

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Pós-graduação em Agronomia

**CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA
E DO CO₂ LIBERADO, MICORRIZAÇÃO E
PRODUTIVIDADE DE ARROZ DE TERRAS
ALTAS SOB DIFERENTES MANEJOS DE
ÁGUA E SOLO**

TALLES EDUARDO BORGES DOS SANTOS

1210001625



Ilha Solteira - SP

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA E DO CO₂ LIBERADO,
MICORRIZAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ DE TERRAS
ALTAS SOB DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA E SOLO**

TALLES EDUARDO BORGES DOS SANTOS

Engenheiro Agrônomo

Prof^a Dr^a ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO

Orientadora

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia do Campus de Ilha
Solteira - UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Agronomia - Área de
Concentração: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira - SP

Setembro de 2005



NEW 245

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação/Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP-Ilha Solteira

Santos, Talles Eduardo Borges dos.

S237c Carbono da biomassa microbiana e do CO₂ liberado, micorrização e produtividade de arroz de terras altas sob diferentes manejos de água e solo / Talles Eduardo Borges dos Santos. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2005
60 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração: Sistemas de Produção, 2005

Orientador: Ana Maria Rodrigues Cassiolato

Bibliografia: p. 48-57

1. Microorganismos do solo. 2. Carbono. 3. Biomassa microbiana. 4. Micorriza. 5. Solos - Manejo. 6. Arroz - Irrigação. 7. Produtividade agrícola.

50102044

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA E DO CO₂ LIBERADO, MICORRIZAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ DE TERRAS ALTAS SOB DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA E SOLO

AUTOR: TALLES EDUARDO BORGES DOS SANTOS

ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO
DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE, ENGENHARIA RURAL E SOLOS - FE - UNESP -
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA/SP

Profa. Dra. KATIA LUCIENE MALTONI
DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE, ENGENHARIA RURAL E SOLOS - FE - UNESP -
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA/SP

Prof. Dr. ARNALDO COLOZZI FILHO
PESQUISADOR DO INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANA - IAPAR - LONDRINA/PR

Data da realização: 29 de julho de 2005.



Presidente da Comissão Examinadora
Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO



Doc. 055/05 - NAD 156

UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"	
SERVIÇO TÉCN. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
DATA DE CHEGADA	DATA DE TOMBO
<i>28.09.05</i>	<i>30.09.05</i>
REGISTRADO POR	TOMBO
<i>Ailza</i>	<i>Te. 1625</i>
AQUISIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>1400.00</i> <i>autor</i> <i>28.09.05</i>	<i>S237c</i>

Co
sy 329228
sy 59044

Dedico...

*Aos meus amados pais, Aparecido Rodrigues dos Santos e Maria
Aparecida Borges dos Santos, que souberam de maneira muito especial
conduzir-me por sábios caminhos, dando-me a vida e doando-se por
inteiros, renunciando aos seus sonhos para que muitas vezes, pudesse
realizar os meus....*

Ofereço...

*A minha querida irmã Thaís Diane Borges dos Santos e ao Diógenes
Ferreira Filho;*

*Aos meus avós Zacarias Borges Carvalho, Domingas Fagundes
Carvalho, Maria dos Anjos Santos, que contribuíram muito para essa
conquista, pois estiveram ao meu lado nos momentos difíceis...
E a memória do meu avô Zenon Rodrigues dos Santos onde resta
comigo a recordação e o eterno agradecimento.*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, pois desde o início estavas comigo, onde vitórias foram conquistadas e derrotas foram superadas;

A Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira pela minha formação profissional;

A Profª. Drª Ana Maria Rodrigues Cassiolato, minha orientadora, que partilhou seus conhecimentos, ensinando-me a arte de construir um hoje comprometido com o amanhã, orientando-me de maneira sábia e honrada e tornando possível à realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf, por ter cedido a área na fazenda;

Aos professores Kátia Luciene Maltoni, Orivaldo Arf e Arnaldo Colozzi-Filho (IAPAR) Londrina-Pr, pela colaboração na correção do mesmo;

A CAPES, pela concessão da Bolsa de Estudos;

A todos os funcionários do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, em especial a Vera, Valdivino e o André pela colaboração sempre que precisei;

Aos queridos amigos e professores da graduação que foram muito importantes para minha formação profissional e pessoal;

Aos funcionários da Biblioteca da UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela atenção e carinho, em especial ao João Josué Barbosa pela revisão na dissertação;

Aos meus colegas Tiago Mendes Faria (Fimose), Márcia Helena Scabora, Sueli da Silva Aquino, Tânia Oshiro Nosse, Priscila Torres Modesto e Martha Regina Lucizano Garcia pelos momentos que passamos juntos no laboratório;

Ao meu Primo Diego Henrique dos Santos Martinho (Bocão) e meu amigo

Ednelson Louro (Curimba) pelo companherismo;

A minha família pelo carinho e dedicação;

E um agradecimento muito especial aos meus amigos (as) que conviveram comigo

durante esse curto, mas intenso período de mestrado Alexsander Seleguini,

Mércia Ikarugi Bonfim Celoto, Flávia de Andrade Meira, Andréia Cristina

Peres Rodrigues e o Fernando Juari Celoto (Capivara).

A todos que ajudaram de alguma forma meus sinceros agradecimentos...



*“Os jovens se cansam e se fatigam, e os moços de
exaustos caem, mas os que esperam no Senhor
renovam suas forças” (Isaiás: 40: 30,31).*

*“O Papel dos infinitamente pequenos é
infinitamente grande” (Louis Pasteur).*



SANTOS, T.E.B. **Carbono da biomassa microbiana e do CO₂ liberado, micorrização e produtividade de arroz de terras altas sob diferentes manejos de água e solo.** Ilha Solteira, 2005. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

Os manejos de solo e água podem influenciar as propriedades microbiológicas do solo e a produtividade. No entanto, para a discriminação dos efeitos dos manejos na qualidade do solo podem ser utilizados alguns índices microbiológicos. Assim o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de quantificar o carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO₂ (C-CO₂) liberado, o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), a micorrização e a produção (PROD) do arroz de terras altas cultivado sob diferentes manejos de solo (MS) e água (MA). O trabalho foi constituído por 2 experimentos: I experimento foi utilizado a cultivar BRS-Talento e no II experimento a cultivar IAC-202. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com 3 MS: plantio direto (PD), grade pesada + grade niveladora (GG), escarificador + grade niveladora (EG) e 3 MA: sem irrigação (L0), lâmina 1 (L1), irrigação na fase reprodutiva e de maturação e lâmina 2 (L2), irrigação durante todo ciclo, com 4 repetições. No I experimento os fungo micorrízicos arbusculares autóctones mostraram-se indicadores biológicos mais sensíveis que o CBM, CO₂ e $q\text{CO}_2$ em períodos com bons e regulares índices pluviométricos. Sob a ótica da viabilidade, o PD e a L1 propiciaram resultados satisfatórios para a cultura do arroz cultivar BRS-Talento de terras altas. No II Experimento todos os indicadores biológicos estudados mostraram boa sensibilidade as modificações edafoclimáticas em períodos com bons e irregulares índices pluviométricos; para efeitos de economia, o EG associado a L1 viabilizaria uma boa alternativa para a cultura do arroz cultivar IAC-202 de terras altas.

Termos para indexação: atividade microbiana, plantio direto, cultivo mínimo, fungos micorrízicos arbusculares, cerrado



SANTOS, T.E.B. **Microbial carbon biomass and evolved CO₂, mycorrhization and productivity of uplands rice under different water and soil managements.** Ilha Solteira, 2005. 60f. Dissertation (MS in Agronomy) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

Soil and water managements can influence the soil microbial properties and crop yield. However, in order to determine the effects of these managements on the quality of the soil, microbiological indices can be used. The objectives of this experiment were to quantify the microbial carbon biomass (MCB) and the evolved CO₂ (C-CO₂), metabolic quotient ($q\text{CO}_2$), mycorrhization and yield of uplands rice cultivated under different soil (SM) and water (WM) managements. Cultivar BRS-Talent was used in experiment I, and cultivar IAC-202 in experiment II. The experimental design was a randomized complete block design, with three SM: no-tillage (NT), heavy disk + leveling disk harrowing (HL), and chisel plowing + leveling disk harrowing (CL), plus three WM: no irrigation (WD0), water depth 1 (WD1), irrigation at the reproductive and maturation periods and water depth 2 (WD2), irrigation throughout the rice cycle, with four replications. In experiment I the autochthone arbuscular mycorrhizal fungi proved to be better biological indicators than MCB, evolved C-CO₂ and $q\text{CO}_2$ in periods with regularity and good rainfall. NT associated with WD1 resulted in satisfactory yield for the uplands rice cultivar BRS-Talent. In experiment II, all biological indicators showed good sensitivity to the edafoclimatic changes in periods with both good and irregular rainfall; the combination of CL with WD1 proved to be a good alternative for rice cultivar IAC-202 uplands cultivation.

Indexing terms: microbial activity, no-tillage, minimum tillage, arbuscular mycorrhizal fungi, cerrado.

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Figura 1. Média de temperatura e precipitação para o período de Novembro de 2003 a Março de 2004. (Unesp, 2005).....	34
Figura 2. Média de temperatura e precipitação para o período de Novembro de 2004 a Março de 2005. (Unesp, 2005).....	42

LISTA DE TABELAS

Páginas

Tabela 1. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinada nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 – 0,10m, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04..... 31

Tabela 2. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para carbono da biomassa microbiana (CBM), do carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado, quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), nos diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04..... 32

Tabela 3. Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão, durante o ciclo do arroz cv. (BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04..... 34

Tabela 4. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e para produtividade de grãos, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04..... 36

Tabela 5. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinadas nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 – 0,10m, para diferentes manejos do solo (MS) e manejo de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05..... 38

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa manejo do solo e manejo de água, referente a P (mg dm^{-3}) coletado na camada de 0 - 0,10m, durante a fase de florescimento da cultura do arroz de terras altas (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.....	38
--	----

Tabela 7. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para carbono da biomassa microbiana (CBM), do carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado, quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), nos diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.....	39
---	----

Tabela 8. Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão, durante o ciclo do arroz (IAC-202), Ilha Solteira, 2004/05.....	42
--	----

Tabela 9. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e para produtividade de grãos, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.....	43
--	----

Tabela 10. Desdobramento da interação significativa manejo do solo e manejo de água, referente a número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares coletados na camada 0 – 0,10m de profundidade e produtividade de grãos, durante a fase de florescimento da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.....	44
---	----

SUMÁRIO

Páginas

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. Informações sobre a cultura do arroz.....	15
2.2. Manejo de solo e água na cultura do arroz.....	16
2.3. Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo.....	17
2.4. Interferência dos manejos sobre a microbiota.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Instalação do experimento.....	23
3.2. Histórico da área.....	23
3.3. Delineamento experimental.....	24
3.4. Análise das características químicas do solo.....	25
3.5. Determinação da produtividade de grãos.....	26
3.6. Variáveis microbiológicas.....	26
3.6.1. Carbono da biomassa microbiana (CBM).....	26
3.6.2. Quantificação do carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado.....	27
3.6.3. Quociente Metabólico (<i>q</i> CO ₂).....	27
3.6.4. Porcentagem de colonização micorrízica.....	28
3.6.5. Contagem de esporos de fungos micorrizicos arbusculares (FMAs) autóctones.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. EXPERIMENTO I - Arroz cultivar BRS-Talento.....	30
4.2. EXPERIMENTO II - Arroz cultivar IAC-202.....	37
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS.....	48
7. APÊNDICE.....	58



1. INTRODUÇÃO

Na região do cerrado, grande parte da vegetação natural vem sendo substituída por culturas anuais e pastagens, dentre estas se tem, o arroz de sequeiro, que é uma das principais culturas do cerrado brasileiro. Nesta região é comum a ocorrência de estiagens, de duas a três semanas, durante a estação chuvosa, quando o arroz é cultivado, provocando decréscimos em sua produtividade devido à alta demanda evapotranspirativa durante esses períodos, aliada à baixa retenção de água dos solos de cerrado.

Na região de cerrado, os mais graves problemas para os cultivos são a presença de camada subsuperficial compactada e a deficiência hídrica, que juntas são responsáveis por um menor desenvolvimento das raízes e uma redução drástica no armazenamento de água. Nessa situação, uma solução seria a implantação de um sistema de irrigação associado a diferentes tipos de manejos, como plantio direto ou cultivo mínimo, onde a semeadura é realizada sob resíduos da cultura anterior, sem movimentação do solo, exceto na linha de semeadura. O acúmulo de resíduos vegetais na superfície, pelo não rompimento dessa camada, devido a ausência de preparo profundo o que contribui para minimizar os efeitos do estresse hídrico, o que não ocorre no plantio convencional onde são utilizadas operações como aração e gradagem e, geralmente, o solo fica descoberto.



Dumanski & Pieri (2000, p.155-162) afirmaram que é preciso encontrar indicadores biológicos definitivos, que integrem os dados atributos físicos, químicos e taxonômicos com a biologia do solo, incluindo, neste caso, a possibilidade de monitorar a cadeia do solo já que a qualidade deste solo e a agrobiodiversidade estão intimamente ligadas e, de certo modo, devem ser avaliadas em conjunto por meio da caracterização dos principais grupos funcionais no solo, especificamente a macrofauna (minhocas e cupins), nematóides, microrganismos simbiotes (micorrizas e fixadores de nitrogênio) e biomassa microbiana (fungos, bactérias e protistas).

Como indicador biológico da adequação de sustentabilidade dos sistemas de produção, temos os microrganismos do solo, cuja concentração, atividade e equilíbrio podem ser representados pela biomassa microbiana, teor de carbono do CO_2 liberado e o quociente metabólico. Os microrganismos são importantes porque atuam nos processos de decomposição natural interagindo na dinâmica dos nutrientes e na regeneração da estabilidade dos agregados, e são fortemente influenciados pelas variações sazonais de umidade e temperatura, pelo manejo do solo, pelo cultivo e, também, pelos resíduos vegetais.

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi quantificar o carbono da biomassa microbiana e do CO_2 liberado, quociente metabólico, a micorrização e a produção de arroz de terras altas, sob diferentes manejos de água e solo.



2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Informações sobre a cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.), pertencente à família botânica Poaceae (Gramineae) (CRONQUIST, 1981, p.702), é um dos cereais mais cultivados no mundo, constituindo a base da alimentação de mais da metade da população. No Brasil, é o cereal mais consumido, apreciado por pessoas de todas as camadas sociais, desempenhando papel fundamental na dieta por ser considerado uma fonte excelente de carboidrato, contendo quantidades desprezíveis de gordura e colesterol (CASTRO et al., 1999, 30p).

Destacam-se dois principais tipos de cultivo de arroz: irrigado e de terras altas. O termo “terras altas” vem sendo utilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em substituição ao “arroz de sequeiro”, com o intuito de resgatar a credibilidade do arroz neste sistema, abalada em função da orizicultura ser usada como cultura desbravadora de cerrado (FERREIRA & YOKOYAMA, 1999, 110p.).

Atualmente, o maior produtor de arroz em casca é a China, seguida pela Índia. O Brasil ocupa a décima posição sendo o primeiro entre os países não asiáticos. A previsão de produção brasileira para 2005 é um volume de 12,706 milhões de toneladas (IBGE, 2005). No



Brasil o cultivo do arroz de terras altas vem crescendo anualmente a taxas maiores do que do arroz irrigado, porém ainda tem a produtividade inferior, correspondendo a metade da produtividade do arroz irrigado (CONAB, 2005).

O arroz de terras altas é uma das principais culturas do cerrado brasileiro (CRUSCIOL et al., 2002, p.1455), mas passou um longo período relegado ao segundo plano em decorrência do seu passado, quando a exploração ocorria em um contexto caracterizado por baixo aporte tecnológico, com baixa produtividade e qualidade de matéria prima (FERREIRA et al., 2002, p.92-95). O arroz de terras altas tinha o seu uso ligado à recuperação de áreas degradadas, pois juntamente com o feijão foram acusados de retardatários no processo de modernização da agricultura (PORTUGAL, 1996, p.7-8).

2.2 Manejo de solo e água na cultura do arroz

O sistema de cultivo de arroz predominante no Brasil é o de terras altas, cujo fornecimento hídrico fica na dependência da precipitação pluvial e na sua distribuição (SOUZA, 2003, 68f.). Nestas condições a cultura do arroz é afetada negativamente pela ocorrência de veranicos, quando a deficiência hídrica reduz a absorção de nutrientes, diminuindo a produtividade a ponto de ocasionar prejuízos aos rizicultores. Crusciol et al., (2002, p.1569-1574) justifica a produção oscilante no cerrado aos solos pobres em nutrientes e à irregularidade na distribuição das precipitações pluviais, somados a práticas culturais inadequadas.

A irrigação por aspersão é uma das alternativas para solucionar este problema, pois proporciona uma maior nutrição às plantas e, conseqüentemente, uma maior produtividade (SOUZA, 2003, 68f.).



Outra solução seria o sistema de plantio, que tem como característica principal o revolvimento do solo somente na linha de semeadura, mantendo os resíduos em superfície, minimizando os efeitos erosivos das precipitações intensas que ocorrem em climas tropicais, aumentando a infiltração de água (BARIZON, 2001, 88f.). Apresentando uma cobertura morta formada pelo acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais, diminuindo as oscilações da temperatura e da umidade na superfície do solo e contribuindo para a manutenção de temperaturas mais amenas e maior retenção de água no solo em períodos quentes e de estiagem prolongadas (COLOZZI-FILHO, 2000, p.29-42), tornando-se uma alternativa viável para o arroz de terras altas.

Segundo Souza (1992, 162f.), inúmeros trabalhos têm mostrado que o sistema de plantio direto cria, no solo, um ambiente diferente daquele encontrado no sistema convencional, resultante do efeito dos resíduos superficiais e da reduzida movimentação do solo.

Já os sistemas menos conservacionistas promovem uma maior aeração e quebra dos agregados do solo, e a incorporação dos resíduos vegetais provoca rápida decomposição e perda do carbono orgânico nativo, assim como uma mineralização do nitrogênio e do fósforo orgânico do solo (HOLTZ, 1995, 129f.). Isto faz com que grande parte dos compostos carbonatados atinja rapidamente a fase final do processo de mineralização, criando assim um impedimento na formação de substâncias mais estáveis no solo, como o húmus (PARRA, 1986, 98f.).

2.3 Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo

Hoje há um esforço de alguns pesquisadores em buscar um índice de qualidade de solo, sendo o índice um valor simples, que integra muitas medidas de propriedades chave do solo.



Dando uma visão geral do estudo da biota de solo, Papendik et al. (1992, p.2-3) explicam que ela pode ser estudada ao nível de organismos (pela presença ou ausência de determinadas espécies, ou pela biomassa dessas espécies) ou em nível de comunidade (biomassa e atividade respiratória do solo, grupos funcionais, etc.). Dada a importância do processo de ciclagem de nutrientes no aspecto funcional do solo, é importante ressaltar que a maior parte da biota do solo está relacionada com esse processo. Especificando a importância relativa de cada categoria de organismos da biota para o solo, Waker & Reuter (1996, 174p.) afirmam que a função do ecossistema solo é governada principalmente pela dinâmica dos microrganismos.

Índices microbiológicos, baseados em mais de um parâmetro, podem ser capazes de discriminar o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre qualidade do solo e, dessa forma, Papendik et al. (1992, p.2-3) apontam a biomassa microbiana e o quociente metabólico (qCO_2) como sendo bons indicadores para tais comparações.

Segundo Fernandes et al. (1995, p.490-491) a quantificação da biomassa microbiana é indispensável, pois esta apresenta papel fundamental dentro dos ciclos geoquímicos dos elementos de interesse para a produtividade agrícola e para ecologia. É evidente a carência de estudos que avaliem a participação dos microrganismos nos processos de fertilização natural de solos mineralogicamente pobres (GRISI, 1984, p.167-172).

A própria biomassa microbiana também contribui com a fertilidade do solo, contendo ela mesma uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (JENKINSON, 1988, p.368-386). Áreas agrícolas contêm em torno de 200 - 1000 μg do carbono da biomassa microbiana (CBM) g^{-1} de solo, o que equivale a 100 - 600 kg de nitrogênio e 50 - 300 kg de fósforo por hectare, na camada 0 - 0,30 m do solo. Essas quantias, muitas vezes, excedem a suplementação anual de nutrientes aplicados na forma de fertilizantes, e sua disponibilidade depende da dinâmica dos microrganismos, representando



um estoque lábil de nutrientes, além de desempenharem papel ativo na prevenção de lixiviação, por meio da imobilização (FEIGL et al., 1995, p.1467-1472).

De acordo com Bardgett & Sagar (1994, p.727-733), o quociente metabólico (qCO_2) pode ser apontado como um indicador de estresse microbiano, pois ele expressa a energia necessária para a manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para a síntese da própria biomassa.

Além da biomassa microbiana, outros microrganismos podem servir como indicadores biológicos de qualidade e equilíbrio de um sistema, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que são associações simbióticas mutualísticas formadas entre determinados fungos do solo e raízes da maioria das plantas superiores (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002, p.473-578). Possuem grande potencial para promover o desenvolvimento das plantas e a agregação do solo. Entretanto, muitos fatores relacionados aos processos que permitem o sucesso da micorrização são desconhecidos ou pouco estudados. É imprescindível considerar a importância ecológica que os FMAs assumem quando o interesse está no manejo agrícola e ambiental de tais fungos, visando à otimização dos efeitos benéficos da simbiose (ABBOTT & GAZEY, 1994, p.69-78).

Apesar das micorrizas serem considerados exemplos clássicos de mutualismo, nem sempre essas relações se comportam da mesma maneira. Para os FMAs, que são fungos biotróficos obrigatórios, sempre há benefícios na relação, no entanto, as respostas das plantas à colonização micorrízica podem ser positivas, neutras e negativas (JOHNSON et al., 1997, p.757-585).

A umidade extrapolando para a irrigação é um fator importante, principalmente no início do processo de germinação na qual a sensibilidade ao potencial hídrico do solo varia com o gênero ou a espécie do esporo (SILVEIRA, 1998, p.61-86).



Segundo Kiers et al. (2002, p.745-754) o interesse na utilização das simbioses na agricultura tem crescido, porém pouco ainda se sabe como as diferentes práticas agrícolas poderiam estar selecionando simbioses com comportamentos mais parasíticos ou mutualistas nos sistemas de produção.

2.4 Interferência dos manejos sobre a microbiota.

Determinadas práticas ou distúrbios que atuam sobre o solo levam a alterações quantitativas e qualitativas na diversidade microbiana, selecionando espécies adaptadas e ou tolerantes a essas condições, de modo que a análise dessas alterações permita a avaliação da qualidade do solo (KENNEDY & SMITH, 1995, p.75-86).

No cerrado, como nas demais regiões tropicais onde a cultura do arroz se faz presente, a mineralização da matéria orgânica chega a ser cinco vezes mais rápida do que aquela observada em regiões temperadas (SANCHES & LOGAN, 1992, p.35-46).

As práticas de manejo do solo menos conservacionistas contribuem para alterações no ciclo energético e biogeoquímicos dos ecossistemas e na agregação do solo, onde os microrganismos têm papel preponderante (SIQUEIRA et al., 1991, p.63-121). Sendo assim, as práticas de manejo que adicionam ou mantêm carbono orgânico no solo, como no plantio direto, parecem estar entre as mais importantes para restabelecer manter ou melhorar a qualidade do solo (KARLEN et al., 1994, p.149-167).

Islam & Weil (2000, p.69-78), comparando o efeito de diferentes sistemas de manejos sobre a qualidade do solo, tendo o manejo conservacionista como padrão de comparação, e observaram que práticas que sustentam a matéria orgânica do solo melhoram a qualidade do solo.



Resultados do trabalho de Islam & Weil (2000, p.69-78) mostraram que o carbono orgânico total, apesar de ter apresentado aumento em função do manejo conservacionista, não foi sensível a esse manejo. O qCO_2 apresentou comportamento inversamente proporcional à qualidade do solo, ou seja, aumentos neste índice indicam perda de qualidade do solo, e concluíram que as três propriedades que se mostraram mais promissoras para inclusão em um índice de qualidade do solo foram biomassa total, biomassa microbiana ativa e quociente metabólico, sendo essas as mais significativamente influenciadas pelo manejo conservacionista, em mais de 75% das comparações.

A estrutura do solo, desenvolvida pela atividade microbiana, confere a este forma e graus ideais de permeabilidade e, assim sendo, condicionamento perfeito e vital que resolve simultaneamente problemas de erosão, cuja intensidade é inversamente proporcional à permeabilidade do solo e diminui consideravelmente os problemas oriundos das secas e enchentes, e também das baixas produtividades (PRIMAVESI, 1952).

Um importante aspecto a ser considerado no estudo de microrganismos do solo é que estes vivem na película de água localizada entre as suas partículas e dessa forma a densidade da população microbiana depende da umidade do solo (TIBAU, 1997, p.57-72).

Dentre os vários fatores que interferem no estabelecimento da micorriza, o solo desempenha o fator mais importante (SILVEIRA, 1998, p.61-86), no que se diz respeito ao preparo do solo, porque quando o solo é desestruturado, seja pela aração ou pela gradagem, a rede de hifas dos fungos micorrízicos é fragmentada pela ação mecânica dos implementos (COLOZZI-FILHO et al., 1993, p.36) afetando tanto a colonização como a esporulação de FMAs (PRIMAVESI et al., 1988, p.159-168).

O plantio direto, de acordo com Balota (1997, p.222-233), proporciona valores médios e mais constantes de CBM em todas as camadas do solo, resultando em um maior equilíbrio no solo. Mercante (2001, p.9-10), relata que a aração e a gradagem tendem a promover um

decréscimo na adição de material orgânico em relação ao plantio direto, interferindo no tamanho e na atividade da biomassa microbiana.

A adoção de métodos de preparo do solo tem por objetivo principal a melhoria das propriedades químicas, visando aumentar o seu potencial produtivo (SÁ, 1995, p.9-20). O sistema ideal de manejo do solo é aquele que integra tecnologias visando a redução de custos aliado a melhoria da qualidade ambiental, permitindo interações biológicas e processos naturais benéficos no solo (FREITAS & BERNARDI, 2003, p.59-64).

De acordo com Pozzebon et al. (1992, p.5-9), os trabalhos de pesquisa com micorriza são recentes no Brasil e não há praticamente referências de estudos efetuados com sistemas de cultivo do arroz. Fernandes et al. (1995, p.490-491) confirma a existência de vários estudos sobre as características físicas e químicas de sistema de manejo solo, mas poucos quanto aos aspectos microbiológicos.



3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de instalação do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS. O local apresenta como coordenadas geográficas $51^{\circ} 22'$ de longitude Oeste e $20^{\circ} 22'$ de latitude Sul e altitude de 335 metros. A média anual de precipitação é 1.232,2 mm e a temperatura média é de $23,5^{\circ}\text{C}$, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes ($25,7^{\circ}\text{C}$) e junho e julho os mais frios ($20,5^{\circ}\text{C}$). A umidade relativa média do ar é de 64,8 % (HERNANDEZ et al., 1995, 45p.). De acordo com Koppen, o tipo climático é Aw, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-escuro álico e textura argilosa (DEMATTE, 1980, 114p.), e atualizado para LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 1999, 412p.), apresentando declividade média de 4% e boa drenagem.

3.2. Histórico da área



Originalmente a área apresentava como cobertura vegetal o cerrado *sensu stricto*, mas atualmente, vem sendo utilizada com exploração de culturas anuais agrícolas. Desde 1998, vêm sendo empregados três tipos de manejos de solo e a área tem sido utilizada no inverno com a cultura do feijão e no verão com a cultura do milho. Antes da semeadura do arroz (período de 45-60 dias) a área foi cultivada com milheto para produção de massa. A implantação do arroz BRS-Talento e IAC-202 foram realizadas em novembro de 2003 e 2004, respectivamente.

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (3 x 3), constituído dos seguintes tratamentos: três manejos do solo (plantio direto - PD; grade pesada + grade niveladora - GG e escarificador + grade niveladora - EG) e três manejos de água (precipitação pluvial natural - L0, ou seja, nas condições de sequeiro; lâmina 1 - L1, onde houve irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e lâmina 2 - L2, com irrigação durante todo ciclo da planta), totalizando 9 tratamentos com 4 repetições cada.

As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas 0,40 m entre si. A área útil foi constituída pelas 4 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha. A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi constituída pela aplicação de 200kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 e levando em consideração as recomendações de (CANTARELLA & FURLANI, 1996, p.48-49). A irrigação na área foi por aspersão com uma precipitação média de 3,3 mm hora⁻¹. A precipitação pluvial foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris instalada na área experimental. No manejo de água foram utilizados, dependendo do tratamento, até três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase



vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura (K_c), o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

As coletas das amostras de solo e raízes foram feitas em março de 2004 e fevereiro de 2005 durante a fase de enchimento de grãos. De cada parcela foi retirada uma amostra composta de 10 amostras simples de solo, na camada de 0 - 0,10 m, em local próximo a planta, com auxílio de um enxadão. O solo foi encaminhado para laboratório, onde foi seco ao ar e peneirado (malha de 2 mm). Parte das amostras de solo foram utilizadas para análises das características químicas e a outra parte foi utilizada para análise microbiológica. As raízes foram separadas, levadas em água corrente e preservadas em álcool 50%.

Os resultados foram analisados estatisticamente por contraste de médias entre os tratamentos e análises conjuntas, com desdobramento nas interações significativas. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa SAS (SAS, 1996). O teste de Tukey foi empregado para comparação das médias e a análise de correlação foi feita para todas as variáveis.

3.4. Análise das características químicas do solo

As análises químicas do solo foram realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP, Campus de Ilha Solteira. Para tanto, o pH foi determinado em CaCl_2 . O P, K, Ca^{+2} e Mg^{+2} foram extraídos com resina trocadora de íons, na relação solo: água: resina de 1:10:1; Al^{+3} extraído com KCl 1N. O P foi determinado por colorimetria; o K por fotometria de chama e Ca^{+2} e Mg^{+2} por espectrometria de absorção atômica; $(\text{H} + \text{Al}^{+3})$ empregando o pH SMP; Al^{+3} por titulação



com NaOH 0,025 N e matéria orgânica por colorimetria, de acordo com (RAIJ & QUAGGIO, 1983, 31p.).

3.5. Determinação da produtividade de grãos

A produtividade de grãos foi efetuada nas 4 linhas centrais, onde se determinou o peso dos grãos colhidos e, posteriormente, foi calculada e transformada em produtividade de grãos por hectare (kg ha^{-1}).

3.6. Variáveis microbiológicas

3.6.1. Carbono da biomassa microbiana (CBM)

Para as análises microbianas, foram avaliadas 4 repetições por tratamento, sendo que cada repetição foi constituída da média aritmética dos resultados da análise microbiana de 2 amostras compostas. O CBM foi avaliado pelo método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987, p.773-777) que envolve a eliminação da microflora do solo pelo clorofórmio. O carbono liberado pela morte dos microrganismos foi determinado por extração seguido de digestão, e comparado às amostras de solo não-fumigadas. Foram utilizadas 2 amostras de 10 g de solo inicialmente peneirado, sendo que somente uma foi fumigada com clorofórmio (CHCl_3) livre de etanol. Para tanto, as amostras permaneceram em um dessecador por dois dias a 27 °C. O carbono microbiano foi extraído, tanto do solo fumigado como do não-fumigado, com o emprego de extrator K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} . Após agitação por 30 minutos e filtração em papel de filtro Whatman nº1, os extratos foram centrifugados a 3021 RPMs por 3 minutos. O carbono microbiano presente nos extratos foi oxidado quando misturado com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,4 mol L^{-1}) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. A



mistura foi encaminhada ao bloco digestor, onde permaneceu por 30 minutos a uma temperatura de 90 °C. O excesso de dicromato foi, então, retitulado com sulfato ferroso amoniacal $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ utilizando difenilamina como indicador, revelando a quantidade de dicromato utilizado na oxidação e, assim, a quantidade de carbono extraída.

A biomassa foi então determinada por: $B = C_f - C_{nf} / K_{ec}$ onde:

C_f e C_{nf} representam o carbono extraído dos solos fumigados e não fumigados;

K_{ec} representa a proporção do total do carbono microbiano extraído após fumigação.

3.6.2. Quantificação do carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado

Para a quantificação do C- CO_2 liberado 100 g de solo, inicialmente peneirado, foram colocadas em jarros de vidro com tampa de rosca, onde a umidade do solo foi corrigida até 70% da capacidade de campo, sendo no centro depositado um frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L^{-1} . Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27 °C por 96 horas para o solo proveniente da coleta do arroz BRS-Talento e 72 horas para o solo proveniente da coleta do arroz IAC-202. O tempo de incubação foi determinado por meio de uma curva de calibração, resultante de um monitoramento diário. A titulação da soda livre, à qual foi acrescido 1 mL de solução saturada de BaCl_2 , foi realizada empregando HCl 0,1 mol L^{-1} . O controle foi feito com jarros de vidro, sem solo, contendo frascos com NaOH. A titulação da soda livre permitiu calcular, por subtração, a quantidade de CO_2 que combinou com o NaOH (ANDERSON & DOMSCH, 1982, p.471-479).

3.6.3. Determinação do quociente metabólico ($q\text{CO}_2$)

A determinação do quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi estimada pela razão (C- CO_2 liberado / CBM).



3.6.4. Porcentagem de colonização micorrízica

Para determinação da porcentagem da colonização micorrízica, um grama de raiz de cada amostra armazenada foi cortada no comprimento de 1 cm, lavada em água corrente e clarificada em KOH 10 % e acidificadas com HCl 1 % à 90 °C, coloridas com azul de tripano 0,05 % e preservadas em lactoglicerol (PHILLIPS & HAYMAM, 1970, p.158-161). A verificação da porcentagem de segmentos colonizados foi feita em placa quadriculada onde 100 segmentos foram avaliados por repetição, por tratamento, sob microscópio estereoscópio (40x).

3.6.5. Contagem de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

autóctones

Para esta análise foi utilizado o solo inicialmente peneirado, de onde os esporos dos FMAs foram separados e coletados segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963, p.234-244) e de centrifugação e flutuação com sacarose (JENKINS, 1964, p. 692). Por amostra, 100 gramas de solo foram misturados em 300 mL de água, em um béquer, e agitado vigorosamente. Após decantação por alguns segundos, para sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os esporos, o sobrenadante foi passado por duas peneiras, com aberturas de 710 e 50 μ m, na seqüência da maior para a menor abertura da malha, e o procedimento foi repetido 4 vezes.

Com auxílio de uma pisseta, o material depositado na peneira de 50 μ m foi recolhido, transferido para tubos e centrifugado por 3 minutos a 3021 g. O sobrenadante foi cuidadosamente descartado e o precipitado ressuspenso em sacarose 50 % para novamente ser centrifugado por mais 1,5 minutos. Os esporos presentes no sobrenadante foram transferidos



para a peneira de malha de 50 μm , lavados com água em abundância, para retirar o excesso de sacarose, e recolhidos em um béquer pequeno. A contagem dos esporos de FMAs autóctones foi realizada usando uma placa de acrílico com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. EXPERIMENTO I - Arroz cultivar BRS-Talento

As médias, probabilidade de F e coeficiente de variação das variáveis, determinada nas análises das características químicas dos solos, em diferentes manejos do solo e lâminas de água, durante a condução da cultura do arroz (BRS - Talento), estão apresentados na Tabela 1.

As características químicas dos solos revelaram diferenças significativas entre manejos do solo e manejos da água, mas não para a interação (Tabela 1). Entre manejos do solo, apenas não foram verificadas diferenças para variável P e Al e o PD apresentou as maiores médias para MO, pH, Ca, Mg, CTC, SB e V% e as menores de H + Al, enquanto os maiores valores de K foram encontradas no EG e PD. As variáveis Ca, SB e V% revelaram valores intermediários na GG, que não diferiram do PD nem do EG. Esses resultados já eram esperados, pois no PD não há revolvimento do solo, favorecendo assim o acúmulo de nutrientes na superfície, especialmente para o P, devido à sua baixa mobilidade no solo (SOUZA & ALVES, 2003, p.133-139).



Entre manejos da água diferenças significativas foram observadas apenas para P, MO e K, sendo as maiores médias verificadas para L0, as quais diferiram apenas de L2 (Tabela 1). É importante ressaltar que houve uma boa precipitação pluviométrica durante todo período de cultivo o que pode ter reduzido as diferenças entre manejos de água, fato também comprovado pela inexistência de diferenças estatísticas significativas para demais variáveis químicas.

Tabela 1. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%), determinadas nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 – 0,10m, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04.

Causa de variação		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
		mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	----- mmol _c dm ⁻³ -----							%
MS	EG	26,00	21,25b	5,72b	3,40a	27,50b	19,17b	18,50a	0,00	50,88b	73,08b	69,38b
	GG	26,25	22,75b	5,92a	2,87b	34,91ab	21,58a	16,50ab	0,00	60,63ab	77,92a	75,80ab
	PD	31,91	24,33a	5,95a	3,22a	42,00a	23,25a	15,91b	0,00	68,45a	81,00a	84,37a
MA	L0	31,58a	23,67a	5,85	3,17a	35,17	21,92	17,08	0,00	61,36	77,66	78,64
	L1	27,66ab	22,75ab	5,92	3,06ab	37,00	21,50	17,08	0,00	63,00	78,33	78,42
	L2	24,91b	21,92b	5,81	2,72b	32,25	20,58	16,75	0,00	55,60	76,00	72,68
MS		3,50 ^{ns}	20,99 ^{**}	7,18 ^{**}	3,40 [*]	15,30 ^{**}	29,29 ^{**}	9,48 ^{**}	0,00 ^{ns}	12,63 ^{**}	14,58 ^{**}	15,97 ^{**}
MA		3,50 [*]	6,76 ^{**}	1,25 ^{ns}	11,75 ^{**}	1,67 ^{ns}	3,23 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,46 ^{ns}	1,32 ^{ns}	3,11 ^{ns}
MS x MA		0,47 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,38 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,41 ^{ns}
CV (%)		22,08	5,12	2,88	16,10	18,14	6,16	16,97	0,00	14,30	4,68	8,35

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5 %; (ns) não significativo.

As médias, probabilidade de F e coeficientes de variação (CV%) para carbono da biomassa microbiana (CBM), do carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado, quociente metabólico (qCO₂), em diferentes manejos do solo e lâminas de água, durante a condução da cultura do arroz (BRS - Talento), estão apresentados na Tabela 2.

Não foram verificadas diferenças estatísticas para CBM entre manejos do solo, entre manejos de água ou para a interação (Tabela 2), havendo uma correlação linear significativa negativa para $q\text{CO}_2$ ($-0,77^*$). Apesar das diferenças estatísticas serem significativas para o teor de matéria orgânica (Tabela 1), porém essa não refletiu no CBM. Contrário ao observado no presente trabalho, Perez et al. (2004, p.567-573) relataram que, para cultura da soja, durante a fase de reprodutiva, a subsolagem reduziu significativamente a CBM, enquanto Vargas & Scholles (2000, p.35-42) afirmaram que o PD e cultivo mínimo, associados ao sistema de sucessão de culturas aveia + viça/ milho + caupi, apresentaram maior quantidade de CBM em relação ao cultivo convencional, provavelmente pela maior quantidade de MO, haja visto que a presença de matéria orgânica estimula a atividade microbiana. Alvarez et al. (1995, p.17-28), estudando solos argentinos após 12 anos em PD, afirmaram que aumentou quase três vezes a CBM em relação ao solo com cultivo convencional.

Tabela 2. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para carbono da biomassa microbiana (CBM) e CO_2 (C- CO_2) liberado, quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), nos diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04.

Causas de Variação		CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	C- CO_2 liberado ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$)	$q\text{CO}_2$ ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ dia} / \mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$)
MS	EG	193,50	9,32b	0,049b
	GG	192,90	10,70ab	0,058ab
	PD	175,12	11,18a	0,066a
MA	L0	180,63	10,17	0,059
	L1	196,19	10,54	0,056
	L2	184,68	10,49	0,059
MS		1,00 ^{ns}	9,34 ^{**}	4,76 [*]
MA		0,60 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,28 ^{ns}
MS x MA		2,35 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,98 ^{ns}
CV (%)		19,286	10,494	23,38

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5 %; (ns) não significativo.

Para o teor de C-CO₂ liberado (Tabela 2) foram detectadas diferenças significativas entre manejos do solo, mas não entre os manejos de água ou para a interação, havendo uma correlação linear significativa negativa para $q\text{CO}_2$ (-0,59^{*}). Entre manejos do solo, a maior média foi verificada no PD, a qual diferiu do EG. Assim como observado para os sistemas de manejo do solo estudado no presente trabalho, Colozzi-Filho et al. (2001, p.84-91) relataram uma maior atividade microbiana para o PD, a qual foi superior aos manejos menos conservacionista. Resultados semelhantes foram verificados por Vargas & Scholles (2000, p.35-42) onde os valores de C-CO₂ liberado no PD foram superiores ao cultivo mínimo no sistema aveia + viça/ milho + caupi. No presente trabalho, a maior atividade microbiana foi encontrada na área sob PD e EG, provavelmente porque nestes cultivos não ocorreram inversões de solo, mas sim um aumento de matéria orgânica pela deposição de material vegetal nas camadas superficiais de solo e que, somado à calagem e adubações, criaram condições favoráveis a maior atividade e desenvolvimento da comunidade microbiana. Correlação positiva do C-CO₂ liberado com o pH foi relatada por Perez et al. (2004, p.567-573), os quais sugeriram o pH pode servir como indicador de estresse ambiental e que a atividade seria uma maneira indireta de avaliação do impacto ambiental provocado pelos diferentes manejos do solo.

Para variável $q\text{CO}_2$, o EG apresentou o melhor resultado, não diferindo estatisticamente do GG, mas diferindo do PD que mostrou as maiores médias, indicando maiores perdas de C-CO₂ para atmosfera. Houve correlações lineares significativas positivas para K (0,69^{*}), Ca (0,73^{*}), Mg (0,66^{*}), H+Al (0,73^{*}) e Al (0,79^{*}). Segundo Gama-Rodrigues et al. (1997, p.227-241), o $q\text{CO}_2$ é inversamente proporcional ao estado de equilíbrio de um sistema, portanto quanto menor o $q\text{CO}_2$ maior o estado de equilíbrio de um sistema.



As diferenças entre os tratamentos irrigados e não irrigado foram mínimas, possivelmente devido à precipitação pluviométrica alta (Tabela 3) e regular (Figura 1) no período em que o experimento foi conduzido, suficiente para não serem detectadas diferenças estatísticas para CBM, C-CO₂ liberado e qCO₂ em diferentes MA.

Tabela 3. Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão, durante o ciclo do arroz cv.(BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04.

Lâminas de H ₂ O	Precipitação (mm)	Irrigação (mm)	Total (mm)
L0	694	-	694
L1	694	152	846
L2	694	216	910

Precipitação pluvial natural (L0), ou seja, nas condições de sequeiro; lâmina 1 (L1), onde houve irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e lâmina 2 (L2), com irrigação durante todo ciclo da planta.

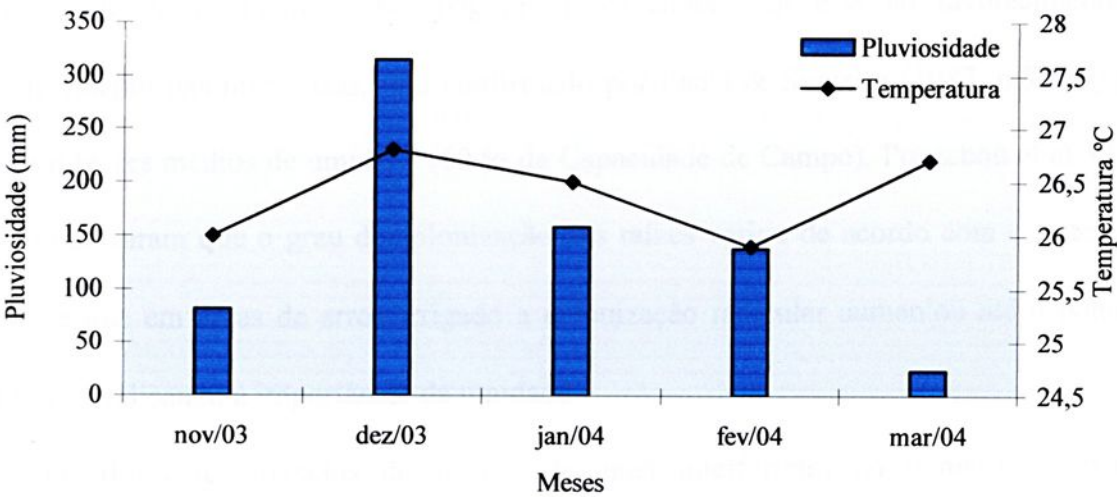


Figura 1. Média de temperatura e precipitação para o período de Novembro de 2003 a Março de 2004. (Unesp, 2005).

As médias, probabilidade de F e coeficiente de variação das variáveis para colonização micorrízica e número de esporos de FMA autóctones e para produtividade de grãos, nos

diferentes manejos do solo e lâminas de água, durante a condução da cultura do arroz (BRS - Talento), estão apresentados na Tabela 4.

Para colonização micorrízica foram detectadas diferenças significativas entre os manejos de água, mas não entre os manejos de solo ou para interação (Tabela 4). Os resultados obtidos por Oliveira & Sanders (1999, p.1247-1254) contradizem os verificados no presente trabalho, pois relatam uma redução significativa na infecção micorrízica no feijoeiro, possivelmente causado por distúrbios mecânicos no solo. Colozzi-Filho et al. (2001, p.84-91) verificaram que a desestruturação do solo causado pela aração e gradagem, promove a fragmentação rede de hifas e expondo, assim, os propágulos na superfície do solo a altas temperaturas e predadores, o que pode inviabilizá-los. A maior porcentagem de colonização micorrízica verificada ocorreu no presente trabalho onde houve irrigação durante todo o ciclo da cultura (L2) diferindo do tratamento que ficou na dependência pluvial (L0). Essa superioridade do tratamento com irrigação possivelmente deve-se ao favorecimento no estabelecimento das micorrizas, fato confirmado por Paula & Siqueira (1987, p.54-64) para solo com teores médios de umidade (60 % da Capacidade de Campo). Pozzebon et al. (1992, p.5-9) observaram que o grau de colonização das raízes variou de acordo com o sistema de cultivo, e que em áreas de arroz irrigado a colonização radicular aumentou até o ponto de inundação, indicando a importância da umidade.

Os diferentes manejos de solo e de água interferiram no número de esporos micorrízicos formados, porém não houve diferenças significativas para interação, entre os sistemas de manejo (Tabela 4). Para manejo do solo, o PD propiciou uma maior esporulação, diferindo do EG, mas não do GG. A maior esporulação do PD deveu-se, possivelmente, ao fato de ser um sistema que permanece em equilíbrio, isto é, de propiciar ao FMA condições favoráveis, de menor estresse. Diferente do presente trabalho, Colozzi-Filho et al. (1999,



p.487-508) observaram uma menor esporulação dos FMA no PD em relação ao cultivo mínimo. Entre manejos de água, o maior número de esporos foi verificado onde a irrigação permaneceu durante o todo o ciclo da planta (L2), a qual diferiu estatisticamente dos outros manejos (Tabela 4). Resultados contrários foram encontrados por Pozzebon et al. (1992, p.5-9) que obtiveram melhores resultados quanto à esporulação em arroz de sequeiro quando o solo possuiu um grau de umidade baixo.

Tabela 4. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e para produtividade de grãos, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (BRS-Talento). Ilha Solteira, 2003/04.

Causas de Variação		Colonização micorrízica (%)	nº esporos (100g de solo seco ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
MS	EG	56,91	89,17b	855,00ab
	GG	53,67	108,08ab	711,00b
	PD	60,00	110,08a	919,00a
MA	L0	53,08b	91,75b	240,00b
	L1	56,16ab	93,50b	1157,00a
	L2	61,33a	122,83a	1087,00a
MS		2,35 ^{ns}	4,40 [*]	5,13 [*]
MA		4,08 [*]	9,59 ^{**}	118,43 ^{**}
MS x MA		1,22 ^{ns}	2,37 ^{ns}	2,79 ^{ns}
CV (%)		12,563	18,596	19,638

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5 %; (ns) não significativo.

Com relação à produtividade de grãos, os melhores resultados foram verificados no PD, o qual foi 29,30% maior que o GG, mas não diferiu do EG, possivelmente porque o PD manteve uma maior quantidade de palhada da cultura anterior, diminuindo as perdas de água por evaporação em relação à GG que realiza um preparo mais superficial do solo, enquanto o

EG propiciou uma maior exploração do volume de solo pelo sistema radicular (Tabela 4). Neto et al. (2002, p.904-910), trabalhando com cultivares de arroz em diferentes manejos do solo, relatam semelhanças estatísticas entre os PD e o sistema convencional no ano agrícola 1998/99, e diferenças em 1999/00, onde o sistema convencional (7.121 kg ha^{-1}) foi superior ao PD (6.814 kg ha^{-1}). Corroborando os resultados do presente trabalho, Garcia (2004, 59f.) relatou que, entre os diferentes manejos para cultura do feijão, a maior produção ocorreu no PD. Para manejos de água, a L1 foi 382% maior que L0. Assim como verificado no presente trabalho Crusciol (1998, 129f.) observou uma maior produção em áreas irrigadas, em relação as áreas que ficam apenas na dependência pluvial, para arroz de sequeiro (cv. Carajás).

4.2. EXPERIMENTO II - Arroz cultivar IAC-202

As médias, probabilidade F e coeficiente de variação (CV%) das variáveis, determinadas nas análises das características químicas do solo, em diferentes manejos de solo e lâminas de água, durante a condução da cultura do arroz (IAC-202), estão apresentados na Tabela 5.

A análise das características químicas do solo mostrou efeitos significativos entre manejos do solo, manejos de água e para interação (Tabela 5). Entre manejos do solo foram verificadas diferenças significativas para todos as variáveis, exceto K, sendo que os melhores resultados foram obtidos pelo PD. Para manejos de água, somente para P, MO e H+Al houve diferenças estatísticas e os maiores teores foram verificados na L0 (Tabela 5). A variável P mostrou interação significativa entre manejos do solo e manejos de água onde foram verificados comportamentos semelhantes dos manejos do solo PD e GG dentro das lâminas de água, ou seja, os teores de P não são alterados com a presença ou não da irrigação, o inverso acontece com EG onde o melhor resultado em condições de sequeiro (Tabela 6).

Tabela 5. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinada nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 – 0,10m, para diferentes manejos do solo (MS) e manejo de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.

Causa de variação	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	----- mmol _c dm ⁻³ -----							%
EG	17,00b	18,16c	5,20c	1,55	22,41c	14,16b	24,33a	0,42a	38,15c	62,48b	60,67c
MS	GG	27,75a	20,83b	5,73b	1,65	32,25b	19,75b	18,58b	0,00b	53,57b	72,16b
	PD	27,16a	24,33a	6,05a	1,65	22,41a	34,91a	15,75c	0,00b	82,07a	97,84a
MA	L0	27,00a	22,83a	5,61	1,68	34,08	23,92	20,16a	0,17	59,65	79,83
	L1	20,83ab	20,00b	5,67	1,51	31,81	21,75	19,41ab	0,08	55,06	74,48
	L2	24,08b	20,50b	5,69	1,66	34,16	23,16	19,08b	0,17	59,08	78,16
MS		25,81**	29,40**	160,24**	0,61 ^{ns}	32,14**	28,22**	237,7**	6,81**	31,07**	22,10**
MA		6,72**	7,03**	1,34 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,29 ^{ns}	3,82*	0,27 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,49 ^{ns}
MS x MA		3,41*	0,39 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,42 ^{ns}
CV (%)	17,19	9,35	2,07	16,99	21,13	30,51	5,02	229,78	23,9	17,37	5,11

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

** significativo a 1%; * significativo a 5 %; (ns) não significativo.

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa manejo do solo e manejo de água, referente a P (mg dm⁻³) coletado na camada de 0 - 0,10m, durante a fase de florescimento da cultura do arroz de terras altas (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.

Causas de Variação	L0	L1	L2
EG	34,00aA	16,75bB	15,75bB
GG	28,50abA	23,00aA	31,75aA
PD	18,50bA	22,75aA	24,75abA

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas, na linha, dentro de cada variável, não diferem pelo teste de Tukey 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

As médias, probabilidade de F e coeficientes de variação para CBM, do C-CO₂ liberado e qCO₂ em diferentes manejos do solo e lâminas de água, durante a condução da cultura do arroz (IAC-202), estão apresentados na Tabela 7.

A análise de variância para CBM (Tabela 7) não mostrou interação entre os manejos (MA x MS), mas foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre manejos do solo e entre manejos de água, assim como houve correlação linear significativa positiva para qCO₂ (0,72^{*}).

Tabela 7. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO₂ (C-CO₂) liberado e quociente metabólico (qCO₂), nos diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.

Causas de Variação		CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	C-CO ₂ (mg CO ₂ g solo seco dia ⁻¹)	qCO ₂ ($\mu\text{g C g}^{-1}$ dia/ $\mu\text{g CO}_2$ g solo seco dia ⁻¹)
MS	EG	142,82b	8,57c	0,079ab
	GG	121,18b	10,84b	0,112a
	PD	232,63a	12,72a	0,059b
MA	L0	99,20c	10,05b	0,127a
	L1	161,17b	10,50b	0,072b
	L2	236,26a	11,57a	0,055b
MS		13,71 ^{**}	99,29 ^{**}	5,37 [*]
MA		18,49 ^{**}	14,12 ^{**}	10,15 ^{**}
MS x MA		0,79 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,73 ^{ns}
CV (%)		33,396	6,752	25,513

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5 %; (ns) não significativo.

O PD apresentou as maiores médias diferindo dos demais manejos do solo, provavelmente pelo fato do PD possibilitar um fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de susceptibilidade à decomposição. Nesse sentido Balota et al. (1998, p. 641-649) também verificaram aumento nos teores de CBM no PD em relação a sistemas

convencionais, em experimento com 16 anos de duração, assim como Carvalho (1997, 108f.), em experimento de sete anos no sul do Brasil. Todavia Mendes et al. (1999, 5p.) não observaram diferenças significativas no CBM, em solo da região dos Cerrados, entre um sistema PD com dois anos de implantação e um convencional. D' Andréa et al. (2002, p.913-923) para solo de cerrado em Goiás relataram valores de CBM em solos sob PD e sistemas convencionais superiores aos verificados no presente trabalho ($428,5 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) e ($260,6 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), respectivamente, enquanto outros autores encontraram valores superiores para PD, como Vargas & Scholles (2002, p.35-42) para solos do Rio Grande do Sul ($250 - 300 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), apesar destas diferenças entre os valores encontrados, estes autores são unânimes quanto à eficiência do PD em aumentar, em longo prazo, o teor de CBM em relação aos sistemas convencionais. Segundo Vasconcellos et al. (1999, p.69-77), a biomassa microbiana imobiliza mais carbono quando resíduos são deixados na superfície, havendo com isso uma tendência linear de crescimento da biomassa microbiana em áreas com plantio direto.

Para C-CO_2 liberado foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre manejos de solo e entre manejos de água, mas houve ausência de significância para interação (Tabela 7), havendo correlações lineares significativas positivas para Ca ($0,67^*$), Mg ($0,66^*$), SB ($0,67^*$), CTC ($0,61^*$) e V% ($0,81^{**}$) e negativa para H + Al ($-0,84^{**}$).

O PD apresentou maior atividade microbiana, diferindo do GG que revelou valores intermediários, o qual por sua vez diferiu do EG, que apresentou o pior desempenho. Resultados semelhantes foram relatados por Balota et al. (1998, p.641-649) que observaram valores mais elevados para teores de C-CO_2 liberado no PD em relação aos sistemas convencionais, em Londrina – PR, assim como Vargas & Scholles (2000, p.35-42) que verificaram um aumento no C-CO_2 liberado em PD, possivelmente, devido ao acúmulo de matéria orgânica rica em frações lábeis à superfície. Contrário ao verificado no presente

trabalho, D' Andréa et al. (2002, p.913-923) não encontraram diferenças estatísticas significativas nos teores de C-CO₂ liberado entre PD e os sistemas convencionais, na camada de 0 - 0,10m.

A variável $q\text{CO}_2$ revelou diferenças significativas entre manejos de solo e entre manejos de água, mas não para interação (Tabela 7). A maior média foi revelada pelo GG, mostrando um baixo desempenho quando comparado ao PD, enquanto o EG apresentou um comportamento intermediário, considerando que $q\text{CO}_2$ é inversamente proporcional ao estado de equilíbrio de um sistema, quanto menor o $q\text{CO}_2$ maior o estado de equilíbrio do sistema (GAMA-RODRIGUES et al. 1997, p.227-241).

Este comportamento entre os manejos do solo, segundo Doran (1980, p.765-771), pode ser explicado pelas condições de pouco revolvimento do solo do PD, que proporciona melhores condições para o desenvolvimento das populações microbianas do que nos sistemas convencionais, onde o revolvimento sistemático do solo contribui para provocar perturbações promotoras de estresse na população microbiana. Uma vez que as adições de carbono nos sistemas convencionais são menores, resultando em um consumo menor de carbono orgânico do solo por parte dos microrganismos causando sua redução. No entanto resultados relatados por D' Andréa et al. (2002, p. 913-923) contradizem os encontrados no presente trabalho, onde relatam a ausência de diferenças estatísticas significativas entre o PD e sistemas convencionais na camada de 0 - 0,10m, no entanto.

Foram detectadas diferenças estatísticas entre manejos de água para as variáveis CBM, C-CO₂ liberado e $q\text{CO}_2$ (Tabela 7). Para CBM, a L2 apresentou um desempenho superior, diferindo assim do tratamento não irrigado, ou do que foi irrigado parcialmente (L1), o qual revelou valores intermediários. Para C-CO₂ liberado, a L2 mostrou melhores resultados diferindo das demais lâminas de água e $q\text{CO}_2$ a L2 e L1 foram superiores a lâmina que ficou na dependência pluvial (L0). Essas diferenças podem ser atribuídas a irregularidade da chuva

no final do ciclo (Figura 2), evidenciando a eficácia de irrigação, porém nesse período houve alto índice pluviométrico, onde para efeito de comparação no I experimento a diferença entre L0 e L2 foi de 216 mm e no II experimento a diferença entre L0 e L2 foi 235 mm (Tabela 8).

As médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares autóctones e para produtividade de grãos, nos diferentes manejos do solo e lâminas de água, durante a condução da cultura do arroz (IAC-202), estão apresentados na (Tabela 9).

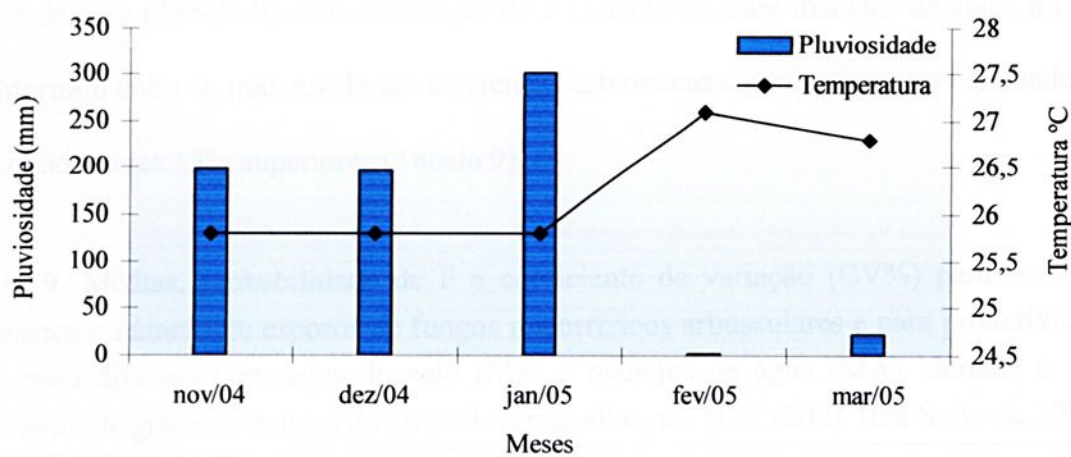


Figura 2. Média de temperatura e precipitação para o período de Novembro de 2004 a Março de 2005. (Unesp, 2005).

Tabela 8. Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão, durante o ciclo do arroz de terras altas (IAC-202), Ilha Solteira, 2004/05.

Lâminas de H ₂ O	Precipitação (mm)	Irrigação (mm)	Total (mm)
L0	720	-	720
L1	720	178	898
L2	720	235	955

Precipitação pluvial natural (L0), ou seja, nas condições de sequeiro; lâmina 1 (L1), onde houve irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e lâmina 2 (L2), com irrigação durante todo ciclo da planta.

Com relação colonização micorrízica, houve diferenças estatísticas significativas para manejo do solo e manejo de água, mas não para a interação (Tabela 9). Os melhores

resultados foram verificados no PD, o qual foi 9,84 % maior que o EG, mas que não diferiu estatisticamente do GG. A superioridade do PD pode ser explicada pela maior estabilidade do sistema micorrízico em solos sob PD, que conduz relações mais equilibradas entre a comunidade microbiana, pois o não revolvimento do solo possibilita a permanência da rede de hifas externas e das raízes colonizadas no solo, assim como foi observado por Siqueira (1994, p.151-154) nos diferentes manejos do solo na cultura do trigo. Oliveira (1995, p.54) relata que a colonização micorrízica diminui com o aumento da concentração de P, contradizendo o observado no presente trabalho, onde a maior colonização micorrízica foi verificado no manejo do solo (Tabela 9) com maior teor de P (Tabela 5). Para manejos de água, a L1 e L2 não diferiram entre si, mas revelaram diferenças estatísticas significativas para L0 onde foram aproximadamente 15% superiores (Tabela 9).

Tabela 9. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e para produtividade de grãos, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.

Causas de Variação		Colonização micorrízica (%)	nº esporos (100g de solo seco ¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
MS	EG	71,91b	97,08b	2368,00a
	GG	75,92ab	117,92a	1959,00ab
	PD	81,75a	115,92a	1566,00b
MA	L0	66,67b	97,08b	0,00b
	L1	81,75a	119,50a	2995,00a
	L2	81,17a	114,08ab	2898,00a
MS		5,48**	4,71*	9,17**
MA		16,37**	4,95*	165,62**
MS x MA		0,70 ^{ns}	3,75*	3,22*
CV (%)		9,56	16,51	23,20

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

** significativo a 1%; * significativo a 5 %; (ns) não significativo

Para números de esporos micorrízicos houve diferenças estatísticas entre os manejos de solo e entre manejos de água e para interação (Tabela 9). Para manejos de solo, o PD mostrou uma melhor média, que não diferiu do GG, o qual diferiu do EG. Para manejos de água os tratamentos irrigados (L1 e L2) foram superiores ao que ficou na dependência pluvial (L0), enquanto que para os manejos de solo, GG e PD apresentaram comportamentos superiores ao EG quando irrigados, o que não aconteceu quando a cultura ficou na dependência pluvial onde o EG foi superior aos demais manejos do solo (Tabela 10). Esses resultados sugerem que uma boa esporulação pode está intimamente relacionada a uma situação de equilíbrio ou a uma situação de máximo estresse, parte dessa afirmação foi relatado por Siqueira (1994, p.151-194), que afirma que uma há maior esporulação em situação de estresse, sendo possível que o preparo do solo selecione espécies de FMA mais adaptadas ao estresse, onde estas são as que produzem maiores quantidades de esporos.

Tabela 10. Desdobramento da interação significativa manejo do solo e manejo de água, referente a número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares coletados na camada 0 – 0,10m de profundidade e produtividade de grãos, durante a fase de florescimento da cultura do arroz de terras altas, cv. (IAC-202). Ilha Solteira, 2004/05.

Causas de Variação	nº esporos (100g de solo seco ⁻¹)			Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)		
	L0	L1	L2	L0	L1	L2
EG	107,25aA	94,50aB	89,50aB	0,00aB	3563,00aA	3590,00aA
GG	91,25bA	135,50aA	126,25aA	0,00 aB	3224,00aA	2653,00bA
PD	92,75bA	128,50aA	126,50aA	0,00 aB	2198,00bA	2500,00bA

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na coluna e minúsculas na linha, para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Quanto à produtividade de grãos houve diferenças estatísticas entre os manejos de solo, manejos de água e também para interação (Tabela 9). Para manejo de água apresentou produção para dentro dos diferentes manejos de solo, entretanto, na L1 e L2 o PD apresentou os piores resultados sendo que o melhor desempenho foi alcançado pelo EG nas L2, mas quando irrigado parcialmente o EG não diferiu do GG (Tabela 10). Esses resultados condizem

com as observações feitas por Seguy et al. (1989, 52p.), que o arroz parece ser, dentre a maioria das culturas, a menos adaptada ao sistema PD. As razões desta observação ainda carecem de informações mais precisas, porém a hipótese que foi levantada por Kluthcouski et al. (2000, p.94-104), que comparando PD com convencional afirmaram que a pouca adaptação do arroz ao sistema de plantio direto é basicamente, devido ao adensamento do solo e a redução na microporosidade, sendo o efeito geral do revolvimento do solo, com qualquer implemento, em relação ao PD, foi de até 46% no rendimento de grãos, semelhante aos obtidos por Stone et al. (1980, p.63-68) e Seguy & Bouzinac (1992, 3p.).



5. CONCLUSÕES

Experimento I :

- Em períodos com bons e regulares índices pluviométricos, os fungos micorrízicos arbusculares autóctones se mostram indicadores biológicos mais sensíveis que o CBM, C-CO₂ liberado e $q\text{CO}_2$;
- O PD e a irrigação apenas na fase de maturação e reprodução para a cultura do arroz cultivar BRS-Talento de terras altas, propicia resultados satisfatórios para características microbiológicas e produtividade, o que pode implicar na redução de custos por parte do produtor.

Experimento II:

- Os indicadores biológicos CBM, C-CO₂ liberado, $q\text{CO}_2$ e fungos micorrízicos arbusculares autóctones mostram uma boa sensibilidade as modificações edafoclimáticas em períodos com bons e irregulares índices pluviométricos;



- O manejo de solo PD para a cultura do arroz cultivar IAC-202 de terras altas, propicia resultados satisfatórios para características microbiológicas mas não para produtividade, sendo mais viável o EG e para efeitos de economia associado a irrigação apenas na fase de maturação e reprodução.

6. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and Soil**, The Hague, v.159, n.1, p.69-78, 1994.
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.33, p.17-28, 1995.
- ANDERSON, T.H; DOMSCH, K.H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.21, p. 471 – 479, 1982.
- BALOTA, E.L. Alterações microbiológicas em solo cultivado sob o plantio direto. In: PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (eds.) **Plantio direto – o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. p.222-233.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.641-649, 1998.
- BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled (¹⁴C) in a pasture soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.26, p.727-733, 1994.

BARIZON, R.R.M. **Calagem na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre *Brachiaria brizantha***. Botucatu, 2001. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, Y. **Densidade e atividade dos microrganismos do solo em plantio e convencional na região de Carambeí**. Curitiba, 1997. 108f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná.

CASTRO, E. da M.; VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p.

COLOZZI-FILHO, A. Plantio direto: microrganismos e processos. In: ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO. **Atualização em fertilidade e biodinâmica no sistema plantio direto**. Brasília: APDC, 2000. p.29-42 (Programa de treinamento).

COLLOZZI-FILHO, A.; MEDEIROS, G.B. Decomposição da palha de culturas de inverno em solo sob plantio direto e convencional com soja, milho e trigo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, Ponta Grossa. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p.36.

COLLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A. S. GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.487-508.

COLLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L. **Atividade microbiana em solos cultivados em sistema de plantio direto**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 2001. p.84-91.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO (CONAB)
<http://www.conab.gov.br/download/cas/semanais/Semana2706a01072005/ARROZ2706A0107>. Acesso em: 29 de Julho. 2005.



CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 702 p.

CRUSCIOL, C.A.C. **Efeito de lâminas de águas e da adubação mineral em dois cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão**. 1998. 129f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARF, O.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.H.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de arroz de terras altas em dois sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1569-1574, 2002

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.913- 923, 2002.

DEMATTE, J.L.I **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114p. (mimeografado).

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.765-771, 1980.

DUMANSKI, J., PIERI, C. Land quality indicators: research plan. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.81, p.155-162, 2000.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Organic matter as a source and sink of plants nutrients. In: COLEMAN, D.C.; J.M.; UEHARA, G. (Ed.) **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii Press, 1989. p. 487-508.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999. 412p.



FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.B. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.27, p.1467-1472, 1995.

FERNANDES, S.A.P.; CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da biomassa microbiana e atividade de desidrogenase em diferente sistema de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1995. p.490-491.

FERREIRA, C.M.; YOKOYAMA, L.P. **Cadeia produtiva do arroz na região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 110p.

FERREIRA, C.M.; GAMEIRO, A.H.; VILLAR, P.M.; ALMEIDA, P.N.A. Importância da cultura e entraves ao desenvolvimento do arroz de terras. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ-RENAPA, 2002, Florianópolis. **Anais...** Santos Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.92-95.

FREITAS, P.L.; BERNARDI, A.C.C. Princípios e critérios para adotar o sistema plantio direto. In: ENCONTRO PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 2003 Sorriso, MT. **Anais...** Sorriso: UFMT, 2003. p. 59-64.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.227-241.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.361-365, 1997.

GARCIA, M.R.L.; **Quantificação do carbono de biomassa microbiana, do carbono do CO₂ liberado e micorrização em função da calagem e do manejo do solo**. 2004. 59f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.



GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of micorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of British Mycology Society**, Cambrige, v.46, p.234-244, 1963.

GRISI, B.M. Metodologia da determinação de biomassa microbiana de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.167-172, 1984.

HOLTZ, G.P. **Dinâmica da decomposição da palhada e da distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambei (PR)**. Curitiba, 1995. 129f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento sistemático da produção agrícola. 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/300120041spahtml.shtm>. Acesso em: 02 Jun. 2005.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, Cambrige, v.55, p.69-78, 2000.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.73, p.288-300, 1964.

JENKINSON, D.S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.R. (Ed.). **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1988. p.368-386.

JOHNSON, N.C.; GRAHAM, J.H.; SMITH, F.A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. **New Phytologist**, Austrália, v.135, n.4, p.575-585, 1997.

KARLEN, D.L; WOLLWNHAUPT, N.C.; ERBACH, D.C.; BERRY, E.C.; SWAN J.B.; EASH, N.S.; JORDAHL, J.L. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till com. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.31, p.149-167, 1994.

KENNEDY, A.C.; SMITH, K.L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, The Hague, v.170, p.75-86, 1995.

KIERS, E.T.; WEST, S.A.; DENISON, R.F. Mediating mutualisms: farm management practices and evolutionary changes in symbiont co-operation. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.39, n.5, p.745-754, 2002

KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.97-104, 2000.

MENDES, I.C.; CARNEIRO, R.G.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L. VARGAS, M.A.T. **Biomassa C e atividade microbiana em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional**. Planaltina, 1999. 5p. (Pesquisa em andamento).

MERCANTE, F.M. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto no Cerrado**, Brasília, março/abril, p. 9-10, 2001.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2002. p.473-578.

NETO, M.P.; SOARES, A.A.; AIDAR, H. Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v.26, p.904-910, 2002.

OLIVEIRA, J.R.A.; SANDERS, F.E. Effect of management practices on mycorrhizal infection. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1247-1254, 1999.

PAPENDICK, R.; PARRA, J.F. Soil quality: The key to sustainable agriculture **American Journal of Alternative Agriculture**, Baltimore, v.7, n.1/2, p 2-3, 1992.

PARRA, MS. **Dinâmica da material orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes**



sucessões de culturas. Viçosa, 1986. 98f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeito da adubação fosfatada, cultivos e densidade de esporos na infectividade e efetividade de fungos micorrízicos vesículos-arbusculares em solo sob cerrado. **Ciência e Prática**, Lavras, v.11, p.54-64, 1987.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.567-573, 2004.

PORTUGAL, A.D. O recente sucesso da dobradinha “feijão com arroz”. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.5, n.1, p.7-8, 1996.

POZZEBON, E.; ANTONIOLLI, Z.I.; THOMAS, P.S. Associação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares com arroz irrigado por inundação e de sequeiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.45, p.5-9, 1992.

PRIMAVESI, A. **A erosão**. São Paulo: Melhoramentos, 1952.

PRIMAVESI, O.; SILVEIRA, A.P.D.; MELLO, F.A.F. Observações preliminares sobre presença de micorriza VA em solo sujeito à compactação e cultivados com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v.63, n.2, p.159-168, 1988.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim técnico, 100).



SÁ, J.C. de M. Plantio direto: transformações e benefícios ao agrossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO. 1995, Castro, PR. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995, p.9-20.

SANCHEZ, P.A.; LOGAN, I.J. Myrths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, PA. eds. **Myrths and science of soils of the tropics**. Madison: Soil Science Society of America, 1992. p.35-46.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT** user's guide, version 6. 12.ed. Cary: 1996. 1686p.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. **Arroz de sequeiro na fazenda Progresso**: Piracicaba : Potafos, 1992. 3p. (Informações Agrônômicas, 58).

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.R.P.; PACHECO, A. **Perspectiva de fixação da agricultura na região Centro-Norte do Mato Grosso**. Mato Grosso: EMPA-MT/EMBRAPA, CNPAF/CIRAD-IRAT, 1989. 52p.

SILVEIRA, A.P.D. Ecologia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I.S. (Ed.). **Ecologia dos microrganismos**. Jaguariúna: Embrapa – CNPMA, 1998. p.61-86.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds.) **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p.151-194. (EMBRAPA – CNPAF, Documentos, 44).

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnology do solo**: Fundamentos e Perspectivas. Brasília: MEC, ABEAS; Lavras: Esalq, FAEPE, 1988. p.125-178.

SIQUEIRA, J.O.; NAIR, M.G.; HAMMERSHMITD, R.; SAFIR, G.R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **Critical Reviews in plant Sciences**, Knoxville, v.10, n.1, p.63-121, 1991.

SOUZA, L.S. **Variabilidade especial do solo em sistemas de manejos**. Porto Alegre, 1992. 162f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



SOUZA, R.A.R. **Comportamento de cultivares de arroz de terras altas em função do preparo do solo e irrigação por aspersão, em LATOSSOLO VERMELHO de cerrado.** 2003. 68f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.133-139, 2003.

SPARLING, G.P.; ROSS, D.J. Biochemical methods to stimulate soil microbial biomass: current developments and applications. In: MULONGOY, K.; MERCK, R., (Ed.). **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture.** Leuren: Wiley-Sayce, 1993. p.63

STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos; STEINMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e no rendimento do arroz-de-sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.63-68, 1980.

TIBAU, A.O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo.** 2 ed. São Paulo: Nobel, 1997. p.57-72.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.19, p.773-777, 1987.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.35-42, 2000.

VASCONCELLOS, C.A.; CAMPOLLINA, D.C.A.; SANTOS, F.G.; EXEL PITTA, G.V.; MARRIEL, I.E. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.69-77, 1999.

WAKER, J.; REUTER, D.J. **Indicators of catchment health: a technical perspective.** Melbourne: CSIRO, 1996.174p.



ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST**: sistema de análise estatística para microcomputadores. Piracicaba: CIAGRI/ESALQ/USP, 1993. 138.



Apêndice A. Correlação linear entre os parâmetros estudados para a cultura do arroz de terras altas, cv. BRS-Talento. Ilha Solteira, 2003/04.

Variável	CBM	qCO ₂	CM	Esporos	Prod.	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
C-CO ₂	-0,10 ^{ns}	-0,59*	0,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,57 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,54 ^{ns}
CBM	-	-0,77*	-0,16 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
qCO ₂	-	-	0,13 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,62*	0,04 ^{ns}	0,69*	0,73*	0,66*	0,73*	0,79**	0,27 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,51 ^{ns}
CM	-	-	-	0,36 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Esporos	-	-	-	-	0,15 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Prod.	-	-	-	-	-	-0,16 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}
P	-	-	-	-	-	-	0,52 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,43 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,36 ^{ns}
MO	-	-	-	-	-	-	-	0,44 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,65**	0,70**	-0,34 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,66*	0,71*	0,56 ^{ns}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,19 ^{ns}	0,69*	0,76*	-0,88**	0,00 ^{ns}	0,67*	0,58 ^{ns}	0,83**
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,11 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89**	-0,66*	0,00 ^{ns}	0,95**	0,97**	0,91**
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,75*	0,00 ^{ns}	0,88**	0,88**	0,91**
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00 ^{ns}	-0,64*	-0,55 ^{ns}	-0,89**
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96**	0,89**
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85**

* e **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente; (ns) não significativo.

CBM - C-Biomassa microbiana, C-CO₂ librado- Atividade respiratória, qCO₂ – quociente metabólico, CM - Colonização micorrízica, Prod. - Produtividade de grãos, P - Fósforo, MO - Matéria orgânica, K - Potássio, Ca - Cálcio, Mg - Magnésio, H+Al - Hidrogênio + Alumínio, Al - Alumínio, SB - Soma de bases, CTC - Capacidade de troca catiônica e V - Saturação por bases.

Apêndice B. Correlação linear entre os parâmetros estudados para a cultura do arroz de terras altas, cv. IAC-202. Ilha Solteira, 2004/05.

Variável	CBM	qCO ₂	CM	Esporos	Prod.	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
C-CO ₂	0,45 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,83 ^{**}	0,13 ^{ns}	0,67 [*]	0,66 [*]	-0,84 ^{**}	-0,49 ^{ns}	0,67 [*]	0,61 [*]	0,81 ^{**}
CBM	-	0,72 [*]	0,19 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,21 ^{ns}
qCO ₂	-	-	-0,39 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,55 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
CM	-	-	-	0,29 ^{ns}	0,51 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Esporos	-	-	-	-	0,26 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,41 [*]	0,16 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Prod.	-	-	-	-	-	-0,36 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
P	-	-	-	-	-	-	0,66 [*]	0,65 [*]	0,31 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,47 ^{ns}	-0,68 [*]	-0,41 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,67 [*]
MO	-	-	-	-	-	-	-	0,75 [*]	0,04 ^{ns}	0,77 [*]	0,73 [*]	-0,71 [*]	-0,50 ^{ns}	0,76 [*]	0,73 [*]	0,80 ^{**}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10 ^{ns}	0,82 ^{**}	0,76 [*]	-0,96 ^{**}	-0,65 [*]	0,80 ^{**}	0,73 [*]	0,97 ^{**}
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,08 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96 ^{**}	-0,78 ^{**}	-0,46 ^{ns}	0,99 ^{**}	0,98 ^{**}	0,90 ^{**}
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,73 [*]	-0,38 ^{ns}	0,99 ^{**}	0,99 ^{**}	0,86 ^{**}
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56 ^{ns}	-0,77 [*]	-0,70 [*]	-0,95 ^{**}
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,42 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,62 [*]
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,99 ^{**}	0,89 ^{**}
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83 ^{**}

* e **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente; (ns) não significativo.

CBM - C-Biomassa microbiana, C-CO₂ liberado - Atividade respiratória, qCO₂ – quociente metabólico, CM - Colonização micorrízica, Prod. - Produtividade de grãos, P - Fósforo, MO - Matéria orgânica, K - Potássio, Ca - Cálcio, Mg - Magnésio, H+Al - Hidrogênio + Alumínio, Al - Alumínio, SB - Soma de bases, CTC - Capacidade de troca catiônica e V - Saturação por bases.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

Programa de Pós-graduação em Agronomia

Av. Brasil, 56 Centro

15385-000 Ilha Solteira - SP

www.feis.unesp.br

