

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE SOBRE A SIMBIOSE

MICORRÍZICA E A PRODUÇÃO DE

BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)

JOSÉ ANTONIO AZEVEDO ESPINDOLA

SOB A ORIENTAÇÃO DOS PROFESSORES:

JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA e

DEJAIR LOPES DE ALMEIDA

Tese submetida como requisito parcial para a

obtenção do grau de Mestre em Agronomia,

Área de Concentração em Ciência do Solo.

SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO

MARÇO DE 1996

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE SOBRE A SIMBIOSE
MICORRÍZICA E A PRODUÇÃO DE
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**

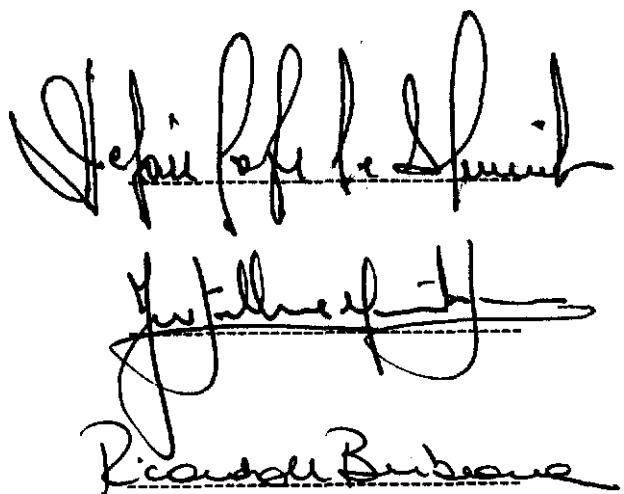
JOSÉ ANTONIO AZEVEDO ESPINDOLA

APROVADO EM 15/03/96

Dejair Lopes de Almeida
(EMBRAPA/CNPAB)

José Guilherme Marinho Guerra
(EMBRAPA/CNPAB)

Ricardo Luis Louro Berbara
(UFRRJ/DEP. SOLOS)



*“Não herdamos a terra de nossos
pais, mas a tomamos de empréstimo
dos nossos filhos”*

Lester Brown.

Dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuíram para a realização de uma agricultura sustentável.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível agradecer nesse breve espaço à todas aquelas pessoas que colaboraram de alguma forma para a conclusão desse trabalho. Sou imensamente grato a cada uma delas, seja pelos ensinamentos ou pela amizade que recebi.

Gostaria de deixar um agradecimento especial aos meus pais. Sem o seu carinho e incentivo, não teria conseguido chegar até aqui. Mais recentemente, Geizi Jane trouxe um novo significado à minha vida, graças ao seu amor e compreensão.

Finalmente, Dejair Lopes de Almeida e José Guilherme Marinho Guerra têm-se revelado dois grandes amigos. Sua orientação possibilitou-me um grande amadurecimento profissional.

BIOGRAFIA

José Antonio Azevedo Espindola, nascido em 6 de maio de 1968, na cidade de Duque de Caxias, Rio de Janeiro, graduou-se em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em março de 1993.

Durante o curso de graduação foi monitor da disciplina Química Analítica e bolsista de Iniciação Científica da FAPERJ, desenvolvendo trabalhos em química analítica, junto ao Departamento de Química da UFRRJ. Após a conclusão do curso, foi bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial do CNPq, junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, na UFRRJ, em março de 1994.

ÍNDICE

	página
Resumo.....	xii
Summary.....	xiii
Introdução.....	1
Revisão de Literatura.....	3
1. Aspectos gerais da cultura da batata-doce.....	3
2. Melhoria da qualidade do solo através da adubação verde.....	4
3. Importância dos fungos micorrízico-arbusculares.....	8
Material e métodos.....	15
Resultados e discussão.....	20
1. Produção de matéria seca e acumulação de nutrientes nos adubos verdes.....	20
2. Produção de matéria fresca e seca e acumulação de nutrientes nas ramas e tubérculos de batata-doce.....	24

3. Efeito dos tratamentos sobre algumas características químicas e biológicas do solo.....	30
4. Efeito dos tratamentos sobre a simbiose micorrízica na batata-doce.....	33
Conclusões.....	38
Referências bibliográficas.....	39
Apêndice.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variação sazonal da temperatura e precipitação pluvial na área experimental.....	16
Figura 2. Variação na produção de batatas rachadas em função da quantidade de N acumulado nos tubérculos.....	29
Figura 3. Valores de pH do solo rizosférico coletado no momento do corte das leguminosas.....	31
Figura 4. Variação na taxa de colonização micorrízica da batata-doce em função do número de propágulos infectivos no solo.....	36

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Produção de matéria seca da parte aérea e raízes dos adubos verdes.....	21
Quadro 2. Quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea e raízes dos adubos verdes.....	23
Quadro 3. Produção de batata-doce, com matéria fresca de tubérculos e matéria fresca e seca de ramas.....	25
Quadro 4. Quantidades de N, P e K acumulados nas ramas e tubérculos de batata-doce após o pré-cultivo de leguminosas, vegetação espontânea e ausência de vegetação.....	26
Quadro 5. Classificação comercial dos tubérculos de batata-doce colhidos.....	28
Quadro 6. Valores de carbono microbiano e nitrogênio microbiano no solo rizosférico coletado nos momentos do corte das leguminosas e da colheita da batata-doce.....	32
Quadro 7. Taxa de colonização de raízes, número de esporos e espécies de fungos micorrízico-arbusculares associados à rizosfera das espécies vegetais de ocorrência espontânea na área experimental.....	34
Quadro 8. Número de esporos, taxa de colonização radicular e número de propágulos infectivos, com intervalos de confiança, dos fungos MA nativos nos momentos do corte das leguminosas e da colheita da batata-doce.....	35

ÍNDICE DO APÊNDICE

Quadro 1. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca; quantidades de N, P e K acumulados; relação C/N, considerando a parte aérea dos adubos verdes.....	56
Quadro 2. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca; quantidades de N, P e K acumulados; relação C/N, considerando as raízes dos adubos verdes.....	56
Quadro 3. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria fresca e seca; quantidades de N, P e K acumulados, considerando as ramas de batata-doce.....	57
Quadro 4. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria fresca; quantidades de N, P e K acumulados, considerando os tubérculos de batata-doce.....	57
Quadro 5. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para as categoria Extra A, Extra, Diversas, 10 a 79 g e Rachadas, considerando a classificação comercial dos tubérculos de batata-doce.....	58

Quadro 6. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para os teores de K e Ca+Mg; pH, considerando o solo rizosférico coletado no momento de incorporação das leguminosas.....	58
Quadro 7. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para carbono microbiano e nitrogênio microbiano, considerando os momentos de incorporação das leguminosas e de colheita da batata-doce.....	59
Quadro 8. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para número de esporos e taxa de colonização radicular, considerando os momentos de incorporação das leguminosas e da colheita da batata-doce.....	59

RESUMO

Foi conduzido um experimento sob condições de campo, com o objetivo de avaliar a influência do pré-cultivo com leguminosas e vegetação espontânea sobre o potencial de inóculo dos fungos micorrízicos arbusculares (MA) indígenas de um Planossolo e sobre a produção de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Os tratamentos foram: ausência de vegetação, vegetação espontânea, crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus cajan*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*). Feijão de porco e mucuna preta apresentaram maiores quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea em relação aos demais pré-cultivos. O pré-cultivo com leguminosas aumentou a produtividade da batata-doce em relação à vegetação espontânea. O pré-cultivo com crotalária eliminou a ocorrência de batatas rachadas. Houve redução no número de esporos no solo sem vegetação, com feijão de porco e com guandu, quando comparado ao solo com vegetação espontânea. O número de propágulos infectivos foi aumentado por crotalária, feijão de porco e mucuna preta em relação ao

observado no solo sem vegetação. A colonização radicular da batata-doce pelos fungos MA indígenas foi aumentada por crotalária, mucuna preta e vegetação espontânea, quando comparados à ausência de vegetação.

SUMMARY

A field experiment was carried out in an arenic albaquult soil to evaluate the effect of different leguminosae and fallow on indigenous arbuscular mycorrhizal (AM) fungal inoculum potential and on sweet potato (*Pomoea batatas* (L.) Lam) yield. The treatments were: no vegetation, fallow, sun hemp (*Crotalaria juncea*), jack bean (*Canavalia ensiformes*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and velvet bean (*Mucuna aterrima*). Jack bean and velvet bean had a greater shoot accumulation of N, P and K than other treatments. Previous cultivation with leguminosae increased sweet potato yield over fallow. There was not cracked potatoes associated with sun hemp. The leguminosae incorporation into the soil reduced spore population in no vegetation, jack bean and pigeon pea when compared with fallow. However, sun hemp, velvet bean and jack bean had a greater number of infective propagules than no vegetation. The root colonization of sweet potato was greater in sun hemp, velvet bean and fallow when compared with no vegetation.

INTRODUÇÃO

A adubação verde com o emprego de leguminosas é realizada desde as mais antigas civilizações, contribuindo para a manutenção do potencial produtivo do solo. Durante a década de 1960, a adoção de um modelo agrícola calcado na utilização de insumos externos à propriedade rural levou ao gradativo abandono dessa prática. Apesar da elevação na produtividade alcançada com os novos insumos, ocorreram efeitos negativos para o meio ambiente. Tais efeitos refletiram-se no aumento da vulnerabilidade das culturas à pragas e doenças e na contaminação de alimentos por agrotóxicos. Do ponto de vista social, muitos agricultores foram levados ao êxodo rural, implicando na superlotação dos grandes centros urbanos.

Com a crise desencadeada por esse modelo agrícola, diversos técnicos e agricultores passaram a encarar o conceito de fertilidade como algo além da simples adição de adubos minerais ao solo. A manutenção da matéria orgânica assume então especial importância no manejo dos agroecossistemas, na medida que promove a agregação das partículas do solo,

reduzindo perdas de solo por erosão; favorece um aumento da atividade biológica do solo, permitindo uma maior eficiência na reciclagem de nutrientes; aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes, atuando sobre sua disponibilidade para as plantas. Assim, o aumento dos teores de matéria orgânica nos agroecossistemas repercute numa maior qualidade do solo.

Dentro desse contexto, a otimização de associações biológicas entre plantas e organismos do solo surge como estratégia para uma agricultura sustentável. Um dos exemplos mais promissores nessa linha é a simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (MA), que repercute em efeitos benéficos sobre o crescimento e a produção das plantas micorrizadas. A rotação de culturas com leguminosas cujas raízes sejam colonizadas por fungos indígenas pode levar a um maior potencial de inóculo dos fungos MA do solo, favorecendo a simbiose micorrízica.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do pré-cultivo com adubos verdes sobre o potencial de inóculo dos fungos micorrízicos arbusculares nativos de um Planossolo e sobre a produção de batata-doce.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Aspectos gerais da cultura da batata-doce

A batata-doce (*Pomoea batatas* (L.) Lam) é uma hortaliça pertencente à família *Convolvulaceae*, apresentando rusticidade, fácil cultivo e reduzido custo de produção. Trata-se de uma planta herbácea, com caule volúvel, de crescimento rasteiro ou trepador. Seu caule, também conhecido vulgarmente como rama, é de coloração verde ou arroxeadas tendo folhas da mesma coloração, com pecíolos longos e dispostos em espiral, ao seu redor. O sistema radicular é superficial, com uma raiz principal, não tuberosa, e diversas raízes secundárias. Algumas dessas raízes secundárias transformam-se em tubérculos, cujas formas variam desde esféricas até cilíndricas, com cor esbranquiçada ou roxa (CHAVES & PEREIRA, 1985).

Originária do continente americano, seus tubérculos aparecem como um importante componente da dieta de populações rurais em diferentes regiões do mundo. Seus tubérculos caracterizam-se como uma boa fonte de energia, minerais e vitaminas B e C, podendo ainda ser utilizados no preparo de doces enlatados, na extração de amido ou na produção de álcool.

(MIRANDA et al., 1984). Devido à sua elevada capacidade de acúmulo de amido, apresenta potencial para a produção de etanol e metanol (DANGLER et al., 1984).

A batata-doce é cultivada em praticamente todos os estados brasileiros, com uma produtividade média de cerca de 10,5 t/ha. Dentre as hortaliças, ocupa o terceiro lugar em área plantada, logo após a batata-inglesa (*Solanum tuberosum*) e a cebola (*Allium cepa*) (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1994).

A importância da disponibilidade de fósforo para a batata-doce foi evidenciada por BREDA FILHO et al. (1951), sendo esse efeito responsável por aumentos de até 912 % na produção em relação à testemunha. Essa cultura apresenta ainda uma elevada dependência micorrízica, que repercute na maior produção de matéria seca e tubérculos das plantas micorrizadas (ALVES et al., 1989).

No Estado do Rio de Janeiro, a batata-doce é cultivada por um grande número de pequenos produtores rurais, em sistemas agrícolas com reduzida entrada de insumos. Dentro desse contexto, é importante viabilizar a produção agrícola através da adoção de práticas eficientes e de baixo custo. As informações sobre os efeitos da adição de resíduos vegetais de leguminosas na produção da batata-doce e na biota do solo ainda são bastante escassos. Esses estudos poderão contribuir para o aprimoramento de técnicas de cultivo capazes de integrar as condições de solo e clima, levando a uma agricultura mais sustentável.

2. Melhoria da qualidade do solo através da adubação verde

O solo consiste num dos componentes mais importantes dos ecossistemas terrestres, desempenhando funções como favorecer o desenvolvimento vegetal, regular o fluxo de água e atenuar a ação de substâncias tóxicas ao meio ambiente (DORAN & PARKIN, 1994). Uma crescente preocupação tem sido mostrada nas últimas décadas com relação à qualidade do solo, devido a problemas associados à poluição atmosférica, erosão do solo, queimadas, salinização e desertificação (SANDERS, 1992).

A adoção de estratégias de manejo mais adequadas nos agroecossistemas podem contribuir para uma melhoria da qualidade do solo. A utilização de leguminosas como adubos verdes aparece como uma dessas estratégias, sendo capaz de reverter a erosão e adicionar ao solo grandes quantidades de matéria orgânica. LOPES (1994) destaca os seguintes benefícios relacionados à adição de matéria orgânica ao solo: elevação da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo; aumento da capacidade de retenção de água do solo; redução da toxicidade de agrotóxicos; melhoria da estrutura do solo; favorecimento do controle biológico, pela maior população microbiana.

DE-POLLI et al. (1996) apontam diversos parâmetros ligados ao solo e às plantas que podem ser empregados na identificação de espécies vegetais com potencial de utilização como adubos verdes. Segundo esses autores, os principais benefícios associados à adubação verde devem ser avaliados a médio e longo prazo, a partir da sua repercussão em aspectos sócio-econômicos e conservacionistas dos agroecossistemas.

O nitrogênio é o parâmetro que tem recebido maior atenção no estudo dos efeitos da adubação verde nas culturas de interesse econômico. Através da simbiose entre leguminosas e

bactérias diazotróficas, torna-se possível adicionar ao solo grandes quantidades de nitrogênio atmosférico. A quantidade de nitrogênio fixado varia em função das espécies utilizadas e das condições de solo e clima, podendo chegar em alguns casos a mais de 100 kg/ha (DERPSCH et al., 1991).

O fósforo constitui outro parâmetro de grande importância para a produção agrícola. Os solos de regiões tropicais úmidas apresentam uma elevada capacidade de adsorção desse nutriente pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (BRADY, 1989). O aumento nos teores de matéria orgânica promovido pela adubação verde conduz à maior disponibilidade de fósforo nesses solos (CALEGARI et al., 1992), o que pode ser explicado pela formação de complexos capazes de bloquear os sítios de adsorção de P na superfície dos óxidos de ferro e alumínio (FONTES et al., 1992).

A adubação verde atua sobre diferentes propriedades físicas do solo, devido à adição de matéria orgânica promovida por essa prática agrícola (DE-POLLI et al, 1996). LEITE & FERNANDES MEDINA (1984) relatam que a cobertura vegetal com a leguminosa *Pueraria phaseoloides* promoveu uma redução da densidade global do solo quando comparada ao tratamento sem cobertura vegetal. Os autores observaram ainda que a porosidade total se apresentou de forma inversa à densidade global do solo nos tratamentos avaliados, ou seja, na proporção que a densidade diminuiu houve um aumento do espaço poroso.

Devido a aumentos na porosidade e agregação do solo, a tendência de uma área protegida por cobertura vegetal é possuir uma maior taxa de infiltração de água (GIRMA & ENDALE, 1995). DERPSCH et al. (1991) apresentam resultados de um estudo no qual um solo

submetido à intensidade de precipitação de 60 mm/h ainda sofria infiltração de água quando a taxa de cobertura era de 100 %, enquanto nesse mesmo solo descoberto houve infiltração de apenas 20 a 25 % da água da chuva.

O fornecimento de material orgânico pelos adubos verdes favorece a atividade dos organismos do solo (KIRCHNER et al., 1993; FILSER, 1995), já que seus resíduos servem como fonte de energia e nutrientes. Além disso, a manutenção da cobertura vegetal permite reduzir oscilações de temperatura e umidade, criando condições que favorecem o desenvolvimento dos organismos do solo. Por sua vez, a maior atividade biológica do solo aumenta a reciclagem de nutrientes, o que permite inclusive um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo (PANKHURST & LYNCH, 1994).

Além das vantagens descritas acima, diversas leguminosas empregadas como adubos verdes associam-se a fungos micorrízico-arbusculares (MA) e, dessa forma, provocam modificações na população desses microrganismos no solo (SIEVERDING, 1991; SOUZA, 1996). Por meio da rotação de culturas, plantas eficientes na multiplicação dos fungos MA poderiam aumentar a quantidade de inóculo, favorecendo a colonização de culturas subsequentes (HAYMAN, 1987; DODD et al., 1990) e melhorando sua nutrição e produção. Uma vez que a produção de grandes quantidades de inoculante desses microrganismos ainda apresenta limitações de ordem prática (CARDOSO & LAMBAIS, 1992), torna-se fundamental a adoção de práticas de manejo de solo e de plantas que favoreçam a população de fungos MA indígenas do solo. Dentro desse contexto, a adubação verde merece especial atenção.

3. Importância dos fungos micorrízico-arbusculares

As micorrizas arbusculares são associações mutualísticas nas quais raízes de plantas vasculares são colonizadas por fungos do solo da ordem Glomales (MORTON & BENNY, 1990). As associações micorrízicas apresentam ocorrência generalizada na maioria dos solos, sendo encontradas num grande número de plantas cultivadas (SILVEIRA, 1992).

Estudos recentes indicam que a interação entre plantas e fungos micorrízico-arbusculares pode ter início antes de um contato físico, através da liberação de compostos fenólicos pela planta hospedeira (LAMBAIS, 1996). Uma evidência dessa afirmação foi obtida por NAIR et al. (1991), através do obtenção de dois compostos fenólicos capazes de estimular o crescimento de fungos MA e a colonização de raízes, isolados das raízes de trevo cultivado em condições de baixo fosfato.

Os efeitos benéficos dos fungos MA sobre o crescimento e a produção de plantas de interesse econômico têm sido demonstrados em diversos trabalhos (ZAMBOLIM & SIQUEIRA, 1985; SHAOBING et al., 1993; KHANIZADEH et al., 1995), sendo que a absorção de fósforo tem recebido especial atenção pelos micorrizologistas. A baixa atividade de P na solução do solo torna o transporte deste nutriente por fluxo de massa insuficiente para suprir adequadamente as necessidades das plantas. Por outro lado, o processo de difusão é extremamente lento (STRIBLEY, 1987). Nos solos tropicais ácidos e com elevados teores de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, a fixação de grandes quantidades de P contribui ainda mais para a sua deficiência (BRADY, 1989). Diversos mecanismos podem aumentar a absorção desse

nutriente pelas plantas micorrizadas: (1) As hifas formadas a partir da infecção das raízes possibilitam que um maior volume de solo seja explorado pelo sistema radicular (McARTHUR & KNOWLES, 1993); (2) Fosfatos orgânicos podem tornar-se disponíveis para plantas micorrizadas através da ação de fosfatases (TARAFDAR & MARSCHNER, 1994); (3) Fontes de P inorgânico podem ser solubilizadas pela ação de ácidos orgânicos. Muitos fungos MA produzem ácido oxálico, uma substância que é capaz de formar complexos com cátions associados a fosfatos (COOPER, 1984); (4) Algumas bactérias solubilizadoras de fosfato são estimuladas por interações sinérgicas com fungos micorrízico-arbusculares (TORO et al., 1996).

Plantas micorrizadas também apresentam maior absorção de outros nutrientes como Zn, Cu, Ca e S (SILVEIRA, 1992). No caso do nitrogênio, foi demonstrado que pode haver absorção de NH_4^+ pelas hifas dos fungos MA (AMES et al., 1983). As hifas de fungos micorrízicos ligados a mais de um hospedeiro podem ainda promover a troca de N entre plantas (HAYSTEAD et al., 1988; HAMEL & SMITH, 1991), o que pode ser importante no consórcio de leguminosas com outras culturas.

GUZMAN-PLAZOLA & FERRERA-CERRATO (1990) afirmam que a maior absorção de nutrientes por plantas micorrizadas favorece a fixação biológica de nitrogênio, um processo que exige elevadas quantidades de fósforo e molibdênio. Efeitos sinérgicos entre o fungo MA *Glomus clarum* e a bactéria *Acetobacter diazotrophicus* inoculados em batata-doce foram demonstrados por PAULA et al. (1991), sugerindo a importância da interação fungos micorrízico-arbusculares/bactérias diazotróficas nessa cultura.

A infecção por fungos micorrízicos afeta diferentes aspectos da relação água-planta (HARDIE & LEYTON, 1981; ALLEN, 1982). PAULA & SIQUEIRA (1987) constataram que plantas de soja micorrizadas mostraram maior resistência ao murchamento e recuperaram o turgor mais rapidamente que plantas não micorrizadas quando ambas foram submetidas a condições de estresse hídrico. A formação de hifas pelos fungos MA permite ainda uma maior estabilidade de agregados, afetando a aeração e o armazenamento de água no solo (TISDALL, 1994).

Ataques patogênicos em raízes (pela ação de fungos, bactérias e nematóides) são em geral mais tolerados em plantas micorrizadas. CARON (1989) aponta como mecanismos responsáveis por esse controle de doenças o fato de, na presença de fungos MA, ocorrer uma redução na população patogênica presente no solo ou na severidade da doença na planta hospedeira. Uma revisão feita por ZAMBOLIM (1991) sobre a interação entre fungos MA, nematóides e nutrição fosfatada mostra que, em aproximadamente 70 % dos trabalhos revisados, os fungos micorrízicos reduziram a infecção do sistema radicular por nematóides. O autor conclui que esse controle, possivelmente, estaria ligado ao aumento na nutrição com fósforo das plantas micorrizadas.

O sistema de manejo do solo influencia fortemente a população micorrízica. O revolvimento do solo decresce a infecção micorrízica (EVANS & MILLER, 1988; FAIRCHILD & MILLER, 1990; McGONIGLE et al., 1990; JASPER et al., 1991) e a absorção de fósforo (EVANS & MILLER, 1988). O trabalho de EVANS & MILLER (1990) comprovou que a destruição da malha de hifas influencia esse processo, havendo um maior potencial de inóculo em solos não revolvidos.

Com relação ao efeito da aplicação de nutrientes sobre a micorrização, tem-se demonstrado que ocorre maior taxa de colonização radicular e formação de esporos em condições de baixa disponibilidade de fósforo, diminuindo com o aumento no teor de P disponível (DOUDS JUNIOR & SCHENCK, 1990). A aplicação de doses elevadas de fertilizantes fosfatados produziu um efeito negativo sobre a infecção de micorrizas arbusculares em diferentes culturas (HARINIKUMAR & BAGYARAJ, 1989). Diversas razões podem ser apontadas para justificar a influência dos teores de fósforo no solo sobre a atividade micorrízica: (1) Menor disponibilidade de P no solo aumenta a permeabilidade da membrana em células das raízes, aumentando a perda de metabólitos que podem favorecer o desenvolvimento de fungos MA (SAME et al., 1983); (2) Quando a adição de fertilizantes fosfatados é suficiente para satisfazer as necessidades nutricionais da planta mas não para diminuir a infecção, o fungo pode causar um dreno de C na planta hospedeira sem promover um efeito recíproco na transferência de P (STRIBLEY et al., 1980).

SIQUEIRA et al. (1991) destacam evidências da atividade de substâncias aleloquímicas, que podem inibir ou estimular a ocorrência de fungos MA. Segundo esses autores, solos cultivados em monocultura com aspargos mostraram uma quantidade de compostos fenólicos que excedeu em 70 % os valores apresentados por um solo adjacente, sem aspargos. Tais compostos fenólicos inibiram o crescimento micelial e a colonização micorrízica.

A maioria dos agrotóxicos tende a inibir o estabelecimento de fungos micorrízicos. AN et al. (1993b) demonstraram que esse efeito é aumentado pela aplicação de produtos de largo

espectro, como o brometo de metila. Produtos de reduzida toxicidade podem ser menos prejudiciais, se usados em doses adequadas (SCHUEPP & BODMER, 1991).

Existem poucos dados sobre a influência de práticas de manejo de solo e plantas nas populações de fungos MA indígenas para as condições tropicais. Isso pode acarretar o uso de técnicas que promovam uma destruição do sistema micorrízico já existente, prejudicando a produção de culturas que sejam micotróficas (EVANS & MILLER, 1988).

Durante o estudo de populações de fungos micorrízicos num determinado ecossistema deve-se levar em conta que diferentes tipos de propágulos podem ser encontrados no solo, tais como esporos, hifas e fragmentos de raízes colonizadas. A relativa importância de cada um destes tipos de propágulos depende da interação dos fungos MA com as condições edafoclimáticas e com a comunidade vegetal (TOMMERUP, 1992).

Vários procedimentos utilizados para detectar e quantificar a presença de fungos MA são listados por SIQUEIRA (1994). Estes incluem: (1) extração e contagem de esporos do solo; (2) observação e avaliação microscópica das raízes quanto à presença de estruturas típicas como arbúsculos, vesículas e esporos; (3) estimativas do número de propágulos infectivos presentes no solo, através do bioensaio do Número Mais Provável ou NMP.

A avaliação de populações de fungos MA presentes no solo a partir da contagem de esporos recebe algumas críticas, na medida em que não se consegue determinar a viabilidade desses propágulos (McGRAW & HENDRIX, 1986). Num estudo realizado por FRANSON & BETHLENFALVAY (1989) não se encontrou nenhuma relação entre o número de propágulos infectivos, obtido a partir do bioensaio do NMP, e a contagem de esporos.

O bioensaio do NMP tem sido utilizado para estimar o número de propágulos infectivos de organismos fitopatogênicos ou simbiontes encontrados no solo (PORTER, 1979; DANIELS et al., 1981). Através desse bioensaio, é possível medir a quantidade de propágulos de fungos micorrízicos capazes de colonizar as raízes de plantas, fornecendo resultados mais confiáveis que a metodologia de extração e contagem de esporos (PORTER, 1979).

A principal crítica feita ao bioensaio do NMP relaciona-se com a necessidade de um período de tempo relativamente longo para sua realização (WILSON & TRINICK, 1983; FRANSON & BETHLENFALVAY, 1989). Além disso, essa metodologia não oferece informações sobre a efetividade dos fungos MA (FRANSON & BETHLENFALVAY, 1989).

Diversos trabalhos têm utilizado a metodologia do NMP com o objetivo de estudar a dinâmica das populações de fungos MA em sistemas agrícolas (ILAG et al., 1987; HARINIKUMAR & BAGYARAJ, 1988; AN et al., 1993a; SOUZA, 1996). ILAG et al (1987) constataram que o número de propágulos infectivos de fungos micorrízicos foi menor no cultivo de arroz irrigado, em condições de monocultura, quando comparado com a rotação entre arroz, milho e feijão mungo. Esse dado evidencia a importância da rotação de culturas no manejo de fungos micorrízicos presentes no solo.

Além do número de propágulos infectivos, outro parâmetro que fornece informações sobre a população de fungos MA do solo é a diversidade de espécies. TURCO et al. (1994) afirmam que a diversidade de espécies serve como indicador da estabilidade de uma comunidade, descrevendo sua dinâmica ecológica e os impactos sofridos devido ao estresse ambiental.

Um trabalho realizado por SIQUEIRA et al. (1989) indicou variações qualitativas na distribuição das espécies de fungos micorrízicos em diferentes ecossistemas. De forma geral, o cultivo dos solos estudados aumentou a população desses fungos, mas reduziu a diversidade das espécies, tornando o agroecossistema mais vulnerável a alterações. SIEVERDING (1991) relata resultados de um experimento onde a rotação de culturas entre leguminosas e mandioca promoveu uma maior diversidade de espécies de fungos MA indígenas quando comparada à monocultura de mandioca, ao final de cinco anos.

Diante do que foi apresentado, é possível afirmar que os fungos micorrízicos arbusculares podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, contribuindo para a avaliação de práticas que conduzam à sustentabilidade. Estudos recentes empregam parâmetros ligados à população de fungos MA para a avaliação de impactos ambientais decorrentes da poluição causada por indústrias químicas (WEISSENHORN et al., 1995a; WEISSENHORN et al., 1995b) e da exposição de plantas ao ozônio (RANTANEN et al., 1994). Dentre as variáveis que expressam a qualidade do solo, merecem destaque o número de propágulos infectivos e a diversidade de espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da EMBRAPA/CNPAB, no município de Seropédica, RJ. O solo da área é um Planossolo, cuja análise para fins de fertilidade, de acordo com EMBRAPA/Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (1979), apresentou os seguintes resultados: pH em água = 5,3; 5,0 mmol_c de Al⁺⁺⁺ e 10,0 mmol_c de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, por dm³ de solo; 3,7 mg de P e 17 mg de K por dm³ de solo.

A região climática caracteriza-se pela elevação da temperatura média do ar e início do período chuvoso em outubro, estendendo-se até março. Os meses de abril e setembro são considerados de transição. Já nos meses de junho, julho e agosto nota-se uma queda na temperatura e na precipitação pluvial. Os dados relativos à temperatura e precipitação pluvial durante o período de condução do experimento são mostrados na Fig. 1.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições e uma área de 40 m² por parcela. Os tratamentos avaliados foram ausência de vegetação, vegetação espontânea, crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão de porco (*Canavalia*

ensiformes), guandu (*Cajanus cajan*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*). O tratamento ausência de vegetação foi mantido por meio de capinas manuais periódicas.

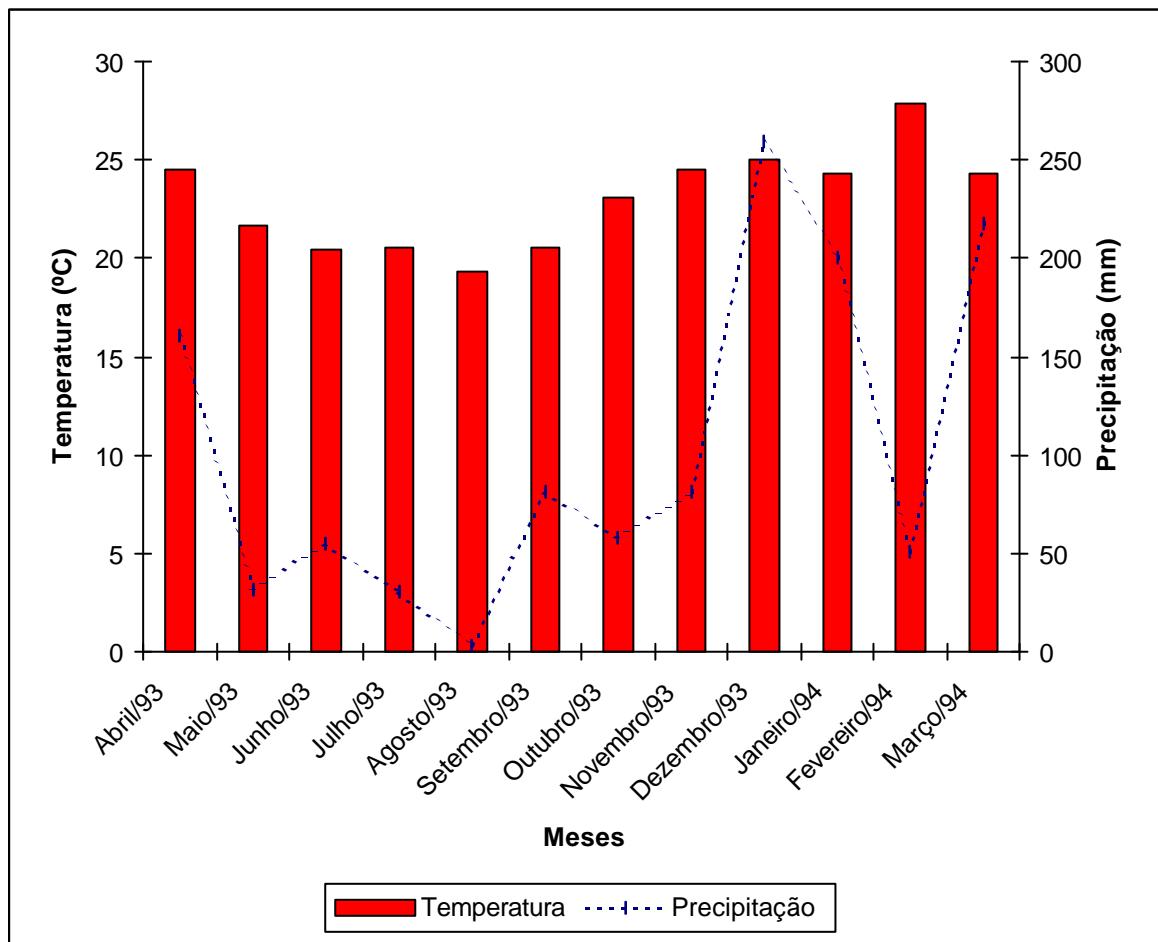


Fig. 1 - Variação sazonal da temperatura e precipitação pluvial na área experimental.

Antes da instalação do experimento, coletaram-se amostras de raízes e solo rizosférico das principais espécies nativas da área, que são *Andropogon londisatus*, *Borreria verticillata*, *Indigofera hirsuta* e *Paspalum notatum*. A coloração de raízes finas seguiu a metodologia descrita por KOSKE & GEMMA (1989), medindo a porcentagem de colonização pela metodologia da placa de interseção (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980). A extração dos esporos de fungos micorrízicos foi feita mediante a técnica de peneiramento (GERDEMANN & NICOLSON, 1963) e centrifugação em solução de sacarose a 45%, de acordo com LOPES et al. (1983). A contagem de esporos foi realizada em placa canelada com o auxílio de microscópio estereoscópico.

Todas as parcelas receberam uma adubação com fosfato natural de Patos de Minas (11 % de P total) e cinzas de madeira (6 % de K total), nas doses de 52 kg de P/ha e 35 kg de K/ha, seguindo a recomendação preconizada em ALMEIDA et al. (1988). O preparo inicial do solo constou de aração e gradagem, fazendo-se o plantio das leguminosas após a inoculação de rizóbio nas sementes. Todas as espécies foram semeadas em sulcos distanciados de 50 cm, com as seguintes densidades de plantio: 10 plantas·m⁻¹ linear para crotalária e guandu e 6 plantas·m⁻¹ linear para feijão de porco e mucuna preta. Aos 170 dias após a semeadura, as leguminosas foram cortadas com o auxílio de um rolo-faca e a vegetação espontânea com enxada rotativa. A fitomassa produzida foi incorporada nas leiras. Quinze dias após a incorporação, realizou-se o

plantio de ramas de batata-doce, selecionadas, variedade Rosinha do Verdan, no espaçamento de 0,20 m entre plantas e 1,0 m entre leiras.

Por ocasião do corte das leguminosas e da colheita da batata-doce foram coletadas amostras de raízes, parte aérea e solo rizosférico. As amostras foram retiradas de uma área de 1 m² de cada parcela, coletando-se então toda a parte aérea e raízes na profundidade de 0 a 10 cm da vegetação espontânea e de 0 a 20 cm das leguminosas. A escolha dessas profundidades para a coleta de raízes e solo rizosférico justifica-se porque nelas encontra-se a maior parte do sistema radicular das espécies avaliadas. Na colheita da batata-doce foi avaliada a produção de tubérculos e ramas, numa área de 21 m² em cada parcela. A qualidade dos tubérculos também foi avaliada a partir da classificação comercial proposta por SILVA et al. (1991), utilizando-se cinco categorias: Extra A (251 a 500 g), Extra (151 a 250 g), Diversas (80 a 150 g), Batatas com 10 a 79 g e Batatas Rachadas. Nas amostras de raízes e solo rizosférico, avaliaram-se respectivamente, taxa de colonização radicular e do número de esporos, como descrito anteriormente. As determinações de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo foram feitas pelo método da fumigação e extração, segundo TATE et al. (1988). O procedimento para a análise de N na fitomassa foi baseado no método recomendado por BREMNER & MULVANEY (1982), enquanto P e K foram determinados a partir da digestão nítrico-perclórica em amostras da parte aérea e raízes (BATAGLIA et al., 1983). A determinação do P foi feita por colorimetria a partir da formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em presença de ácido ascórbico, e do K por fotometria de chama (EMBRAPA/Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979). As análises químicas do solo foram conduzidas

de acordo com a metodologia citada anteriormente, com exceção do P disponível no momento do corte das leguminosas que foi determinado segundo OLSEN et al. (1954).

Amostras compostas de solo rizosférico de cada tratamento foram coletadas por ocasião do corte das leguminosas para a realização de um bioensaio em casa de vegetação, visando determinar o Número Mais Provável (NMP) de propágulos infectivos de fungos micorrízicos indígenas descrito por PORTER (1979) e adaptado por SIEVERDING (1991). Uma série de diluições foi feita nessas amostras (4^0 a 4^{-9}), usando-se solo autoclavado retirado dos mesmos tratamentos como diluente. Cada diluição teve 5 repetições colocadas em copos plásticos com 250 cm^3 de capacidade. Mudas de *Brachiaria decumbens* foram cultivadas nesses copos durante 90 dias, coletando-se então as raízes finas para coloração de acordo com KOSKE & GEMMA (1989). A presença ou ausência de infecção micorrízica possibilitou o cálculo do número de propágulos infectivos.

Os procedimentos estatísticos constaram da análise de variância pelo teste F. Nas fontes de variação onde houve diferença significativa, aplicou-se o teste de Tukey a 5%, para comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes nos adubos verdes

Com relação à produção de matéria seca dos adubos verdes, o feijão de porco e a mucuna preta apresentaram maiores valores para a parte aérea quando comparados à crotalária, superando-a em, respectivamente, 284 % e 259 % (Quadro 1). Por outro lado, a vegetação espontânea produziu maior matéria seca de raízes que as leguminosas. É possível que os valores relativos à matéria seca de raízes das leguminosas tenham sido subestimados pela dificuldade de coletar-se todo o sistema radicular, visto que, segundo CALEGARI *et al.* (1992), as raízes de algumas leguminosas podem penetrar a vários metros de profundidade no solo.

De forma geral, as leguminosas tiveram produções inferiores àquelas descritas por (WILDNER & DADALTO (1991). Uma vez que estas plantas foram cultivadas no período de outono-inverno, fatores como sensibilidade ao fotoperíodo, temperatura e disponibilidade de água podem estar relacionados ao seu crescimento reduzido. A crotalária foi bastante afetada neste aspecto, devido à sua sensibilidade ao fotoperíodo (DUKE, 1983). Sendo esta espécie caracterizada como de dias curtos, sua floração ocorreu precocemente, seguida

Quadro 1 - Produção de matéria seca na parte aérea e raízes dos adubos verdes

Tratamentos	Matéria seca (kg/ha)	
	Raiz	Parte aérea
Crotalária	569 b	1131 b
Feijão de porco	541 b	4348 a
Guandu	591 b	1655 ab
Mucuna preta	214 b	4065 a
Vegetação espontânea ¹	18372 a	2742 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

¹ Valores relativos ao sistema radicular foram obtidos a partir da avaliação de raízes e rizomas das espécies deste tratamento.

pela queda das folhas antes da coleta de amostras para a avaliação da fitomassa. Tal fenômeno refletiu-se ainda num aumento da relação C/N da parte aérea da crotalária quando comparada com as demais leguminosas (Quadro 2). O guandu, por ser uma espécie semi-perene com taxas de crescimento iniciais menores que as das outras leguminosas utilizadas no experimento (DUKE, 1983), também apresentou produção de fitomassa aérea inferior ao feijão de porco e à mucuna.

A avaliação dos nutrientes contidos na parte aérea adubos verdes e vegetação espontânea revelaram que as leguminosas feijão de porco e mucuna preta superaram em até 87 kg de N/ha os demais pré-cultivos. Uma possível explicação para essa elevada acumulação de nutrientes relaciona-se à maior quantidade de fitomassa aérea produzida por essas duas leguminosas, que também apresentam quantidades mais elevadas de P e K. Já nas raízes, a vegetação espontânea apresentou acumulação de N, P e K muito superior às leguminosas (Quadro 2). Tal fato está associado à presença das gramíneas perenes *Andropogon londisatus* e, principalmente, *Paspalum notatum*, que apresentam estruturas rizomatosas de reserva ligadas ao seu sistema radicular (OTERO, 1961). Diversos trabalhos ressaltam que, mesmo mobilizando expressivas quantidades de nutrientes, algumas leguminosas apresentam reduzida resposta à aplicação de adubos minerais e à ciclagem (ABBOUD, 1986; SCHERER & BALDISSERA, 1988). Assim, uma das vantagens associadas a essas plantas seria a capacidade de dispensar a adubação mineral se a deficiência de nutrientes do solo não forem drásticas.

Quadro 2 - Quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea e raízes dos adubos verdes

Tratamentos	N total (kg/ha)		Relação C/N		P total (kg/ha)		K total (kg/ha)	
	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea
Crotalária	4,4 b	17,8 b	51,8 b	27,5 b	0,4 b	1,2 c	2,7 b	10,9 a
Feijão de porco	5,0 b	105,1 a	42,2 b	16,5 c	0,3 b	6,4 ab	2,3 b	47,6 a
Guandu	5,2 b	39,7 b	45,9 b	17,1 c	0,5 b	3,1 bc	2,6 b	14,2 a
Mucuna preta	2,0 b	93,4 a	42,9 b	17,5 c	0,2 b	8,0 a	0,9 b	45,4 a
Vegetação espontânea ¹	99,1 a	27,5 b	74,6 a	38,8 a	16,2 a	4,4 abc	60,8 a	15,2 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

¹ Valores relativos ao sistema radicular foram obtidos a partir da avaliação de raízes e rizomas das espécies deste tratamento.

2. Produção de matéria fresca e seca e acumulação de nutrientes nas ramas e tubérculos de batata-doce

Os tratamentos crotalária, feijão de porco, guandu e mucuna preta proporcionaram produções subseqüentes de batata-doce superiores à da vegetação espontânea, evidenciando o benefício da rotação leguminosas/batata-doce (Quadro 3). A produção de tubérculos associadas à mucuna preta superou as proporcionadas pela vegetação espontânea e ausência de vegetação, respectivamente, em 116% e 43%. Por sua vez, a produção de ramas após os tratamentos feijão de porco e mucuna preta também foi maior que na vegetação espontânea. Um dos fatores responsáveis pela baixa produção de batata-doce associada à vegetação espontânea, apesar da grande quantidade de nutrientes acumulados em suas raízes, foi a elevada relação C/N deste material (Quadro 2). A incorporação das espécies que compunham este tratamento provavelmente acarretou na imobilização do N pela população microbiana do solo e reduziu sua disponibilidade para a cultura subseqüente, conforme proposto por URQUIAGA *et al.* (1990). Por outro lado, a baixa relação C/N das leguminosas favoreceu a rápida mineralização do N após a incorporação ao solo, conferindo maior disponibilidade deste nutriente para a batata-doce.

As leguminosas feijão de porco, guandu e mucuna preta proporcionaram maiores acumulações de N, P e K nas tubérculos de batata-doce do que na vegetação espontânea. Nas ramas, obteve-se um maior acúmulo de N e P após o pré-cultivo com feijão de porco e mucuna preta e uma maior acumulação de K após a mucuna preta, quando comparados com a vegetação espontânea (Quadro 4).

Quadro 3 - Produção de batata-doce, com matéria fresca de tubérculos e matéria fresca e seca de ramas

Tratamentos	Tubérculos (t/ha)		Ramas (t/ha)	
	Matéria fresca	Matéria seca	Matéria fresca	Matéria seca
Crotalária	15,6 ab		7,8 bc	1,6 ab
Feijão de porco	18,7 ab		13,0 ab	2,5 a
Guandu	16,3 ab		8,1 bc	1,6 ab
Mucuna preta	20,1 a		13,8 a	2,6 a
Vegetação espontânea	9,2 c		3,7 c	0,7 b
Ausência de vegetação	14,0 bc		7,2 c	1,6 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Quadro 4 - Quantidades de N, P e K acumulados nas ramas e tubérculos de batata-doce após o pré-cultivo de leguminosas, vegetação espontânea e ausência de vegetação

Tratamentos	N total (kg/ha)		P total (kg/ha)		K total (kg/ha)	
	Tubérculo	Rama	Tubérculo	Rama	Tubérculo	Rama
Crotalária	26,6 bc	19,3 ab	5,5 bc	2,1 ab	42,1 bc	21,1 ab
Feijão de Porco	42,5 a	28,9 a	8,4 a	3,5 a	55,5 ab	26,2 ab
Guandu	31,0 ab	19,1 ab	7,2 ab	2,2 ab	51,7 ab	18,5 ab
Mucuna preta	43,3 a	33,3 a	8,0 ab	3,7 a	64,9 a	30,5 a
Vegetação espontânea	16,1 c	8,7 b	4,3 c	1,0 b	29,0 c	11,1 b
Ausência de vegetação	24,6 bc	18,2 ab	5,7 abc	2,0 ab	40,9 bc	17,2 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Cabe ressaltar que as respostas apresentadas quanto à produção e acumulação de nutrientes nos tebériculos de batata-doce após o pré-cultivo com leguminosas podem ser explicadas, em parte, pela classe de solo na qual foi conduzido o experimento. De forma geral, os Planossolos da região caracterizam-se por altos teores de areia nos horizontes superficiais, acarretando reduzida capacidade de troca de cátions (OLIVEIRA et al., 1992). Conseqüentemente, tais solos possibilitam uma elevação da produção agrícola a partir do acréscimo de materiais vegetais como a fitomassa de leguminosas, que sofreram rápida decomposição, tornando seus nutrientes disponíveis para a cultura subsequente.

Com relação a classificação dos turbéculos colhidos, pode-se dizer que as batatas com maior valor comercial encontram-se nas categorias Extra e Diversas. A crotalária promoveu um aumento na produtividade dessas batatas com maior valor comercial quando comparada à vegetação espontânea, superando-a em 98% (Quadro 5). O pré-cultivo com crotalária também eliminou a ocorrência de batatas rachadas, evidenciando uma melhor qualidade dos tubérculos formados. Segundo LUTZ et al. (1949), um dos motivos relacionados com a incidência de batatas rachadas seria a aplicação de altas doses de N. Reforçando tal hipótese, observou-se que o N total acumulado nos tubérculos apresentou correlação positiva com a porcentagem de tubérculos rachados (Fig. 2). Por outro lado, diversos autores consideram os nematóides como causadores das rachaduras, destacando-se na cultura da batata-doce as espécies *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis* (LORDELLO, 1981; FERRAZ, 1985). O fato da crotalária, uma espécie de reconhecida eficiência no controle de nematóides (SANTOS & RUANO, 1987), ter eliminado a ocorrência de batatas rachadas sugere também que esse distúrbio poderia estar associado à

Quadro 5 - Classificação das tubérculos de batata-doce colhidos, com valores percentuais e absolutos

Tratamentos	Extra A ¹ (%)	Extra ² (%)	Diversas ³ (%)	Extra + Diversas (%)	10 a 79 g (%)	79 g (%)	Rachadas (%)
Crotalária	7 (1,1) ⁴ a	27 (4,2) ab	42 (6,6) a	69 (10,8) a	24 (3,7) a	0 (0)	b
Feijão de porco	5 (1,0) a	13 (2,5) b	27 (5,0) a	39 (7,5) a	17 (3,2) a	38 (7,0) a	
Guandu	4 (0,7) a	30 (4,9) a	23 (3,8) a	53 (8,7) a	22 (3,6) a	21 (3,3) ab	
Mucuna preta	6 (1,2) a	18 (3,6) ab	31 (6,2) a	49 (9,8) a	14 (2,7) a	31 (6,4) ab	
Vegetação espontânea	3 (0,3) a	16 (1,5) ab	41 (3,8) a	57 (5,7) a	35 (3,2) a	5 (0,5) ab	
Ausência de vegetação	5 (0,6) a	23 (3,3) ab	37 (5,2) a	60 (8,5) a	25 (3,5) a	10 (1,4) ab	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os valores percentuais foram transformados pela equação Porcentagem de Batatas = $\text{arcsin} (x/100)^{0,5}$

¹ Tubérculos com 251 a 500 g

² Tubérculos com 151 a 250 g

³ Tubérculos com 80 a 150 g

⁴ Valores entre parenteses representam as produções relativas a cada categoria em t/ha

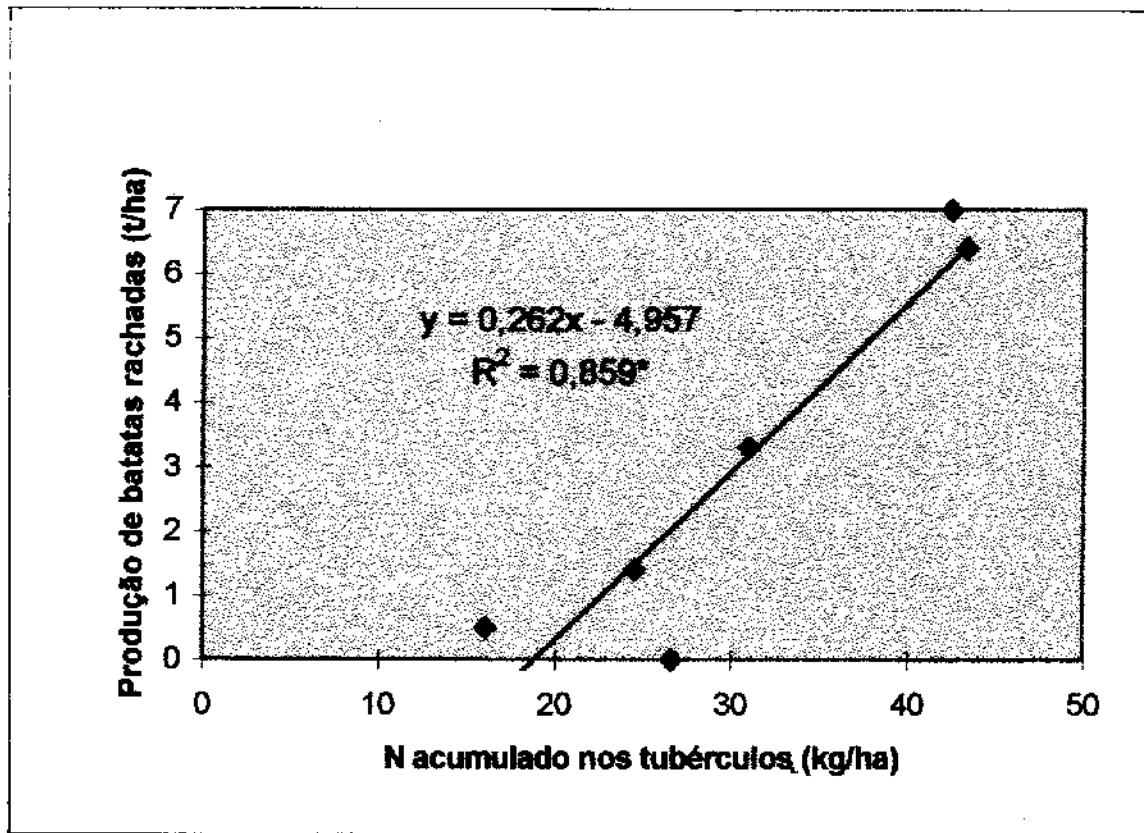


Fig. 2 - Variação na produção de batatas rachadas em função da quantidade de N acumulado nos tubérculos

3. Efeito dos tratamentos sobre algumas características químicas e biológicas do solo

A avaliação dos teores de P, K, Ca e Mg do solo no momento do corte das leguminosas não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos utilizados. No entanto, notou-se que a remoção da vegetação espontânea e manutenção do terreno sem cobertura vegetal acarretou em queda do pH do solo (Fig. 3). Por sua vez, alterações no pH do solo podem trazer conseqüências, a longo prazo, sobre a população de fungos MA indígenas, influenciando a produção de esporos (WANG et al., 1993) e distribuição de espécies (SIQUEIRA, 1994).

Em relação à avaliação da biomassa microbiana do solo, a mucuna preta promoveu uma elevação do N microbiano na colheita da batata-doce quando comparada ao tratamento ausência de vegetação (Quadro 6). Tal fato pode ser explicado pela alta quantidade de N acumulado naquela leguminosa, assim como pela baixa relação C/N que possibilita uma rápida mineralização pelos microrganismos. Outros trabalhos têm evidenciado os efeitos benéficos da incorporação de resíduos vegetais de leguminosas sobre a biomassa microbiana do solo (BHARDWAJ & DATT, 1995; FRANZLUEBBERS et al., 1995). Os resultados obtidos confirmam a hipótese levantada por OCIO et al. (1991), segundo a qual a biomassa microbiana poderia ser utilizada como indicativo das transformações sofridas pelo N no solo após a incorporação de restos de cultura.

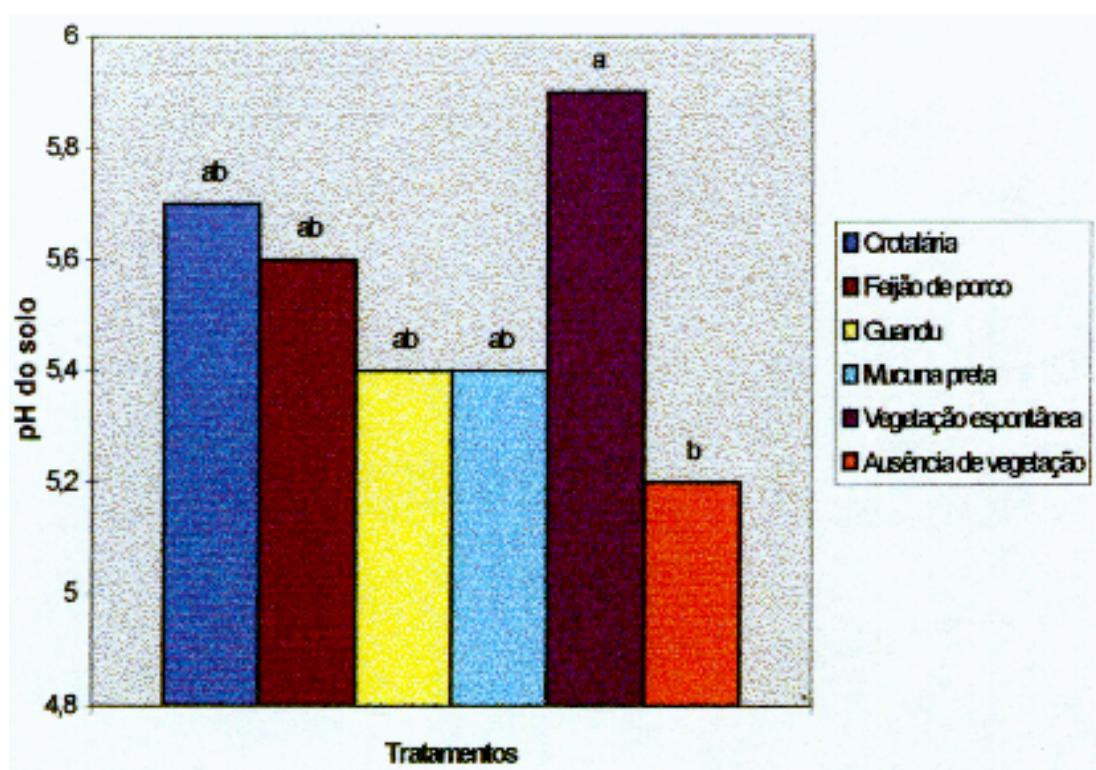


Fig. 3 - Valores de pH do solo rizosférico coletado no momento do corte das leguminosas

Quadro 6 - Valores de carbono microbiano e nitrogênio microbiano no solo rizosférico coletado nos momentos do corte das leguminosas e da colheita da batata-doce

Tratamentos	C microbiano (μ g de C/g de solo)		N microbiano (μ g de N/g de solo)	
	Pré-cultivo	Batata	Pré-cultivo	Batata
Crotalária	34,5 a	64,6 a	24,2 a	23,4 ab
Feijão de porco	49,4 a	66,4 a	23,9 a	26,9 ab
Guandu	67,9 a	53,5 a	30,8 a	23,7 ab
Mucuna preta	21,1 a	67,2 a	17,0 a	32,1 a
Vegetação espontânea	63,0 a	88,3 a	24,6 a	30,3 ab
Ausência de vegetação	18,8 a	46,5 a	14,3 a	19,2 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

4. Efeito dos tratamentos sobre a simbiose micorrízica na batata-doce

Os dados sobre a colonização de raízes e espécies de fungos MA associados à vegetação espontânea antes da instalação do experimento (Quadro 7) mostram que não houve variações expressivas destes parâmetros nas espécies vegetais avaliadas. Todas as espécies de fungos MA associadas à vegetação espontânea também foram encontradas na rizosfera de plantas de batata-doce por PAULA et al. (1993), indicando que esses microrganismos indígenas são capazes de promover a colonização de raízes nessa cultura. A rotação de culturas tem sido demonstrada como uma alternativa viável para promover o aumento do número de propágulos destes microrganismos em agroecossistemas (SIEVERDING & LEIHNER, 1984; HAYMAN, 1987), como também na freqüência de distribuição de espécies, com seleção de espécies mais efetivas (SIEVERDING, 1991).

Com relação ao número de esporos (Quadro 8), os tratamentos ausência de vegetação, feijão de porco e guandu apresentaram menores valores quando comparados à vegetação espontânea na época da incorporação dos materiais. Entretanto, os resultados da taxa de colonização radicular das leguminosas não diferiram da vegetação espontânea e os pré-cultivos com leguminosas proporcionaram valores de colonização das raízes de batata-doce maiores do que a ausência de vegetação, com exceção do guandu e do feijão de porco. Dessa forma, não foi possível obter nenhuma relação entre os parâmetros número de esporos e taxa de colonização radicular.

A partir da determinação do número de propágulos infectivos, através do bioensaio do NMP, observou-se que na ausência de vegetação houve uma expressiva queda no número de propágulos quando comparado à vegetação espontânea, indicando que este tratamento

Quadro 7 - Taxa de colonização de raízes, número de esporos e espécies de fungos micorrízicos arbusculares associados à rizosfera das espécies vegetais de ocorrência espontânea na área experimental

Espécie	Taxa de colonização de raízes (%)	Esporos (nº/50 ml de solo)	Fungos micorrízicos arbusculares
<i>Andropogon londisatus</i> (Família Gramineae)	33,3	889	<i>Acaulospora spp.</i> , <i>Glomus sp.</i> , <i>Scutelospora heterogama</i>
<i>Indigofera hirsuta</i> (Família Fabaceae)	34,8	866	<i>Acaulospora spp.</i> , <i>Glomus etunicatum</i> , <i>Glomus occultum</i>
<i>Borreria verticillata</i> (Família Rubiaceae)	25,0	915	<i>Acaulospora spp.</i> , <i>Glomus etunicatum</i>
<i>Paspalum notatum</i> (Família Gramineae)	31,1	1054	<i>Acaulospora spp.</i> , <i>Glomus etunicatum</i> , <i>Glomus occultum</i>

Obs.: Valores médios de 4 repetições.

Quadro 8 - Número de esporos, taxa de colonização radicular e número de propágulos infectivos, com intervalos de confiança, dos fungos MA nativos nos momentos de corte das leguminosas e da colheita da batata-doce

Tratamentos	Eспорos ¹ (nº/50 ml de solo)		Colonização ² (%)		Propágulos infectivos após pré-cultivo (nº/100 g de solo)
	Pré-cultivo	Batata	Pré-cultivo	Batata	
Crotalária	417 ab	871 a	24,1 ab	21,3 ab	117 (55-250) ³
Feijão de porco	346 b	896 a	17,8 b	19,9 abc	90 (43-193)
Guandu	270 b	717 a	19,5 b	17,3 bc	30 (14-65)
Mucuna preta	475 ab	887 a	27,8 a	25,8 a	118 (56-253)
Vegetação espontânea	609 a	910 a	21,6 ab	20,8 ab	73 (35-156)
Ausência de vegetação	305 b	850 a	---	14,2 c	29 (14-62)

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

¹ Valores originais foram transformados pela equação Número de Esporos = $(x+1)^{0,5}$.

² Valores originais foram transformados pela equação Taxa de Colonização = $\text{arcsin } (x/100)^{0,5}$.

³ Valores entre parenteses representam o intervalo de confiança.

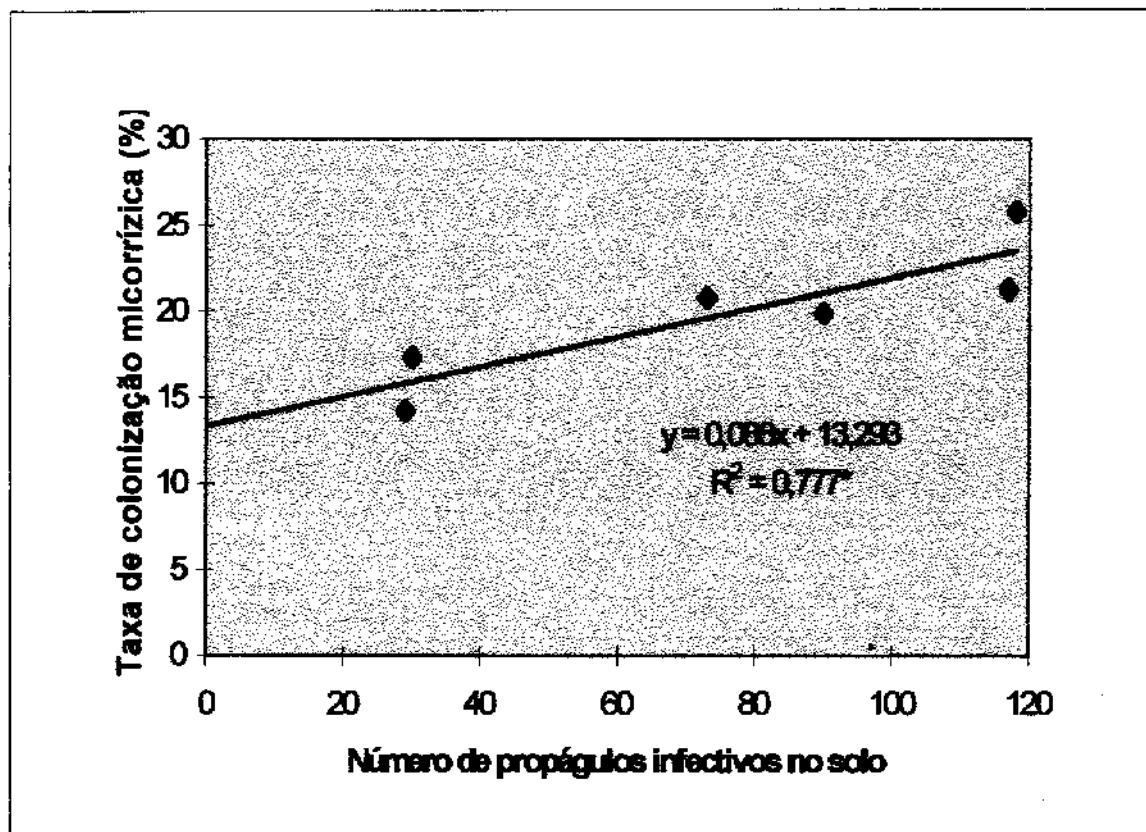


Fig. 4 - Variação na taxa de colonização micorrízica da batata-doce em função do número de propágulos infectivos no solo

Reduziu a população de fungos indígenas. De forma oposta, as leguminosas, com exceção do guandu, mantiveram ou aumentaram o número de propágulos infectivos em relação à vegetação espontânea. No caso de algumas das leguminosas avaliadas, esse aumento do número de propágulos infectivos pode estar associado à cobertura do solo promovida por tais plantas, trazendo efeitos benéficos sobre várias propriedades do solo. Dentre essas vantagens, podem ser citados o aumento da umidade e a redução da amplitude técnica do solo, favorecendo o desenvolvimento de vários organismos do solo (FRASER, 1994; GUPTA, 1994).

Notou-se ainda que a colonização radicular da batata-doce apresentou correlação positiva com o número de propágulos infectivos do solo (Fig. 4), com resultados semelhantes aqueles encontrados por SMITH & WALKER (1981) e WALKER & SMITH (1984). Isso confirma a adequabilidade desse parâmetro ao estudo do potencial de inóculo das populações de fungos micorrízicos indígenas do solo em relação ao uso isolado do número de esporos (PORTER, 1979; PLENCHETTE et al., 1989).

Os resultados obtidos nesse trabalho demonstram os benefícios da adubação verde com leguminosas em relação à vegetação espontânea na produção da batata-doce, pelo aporte de N e reciclagem de P e K no solo, bem como sobre o potencial de inóculo dos fungos micorrízicos, em oposição ao efeito deletério da retirada da cobertura vegetal sobre esses microrganismos. O conhecimento das associações entre leguminosas e culturas de interesse econômico permitirá uma melhor utilização dos processos biológicos do solo e poderá garantir maior independência em relação aos insumos industrializados.

CONCLUSÕES

1. Os pré-cultivos com crotalária, mucuna preta e vegetação espontânea promoveram um aumento na taxa de colonização radicular da batata-doce e no número de propágulos infectados de fungos MA indígenas, quando comparados com o tratamento ausência de vegetação.
2. A maior produtividade de batata-doce (20 t/ha) foi obtida com o cultivo prévio da mucuna preta.
3. O pré-cultivo com crotalária eliminou a ocorrência de tubérculos de batata-doce rachados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUD, A.C. de S. **Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural de Patos de Minas.** Itaguaí: UFRRJ, 1986. 296p. Tese de Mestrado.
- ALLEN, M.F. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on water movement through *Bouteloua gracilis* (H.B.K.). **The New Phytologist**, Oxford, v.91, p.191-196, 1982.
- ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A.; DE-POLLI, H.; CUNHA, L.H.; FREIRE, L.R.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; PEREIRA, N.N.C.; EIRA, P.A.; BLOISE, R.M.; SALEK, R.C. **Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro.** Itaguaí: UFRRJ, 1988. 179p. (Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias, 2)
- ALVES, J.M.C.; PAULA, M.A.; PINTO, J.E.B.P.; PASQUAL, M. Utilização de micorrizas vesículo-arbusculares na aclimatação e crescimento de mudas de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) micropropagadas in vitro. **Ciência e Prática**, Lavras, v.13, p.214-223, 1989.

- AMES, R.N.; REID, C.P.P.; PORTER, L.K.; CAMBARDELLA, C. Hyphal uptake and transport of nitrogen from two ^{15}N -labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. **The New Phytologist**, Oxford, v.95, p.381-396, 1983.
- AN, Z.Q.; GUO, B.Z.; HENDRIX, J.W. Populations of spores and propagules of mycorrhizal fungi in relation to the life cycles of tall fescue and tobacco. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, p.813-817, 1993a.
- AN, Z.Q.; HENDRIX, J.W.; HERSHMAN, D.E.; FERRIS, R.S.; HENSON, G.T. The influence of crop rotation and soil fumigation on a mycorrhizal fungal community associated with soybean. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v.3, p.171-182, 1993b.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. n.p. (Instituto Agronômico, Boletim 78)
- BHARDWAJ, K.K.R.; DATT, N. Effects of legume green-manuring on nitrogen mineralization and some microbiological properties in an acid rice soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, p.272-280, 1995.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Editora Freitas Bastos, 1989. 878 p.
- BREDA FILHO, J.; FREIRE, E.S.; ABRAMIDES, E. Adubação de batata-doce com diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio. **Bragantia**, Campinas, v.11, p.55-79, 1951.
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L., ed. **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: SSSA, 1982. Part 2. p.595-624.

- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346p.
- CARDOSO, E.J.B.N.; LAMBAIS, M.R. Aplicações práticas de micorrizas vesículo-arbusculares (MVA). In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., ed. **Microbiologia do Solo.** Campinas: SBCS, 1992. p.283-296.
- CARON, M. Potential use of mycorrhizae in control of soil-borne diseases. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Guelph, v.11, p.177-179, 1989.
- CHAVES, L.H.G.; PEREIRA, H.H.G. **Nutrição e adubação de tubérculos.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. 97p.
- COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: POWELL, C.L.; BAGYARAJ, J., ed. **VA Mycorrhiza.** Boca Raton: CRC Press, 1984. p.155-186.
- DANGLER, J.M.; LOCASCIO, S.J.; HALSEY, L.H. Sweet potato for biomass. **Biomass**, Barking, v.4, p.253-261, 1984.
- DANIELS, B.A.; McCOOL, P.M.; MENGE, J.A. Comparative inoculum potential of spores of six vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **The New Phytologist**, Oxford, v.89, p.385-391, 1981.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; FRANCO, A.A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O., eds. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas.** Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p.225-242.

- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ, 1991. 268p.
- DODD, J.C.; ARIAS, I.; KOOMEN, I.; HAYMAN, D.S. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. 1. The effect of pre-cropping and inoculation with VAM-fungi on plant growth and nutrition in the field. **Plant and Soil**, The Hague, v.122, p.229-240, 1990.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., ed. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p.3-21.
- DOUDS JUNIOR, D.D.; SCHENCK, N.C. Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regimens. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.56, p.413-418, 1990.
- DUKE, J.A. **Handbook of legumes of world economic importance**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1983. 345p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- EVANS, D.G.; MILLER, M.H. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and the soil-disturbance-induced reduction of nutrient absorption in maize. I. Casual relations. **The New Phytologist**, Oxford, v.110, p.67-74, 1988.

- EVANS, D.G.; MILLER, M.H. The role of external mycelial network in the effect of soil disturbance upon vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of maize. **The New Phytologist**, Oxford, v.114, p.65-71, 1990.
- FAIRCHILD, G.L.; MILLER, M.H. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and the soil-disturbance-induced reduction of nutrient absorption in maize. III. Influence of P amendments to soil. **The New Phytologist**, Oxford, v.114, p.641-650, 1990.
- FERRAZ, L.C.C.B. Doenças causadas por nematóides em batata-doce, beterraba, gengibre e inhame. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.182, p.31-38, 1985.
- FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembola in a permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, p.303-308, 1995.
- FONTES, M.R.; WEED, S.B.; BOWEN, L.H. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some oxisols from Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.982-990, 1992.
- FRANSON, R.L.; BETHLENFALVAY, G.J. Infection unit method of vesicular-arbuscular mycorrhizal propagule determination. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.53, p.754-756, 1989.
- FRANZLUEBBERS, K.; WEAVER, R.W.; JUO, A.S.R.; FRANZLUEBBERS, A.J. Mineralization of carbon and nitrogen from cowpea leaves decomposing in soils with different levels of microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, p.100-102, 1995.

- FRASER, P.M. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., ed. **Soil biota: Management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. p.125-132.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Anuário estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, v.54, seção 3, p.27, 1994.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Espores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v.46, p.235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **The New Phytologist**, Oxford, v.84, p.489-500, 1980.
- GIRMA, T.; ENDALE, B. Influence of manuring on certain soil physical properties in the Middle Awash area of Ethiopia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v.26, p.1565-1570, 1995.
- GUPTA, V.V.S.R. The impact of soil and crop management practices on the dynamics of soil microfauna and mesofauna. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., ed. **Soil biota: Management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. p.107-124.
- GUZMÁN-PLAZOLA, R.A.; FERRERA-CERRATO, R. **La endomicorriza vesicul-arbuscular en las leguminosas**. Montecillo: Colegio de Postgraduados, 1990. 119p.

- HAMEL, C.; SMITH, D.L. Interspecific N-transfer and plant development in a mycorrhizal field-grown mixture. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.23, p.661-665, 1991.
- HARDIE, K.; LEYTON, L. The influence of VA mycorrhiza on growth of red clover. I. In phosphate deficient soil. **The New Phytologist**, Oxford, v.89, p.599-608, 1981.
- HARINIKUMAR, K.M.; BAGYARAJ, D.J. Effect of crop rotation on native vesicular-arbuscular mycorrhizal propagules in soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.110, p.77-80, 1988.
- HARINIKUMAR, K.M.; BAGYARAJ, D.J. Effect of cropping sequence, fertilizers and farmyard manure on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in different crops over three consecutive seasons. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.7, p.173-175, 1989.
- HAYMAN, D.S. VA Mycorrhizas in field crop systems. In: SAFIR, G.R., ed. **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton: CRC Press, 1987. p.171-192.
- HAYSTEAD, A.; MALAJCZUK, N; GROVE, R.S. Underground transfer of nitrogen between pasture plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **The New Phytologist**, Oxford, v.108, p.417-423, 1988.
- ILAG, L.L.; ROSALES, A.M.; ELAZEGUI, F.A.; MEW, T.W. Changes in the population of infective endomycorrhizal fungi in a rice-based cropping system. **Plant and Soil**, The Hague, v.103, p.67-73, 1987.
- JASPER, D.A.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **The New Phytologist**, Oxford, v.118, p.471-476, 1991.

- KHANIZADEH, S.; HAMEL, C.; KIANMEHR, H.; BUSZARD, D.; SMITH, D.L. Effect of three vesicular-arbuscular mycorrhizae species and phosphorus on reproductive and vegetative growth of three strawberry cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v.18, p.1073-1079, 1995.
- KIRCHNER, M.J.; WOLLUM, A.G.; KING, L.D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.57, p.1289-1295, 1993.
- KOSKE, R.E. *Gigaspora gigantea*: Observations on spore germination of a VA-mycorrhizal fungus. **Mycologia**, New York, v.73, p.288-300, 1981.
- KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycology Research**, Cambridge, v.92, p.488-505, 1989.
- LAMBAIS, M.R. Aspectos bioquímicos e moleculares da relação fungo-planta em micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, J.O., ed. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA, 1996. p.5-38.
- LEITE, J.A.; FERNANDES MEDINA, B. Efeito dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um latossolo amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.1417-1422, 1984.
- LOPES, A.S. Manejo: Aspectos químicos. In: PEREIRA, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P., eds. **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: UNESP/SBCS, 1994. p.79-111.

- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.1-19, 1983.
- LORDELLA, L.G.E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 6.ed. São Paulo: Editora Nobel, 1981. 314p.
- LUTZ, J.M.; DEONIER, M.T.; WALTERS, B. Cracking and keeping quality of Puerto Rico sweet potatoes as influenced by rate of fertilizer, nitrogen ratio, lime, and borax. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.54, p.407-412, 1949.
- McARTHUR, D.A.J.; KNOWLES, N.R. Influence of species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus nutrition on growth, development and mineral nutrition of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Physiology**, Edmonton, v.102, p.771-782, 1993.
- McGONIGLE, T.P.; EVANS, D.G.; MILLER, M.H. Effect of degree of soil disturbance on mycorrhizal colonization and phosphorus absorption by maize in growth chamber and field experiments. **The New Phytologist**, Oxford, v.116, p.629-639, 1990.
- McGRAW, A.C.; HENDRIX, J.W. Influence of soil fumigation and source of strawberry plants on population densities of spores and infective propagules of endogonaceous mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, v.94, p.425-434, 1986.
- MIRANDA, J.E.C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; AGUILAR, J.A.E. **Cultivo da batata-doce (*Pomoea batatas* (L.) Lam.)**. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1984. 8p. (Instruções Técnicas do CNPHortaliças, 7)

- MORTON, J.B.; BENNY, G. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zigomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotaxon**, Ithaca, v.37, p.471-491, 1990.
- NAIR, M.G.; SAFIR, G.N.; SIQUEIRA, J.O. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza-stimulatory compounds from clover (*Trifolium repens*) roots. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v.57, p.434-439, 1991.
- OCIO, J.A.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.23, p.171-176, 1991.
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil**: Guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- OLSEN, S.R.; COLE, C.V.; WATANABE, F.S.; DEAN, L.A. **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate**. Washington: USDA, 1954. 19p. (USDA, Circular n. 939)
- OTERO, J.R. **Informações sobre algumas plantas forrageiras**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola/Ministério da Agricultura, 1961. 331p. (Série Didática, 11)
- PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., ed. **Soil biota: Management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. p.3-9.

- PAULA, M.A.; REIS, V.M.; DOBEREINER, J. Interactions of *Glomus clarum* with *Acetobacter diazotrophicus* in infection of sweet potato (*Ipomoea batatas*), sugarcane (*Saccharum* spp.), and sweet sorghum (*Sorghum vulgare*). **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.11, p.111-115, 1991.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.289-293, 1987.
- PLENCHETTE, C.; PERRIN, R.; DUVERT, P. The concept of soil infectivity and a method for its determination as applied to endomycorrhizas. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.67, p.112-115, 1989.
- PORTER, W.M. The Most Probable Number Method for enumerating infective propagules of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the soil. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v.17, p.515-519, 1979.
- RANTANEN, L.; PALOMAKI, V.; HOLOPAINEN, T. Interactions between exposure to O₃ and nutrient status of trees: effects on nutrient content and uptake, growth, mycorrhiza and needle ultrastructure. **The New Phytologist**, Oxford, v.128, p.679-687, 1994.
- SAME, B.I.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. Phosphorus, soluble carbohydrates and endomycorrhizal infection. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.15, p.593-597, 1983.
- SANDERS, D.W. International activities in assessing and monitoring soil degradation. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v.7, p.17-24, 1992.

- SANTOS, M.A.; RUANO, O. Reação de plantas usadas como adubos verdes a *Meloidogyne incognita*; Raça 3 e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, s.l., v.11, p.184-197, 1987.
- SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T. Mucuna: A proteção do solo em lavoura de milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.1, p.21-25, 1988.
- SCHUEPP, H.; BODMER, M. Complex response of VA-mycorrhizae to xenobiotic substances. **Toxicological and Environmental Chemistry**, London, v.30, p.193-199, 1991.
- SHAOBING, P.; EISSENSTAL, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K.; HODGE, N.C. Growth depression in mycorrhizal citrus at high phosphorus supply. **Plant Physiology**, Lancaster, v.101, p.1063-1071, 1993.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Technical Cooperation/Federal Republic of Germany, 1991. 371p.
- SIEVERDING, E.; LEIHNER, D.E. Influence of crop rotation and intercropping of cassava with legumes on VA mycorrhizal symbiosis of cassava. **Plant and Soil**, The Hague, v.80, p.143-146, 1984.
- SILVA, J.L.O.; CALBO, A.G.; HENZ, G.P. Classificação e beneficiamento de hortaliças. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.169, p.48-53, 1991.
- SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEAUX, P.; LIMA, J.M.; CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde - milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, p.649-654, 1997.
- SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., ed. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.257-282.

- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M., ed. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p.151-194.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesículo-arbusculares em agro e ecossistemas naturais do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.1499-1506, 1989.
- SIQUEIRA, J.O.; NAIR, M.G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G.R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **CRC Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.10, p.63-121, 1991.
- SMITH, S.E.; WALKER, N.A. A quantitative study of mycorrhizal infection in *Trifolium*: Separate determination of the rates of infection and of mycelial growth. **The New Phytologist**, Oxford, v.89, p.225-240, 1981.
- SOUZA, F.A. **Influência da adubação verde sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz)**. Seropédica: UFRRJ, 1996. 88p. (Tese de Mestrado)
- STRIBLEY, D.R.; TINKER, P.B.; RAYNER, J.H. Relation of internal phosphorus concentration and plant weight in plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizas. **The New Phytologist**, Oxford, v.86, p.261-266, 1980.
- STRIBLEY, D.R. Mineral nutrition. In: SAFIR, G.R., ed. **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton: CRC Press, p.59-70, 1987.

- SYLVIA, D.M.; SCHENCK, N.C. Germination of chlamydospores of three *Glomus* species as affected by soil matric potential and fungal contamination. **Mycologia**, New York, v.75, p.30-35, 1983.
- TARAFDAR, J.C.; MARSCHNER, H. Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA-mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.26, p.387-395, 1994.
- TATE, K.R.; ROSS, D.J.; FELTMAN, C.M. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.20, p.329-335, 1988.
- TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**, The Hague, v.159, p.115-121, 1994.
- TOMMERUP, I.C. Methods for the study of the population biology of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: NORRIS, J.R.; READ, D.J.; VARMA, A.K., ed. **Methods in microbiology: techniques for the study of mycorrhiza**. London: Academic Press, 1992. p.23-51.
- TORO, M.; AZCÓN, R.; HERRERA, R. Effects on yield and nutrition of mycorrhizal and nodulated *Pueraria phaseoloides* exerted by P-solubilizing rhizobacteria. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.21, p.23-29, 1996.
- TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., ed. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p.73-90.

- URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Dinâmica do N no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS, 1., 1990, Itaguaí. **Anais**. Itaguaí: UFRRJ, 1990. p.181-251.
- WALKER, N.A.; SMITH, S.E. The quantitative study of mycorrhizal infection. II. The relation of rate of infection and spread of fungal growth to propagule density, the mean length of the infection unit and the limiting value of the fraction of root infected. **The New Phytologist**, Oxford, v.96, p.55-69, 1984.
- WANG, G.M.; STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B.; WALKER, C. Effects of pH on arbuscular mycorrhiza. I. Field observations on the long-term liming experiments at Rothamsted and Woburn. **The New Phytologist**, Oxford, v.124, p.465-472, 1993.
- WEISSENHORN, I.; LEYVAL, C.; BERTHELIN, J. Bioavailability of heavy metals and abundance of arbuscular mycorrhiza in a soil polluted by atmospheric deposition from a smelter. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, p.22-28, 1995a.
- WEISSENHORN, I.; MENCH, M.; LEYVAL, C. Bioavailability of heavy metals and abundance of arbuscular mycorrhiza in a sewage-sludge-amended sandy soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.27, p.287-296, 1995b.
- WILDNER, L.P.; DADALTO, G.G. Adubos verdes de verão para o Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.4, n.3, p.36-40, 1991.
- WILSON, J.M.; TRINICK, M.J. Infection development and interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **The New Phytologist**, Oxford, v.93, p.543-553, 1983.

ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J.O. Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 36p. (Documentos, 26)

ZAMBOLIM, L. Potencial dos fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no controle de fitopatógenos e implicações com a nutrição fosfatada. In: BETTIOL, W., org. **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: EMBRAPA/CNPDA, p.87-120, 1991.

APÊNDICE

Quadro 1 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de massa seca; quantidade de N, P e K acumulados; relação C/N, considerando a parte aérea dos adubos verdes

Fonte de variação	Valor F				
	Massa seca (kg/ha)	N total (kg/ha)	P total (kg/ha)	K total (kg/ha)	Relação C/N
Blocos	0,58	1,41	1,43	1,01	1,39
Tratamentos	5,58 ^{**}	13,36 ^{**}	6,08 ^{**}	6,54 ^{**}	19,99 ^{**}
C.V. (%)	43,19	38,38	45,89	53,37	18,51

^{**} Significância (p < 0,01)

Quadro 2 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de massa seca; quantidade de N, P e K acumulados; relação C/N, considerando as raízes dos adubos verdes

Fonte de variação	Valor F				
	Massa seca (kg/ha)	N total (kg/ha)	P total (kg/ha)	K total (kg/ha)	Relação C/N
Blocos	0,91	0,80	1,11	1,04	0,15
Tratamentos	135,07 ^{**}	414,77 ^{**}	59,92 ^{**}	41,57 ^{**}	8,28 ^{**}
C.V. (%)	33,94	18,00	52,02	58,72	18,05

^{**} Significância (p < 0,01)

Quadro 3 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de massa fresca e seca; quantidade de N, P e K acumulados, considerando as ramas de batata-doce

Fonte de variação	Valor F				
	Massa fresca (t/ha)	Massa seca (t/ha)	N total (kg/ha)	P total (kg/ha)	K total (kg/ha)
Blocos	1,66	1,46	0,91	1,73	0,47
Tratamentos	9,93**	8,08**	6,48**	6,57**	4,37*
C.V. (%)	27,11	20,06	32,31	32,81	31,63

* Significância ($p < 0,05$)

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 4 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de massa fresca; quantidade de N, P e K acumulados, considerando os tubérculos de batata-doce

Fonte de variação	Valor F			
	Massa fresca (t/ha)	N total (kg/ha)	P total (kg/ha)	K total (kg/ha)
Blocos	0,07	0,97	1,32	0,15
Tratamentos	10,80**	10,71**	6,17**	11,69**
C.V. (%)	14,80	21,13	18,61	15,60

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 5 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para as categorias Extra A, Extra, Diversas, 10 a 79 g e Rachadas, considerando a classificação comercial dos tubérculos de batata-doce

Fonte de variação	Valor F					
	Extra A (%)	Extra (%)	Diversas (%)	Extra + Diversas (%)	10 a 79 g (%)	Rachadas (%)
Blocos	1,99	3,29	1,58	0,82	1,22	0,43
Tratamentos	0,18	3,00*	2,90	2,68	2,67	3,68*
C.V. (%)	2,49	2,88	3,94	7,36	3,50	6,01

* Significância ($p < 0,05$)

Quadro 6 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para teores de K e Ca + Mg; pH, considerando o solo rizosférico coletado no momento de incorporação das leguminosas

Fonte de variação	Valor F		
	K (mg/dm ³)	Ca + Mg (mmol/dm ³)	pH
Blocos	0,10	0,39	0,77
Tratamentos	1,96	2,27	4,38*
C.V. (%)	22,81	19,92	4,59

* Significância ($p < 0,05$)

Quadro 7 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para biomassa microbiana carbono (BMS-C) e nitrogênio (BMS-N), considerando os momentos de incorporação das leguminosas e de colheita da batata-doce

Fonte de variação	Valor F			
	BMS-C		BMS-N	
	Pré-cultivo ($\mu\text{g/g}$)	Batata ($\mu\text{g/g}$)	Pré-cultivo ($\mu\text{g/g}$)	Batata ($\mu\text{g/g}$)
Blocos	5,46**	6,02**	1,20	6,95**
Tratamentos	1,51	0,95	1,88	3,77*
C.V. (%)	23,89	21,44	38,54	19,00

* Significância ($p < 0,05$)

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 8 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para número de esporos e taxa de colonização radicular, considerando os momentos de incorporação das leguminosas e da colheita da batata-doce

Fonte de variação	Valor F			
	Esporos		Colonização	
	Pré-cultivo (nº/50 ml)	Batata (nº/50 ml)	Pré-cultivo (%)	Batata (%)
Blocos	1,44	0,26	5,51*	8,76
Tratamentos	5,49**	0,19	7,69**	12,96
C.V. (%)	13,03	19,46	1,10	0,81

* Significância ($p < 0,05$)

** Significância ($p < 0,01$)