 (0.00)	0.01 (0.00)	0.04 (0.00)	0.00 (0.00)	0.01 (0.00)	0.02 (0.00)	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.02 (0.00)	
Pampa CL	0.00 (0.00)	0.02 (0.00)	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.02 (0.00)	0.01 (0.00)	0.02 (0.00)	0.03 (0.01)	
IRGA 424	0.04 (0.04)	0.01 (0.00)	0.00 (0.00)	0.01 (0.00)	0.02 (0.01)	0.02 (0.00)	0.00 (0.01)	0.02 (0.00)	0.03 (0.00)	

DP- Desvio Padrão

A significância entre os tratamentos é de 0.938 entre controle e *R. clarum*, entre o controle e o *G. formosanum*, é 0.003, e entre os fungos é de 0.008. Como os tratamentos apresentaram diferenças significativas entre os sujeitos, foi realizada a análise post hoc, dos tratamentos dentro de cada genótipo. Para o genótipo BRS Firmeza, o tratamento controle foi inferior ao tratamento com fungos, e dentre eles, *G. formosanum* foi superior (Figura 4-A). Dentro do genótipo IAPAR 58, no qual o tratamento controle também não se mostrou superior aos fungos, a predileção desse genótipo foi para o fungo *R. clarum*, mesmo tendo tido crescimento constante na segunda avaliação, pelo contrário, houve uma queda no desempenho (Figura 4-B). O BRS Pampeira inicialmente apresentou resultados muito próximos entre o controle e o fungo *R. clarum*, ambos com desempenho inicial pior que o fungo *G. formosanum*, porém a partir da segunda avaliação o tratamento controle mostra um grande desenvolvimento, e ambos os fungos mantêm constância, mostrando inclusive terem comportamentos semelhantes, embora o *R. clarum* tenha obtido uma melhor média final (Figura 4-C). O genótipo Pampa CL, mostrou que o tratamento controle teve uma boa evolução, porém com declínio na terceira avaliação, enquanto ambos os fungos permaneceram com comportamento constante, se mostrando ambos superiores ao controle, embora dentre os fungos, o *G. formosanum* apresentou uma grande superioridade ao fungo *R. clarum* (Figura 4-D). O genótipo IRGA 424, apresentou inicialmente superioridade com relação ao tratamento controle, porém essa vantagem foi perdida, apresentando grande queda no desenvolvimento tanto na segunda quanto na terceira avaliação, o fungo *R. clarum* teve um desempenho inicial melhor que o *G. formosanum*, porém a partir da segunda avaliação houve grande perda no desempenho, já o fungo *G. formosanum*, manteve-se constante e na avaliação final demonstrou grande superioridade tanto ao controle quanto ao fungo *R. clarum* (Figura 4-E).



* Tratamento 1, é o tratamento controle, o tratamento 2, é o tratamento do fungo *R. clarum* e o tratamento 3, tratamento do fungo *G. formosanum*. ** o eixo x, 1, 2 e 3, são os intervalos de tempo de 30, 40 e 50 dias respectivamente.

Figura 4- Média de desenvolvimento do peso da raiz dos diferentes genótipos submetidos aos três tratamentos.

Nessa variável, peso da raiz, a significância com relação ao genótipo foi de p igual a 0.00, mostrando que os materiais são altamente significativos. E segundo a análise de post hoc, a ordem decrescente do melhor desempenho é: BRS Firmeza, IRGA 424, IAPAR 58, BRS Pampeira e Pampa CL.

Quando comparamos conjuntamente as características podemos perceber que o genótipo BRS Firmeza, mostrou superioridade em três das quatro variáveis, sendo elas: tamanho da planta, peso da parte aérea da planta e peso da raiz, exceto na variável tamanho da raiz. O genótipo IRGA 424, foi o segundo melhor em todas as variáveis. As que mostraram pior desempenho foram IAPAR 58, nas variáveis tamanho da planta e peso da parte aérea da planta, e Pampa CL em tamanho da raiz e peso da raiz. O genótipo BRS Pampeira ocupou posições diferentes, conforme a variável analisada, podendo ser considerada, como tendo um desempenho mediano, quando comparadas as melhores e piores.

5.1 OBSERVAÇÃO DE LÂMINAS

Com o protocolo de descoloração da raiz e coloração das micorrizas foi possível identificar a infecção de ambos os fungos, como mostram as figuras de 5 a 8, bem como realizar a observação de características distintas de acordo com cada tipo de micorriza.

A variedade utilizada com o fungo *G. formosanum*, foi a Pampa CL, e a variedade utilizada como o fungo *R. clarum* foi a IRGA 424.

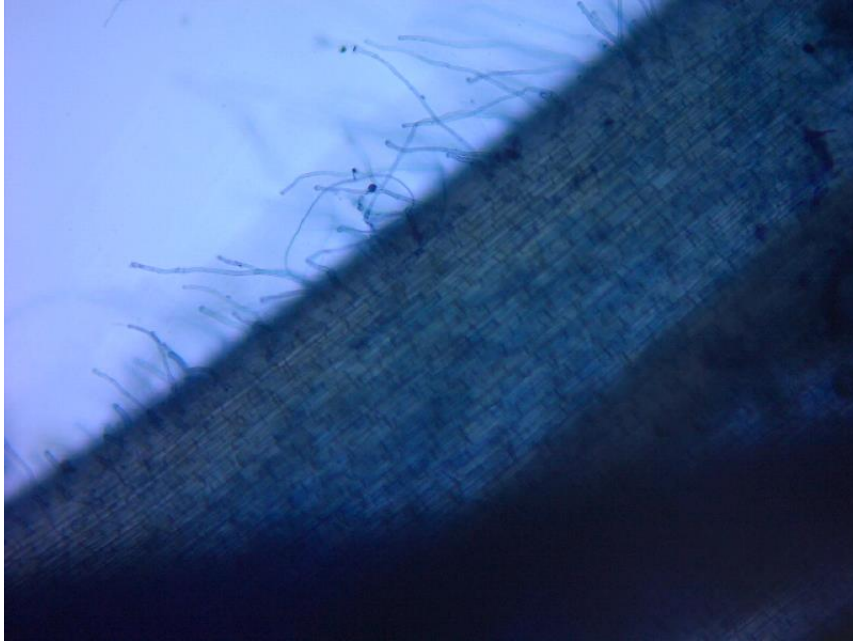


Figura 5- Hifas e esporos do fungo *R. clarum* na lateral na raiz da planta de arroz de genótipo IRGA 424.

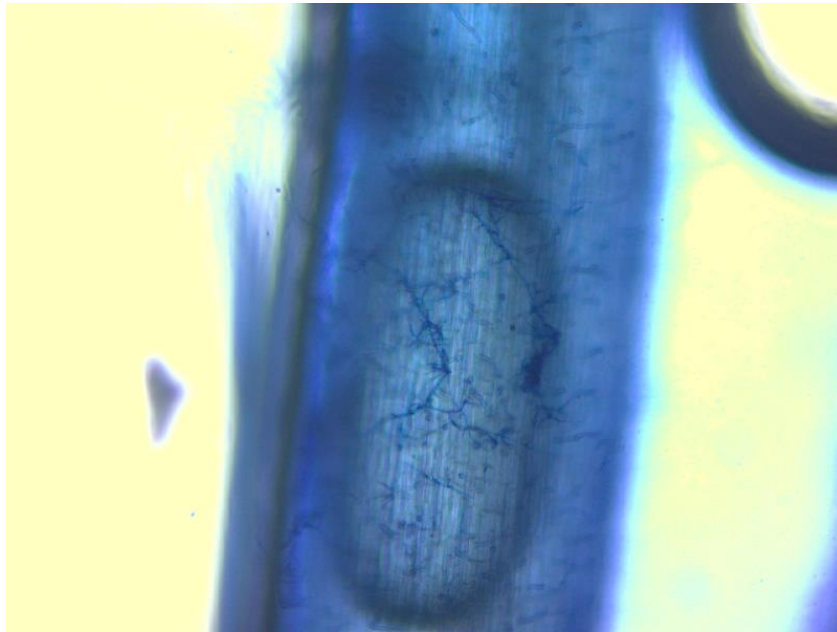


Figura 6- Arbúsculos do fungo *R. clarum* no interior na raiz da planta de arroz de genótipo IRGA 424.

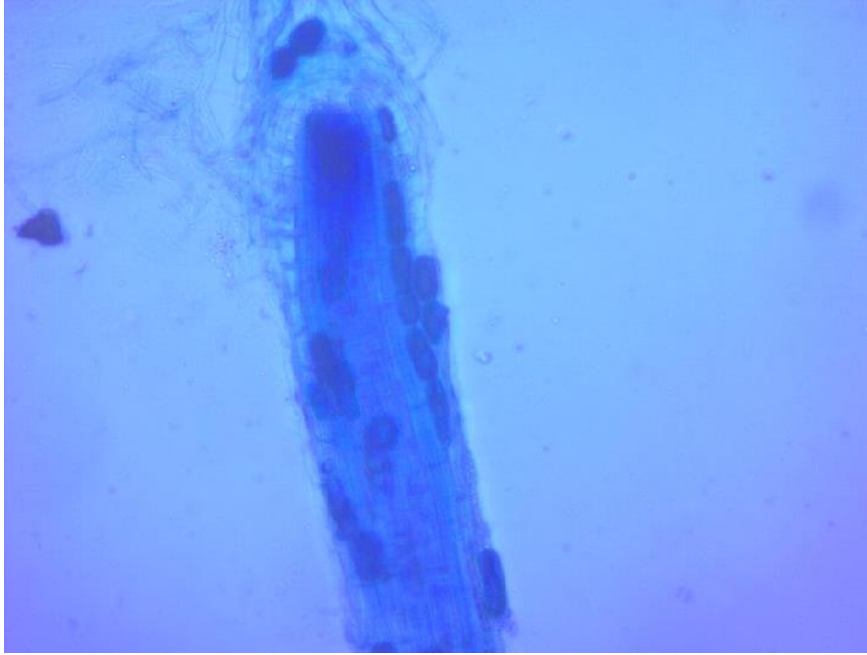


Figura 7- Extremidade da raiz, da planta de genótipo Pampa CL, com vesículas e arbúsculos e hifas do fungo *G. formosanum*.

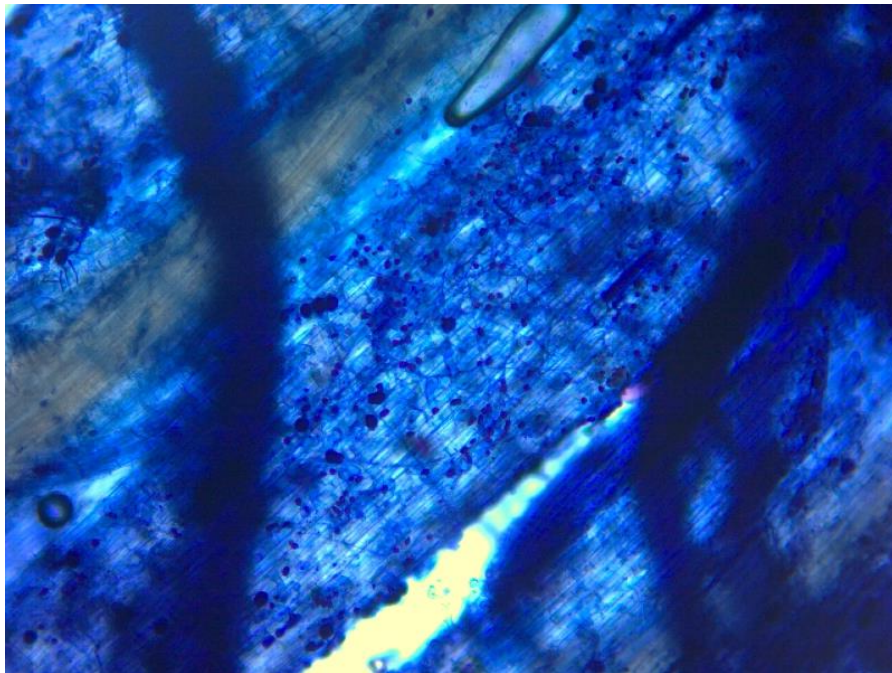


Figura 8- Interior da raiz da planta de genótipo Pampa CL, com vesículas e arbúsculos do fungo *G. formosanum*.

6 DISCUSSÃO

Podemos notar diferentes desempenhos dos genótipos, quando analisamos as diferentes variáveis, isso ocorre porque o nível no qual uma planta é dependente da condição micorrízica, para produzir seu máximo desenvolvimento, pode variar entre

espécies e até mesmo entre cultivares da mesma espécie (Gerdemann, 1975). Sendo a variação de dependência entre plantas ou variedades, determinada pela demanda e habilidade de absorver fósforo do solo. A necessidade de requerimento de maiores níveis de fertilização fosfatada, tem sido associada a plantas que melhor se beneficiam da associação micorrízica (Plenchette et al., 1983). Outro fator que explica o resultado obtido, pelos diferentes genótipos é o fato de as plantas apresentarem associações micorrízicas compatíveis ou incompatíveis, de acordo com condições ambientais, como água, pH, salinidade, temperatura, intensidade luminosa e nível de fósforo (Mehrotra, 2005). Nesse experimento foi possível identificar exatamente como isso ocorre, pois o genótipo BRS Pampeira notoriamente apresentou associação incompatível com ambos os fungos, enquanto os demais, em grande maioria das variáveis apresentaram diferentes níveis de compatibilidade. Combinações das propriedades fungo, planta e condições ambientais determinam uma associação bem sucedida. Como o fungo obtém glicose e aminoácidos, entre outros produtos do hospedeiro, e este necessita de luz para sua atividade fotossintética, a baixa luminosidade pode resultar em menores taxas de colonização e esporulação, sendo mais importante um fotoperíodo de 12 horas do que a intensidade luminosa, para altos níveis de colonização das raízes (Bagyaraj, 1991).

O genótipo BRS Firmeza se mostrou superior em três das quatro variáveis, exceto tamanho da raiz, porém seus resultados superiores, aparecem em todos os tratamentos, sem preferência entre o controle ou fungos. Já o genótipo IRGA 424, obteve as segundas melhores médias, com clara preferência por ambos os fungos, em todas as variáveis analisadas.

Devido a maior probabilidade de dano a raiz durante a coleta das plantas, ou seja, não apenas para a variável tamanho, como também para peso da raiz, os resultados são mais propensos a erros, ainda mais que as raízes primárias a medida que se desenvolvem, ramificam-se em secundárias, terciárias e etc., até de sexta ordem com diâmetro progressivamente menor, reduzindo de 1 até 0,04 mm (Yoshida, 1981).

Ao avaliarmos a real ação dos tratamentos fúngicos observa-se que apenas duas variáveis mostraram significância dentre os tratamentos, ou seja, para a variável desenvolvimento da parte aérea da planta e, peso da parte aérea das plantas, não houve diferenças significativas. Isso pode ter ocorrido devido ao tempo experimental, pois o sistema radicular é diretamente relacionado ao crescimento da parte aérea do arroz, (Yoshida, 1981), porém segundo Guimarães, e Barbosa Filho 2002, ocorre um desenvolvimento radicular e posteriormente o desenvolvimento aéreo com maior

intensidade. Esse período de maior crescimento da parte aérea do arroz o período de diferenciação da panícula até a floração (Lopes, 1991), período este que não chegamos a avaliar. O resultado de efeitos menos significativos para o tamanho das plantas pode estar relacionado não apenas ao genótipo, mas também a dose de inoculação, segundo Atama *et al* (2018), que conduziu um experimento semelhante, considerando as mesmas variáveis de tamanho e massa tanto da parte aérea quanto radicular, da variedade IR841, inoculada por quatro fungos arbusculares diferentes, testando também diferentes quantidades de esporos inoculado.

No entanto, se tratando da parte radicular, houve significância para as duas variáveis, sendo elas tamanho e peso da raiz. Quanto ao tamanho da raiz, o fungo *R. clarum* obteve melhor desempenho em três dos cinco genótipos analisados. As exceções foram quanto ao Pampa CL, em que o melhor desempenho foi do fungo *G. formosanum* e o genótipo BRS Pampeira em que o controle foi superior. A variável peso da raiz, não mostrou preferência predominante pelos fungos para a maioria dos genótipos, apenas o BRS Firmeza, em que o *G. formosanum* se destacou, e IAPAR 58 em que o *R. clarum* foi melhor. O genótipo BRS Pampeira, não obteve benefícios ao ser inoculada por qualquer um dos dois fungos, em ambas as variáveis, aparentando possuir associação micorrízica incompatível com ambos os fungos a que foi exposta, isso porque mesmo se tratando de variedades dentro de uma mesma espécie, a planta tem intrínseca sua dependência micorrízica, o que determina a magnitude do benefício da micorrização (Siqueira & Franco, 1988).

Apesar dos fungos possuírem características diferentes, como foi constado nas figuras 6 e 8, do interior das raízes, ambos tiveram comportamento semelhante, na variável tamanho de raiz, tendo apresentado efeitos benéficos de desenvolvimento em quatro dos cinco genótipos observados. Porém em somente dois genótipos, BRS Firmeza e IAPAR 58, os fungos foram superiores, quanto a variável peso da raiz.

Dentro da variável tamanho da raiz, o fungo *R. clarum* exerceu melhor desempenho, que o *G. formosanum*, porém o mesmo não pode ser observado quanto a variável peso da raiz, isso porque mesmo se tratando do mesmo fungo, inoculado em uma mesma variedade, o comportamento diferenciado, pode ser causado por fases do ciclo dessa espécie. Outro fator é a densidade de esporos usados como inóculos, influenciando na taxa de colonização das raízes (Siqueira *et al.*, 1994).

Existe uma grande escassez de materiais de pesquisa que nos tragam informações de características específicas a respeito do *R. clarum*, e *G. formosanum*, o que nos mostra

a importância desse tipo de estudo, pois os diferentes tipos de micorrizas podem proporcionar ganhos muito superiores. Essa dificuldade, também é observada quando procuramos informações acerca dos genótipos, BRS Pampeira, BRS Firmeza, BRS Pampa CL, IAPAR 58 e IRGA 424 RI, tanto de seus desempenhos individuais, bem caracterizados, quando em associação micorrizica. Isso pode dar devido ao fato que de segundo Cavalcante *et al* (2013) apenas a partir de 1980, os benefícios oferecidos pelas micorrizas, passaram a despertar maior interesse. E embora Siqueira & Franco (1988), tenham identificado alto grau de resposta do arroz (*Oryza sativa L.*) a associação micorrizica, carecem estudos a respeito de variedades de arroz com dependência da condição micorrizica. Até mesmo de estudos de incompatibilidade de micorrizas arbusculares ou não a respeito desse cultivar.

6.1 DISCUSSÃO DAS LÂMINAS

Depois de inoculado, ocorre a germinação do esporo na superfície da raiz, a hifa produzida, penetra na superfície da raiz, devida a ação mecânica e enzimática da hifa, depois do crescimento, ocorre a colonização intracelular (Bonfante-Fasolo, 1984). As hifas funcionam como extensão das raízes das plantas, exploram o solo, absorvem nutrientes e água, e os levam até a planta pelas estruturas intracelulares, os arbúsculos (Hoffmann e Lucena, 2006). Isso pode ser observado nas figuras 5 e 7.

Além de confirmar visualmente a colonização, é também possível observar características distintas de acordo com cada fungo. A principal diferença entre os fungos usados é a presença ou não de vesículas. O fungo *G. formosanum* forma vesículas no interior da raiz, diferente do fungo *R. clarum*. Isso porque todos os fungos micorrizicos arbusculares formam arbúsculos, mas alguns não formam vesículas (órgãos de reserva) (Walker, 1995). Os resultados obtidos nesse estudo corroboram com as imagens e é possível evidenciar a presença e ausência de vesículas, a figura 6, mostra o interior da raiz da planta de arroz do genótipo IRGA 424, em simbiose com o fungo *R. clarum*, sendo possível observar a presença de arbúsculos, porém não de vesículas. Na figura 4, também do interior da raiz, porém da planta de genótipo Pampa CL, em simbiose com o fungo *G. formosanum*, além dos arbúsculos, estão presentes vesículas.

A presença de vesículas, sendo elas um órgão de reserva de nutrientes dos fungos, pode ser um fator relevante no desenvolvimento da planta como um todo, a longo prazo, porém dentro do período analisado a presença desse órgão não afetou aspectos como

peso ou tamanho das raízes das plantas, visto que o fungo com melhor desempenho radicular foi o fungo *R. clarum*, que não formam vesículas.

As duas lâminas foram preparadas ao final do experimento, não foi realizada antes devida a baixa probabilidade de que tenha havido colonização no período de 30 dias, isso porque a colonização das raízes pelo fungo é inibida pela presença de lâmina d'água. A condição de baixa colonização é mais perceptível quanto maior a altura da lâmina d'água, devido à pressão hidrostática além da redução dos espaços porosos no solo que limitam a difusão e troca de oxigênio. Já com 40 dias a colonização micorrízica deveria estar em estágios iniciais do processo de estabelecimento, e apenas em um período superior a 50 dias a MA se adapta as condições de inundação.

6.2 APLICABILIDADE EM GRANDE ESCALA

Segundo Cavalcante et al. (2013), o conhecimento acerca da diversidade e atuação dos fungos micorrízicos arbusculares ainda está sendo consolidado, e o fato de serem biotróficos obrigatórios não tem permitido a utilização desses fungos em larga escala. E como a maioria dos estudos tem sido desenvolvido em cada de vegetação, e em geral como o solo desinfestados, é necessário verificar o desempenho desses fungos em relação a competição com os fungos arbusculares nativos, sendo o comportamento ideal, a persistência no solo, para colonizar as raízes do hospedeiro além do ponto de inoculação, permanecendo presente entre outros ciclos de determinada cultura e / ou para serem aproveitados por outros hospedeiros, no caso de rotação de cultura. Sendo a continuidade das pesquisas nessa área, promissor para contribuir na definição de estratégias de uso desses fungos, que auxiliam no desenvolvimento sustentável e manutenção dos ecossistemas.

7 CONCLUSÃO

Quanto ao desenvolvimento radicular, tanto a variável tamanho da raiz, como peso seco da raiz, os fungos foram predominantemente superiores, sendo a associação com o fungo micorrízico *R. clarum* superior, o que nos leva a considerar esse fungo como potencialmente eficiente para maior desenvolvimento de cultivares de arroz. Contudo não houve relevância no desenvolvimento da parte aérea da planta, tanto em tamanho quanto em peso. O que nos faz supor uma necessidade de aumento no tempo experimental, para

avaliar se a característica realmente não é influenciada por essa associação. Com relação ao desempenho dos genótipos dentro das quatro variáveis analisadas, os melhores resultados obtidos foram do genótipo BRS Firmeza, e do genótipo IRGA 424, porém apenas o genótipo IRGA 424, se mostrou claramente beneficiado pelos fungos, já que o BRS Firmeza mostrou maiores valores em todos os tratamentos. Sendo assim, apenas o IRGA 424, demonstra grande potencial para futuras análises com ambos os fungos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATAMA, G., Kodjo, TA, Manguilibè, T., Atti, T., Mawuko, AAK, & Komlan, B. (2018). **Avaliação Au Champ Du Potentiel De Croissance Et De La Production Du Riz (Oryza Sativa L.) Variété IR841 Inoculé En Pépinière Par Quatre Souches De Champignons Mycorrhiziens À Arbuscules.** *European Scientific Journal, ESJ* , 14 (12), 452. Disponível em:<<https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n12p452>> Acesso em Nov. de 2022.

BAREA, JM; Ferrol, N.; Azcon-Aquiar, C.; e Azcon, R. 2008. **Simbioses micorrízicas.** In: PJ White e JP Hammond (ed.). *A Ecofisiologia das interações planta-fósforo.* Dordrecht: Springer. Series.

BAGYARAJ, D.J., **Ecology of vesicular–arbuscular mycorrhizae.** In: Arora, D.K., Rai, B., Mukerji, K.G. & Knudsen, G.R. (Eds.) *Handbook of applied micology: soil and plant.* New York. Marcel Dekker. 1991. v.1. pp.4–34.

BERNAOLA, L. *et al.* **Colonização natural do arroz por fungos micorrízicos arbusculares em diferentes áreas de produção.** *Rice Science*, 25(3):169-174, 2018.

BERUDE, M. ., Almeida, D. ., Riva, M. ., Cabanêz, P., & Amaral, A. . (2015). **MICORRIZAS E SUA IMPORTÂNCIA AGROECOLÓGICA.** *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, 11(22). Disponível em:<<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1368>>Acesso Nov. de 2021.

BONFANTE-FASOLO, P. **Anatomy and morphology of VA mycorrhizae.** In: POWELL, C. L.; BAGYARAJ, D. J.. (Ed.) *VA Mycorrhiza.* CRC Press, Boca Raton, 1984. Cap.2, p.5-33.

BRYLA, D.R., Duniway, J.M. **Effects of mycorrhizal infection on drought tolerance and recovery in safflower and wheat.** *Plant and Soil* 197, 95–103 (1997). . Disponível em:<<https://doi.org/10.1023/A:1004286704906>> Acesso em Nov. de 2022.

CAMPO, S., Martín-Cardoso, H., Olivé, M. *et al.* **Effect of Root Colonization by Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth, Productivity and Blast Resistance in Rice.** *Rice* 13,42 (2020). Disponível em:<<https://doi.org/10.1186/s12284-020-00402-7>> Acesso Nov. 2022.

CAVALCANTE, U. M. T., Goto, B. T., & Maia, L. C. (2013). **ASPECTOS DA SIMBIOSE MICORRÍZICA ARBUSCULAR.** *Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agronômica*, 5, 180–208. Recuperado de <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/179>

CAPRONI, Ana Lucy. **Capacidade infectante de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Estado do Pará, Brasil.** Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000800006>> Acesso Nov. de 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 10 décimo primeiro levantamento, agosto. 2021.

DODD, J.C. & THOMSON, B.D. **The screening and selection of inoculant arbuscular-mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi.** *Plant and Soil* 159:149–158, 1994.

FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. 425p

FERREIRA, Dorotéia Alves. (2012). **Avaliação da Eficácia de Estimulante de Micorrização em Soja e Milho em Diferentes Doses de Fósforo no Solo.** Disponível em: <<https://posagronomia.jatai.ufg.br/p/22057-doroteia-alves-ferreira>> Acesso Mar. de 2022.

GERDEMANN, J.W. **Vesicular-arbuscular mycorrhizae.** In: Torrey, J.G. & Clarkson, D.T. (Eds.) *The development and function of roots.* New York. Academic Press. 1975.

GUIMARÃES, C.M.; FAGERIA, N.; BARBOSA FILHO, M. P.; **Como a planta de arroz se desenvolve.** Encarte de informações Agronômicas, nº 99. Setembro, 2002.

GONÇALVES, A. B. S.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. P.; SOUSA, S. M.; GUIMARÃES, C. T. **Estabelecimento de metodologia para análise e quantificação da colonização por fungo micorrízico arbuscular em milho.** In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo; 2016; Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul.

HARRIS-VALLE, C.; Esqueda, M; Valenzuela-Soto, E.M; e Castellanos, AE 2009. **Tolerância ao estresse hídrico na interação planta-fungo micorrízico arbuscular: metabolismo energético e fisiologia.** México. *Rev. Fitotec.* 32(4):265-271.

HOFFOMANN, Lúcia Vieira; LUCENA, Valeska Silva. **Para Entender Micorrizas Arbusculares.** Embrapa Algodão, Documento 156, 22p. Campina Grande, 2006.

LOPES, A. de M., and A. C. P. N. da ROCHA. **"Aspectos socioeconômicos e perspectivas da cultura do arroz." *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE).*** In: ENCONTRO TÉCNICO:" TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE ARROZ NO SUDESTE PARAENSE", 1., 2008., São Geraldo do Araguaia. Anais: artigos e palestras. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008., 2008.

LOPES, S.I.G. **Eficiência da adubação potássica e distribuição radicular no arroz irrigado** 1991.96f. Dissertação de mestrado – Programa de pós-graduação em ciência do solo. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto aLEGRE, 1991.

WALKER, C. **AM or VAM: What's in a word?** In: VARMA, A; HOCK, B. Mycorrhiza. Springer-Verlag, Berlin, 1995. p.25-26.

WALTER, Melissa; MARCHEZAN, Enio; AVILA, L.A. **Arroz: composição e características nutricionais.** Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192, jul, 2008.

MARTINS, J. F. da S.; BARRIGOSI, J.A.F.; OLIVEIRA, J.V.; CUNHA, U.S. **Situação do Manejo Integrado de Insetos-praga na Cultura do Arroz no Brasil.** Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2009. 40p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290).

MEHROTA, V.S. **Mycorrhizas: role and applications**. New Delhi. Allied Publishers. 2005.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **A importância da micorriza arbuscular para o cultivo da soja na Região dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-Cerrados, 2002. 4p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 75).

MOREIRA, F. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. da UFLA, 2006.

PLENCHETTE, C., FORTIN, J.A. & FURLAN, V. **Growth responses of several plants species to mycorrhizae in a soil of moderate P–fertility; mycorrhizal dependency under field conditions**. Plant and Soil:199–209, 1983

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Farroupilha, RS. SOSBAI, 2018. 205 p.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ Irrigado (31.:2016 : Bento Gonçalves, RS). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado**. - Pelotas: SOSBAI, 2016. 200 p.

SILVA, Talia Leite, *et al.* **Crescimento e presença de metabólitos secundários em mudas de *Schizolobium parahyba var. amazonicum* (HUBER-EX-DUCKE) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares**. Ciências Agrárias o avanço da ciência no Brasil. Vol.1. 2021. Doi: 10.37885/210504689

SIQUEIRA, J. O.; Moreira, F. M. S. **Microbiologia do solo e sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal**. In: Reunião Brasileira em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, 1996, Manaus. Resumos... Manaus: SBCS,1996, p.1-42.

SIQUEIRA, J.O., COLOZZI-FILHO, A. & SAGGIN-JÚNIOR, O.J. **Efeitos da infecção de plântulas de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo**

endomycorrízico *Gigaspora margarita*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 29:875–883, 1994.

SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. **Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras. MEC, ABEAS, ESAL, FAEPE. 1988.

COMO superar os desafios de produtividade na cultura do arroz. **TMF Fertilizantes**. 8 de Fev. de 2022. Disponível em:< <https://www.tmfertilizantes.com.br/como-superar-os-desafios-de-produtividade-na-cultura-do-arroz/>> Acesso em: 05 de nov. de 2022.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Manila: The international Rice Research Institute, 1981. 289p.

ZHANG, X. *et al.* **Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares na distribuição de carbono e nitrogênio e na produtividade e qualidade nutricional de grãos em arroz (*Oryza sativa* L.)**. Journal of the Science of Food and Agricultural, 97(9):2919-2925, 2017.