

BIO-140

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TRABALHO DE LICENCIATURA

TEMA:

O PROCESSO DE INFECCÃO DAS RAÍZES DO FEIJÃO JUGO
(*Vigna subteranea L.*) POR FUNGOS MICORRÍZICOS NO
SOLO ARENOSO DO CAMPUS, E VIVEIROS DA ESTUFA

Autor: Wilson Jaime Machava

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Trabalho de Licenciatura

TEMA:

O PROCESSO DE INFECÇÃO DAS RAIZES DO FEIJÃO JUGO (*Vigna Subterranea L.*) POR FUNGOS MICORRÍZICOS NO SOLO ARENOSO DO CAMPUS, E VIVEIROS DA ESTUFA

Autor: Wilson Jaime Machava

Supervisores: Dr. Henk Doddema

dr. Orlando Quilambo

Maputo, Julho de 2000

Agradecimentos.

- . Gostaria de manifestar os meus sinceros agradecimentos aos meus supervisores nomeadamente Dr. Henk Doddema e dr. Orlando Quilambo pelo incansável apoio e paciência demonstrados na transmissão dos seus conhecimentos tornando possível a conclusão deste trabalho.
- . Ao projecto DEIBI (Programa de Desenvolvimento de Investigação no Departamento de Biologia) pelo apoio financeiro e material prestados.
- . Ao Dr.Muly (FAEF) e ao dr. Almeida Guissamulo pelo apoio estatístico e organização de dados, tornando possível a conclusão deste trabalho.
- . À dr. Aidate Mussagy pelo apoio material durante o presente trabalho.
- . Aos meus irmãos, em especial a Joana pelo apoio moral durante o curso.
- . Aos meus tios Henriques, Lázaro Ernesto e toda a família Mabone pela assistência e apoio moral demonstrados durante o curso.
- . Ao meu primo William Faife Tivane pela assistência e apoio moral demonstrados durante o curso.
- . Às minhas colegas e amigas nomeadamente Alice Manjate e Delfina Folige pelo apoio moral, e ajuda na amostragem ao longo deste trabalho.
- . Ao meu amigo Joaquim José Arota pelo apoio moral demonstrado.
- . Ao meu amigo Zefanias Muchate pelo apoio material e moral.
- . Aos docentes, colegas, trabalhadores e todos aqueles que directo ou indirectamente contribuíram neste trabalho os meus agradecimentos.

Declaração.

Declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria e que os dados referentes ao mesmo refletem a realidade colhida em campo.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais Jaime Machava e Dina Mavone a os devo pela assistência, apoio moral, carinho e afeição demonstrado durante todo o curso que nenhuma outras pessoas fossem capazes de dar.

À minha falecida irmã Zelina Jaime Machava, que este trabalho se reflecta na sua memória. Eterno descanso.

Resumo.

O feijão jugo é a segunda leguminosa do país em área cultivada (sem contar com amendoim), tem sido muito subestimado pela investigação. Mesmo a nível internacional pouco trabalho é feito sobre o feijão jugo e muito menos em Moçambique.

O ensaio para o presente estudo foi montado em Março do ano 2000, em solo franco-arenoso do campus e viveiros da estufa do Departamento de Ciências Biológicas da UEM em Maputo. A investigação teve início uma semana depois da sementeira, prolongando até Abril do mesmo ano, com uma amostragem diária, excluindo sábados e domingos, durante um período de 7 semanas.

Este trabalho teve como objectivos, análise do processo de infecção das raízes do feijão jugo (*Vigna subterranea L.*) por fungos micorrízicos do solo, fixação simbiótica do nitrogénio e crescimento duma variedade do feijão jugo de sementes de cor branca.

A amostragem no presente estudo consistiu numa análise destrutiva de oito plantas diariamente colhidas.

A análise de infecção por fungos micorrízicos foi feita com base na observação microscópica de dez segmentos de raízes com cerca de 1cm de comprimento por cada uma das oito plantas de cada amostra diária, e a fixação simbiótica de nitrogénio com base no número de nódulos. Por sua vez o crescimento vegetativo foi analisado através dos pesos secos das folhas, caules, raízes e área foliar.

Glossário.

AEFo – área específica das folhas.

AFo – área foliar.

AM – arbuscular micorriza.

DE – dias de experiência.

DDS – dias depois da sementeira.

%F – frequência de infecção.

%M - intensidade de infecção.

MS – matéria seca.

NN – número de nódulos.

NSI – número de segmentos infectados

PEFo – pesos específicos das folhas.

PFT – pesos frescos totais.

PPI – proporção das plantas infectadas.

PSFo – pesos secos das folhas.

PSC – pesos secos dos caules.

PSR – peso seco da raiz.

PST – peso seco total.

RAFo – razão da área foliar.

RPSC – razão do peso seco dos caules.

RPSFo – razão do peso seco das folhas.

RPSR – razão do peso seco das raízes.

TCAC – taxa de crescimento absoluta dos caules.

TCAFo – taxa de crescimento absoluta das folhas.

TCAR – taxa de crescimento absoluta da raiz.

TCAT – taxa de crescimento absoluta total.

ZI – zona infectadas

ZNR – zona nova da raiz.

ZPR – zona pilosa da raiz.

ZVR – zona velha da raiz.

ÍNDICE:

| Conteúdos----- | Páginas----- |
|--|--------------|
| I-Introdução----- | 1 |
| II-Objectivos----- | 4 |
| III-Hipóteses----- | 4 |
| IV-Área de estudo----- | 5 |
| V-Material e Métodos----- | 6 |
| V1-Montagem de Ensaio----- | 6 |
| V2-Plano de Colheita----- | 6 |
| VI-Calculo dos ResultadosDerivados----- | 7 |
| VII-Análise Estatística dos Resultados----- | 9 |
| VIII-Resultados----- | 10 |
| VIII 1-Intensidade e Frequência de Infecção----- | 11 |
| VIII 2-Infecção Micorrizicos por em Diferentes Partes da Raiz----- | 13 |
| VIII 3-Proporção das plantas Infectadas----- | 14 |
| VIII 4-Fixação simbiótica----- | 15 |
| VIII 5-Peso Fresco Total----- | 16 |
| VIII 6-Peso Seco Total----- | 17 |
| VIII 7-Peso Seco das Folhas----- | 18 |
| VIII 8-Peso Seco dos Caules----- | 19 |
| VIII 9-Peso Seco das Raízes----- | 20 |
| VIII 10-Taxa de Crescimento Absoluta Total----- | 21 |
| VIII 11-Taxa de Crescimento Absoluta das Folhas----- | 22 |
| VIII 12 Taxa de Crescimento Absoluta do Caule----- | 23 |
| VIII 13-Taxa de Crescimento Absoluta da Raiz----- | 24 |
| VIII 14-Área Foliar----- | 25 |
| VIII 15-Floração----- | 26 |
| VIII 16-Área Específica das Folhas----- | 27 |
| VIII 17-Razão da Área Foliar----- | 28 |

| | |
|---|----|
| VIII 18-Razão do Peso Seco das Folhas----- | 29 |
| VIII 19-Razão do Peso Seco da Raiz----- | 30 |
| VIII 20-Razão do Peso Seco da Raiz----- | 31 |
| VIII 21-% da Matéria Seca----- | 32 |
| VIII 22-Correlação entre o PST e %M----- | 33 |
| VIII 23-Correlação entre PST e NN----- | 34 |
| VIII 24- Correlação entre %M e NN----- | 35 |
| VIII 25- Correlação entre NN e TCAT----- | 36 |
| VIII 26 - Correlação entre MS e %F----- | 37 |
| IX - Discussão----- | 38 |
| IX1- Infecção das Raízes por Fungos Micorrízicos----- | 38 |
| IX2- Fixação Simbiótica de Nitrogénio----- | 39 |
| IX3- Crescimento Total da Planta----- | 40 |
| IX4- Distribuição da Matéria Seca ----- | 43 |
| IX5- Relação entre VAM e Crescimento das Plantas----- | 44 |
| IX6- Relação entre NN e Crescimento das Plantas ----- | 45 |
| IX7- Relação entre NN e VAM----- | 46 |
| IX8-Outras Observações----- | 46 |
| X - Conclusões----- | 48 |
| XI - Recomendações----- | 49 |
| XII- Bibliografia----- | 50 |

I. INTRODUÇÃO

Micorriza é um sistema simbiótico de raízes da planta e fungo envolvido na absorção de água e nutrientes minerais a partir do solo (Wilhelm, 1987 citada por Allen, 1992 e Biermann & Lindermann, 1980). O sistema simbiótico pode ser constituído por ectomicorrizas, associação envolvendo fungos que formam bainha em torno da raiz que altera o padrão de crescimento dando origem a raízes mais pequenas, mais grossas, mais frágeis (Barea, *et al*, 1987), e com coloração mais escura (Ambler & Young, 1977). São mais vulgar nas árvores das florestas de climas temperados (Roger & Koide, 1991). Ou pode ser constituído por endomicorrizas que não formam bainhas, apresentando raízes morfológicamente inalteradas (Hamel, *et al*, 1991). As endomicorrizas são extremamente importantes porque a sua gama de parceiros é tão ampla que elas afectam quase todas as comunidades naturais (King & Lindermann, 1980) penetrando no córtex das raízes e formar estruturas globulosas - as vesículas e estruturas ramificadas - os arbúsculos (Ames, *et al*, 1984). Arbuscular micorrizas (AM) envolvendo hifas não septadas no córtex de raízes e micélio livre no solo, a volta de raízes infectadas (Ambler & Young, 1977).

O campo de pesquisa de micorrizas tem seguido bastantes mudanças, especialmente durante os últimos vinte anos passados (Allen, 1992), indicando que os fungos que formam endomicorrizas parecem ser biotróficos obrigatórios, não sendo possível cultivá-los em laboratório, complicando consideravelmente o seu estudo e exploração comercial (Hamel, *et al*, 1991).

Importa referir que o Arbuscular Mycorrhiza (AM) é a micorriza mais comum, tanto geograficamente como em todo o reino vegetal. Os fungos pertencem a poucas famílias (Allen, 1992) como Gigasporaceae e Acaulosporaceae (Beatriz em comunicação pessoal) e ajudam as plantas na absorção de água e nutrientes minerais do solo (Biermann e Lindermann, 1980). Evolutivamente os fungos AM parecem ter sido quase associados ao desenvolvimento das plantas terrestres, como funcionalmente importantes as estruturas fúngicas AM estão presentes em fósseis de plantas a partir do primeiro devoniano, indicando que o transporte por fungos para as plantas é antigo, podendo ter sido o pré-requisito da colonização da terra pelas plantas (Kling & Jakobsen, 1998).

O grau de troca de nutrientes entre as células do córtex da raiz hospedeira e do endófito fúngico aparentemente depende largamente da superfície de troca e da superfície inerente do endófito na aquisição de água e nutrientes minerais especialmente fósforo e zinco (Biermann & Lindermann, 1980). Quase todas plantas superiores apresentam relações de simbiose com fungos, ao nível das suas raízes (Abbot, 1982). Por esta associação ser normalmente benéfica para ambos, pensa-se que a planta fornece ao fungo açúcares e aminoácidos (Hepper, 1980). Para além de absorção de nutrientes minerais do solo, as micorrizas são importantes na protecção da planta contra os agentes patogénicos, transporte de nutrientes de plantas progenitoras para as jovens, resistência à seca, (Hepper, 1980) embora nalguns casos possa mostrar-se prejudicial à planta, causando alterações patológicas e retardar o crescimento em solos extremamente pobres (Ambler & Young, 1977).

As plantas influenciam a formação das micorrizas (Allen, 1992). Antes da sua formação as raízes viventes libertam uma série de exudados solúveis, insolúveis e voláteis, alguns dos quais actuam como mensageiros químicos que ajudam na coordenação e formação das micorrizas (Allen, 1992). Na maioria dos fungos a germinação de esporos envolve uma fase inicial em que estes aumentam de volume, em consequência de um processo de hidratação e crescimento direcional de tubos de germinação e posicionamento de hifas perto de raízes (Hepper, 1980). Uma maior infecção das raízes em solos inférteis pode reflectir-se num menor desenvolvimento das mesmas (Ambler e Young, 1977). Assim as hifas dos fungos micorrízicos estendem-se para longe da raiz e ramificam-se no solo circundante para absorção de água e nutrientes minerais (Hepper, 1980). Sob condições de luz intensa e temperaturas altas, podem-se desenvolver-se arbusculos muito largos (Hepper, 1980). Deste modo o crescimento da planta e o aumento de absorção de nutrientes relacionam-se com o grau de infecção por micorrizas (Ambler e Young, 1977). As micorrizas também influenciam outros microorganismos do solo que promovem o crescimento na rizosfera como o *Rhizobium* (Kling & Jakobsen, 1998), fixador de nitrogénio. *Rhizobium* são bactérias da família Rhizobiaceae que infectam as raízes das plantas e induzem a formação de nódulos radiculares (Valência, 1987). O *Rhizobium* multiplica-se em muitas espécies de leguminosas formando bacteróides, que podem

fixar nitrogénio com ajuda da enzima nitrogenase (Kumaga *et al.*, 1994). Os nódulos formados são originados depois da infecção pelas bactérias do *Rhizobium*, podendo ser efectivos ou não efectivos (Hamel *et al.*, 1991). Antes da entrada das células do *Rhizobium*, o contacto entre estas e os tecidos das raízes do hospedeiro estimula a saída das raízes para o solo, de compostos orgânicos e substâncias que promovem o crescimento (Noggle & Fritz, 1983).

Nódulos efectivos são diferenciados dos não efectivos pela aparência. O interior dos nódulos efectivos frescos é vermelho devido à presença da leghemoglobina, os não efectivos são verdes claro ou de pouca cor (Correia, 1994)

Entre as leguminosas (família Fabaceae) encontramos o feijão jugo (*Vigna subterranea L.*) que é uma planta herbácea ramificada, anual, pertencente à sub-família Papilionidae. São conhecidas muitas variedades que diferem na cor e no tamanho da semente (Uguru & Ezeh, 1997). É uma cultura indígena da África ocidental, e actualmente encontra-se também na África tropical, Ásia e na América do Sul (Doughty *et al.*, 1972 citado por Daisy & Kay, 1979). O feijão jugo cresce em solos infértis e arenosos principalmente de savana (Kumaga, *et al.* 1994). Por isso é cultivado na agricultura de subsistência em regiões semi-áridas de África, onde o sucesso de outras leguminosas é incerto, devido a pobreza dos solos, seca e ao ataque por pragas. Sabe-se, porém que podem ser atingidos elevados índices de produção em boas condições de fertilidade e chuva (Collinson *et al.*, 1996). O baixo valor comercial como resultado do seu baixo conteúdo de lípidos (5-8%) quando comparado ao amendoim, apesar de ser uma importante fonte de proteínas (16-25%) e de carboidratos (42-60%), limita a sua investigação (Kumanga *et al.*, 1994). É considerado um alimento completo, podendo ser consumido de várias maneiras: imaturo ou bem maduro; cozido ou torrado; misturado com óleo ou manteiga; ou em sopas. Torrado, pode substituir o café (Daisy & Kay, 1979).

Em Moçambique esta cultura é essencialmente produzida no sector familiar principalmente na região centro e norte (Silva & Ferrinho, 1964). Muito pouco conhecimento existe sobre a relação entre o feijão jugo e as micorrizas nas condições moçambicanas. Assim com este estudo pretende-se dar início a uma investigação que

permita um melhor conhecimento da simbiose do fungo de micorrizas e o feijão jugo. Os resultados poderão contribuir para o aumento da produtividade do feijão jugo, ajudando assim a melhoria da qualidade da dieta das populações rurais

II-OBJECTIVOS

II.1 - GERAL

1. Investigar o processo de infecção de raízes do feijão jugo (*Vigna subterranea* L.) por fungos micorrizicos no solo arenoso das estufas e viveiros do campus da U. E. M.

II.2 - ESPECÍFICOS

1. Determinar a taxa de infecção das raízes do feijão jugo pelos fungos micorrizicos;
2. Determinar a zona da raiz do feijão jugo com maior colonização por fungos micorrizicos;
3. Determinar a correlação entre a infecção por fungos micorrizicos e a produção de nódulos em raízes do feijão jugo;
4. Determinar a correlação entre o tempo de infecção por micorrizas e o crescimento vegetativo do feijão jugo;

III - HIPOTÉSES

1. O crescimento vegetativo do feijão jugo aumenta com a infecção por fungos micorrizicos
2. Espera-se uma maior produção de nódulos em raízes com maior infecção por fungos micorrizicos.

3. A infecção por fungos micorrízicos nas raízes do feijão jago é um processo que ocorre durante a fase vegetativa.

IV - ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi feito em viveiros num campo aberto próximo às estufas do Departamento de Ciências Biológicas da U.E.M. num solo franco-arenoso e pobre em matéria orgânica consistindo em cerca de 85,6% de areia, 13,4% de argila e 1,0% de limo (Quilambo, em preparação) com um pH, nitrogénio, fósforo, e matéria orgânica conhecida, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1. Componentes do solo.

| | | |
|------------------|------------------|-----------|
| Textura | Areia | 85,6% |
| | Argila | 13,4% |
| | Limo | 1,0% |
| pH | H ₂ O | 6,8% |
| | KCl | 6,4% |
| Nitrogénio | Ce | 0,06ms/cm |
| | N-Total | 0,08% |
| | N.t-Kjeldahl | 0,06% |
| Fósforo | P-Total | 188mg/Kg |
| | P-bray (II) | 30,7mg/Kg |
| Matéria orgânica | MO | 0,01 |
| | C | 0,07 |
| | Ca ²⁺ | 26meq/Kg |
| Bases T | Mg ²⁺ | 9,1meq/Kg |
| | Na ⁺ | 0,6meq/Kg |
| | K ⁺ | 0,9meq/Kg |
| | | |

Legenda:

- Ce-condutividade eléctrica
- P-fósforo
- MO-matéria orgânica
- C-carbono

V-MATERIAL E MÉTODOS

V-1. Montagem do Ensaio.

O ensaio foi montado num campo aberto (em viveiros) constituído por cerca de 600 sementes de feijão juro com uma distância de separação entre elas de 30 cm.

V-2- Plano de Colheita.

Foram colhidas oito plantas (8) por dia (com excepção dos sábados e domingos) através duma selecção aleatória em quadrículas sorteadas no campo, durante 35 dias de experiência com início 7 dias depois da sementeira.

Parâmetros Medidos

a) Folhas

-Determinação da área foliar, usando o instrumento de medição (Delta-T Devices, Cambridge-England)

-Peso fresco e seco através da pesagem imediata após a colheita e 48 horas depois da estufa a 80°C.

b) Caules

-Peso fresco e seco imediatamente e 48 horas depois da estufa a 80°C.

c) Raízes

-Com água corrente separou-se parte de areia aderente a elas e seguidamente removeram-se os nódulos e tirou-se uma pequena parte para a determinação da infecção

por fungos micorrízicos e à parte restante determinou-se o peso fresco através do peso imediato após a colheita e 48 horas depois da estufa a 80°C o peso seco através duma balança eléctrica (METTLER PM480 Delta Range).

d) Nódulos

Contagem por cada planta através do contador manual

e) Flores

Número de flores por planta e o registo do aparecimento das primeiras flores

f) Determinação da infecção por fungos micorrízicos

A parte das raízes separadas na alínea c serviu para a determinação de infecção segundo o método de Ambler e Young (1977), que consiste em: alcalinização do tecido das mesmas em oito tubos de ensaio a 10% (P/V) de hidróxido de potássio (KOH) num intervalo de 10 a 30 minutos a 90°C e depois fazia-se a decantação, separando-se as raízes do KOH e lavavam-se duas vezes com água da torneira e seguidamente eram acidificadas a HCl a 1% (P/V) que novamente num período de 10 a 30 minutos eram aquecidas a 90°C e novamente lavadas com água da torneira depois do período indicado. Depois coloridas com 0,05% (P/V) de azul de tripano em glicerol ácido e aquecido a 90°C durante 10 a 30 minutos e no fim aqueceram-se em glicerol ácido durante 30 minutos a 90°C em glicerol ácido e cortaram-se as raízes em segmentos curtos de 1cm e montaram-se em lâminas e lamelas e fizeram-se as observações num microscópio óptico.

VI- CALCULO DOS RESULTADOS.

As plantas diariamente colhidas, foram submetidas a uma análise, recorrendo-se `a métodos experimentais e `a fórmulas matemáticas que permitiram descrever, entre amostragens sucessivas ao longo do processo de desenvolvimento das mesmas, a formação e a acumulação da matéria seca que resultou da actividade fotossintética, com a influência da infecção fúngica e do *Rhizobium* ao longo do tempo. Os parâmetros de crescimento usados têm a finalidade de avaliar, em termos quantitativos, a formação e acumulação da biomassa determinado, por factores acima referidos. Os resultados foram analisados através dos seguintes parâmetros.

.Área Específica da Folha (AEFo), foi calculada de acordo com Lambers e Poorter (1992), citado por Martins (1999), como razão da área da folha pelo peso seco da folha em cm²/g

$$AEFo = AFo / PSFo$$

Onde: AF é a área da folha em cm²

PSFo é o peso seco da folha em g

.Razão da Área da Folha (RAFo), segundo Teixeira e Ricardo (1983), foi calculada como o quociente entre a superfície foliar e o peso seco da planta inteira.

$$RAFo = AFo / PST$$

Onde: PST é o peso seco total

.Razão do Peso Seco da Raiz (RPSR), como peso seco da raiz por peso seco total da planta

$$RPSR = PSR / PST$$

Onde: PSR é o peso seco da raiz

.Razão do Peso Seco da Folha (RPSFo), como sendo peso seco da folha por peso seco total

$$RPSFo = PSFo / PST$$

.Razão do Peso Seco do Caule (RPSC), como sendo peso seco do caule por peso seco total

$$RPSC = PSC / PST$$

Onde: PSC é o peso seco do caule.

.Taxa de crescimento absoluto (TCA) foi calculada de acordo com Fitter e Hay (1981), como sendo:

$$TCA = (Ps2 - Ps1) / (t2 - t1)$$

Onde: Ps1 é o peso seco da planta no tempo1 em gramas e Ps2 peso seco da planta no tempo2 em gramas e t1 e t2 tempo em dias

.Porcentagem da Matéria Seca da planta(%Mat S), com base na seguinte formula:

$$\%Mat S=(PST/PFT)*100$$

Onde: PFT é o peso fresco total

PST é o peso seco total

.Peso Especifico da Folha (PEFo) foi determinado como sendo:

$$PEFo=PSF/AFo$$

Onde :PSFo é o peso seco das folhas

VII- ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados obtidos através dos índices de crescimento, infecção e nodulação expressos nos gráficos são valores médios adquiridos com base numa análise estatística estabelecida a partir de determinações realizadas em amostragens sucessivas de 8 plantas (ver Discussão), que para a sua análise foi usado o teste estatístico "linear correlation" (Gomez e Gomez, 1983) para a determinação de correlações entre os seguintes dados:

- Número de Nódulos e a intensidade de infecção (%M);
- Número de Nódulos e o Peso Seco Total;
- Intensidade de Infecção (%M) e Número de Nódulos;
- Número de Nódulos e Taxa de Crescimento Absoluto Total;
- Frequência de infecção (%F) e Matéria Seca.

Para a determinação da proporção das plantas infectadas será usada a seguinte fórmula matemática:(Gomez e Gomez, 1983)

$$a) P = \frac{y}{n}$$

Onde :

P - é a proporção das plantas infectadas;

y - é o número de plantas infectadas;

n - o tamanho da amostra no dia t

A frequência (%F) e intensidade (%M) de infecção por fungos micorizicos serão analisados com as seguintes formulas (Pearson,1986)

$$b) \%F = 100(N - n_0)/N$$

Onde:

%F – frequência de infecção

N – número total de segmentos de raízes a serem observados

n_0 - número de segmentos sem infecção

A intensidade de infecção (%M) por fungos micorrizicos no córtex de cada segmento da raiz foi determinada através duma observação microscópica, atribuindo-se valores de 1 a 5 conforme a % de infecção do córtex de cada segmento de raiz conforme o indicado abaixo e determinado com a formula em "c".

$$c) \%M = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1)/N$$

Onde :

M- é a intensidade de infecção

n_5 -segmento de raiz com mais de 95% do seu córtex infectado

n_4 -segmento de raiz com mais de 70% do seu córtex infectado

n_3 - segmento de raiz com mais de 30% do seu córtex infectado

n_2 -segmento de raiz com mais de 5% do seu córtex infectado

n_1 .segmento de raiz com uma infecção abaixo de 1%.

N - número total de segmentos de raízes a serem observados

VIII-RESULTADOS

No presente trabalho foi analisado o estabelecimento de micorrizas e a infecção por *Rhizobium* no feijão juro (*Vigna subterranea* L.)a partir da germinação, incluindo a fase vegetativa e a fase generativa.

VIII-1 Infecção por Fungos Micorrízicos

A infecção por fungos micorrízicos nas raízes do feijão jugo (fig 1) ocorreu ainda no 1º dia da experiência. A pesar de ter ocorrido cedo, a intensidade da mesma foi baixa no início, tendo aumentado gradualmente, atingindo o primeira pico no 10º DE, o correspondente à terceira semana após a sementeira, e a estabilização de infecção ocorreu a partir do 39º DE.

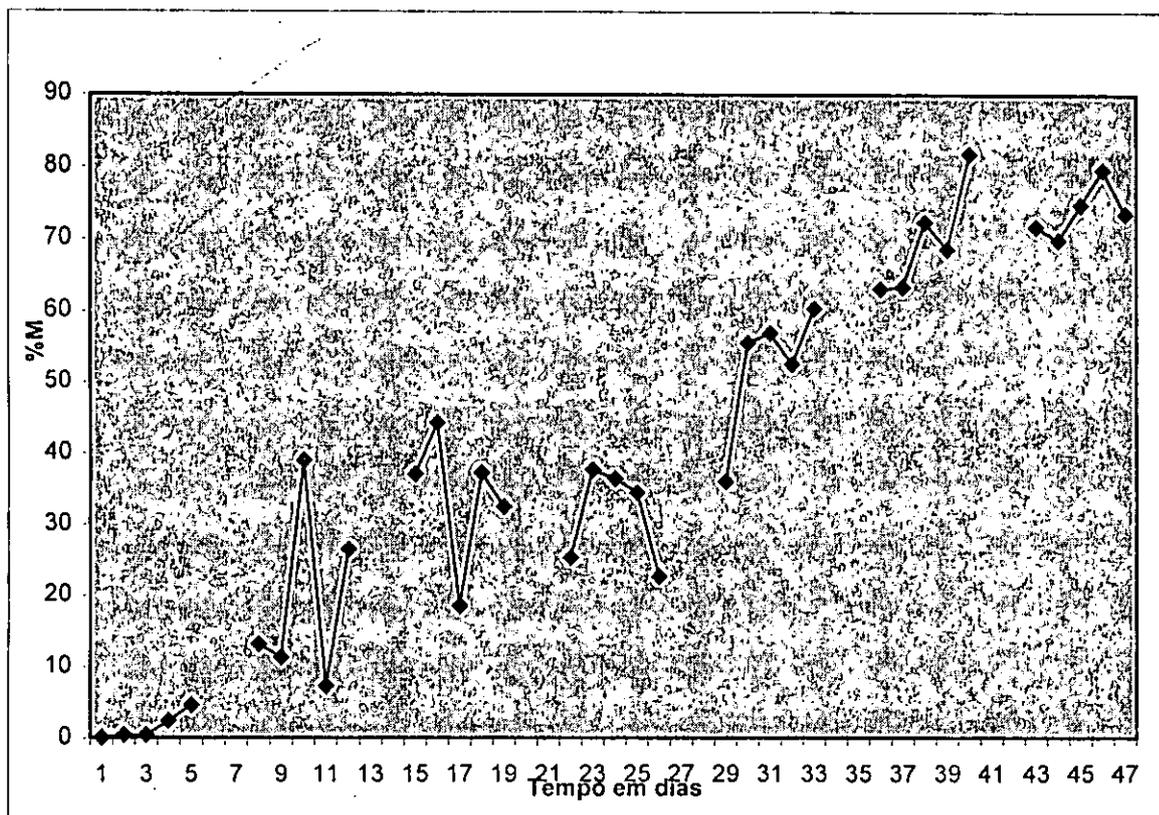


Figura 1: intensidade de infecção (%M) por fungos micorrízicos.

Legenda:

cada ponto (.) representa o valor médio de oito plantas de cada amostra.

Os intervalos na figura são os sábados e domingos, onde não houve amostra.

Desvio padrão (DP) - 25.911 \approx 1.84%

Por sua vez a frequência de infecção foi muito rápida, atingindo a estabilização na ordem de 100% de raízes infectadas a partir do 10º dia DE (fig.2).

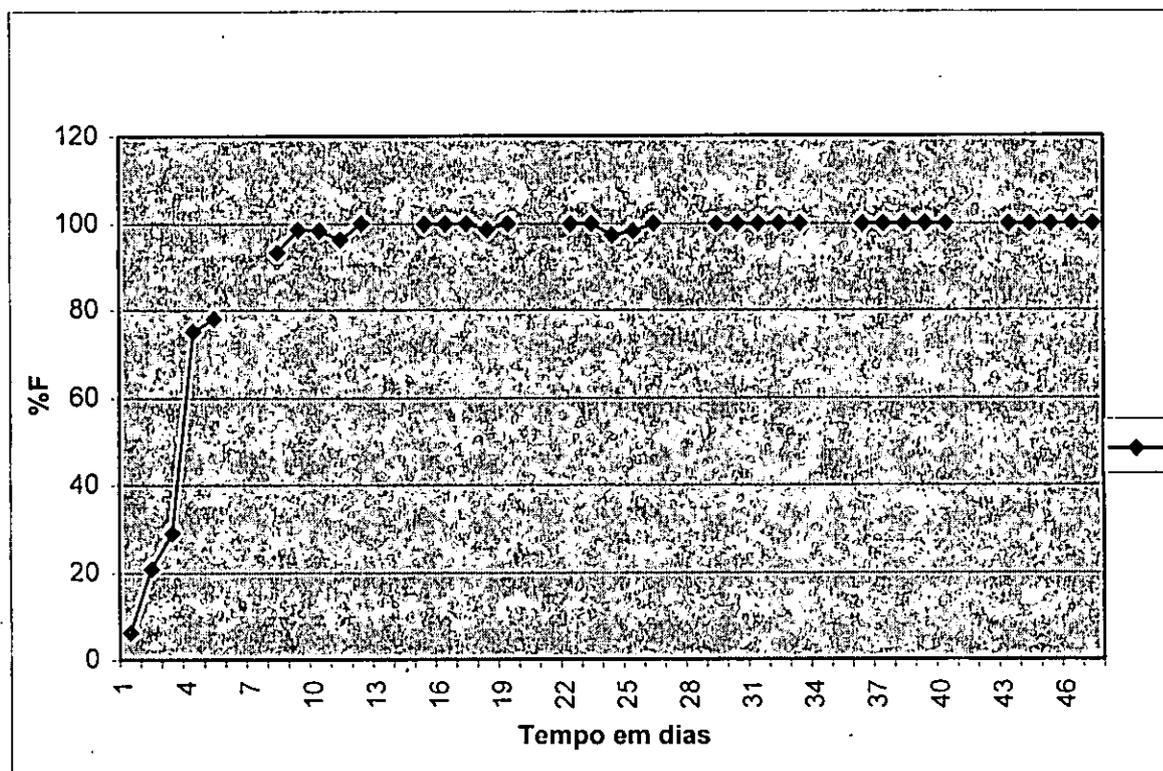


Figura 2: frequência de infecção (%F) por fungos micorrízicos

Legenda:

%F-frequência de infecção fúngica

DP-22.73 \approx 0.71%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem.

VIII-2 Infecção por Fungos Micorrízicos nas Diferentes Partes da Raíz.

Segundo a figura 3 existe uma diferença de infecção por fungos micorrízicos nas diferentes partes da raíz, podendo-se ver a maior infecção na zona pilosa e na zona velha da mesma, sendo a zona nova (zona de crescimento) a que apresenta a mais baixa infecção.

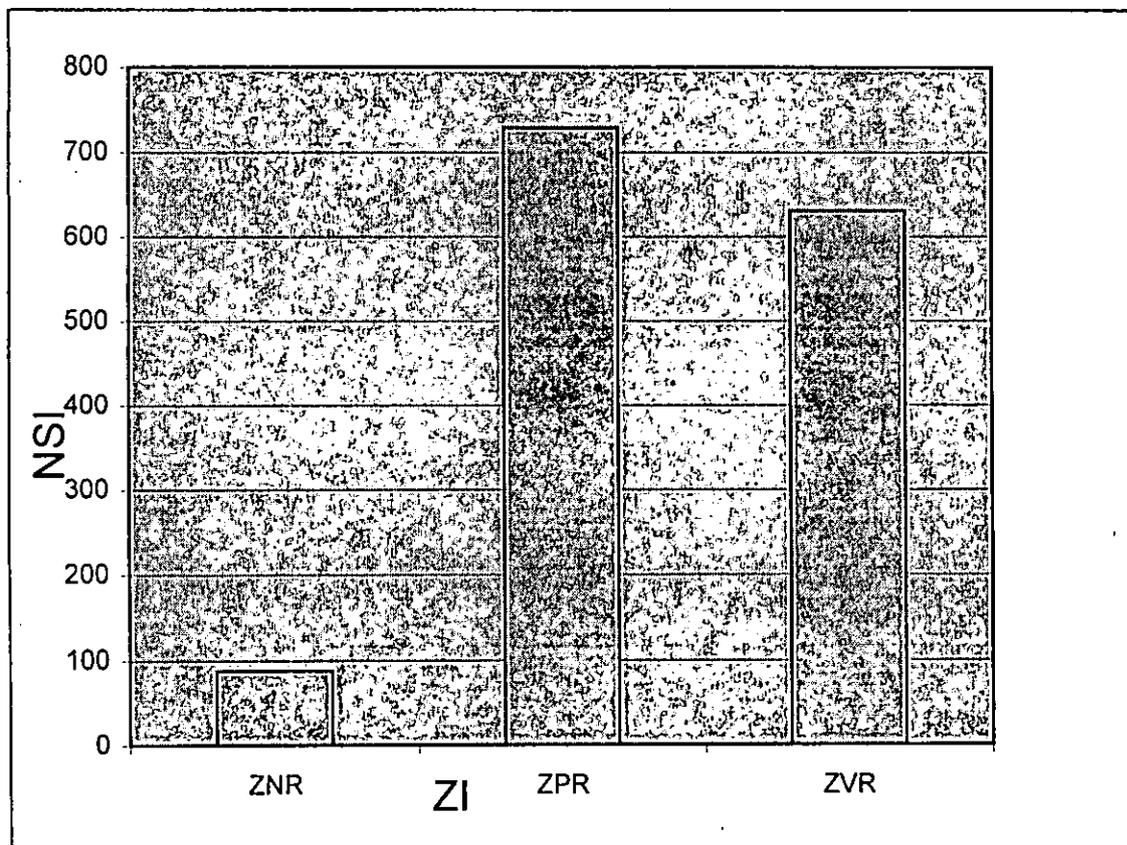


Figura 3: Intensidade de Infecção em Diferentes Partes da Raíz

Legenda:

ZNR-zona nova da raíz \approx 6.07%.

ZPR-zona pilosa da raíz \approx 50.3%

ZVR-zona velha da raíz \approx 43.6%

ZI- zonas infectadas

NSI- número de segmentos infectados

VIII- 3. Proporção das Plantas Infectadas

Segundo os resultados (fig. 4) a infecção ocorreu muito rapidamente e a proporção das plantas infectadas atingiu a estabilidade a partir do 3º DE

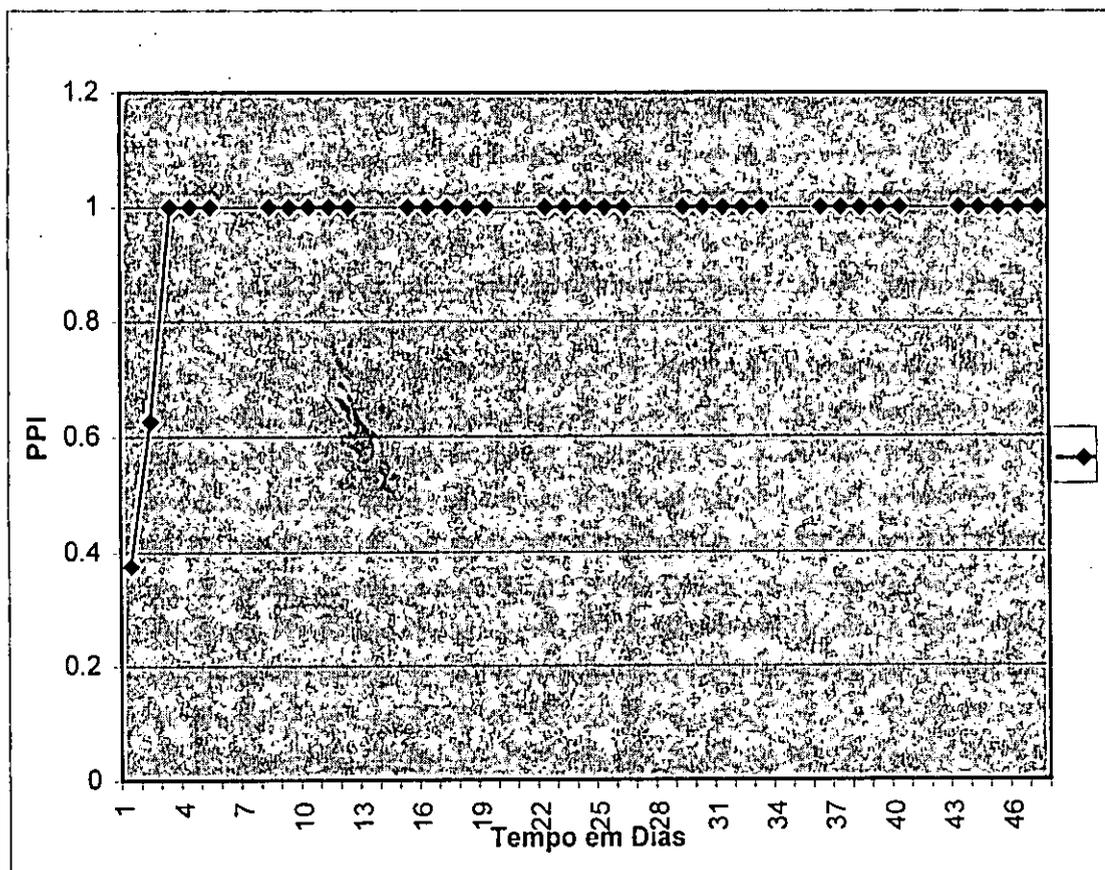


Figura 4 : proporção das plantas infectadas.

Legenda:

PPI- proporção das plantas infectadas

DP- 0.121 \approx 0.35%

VIII-4. Fixação Simbiótica de Nitrogénio

Ao longo do estudo verificou-se um aumento do número de nódulos até ao 28ºDE tendo um valor maximo de 51 nódulos por planta e depois uma fase de decrescimo até aos 15 nódulos por planta perto do fim, a partir 44º DE segundo mostra a figura 5.

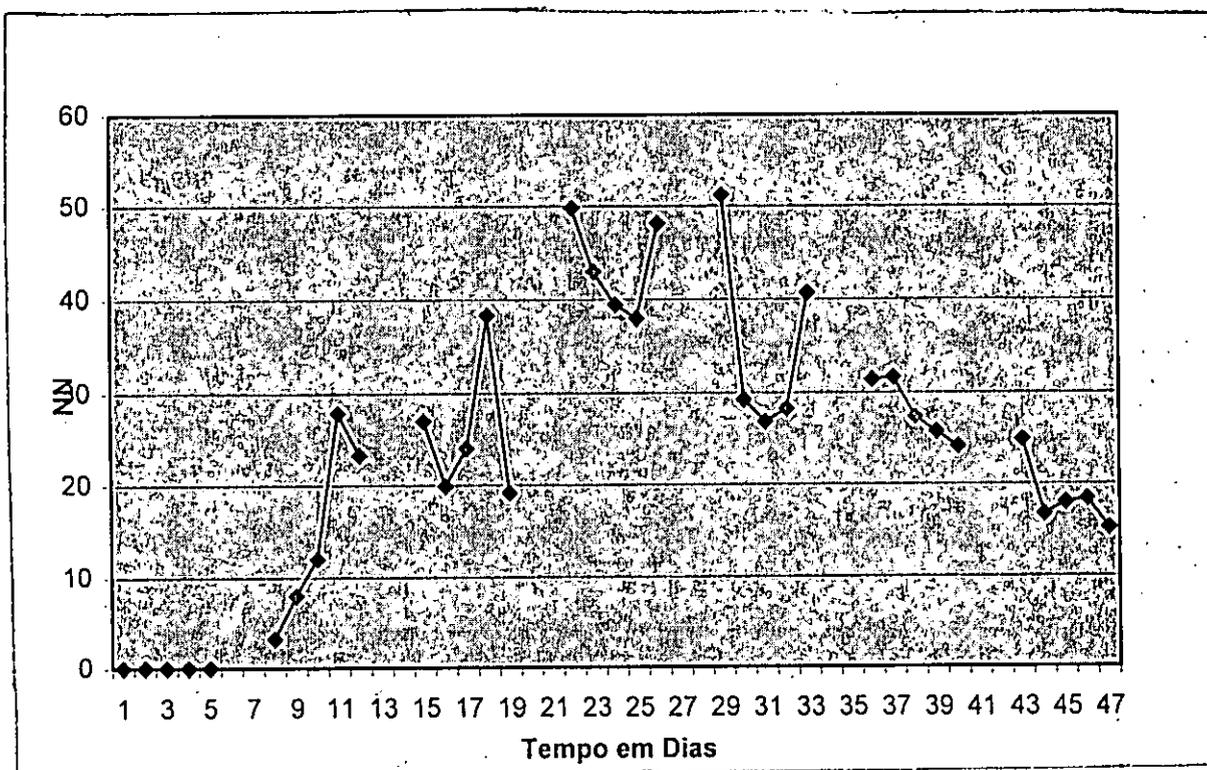


Figura 5: número de nódulos.

Legenda:

NN-número de nódulos

cado ponto representa a média de nódulos de 8 plantas

DP-11.92 \approx 1.44%

As descontinuidades na figura são dias sem amostragem.

VIII-5. Peso Fresco Total.

Os pesos frescos totais das plantas registaram um aumento gradual até ao 16º DE, a fase de maior taxa de crescimento, foi a partir do 23º DE e uma fase de estabilização a partir do 39º DE (fig 6).

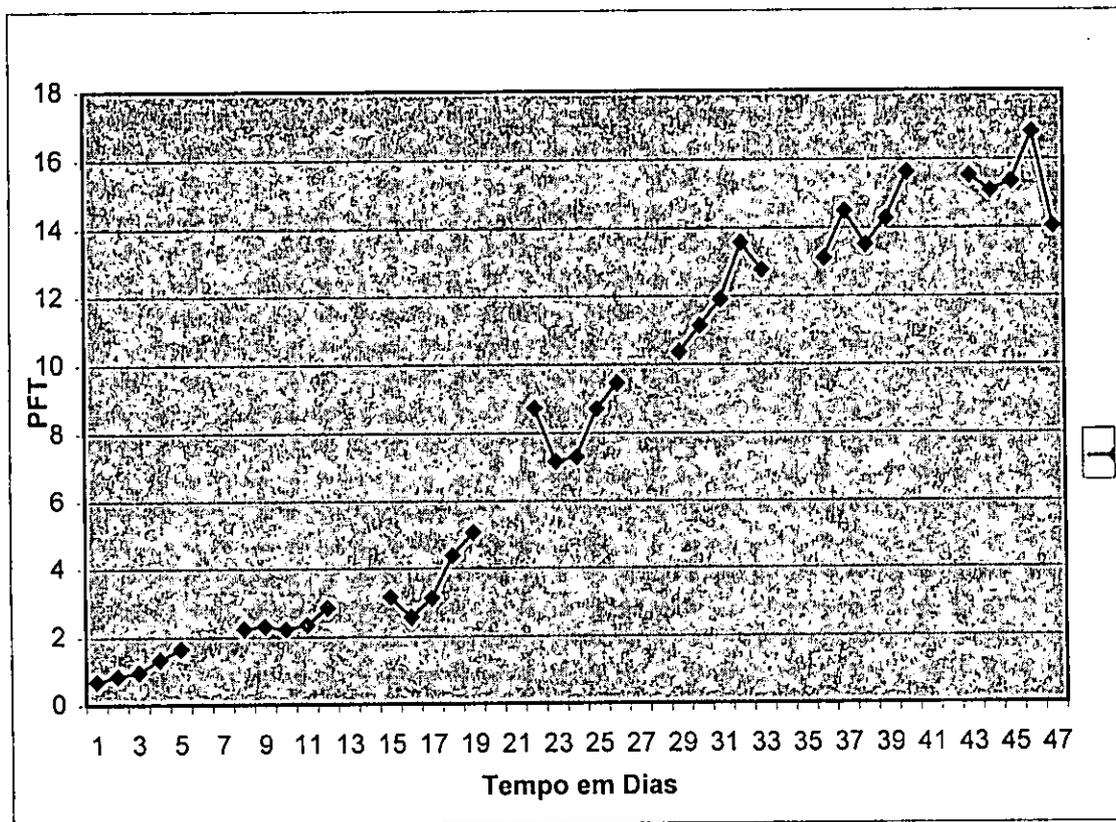


Figura 6: Peso Fresco total das Plantas.

Legenda:

PFT peso fresco total

cada ponto indica uma média de 8 plantas.

DP- 5.57 \approx 1.96%

As descontinuidades na figura são dias se amostragem.

VIII-6. Peso Seco Total.

O peso seco total das plantas (fig 7) aumentou gradualmente durante a primeira fase até ao 19º DE, tendo tido um peso médio de 0.6 g por planta e a partir do 27º DE teve uma taxa de aumento muito maior, atingindo uma estabilização no fim com um valor médio de 3g por planta.

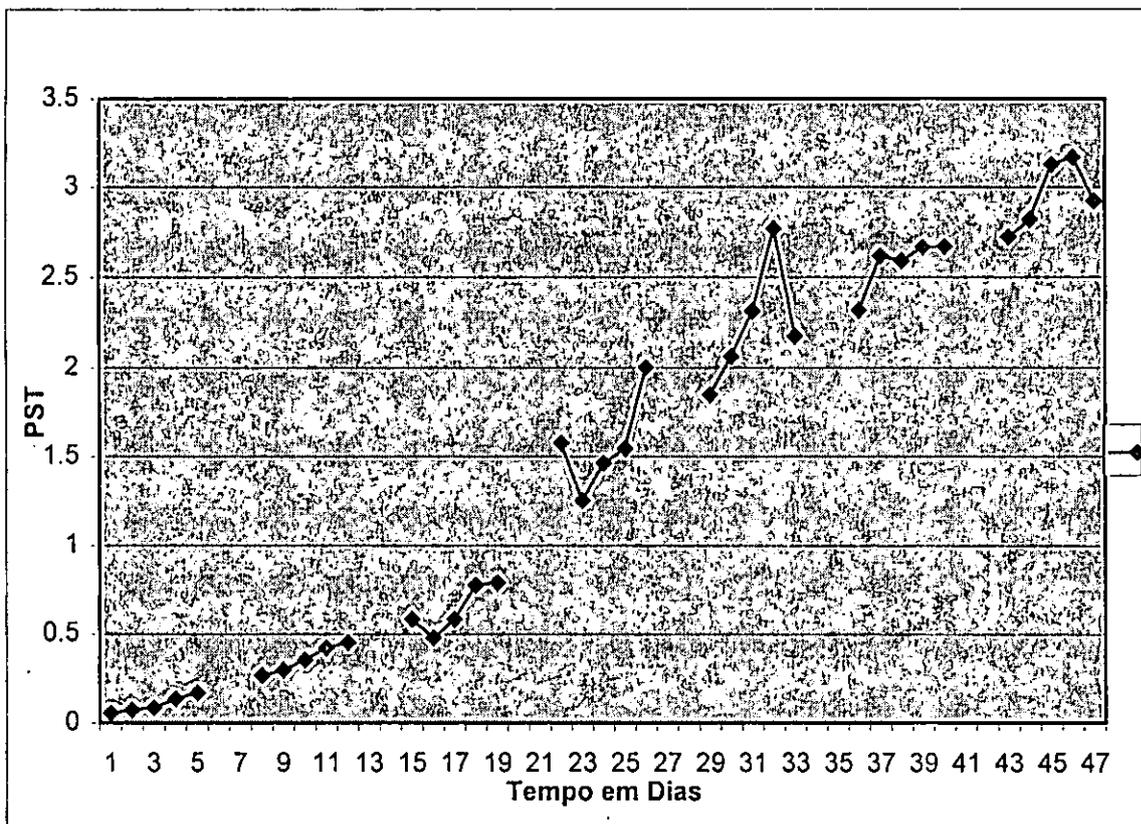


Figura 7: Pesos Secos Totais das Plantas.

Legenda:

PST- peso seco total

DP- 1.09 \approx 2.08%

As descontinuidades são dias sem amostragem

VIII-7. Pesos Secos das Folhas.

A matéria seca das folhas aumentou gradualmente durante a primeira fase até 20° DE tendo registado uma média de 0.54 g. A maior acumulação da matéria seca foi a partir do 23° DE com uma média de 1.4 g por cada planta, tendo atingido o máximo ao 46° DE com uma média de 2.4 g por planta. (fig 8). O peso fresco mostra a mesma tendência (ver anexo).

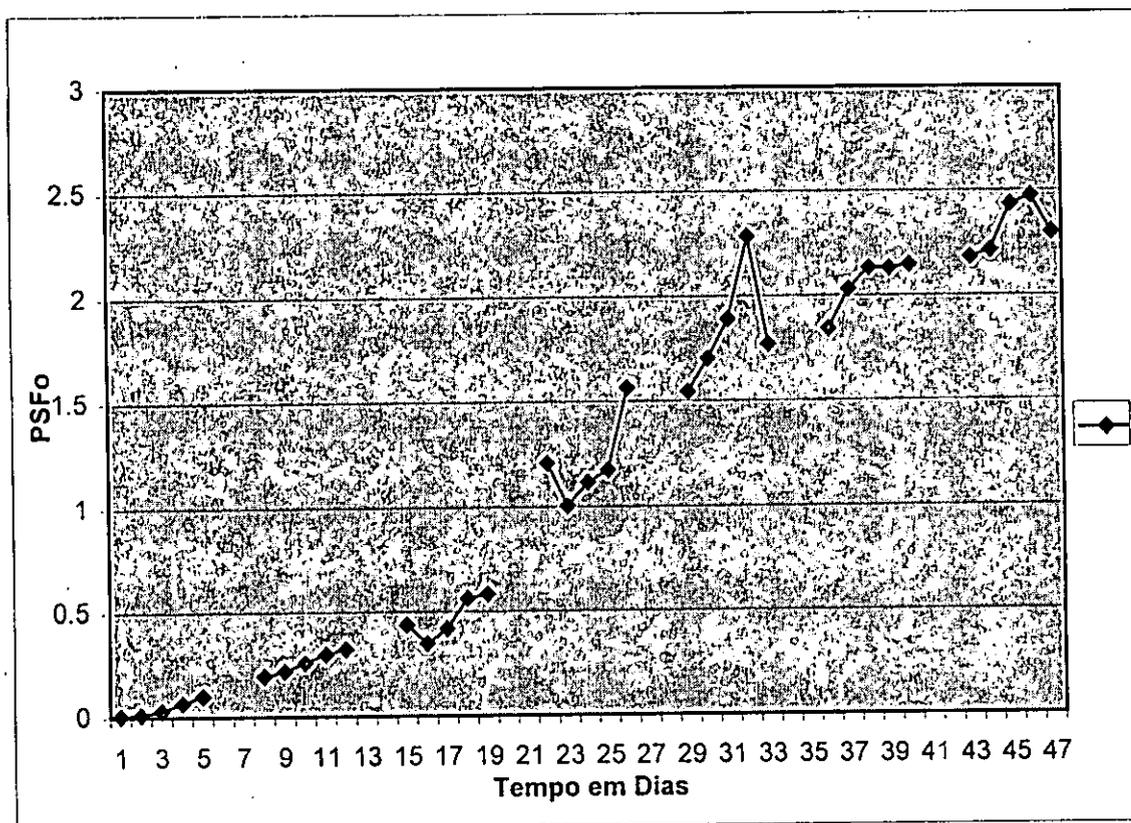


Figura 8: Pesos Secos das Folhas.

Legenda:

PSFo- peso seco das folhas

cada ponto é o PSFo como média de oito plantas.

DP- 0.88 \approx 2.15%

As discontinuidades na figura são os dias sem amostragem.

VIII-8 Peso Seco dos Caules.

O peso seco do caule (fig. 9) foi baixo nos primeiros 19 DE tendo registado um máximo de 0.12 g por planta, e o maior aumento do peso do mesmo foi a partir do 25º DE até ao 46º DE, altura de maior peso seco com um valor de 0.58 g por cada planta.

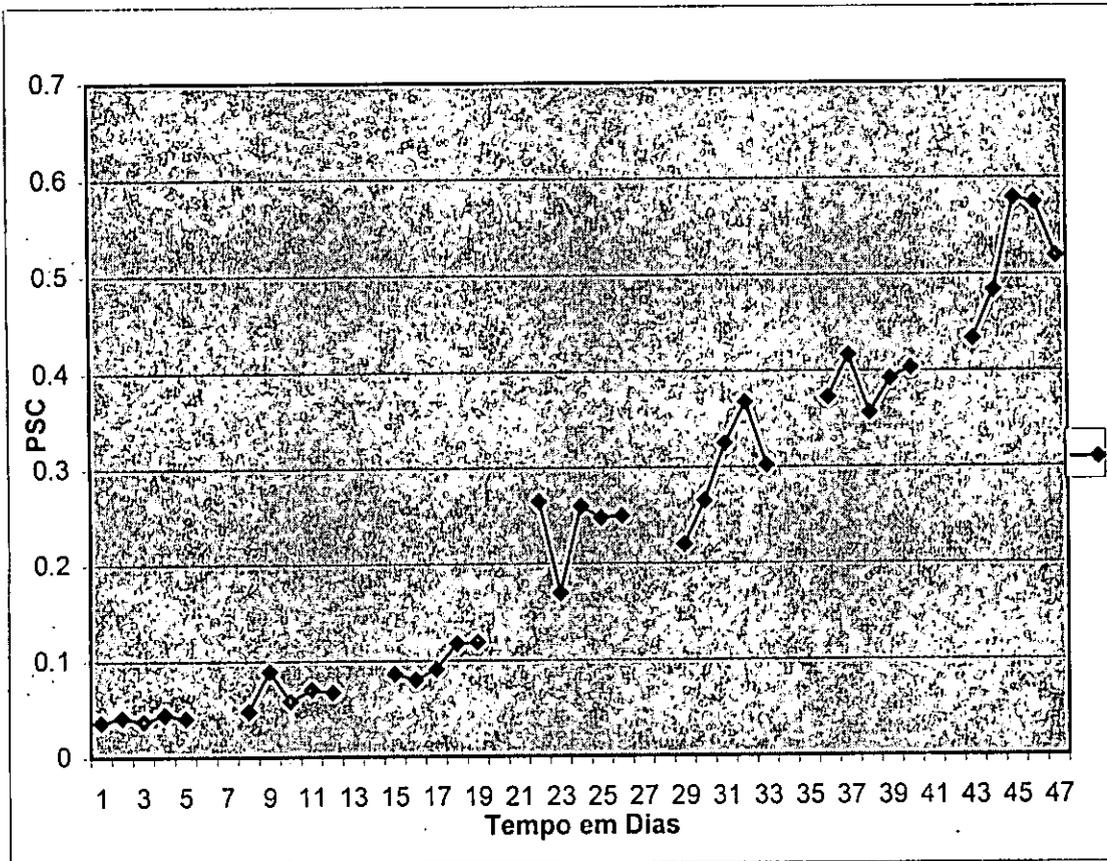


Figura 9: Pesos Secos dos Caules.

Legenda:

PSC-peso seco dos caules

cada ponto é o peso médio de caule de 8 plantas

DP- 0.17 \approx 2.08%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-9. Pesos Secos das Raízes.

A pesar de mostrar um aumento crescente de acumulação da matéria seca (fig 10), a raiz é a parte da planta que apresenta a mais baixa taxa de acumulação da matéria seca com uma média de 0.1 g de peso por raiz ao longo de todo o ciclo.

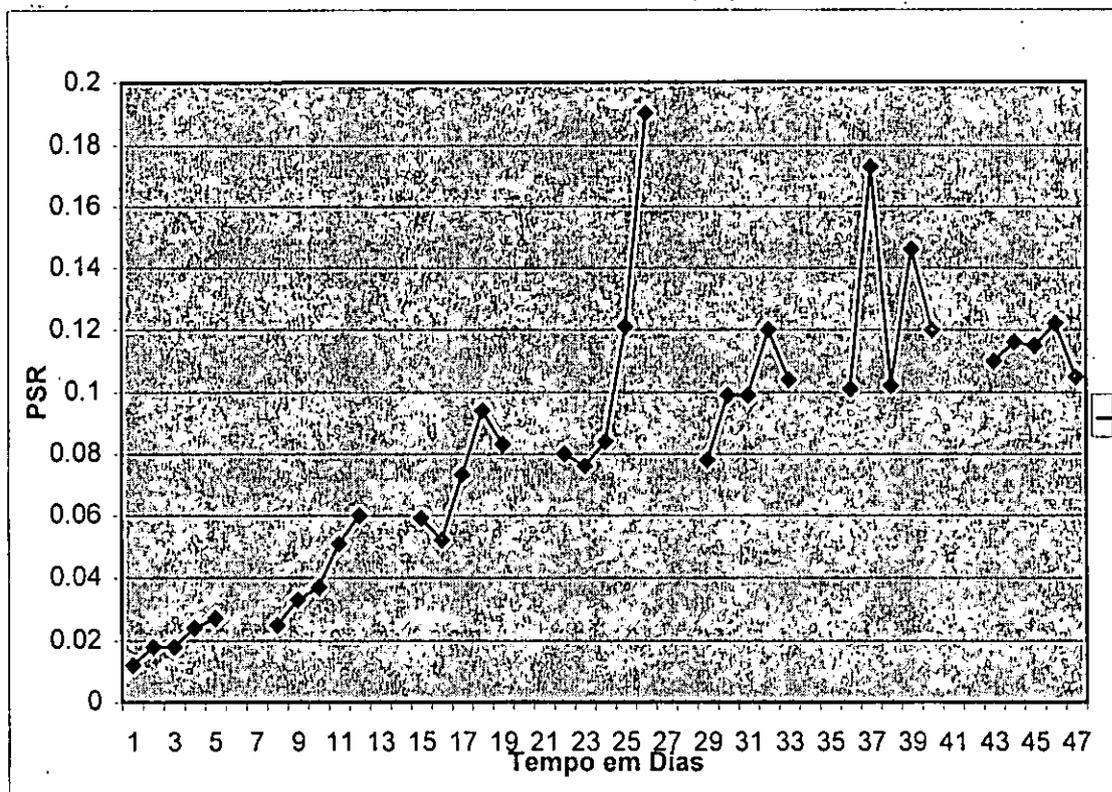


Figura 10: Peso Seco das Raízes.

Legenda:

PSR- peso seco da raiz.

cada ponto representa o peso médio de raízes de oito plantas

DP- 0.04 \approx 1.5%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem.

VIII-10. Taxa de Crescimento Absoluto Total (em pesos secos)

A taxa de crescimento absoluto total (fig 11) foi menor no início, com um valor de aproximadamente 0.09 g por planta, tendo aumentado depois até atingir o máximo entre os 23 e 32 DE com uma média de aproximadamente 0.4 g por planta e voltando a baixar a partir do 44º DDS para o valor de aproximadamente 0.09 ao 43º DE.

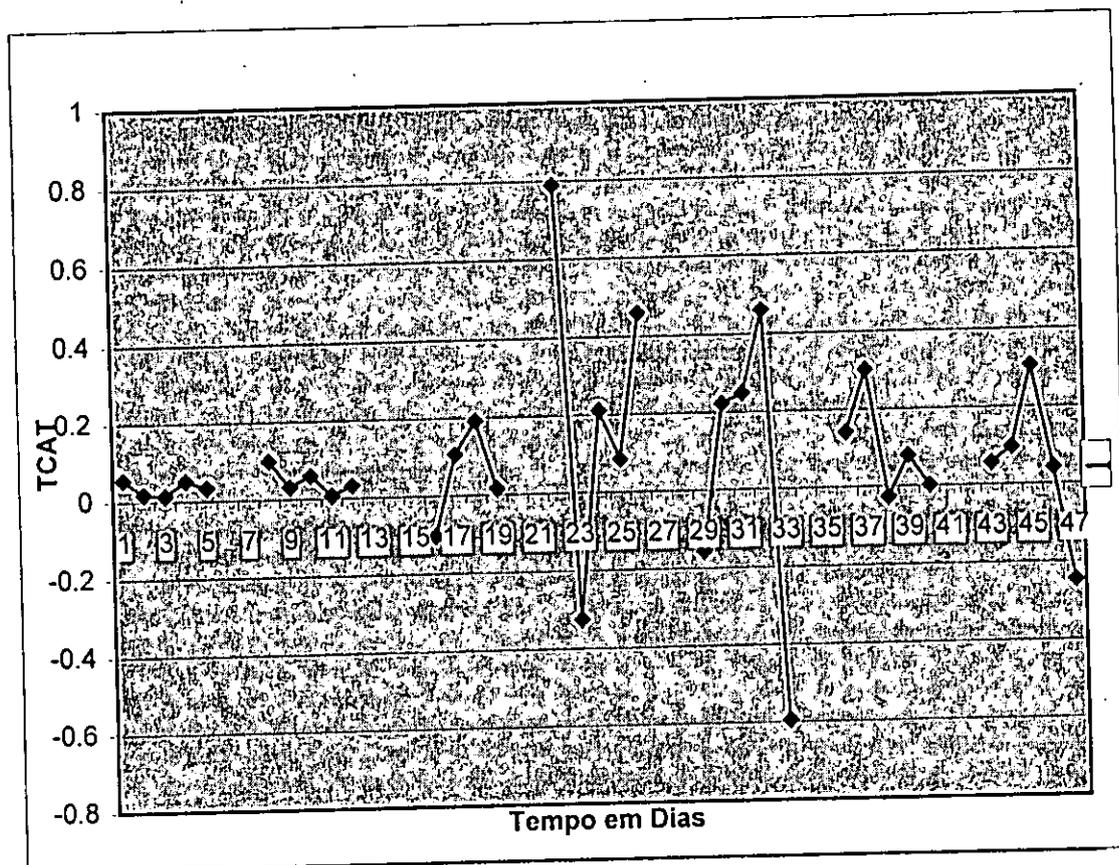


Figura 11: Taxa de Crescimento Absoluto Total (em Peso Seco).

Legenda:

TCAT- taxa de crescimento absoluto total

DP- 0.23 \approx 8.88%

Cada ponto é a TCAT de oito plantas

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-11. Taxa de Crescimento Absoluto das Folhas.

A taxa de crescimento absoluta das folhas (fig. 12) foi baixa no início, até ao 13º DE com um valor de aproximadamente 0.12 g, alta, no meio do ciclo, a partir do 23º DE com uma média de 0.39g e novamente baixou no fim do ciclo a partir do 40º de aproximadamente 0.11g por planta. Ao longo do ciclo observam valores negativos da TCAFo, resultantes do baixo crescimento dumas em relação às outras.

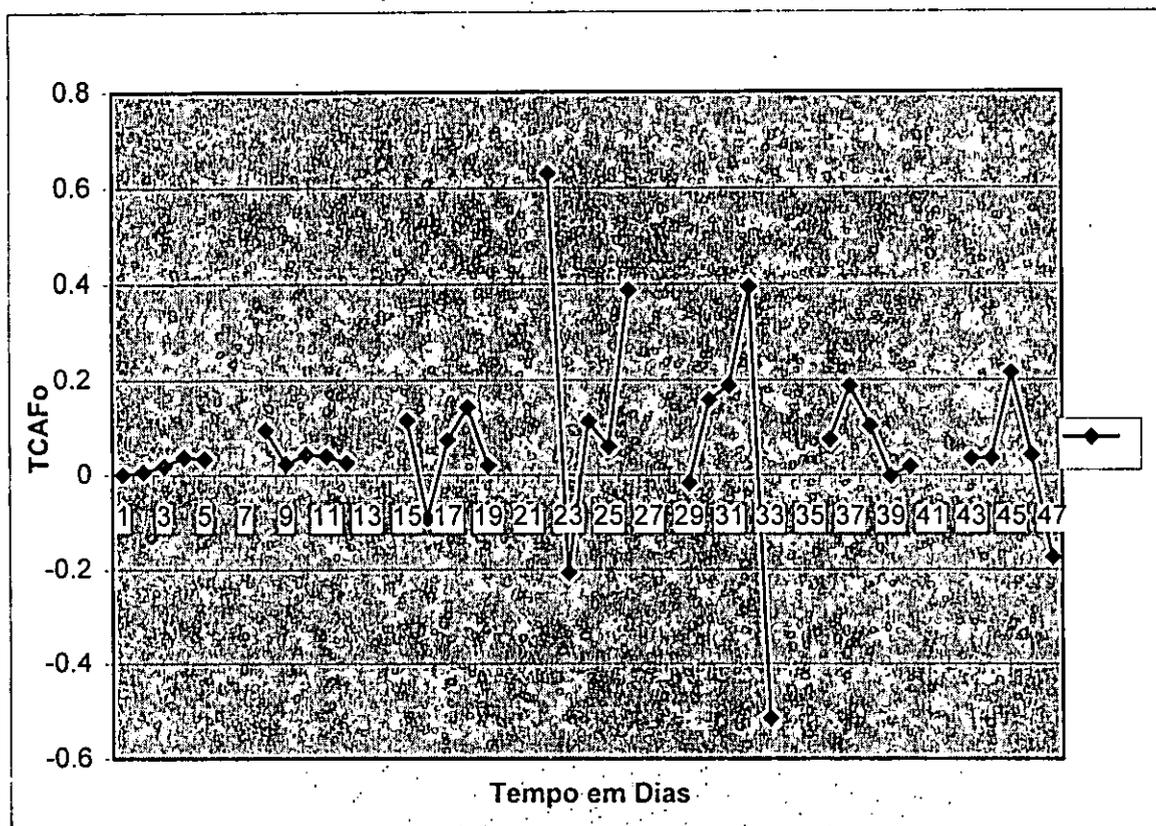


Figura 12: Taxa de Crescimento Absoluto das Folhas (em peso seco).

Legenda:

TCAFo- taxa de crescimento absoluto das folhas

Cada ponto indica a média da TCAFo de oito plantas

DP-0.201 \approx 7.76%

As descontinuidades na figura são dias sem amostragem

VIII-12. Taxa de Crescimento Absoluto do Caule.

A taxa de crescimento absoluto do caule (fig. 13) foi duma maneira geral baixa, principalmente no início, até ao 19º DE com uma média de aproximadamente 0.05 g, e a taxa relativamente maior foi no 22º DE com uma média de 0.15 g por planta, tendo se mantido até ao fim.

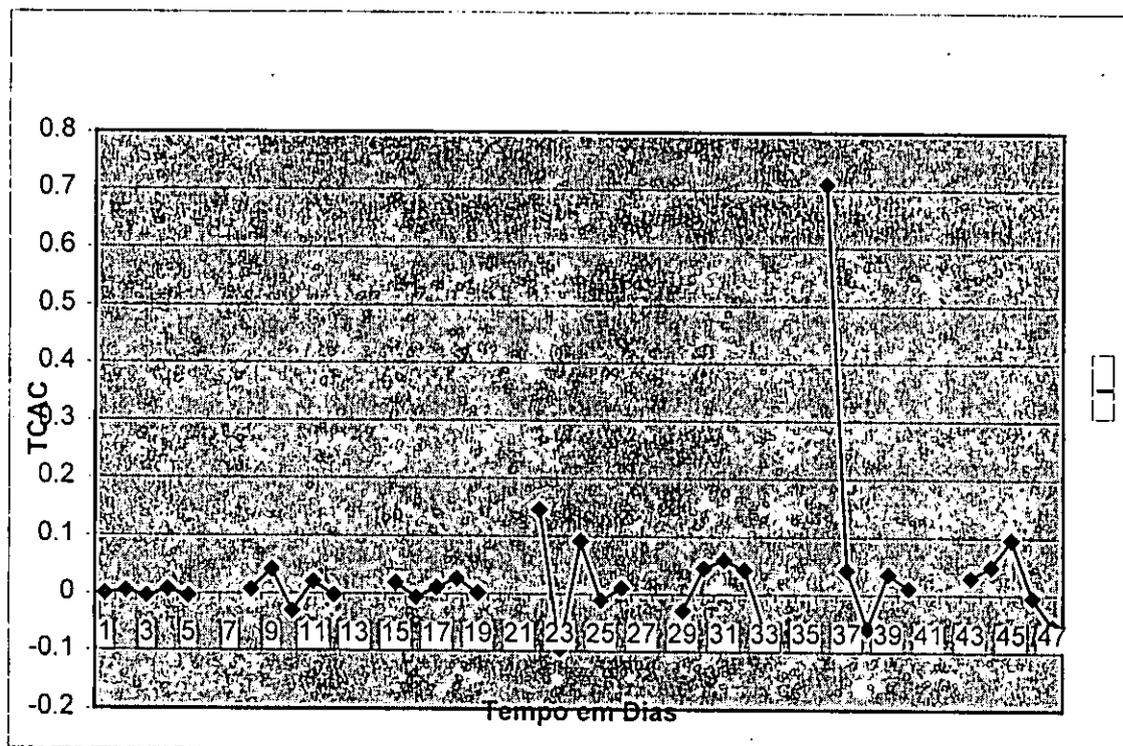


Figura 13: Taxa de Crescimento Absoluto do Caule (em peso seco).Legenda:

TCAC- taxa de crescimento absoluto do caule

Cada ponto indica a TCAC como média de oito plantas

DP- 0.13 \approx 11.25%

As descontinuidades na figura são dias sem amostragem

VIII-13. Taxa de Crescimento Absoluto da Raiz.

A raiz teve uma taxa de crescimento (fig. 14) muito baixa principalmente no início, até ao 28º DE, altura que se registou um máximo de 0.02 e e a taxa máxima foi entre 27º a 39º DE com um máximo de 0.07 g por planta..

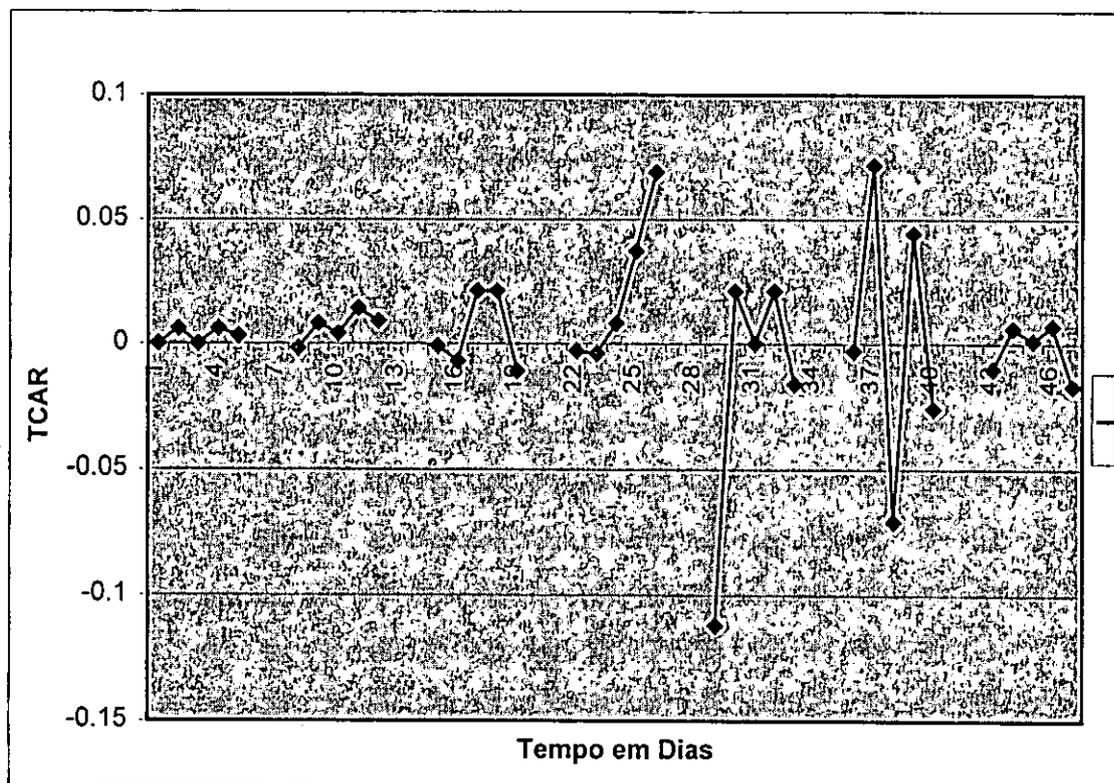


Figura 14: Taxa de Crescimento Absoluto da Raiz (em peso seco)

Legenda:

TCAR: taxa de crescimento absoluta da raiz

Cada ponto indica a media da TCAR de oito plantas

DP- 0.03 \approx 33.68%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-14. Área Foliar.

Segundo os resultados apresentados na figura. 15 as, folhas tiveram no início um crescimento da área foliar baixo até ao 20º DE com um máximo de 100 cm por planta e um maior crescimento a partir do 22º até ao 48º com uma valor máximo de 400 cm por planta.

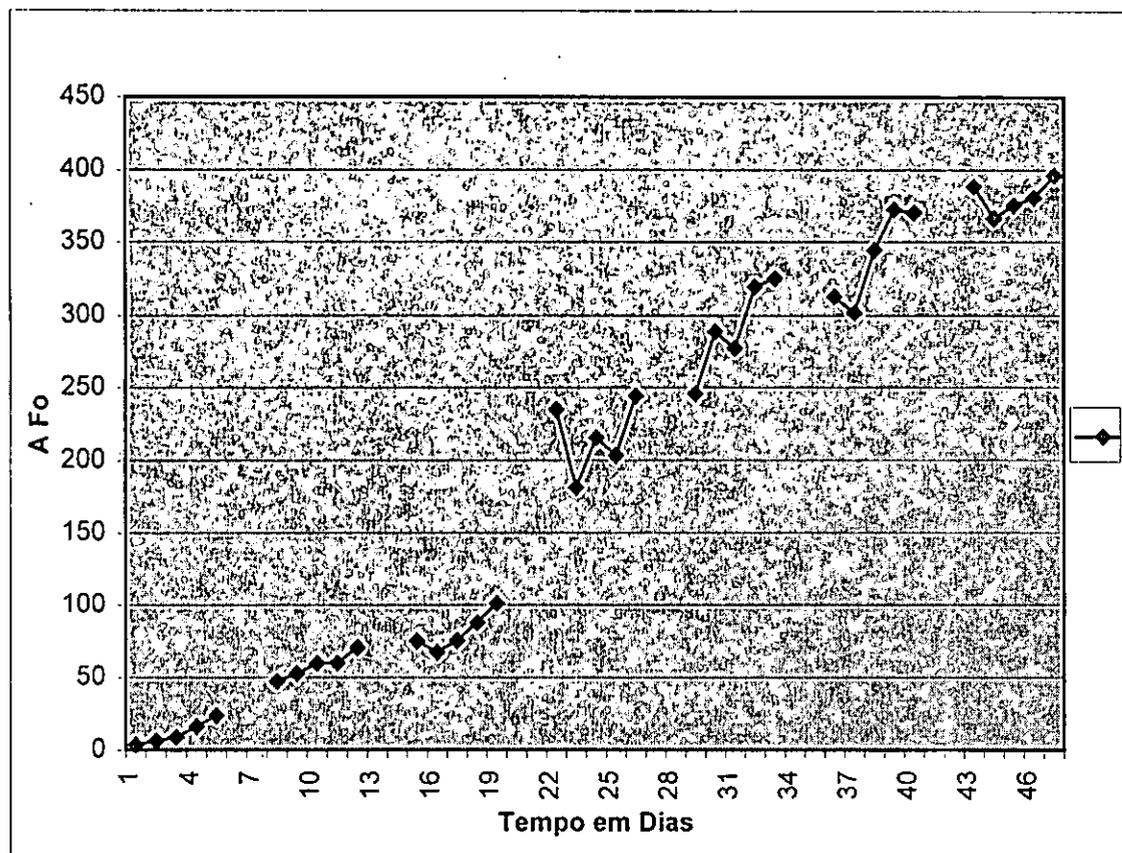


Figura 15: Área foliar.

Legenda:

AFo- área foliar

Cada ponto indica a AFo media de oito plantas

DP- 139.98 \approx 2.03

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-15. Floração.

As primeiras flores (fig. 16), registaram-se no 29º DE, tendo aumentado o número das mesmas nas últimas duas semanas, para uma media de 5 flores por planta. O maior número das mesmas foi de (9) flores por planta no 47º DE..

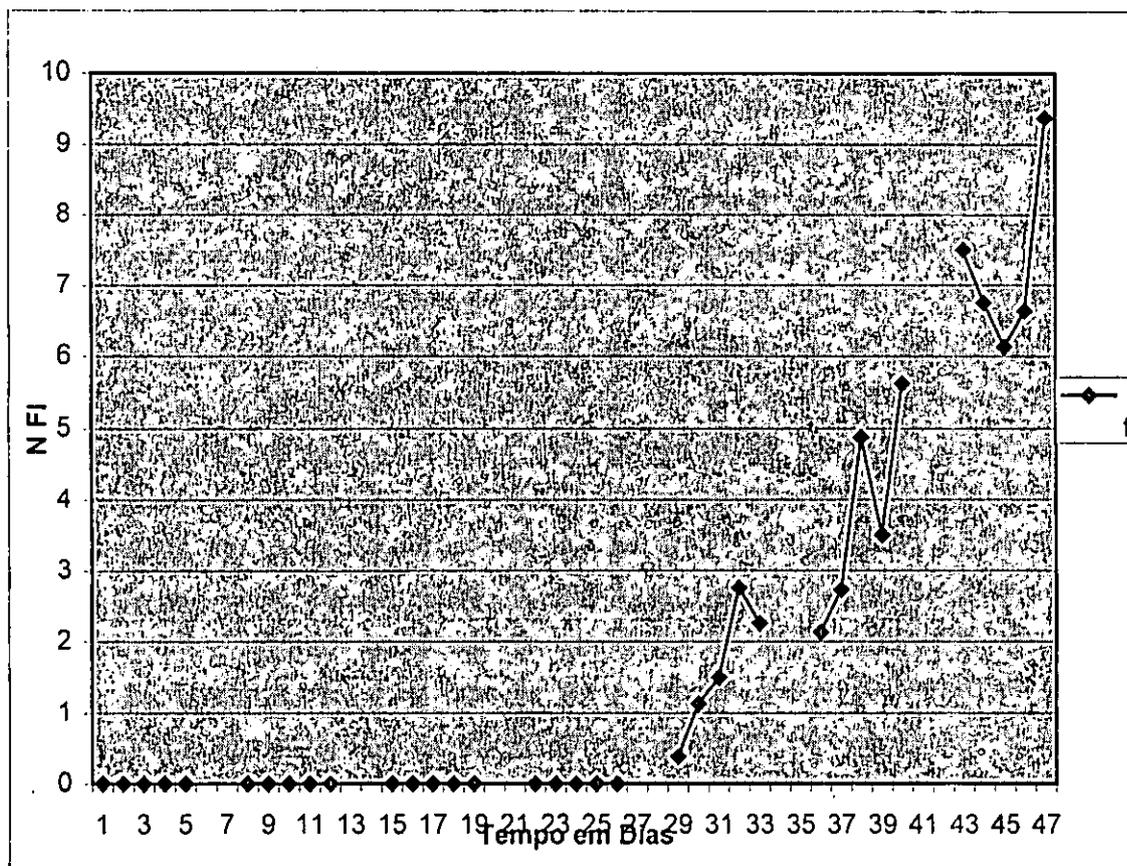


Figura 16: Floração.

Legenda:

NFI- número de flores

Cada ponto indica uma média de flores de oito plantas

DP- 2.67 \approx 4.24%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-16. Área Específica da Folha.

A área específica das folhas (fig. 17) foi maior no 1º DE com um valor de 500cm², e um rápido decréscimo nos primeiros 4 dias e uma estabilização no fim.

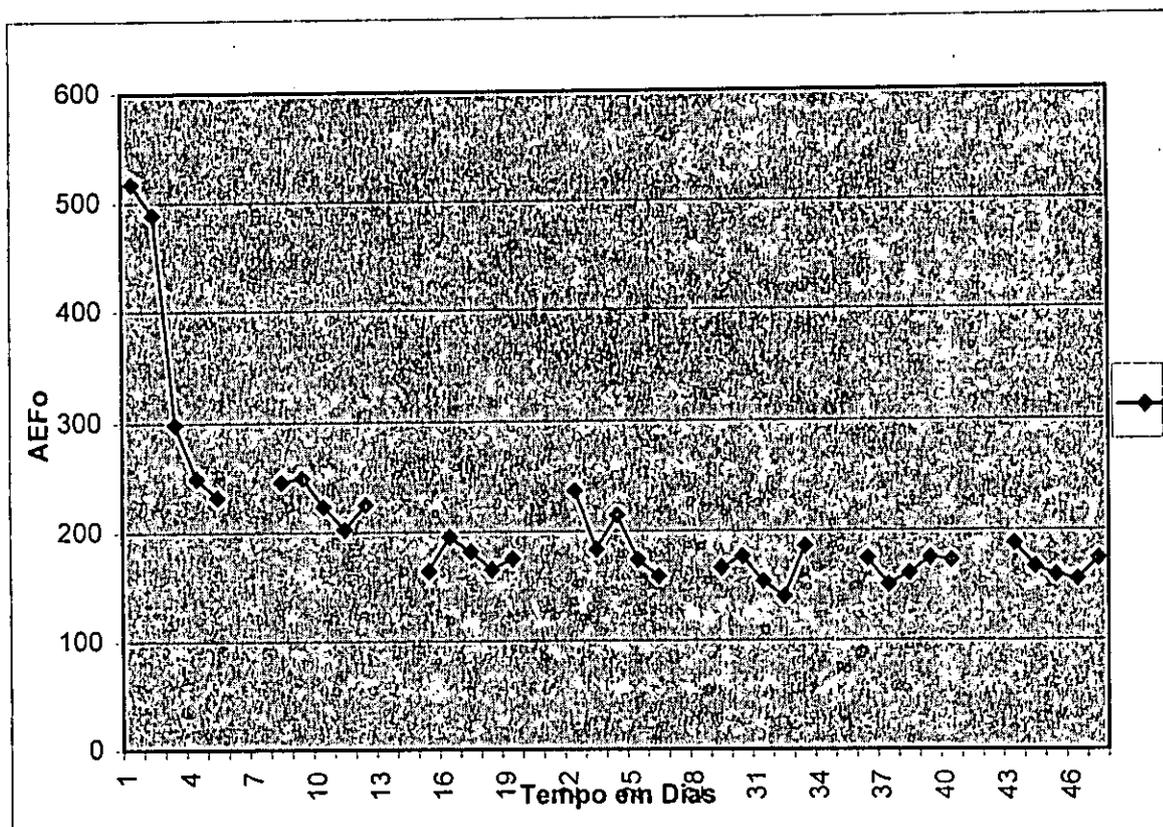


Figura 17: Área Específica das Folhas.

Legenda:

AEFo- área específica das folhas

Cada ponto indica a AEFo em média de oito plantas

DP- 81.73 \approx 1.12%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-17. Razão da Área Foliar.

A razão da área foliar (fig. 18) aumentou rapidamente no início, atingindo o máximo 9° DE, com um valor de 180 do valor da razão da sua área e um decrescimento depois até ao 46° DE, altura que registou o valor de 120 da razão da sua área. .

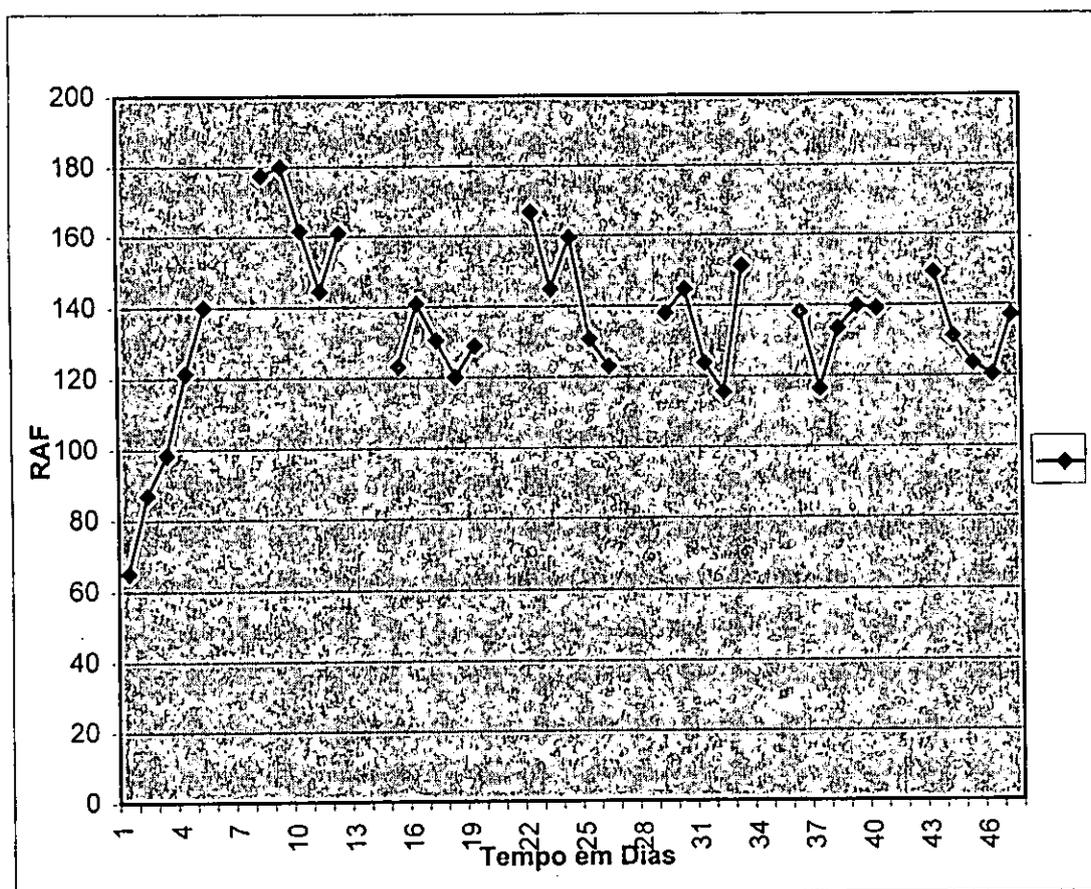


Figura 18: Razão da Área Foliar.

Legenda:

RAF-razão da área foliar

Cada ponto indica a RAF em media de oito plantas

DP- 23.1 \approx 0.5%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII- 18. Razão do Peso Seco das Folhas.

A razão do peso seco da folha (fig. 19) aumentou muito rapidamente nos primeiros seis DE, e a partir do 9º DE manteve e o máximo da razão do peso das mesmas foi a partir do 31º DE com a consequente estabilização.

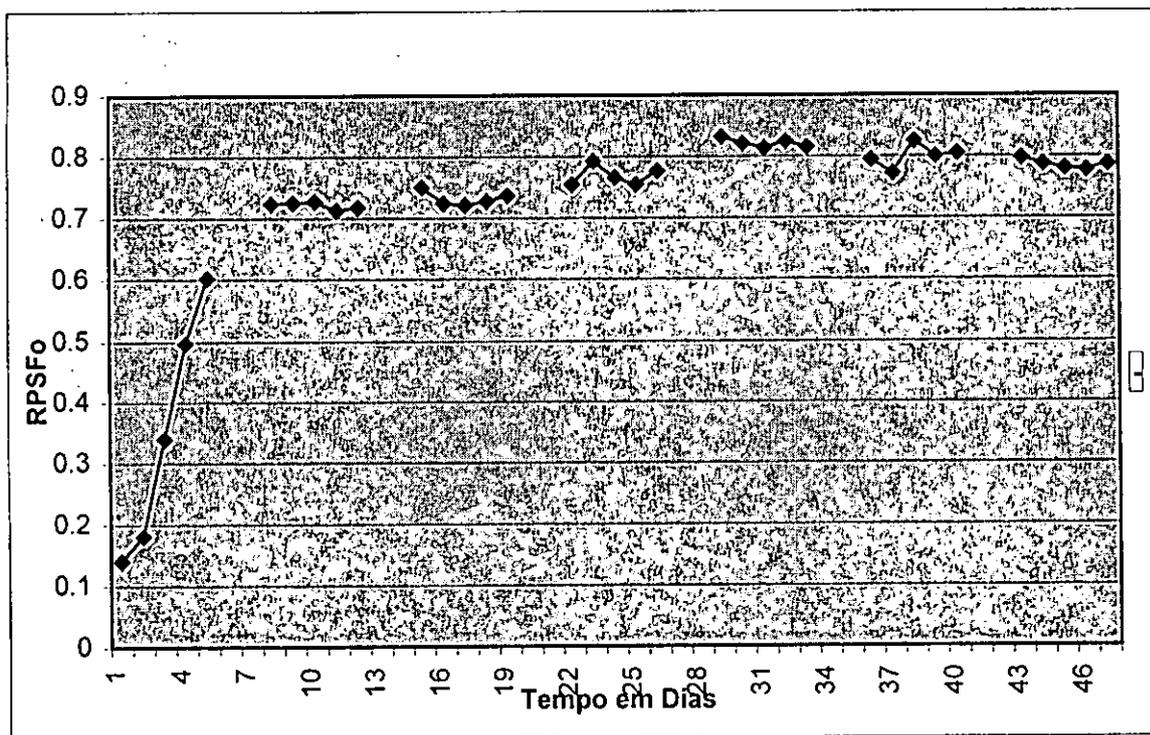


Figura 19: Razão do Peso Seco das Folhas.

Legenda:

RPSF-razão do peso seco das folhas

Cada ponto é a RASF em media de oito plantas

DP- 0.71 \approx 0.67%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-19: Razão do Peso Secos do Caules.

Uma diminuição rápida durante os primeiros 7 DE até atingir uma fase de estagnação a partir do 9º DE conforme ilustra a figura 20.

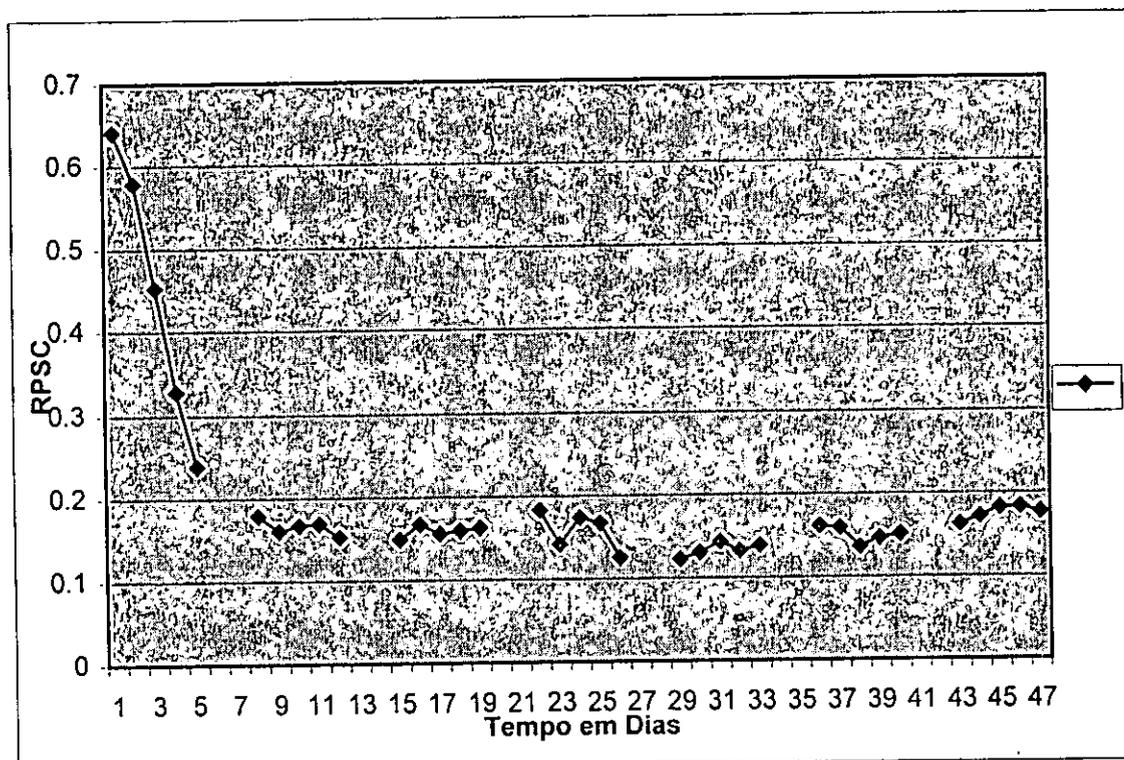


Figura 20: Razão do Peso Seco dos Caules.

Legenda:

RPSC-Razão do Peso Seco dos Caules.

Cada ponto indica RPSC como media de oito plantas

DP- 0.119 \approx 1.71%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-20. Razão do Peso Seco das Raízes.

Segundo os resultados da figura 21 a razão do peso seco das raízes foi maior no início com um máximo no 2º DE com um valor de 0.24 da razão do peso e um rápido decrescimento os primeiros 7 dias, seguido duma outra fase de decrescimento lento até ao 26º DE, e depois uma fase estacionária a partir do 43º DE com um valor de 0.46da razão do seu peso.

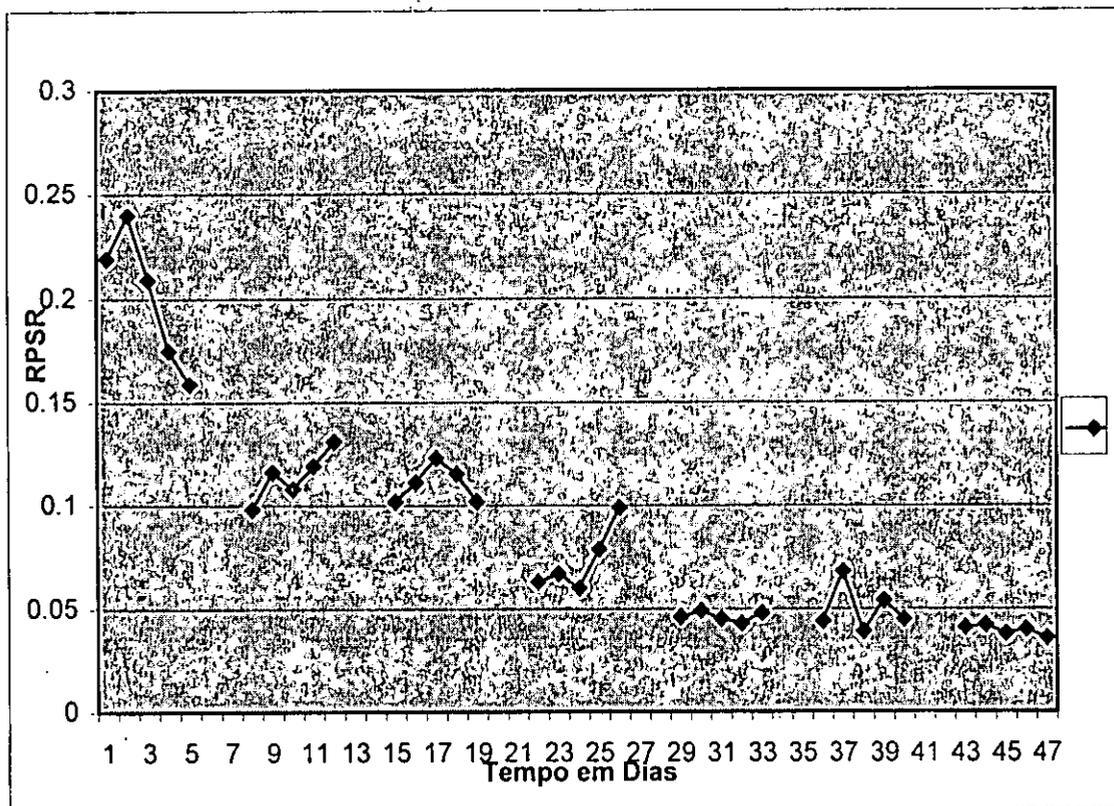


Figura 21: Razão do Peso Seco das Raízes

Legenda:

RPSR-Razão do Peso Seco das Raízes

Cada ponto indica a RPSR média de oito plantas

DP- 0.055 \approx 1.73%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-21. Percentagem da Matéria Seca.

A percentagem da matéria seca apresentada na figura 22 aumentou até aproximadamente aos 19% durante os primeiros 11 dias, atingindo um máximo nos dias 24 e 26 DE, com um valor de 24%, tendo-se estabilizado a partir do 33^o DE até o fim com um valor de 21% por planta.

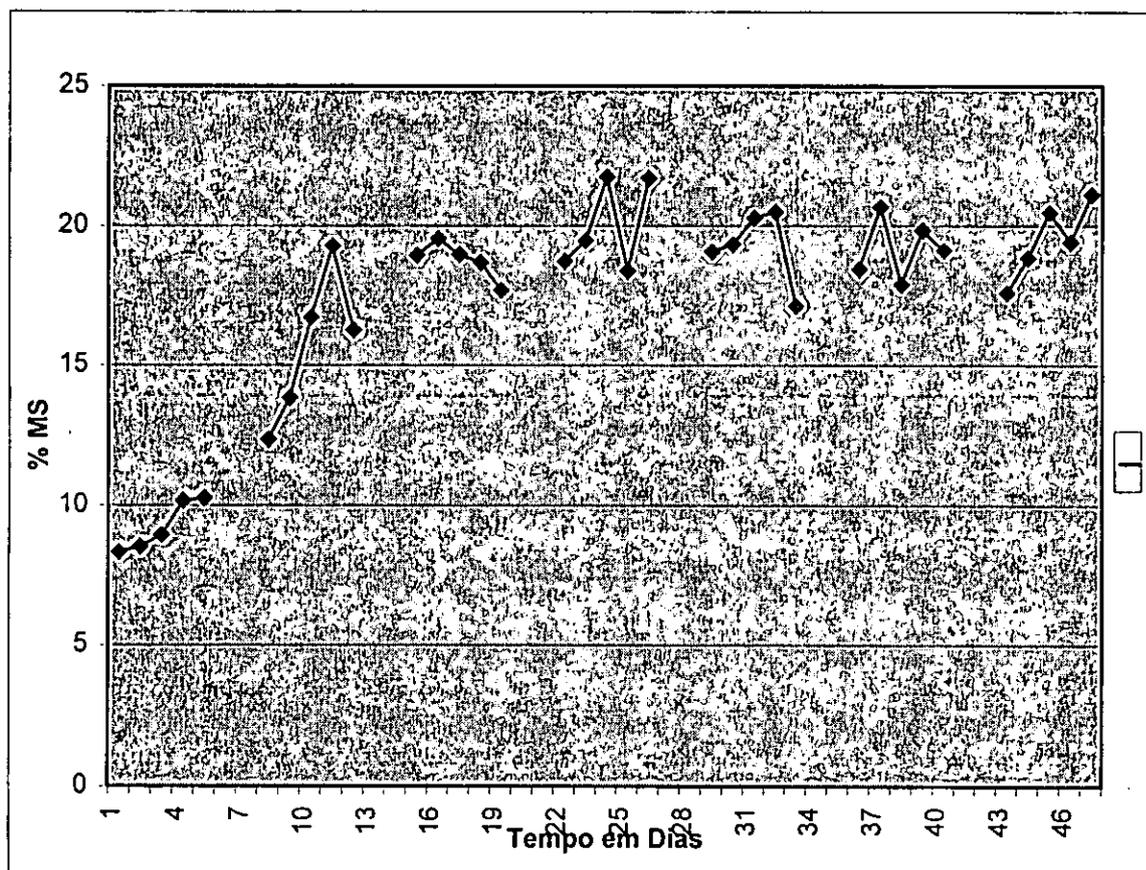


Figura 22: Percentagem da Matéria Seca.

Legenda:

%MS-percentagem da matéria seca

Cada ponto é a % média da MS de oito plantas

DP- 3.9 \approx 0.64%

As descontinuidades na figura são os dias sem amostragem

VIII-22. Correlação entre Peso Seco Total e a Intensidade de Infecção.

Existe um aumento correlacionado (fig. 23) entre a intensidade de infecção e o peso seco total das plantas traduzido pelo gráfico com a função $y = 21.541x + 8.1625$ e pelo valor de $r = 0.902$.

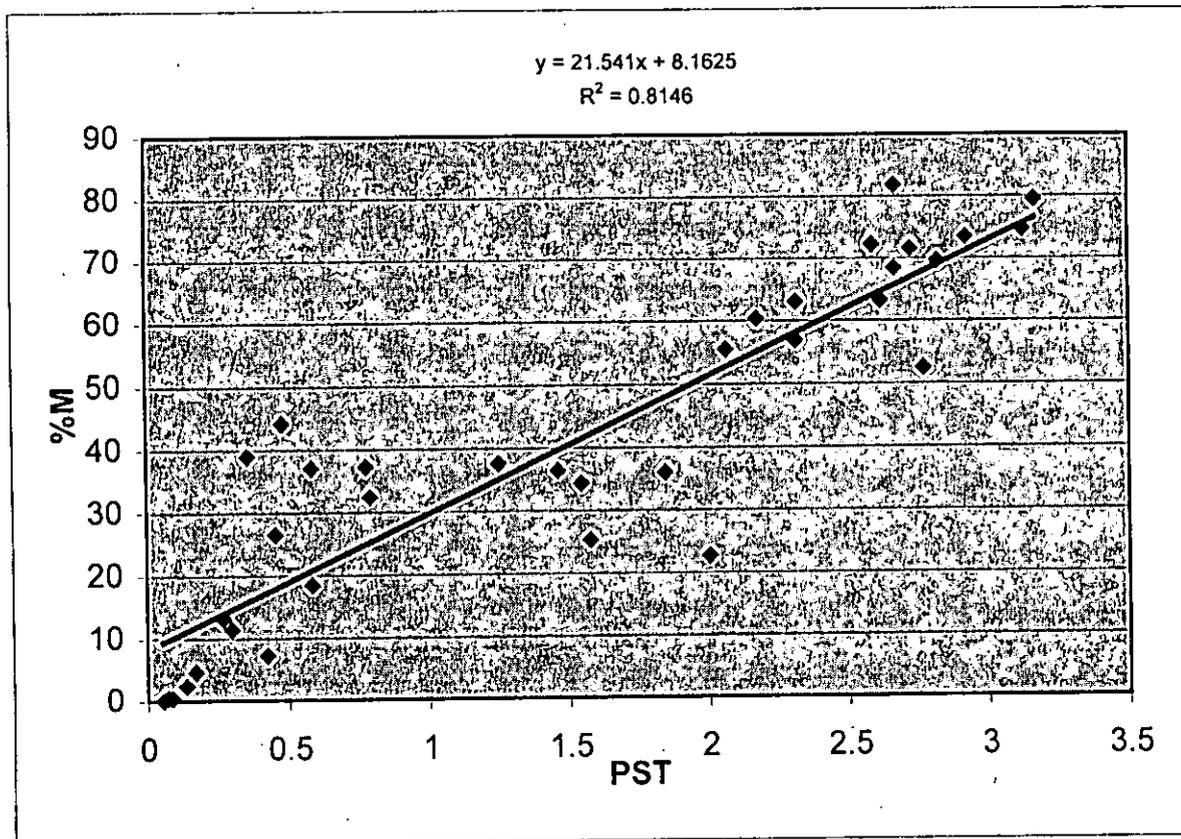


Figura 23: Correlação entre o Peso Seco Total e Intensidade de Infecção.

Legenda:

%M - Intensidade de Infecção

PST - Peso Seco Total

VIII-23. Correlação entre o Peso Seco Total e o Número de Nódulos.

O Peso Seco Total da Planta e o número de nódulos (fig. 24) correlacionam-se positivamente, traduzindo-se num crescimento expresso pela equação:

$$Y = 15.634x^2 + 53.436x - 3.2833 \text{ e pelo valor de } r = 0.915.$$

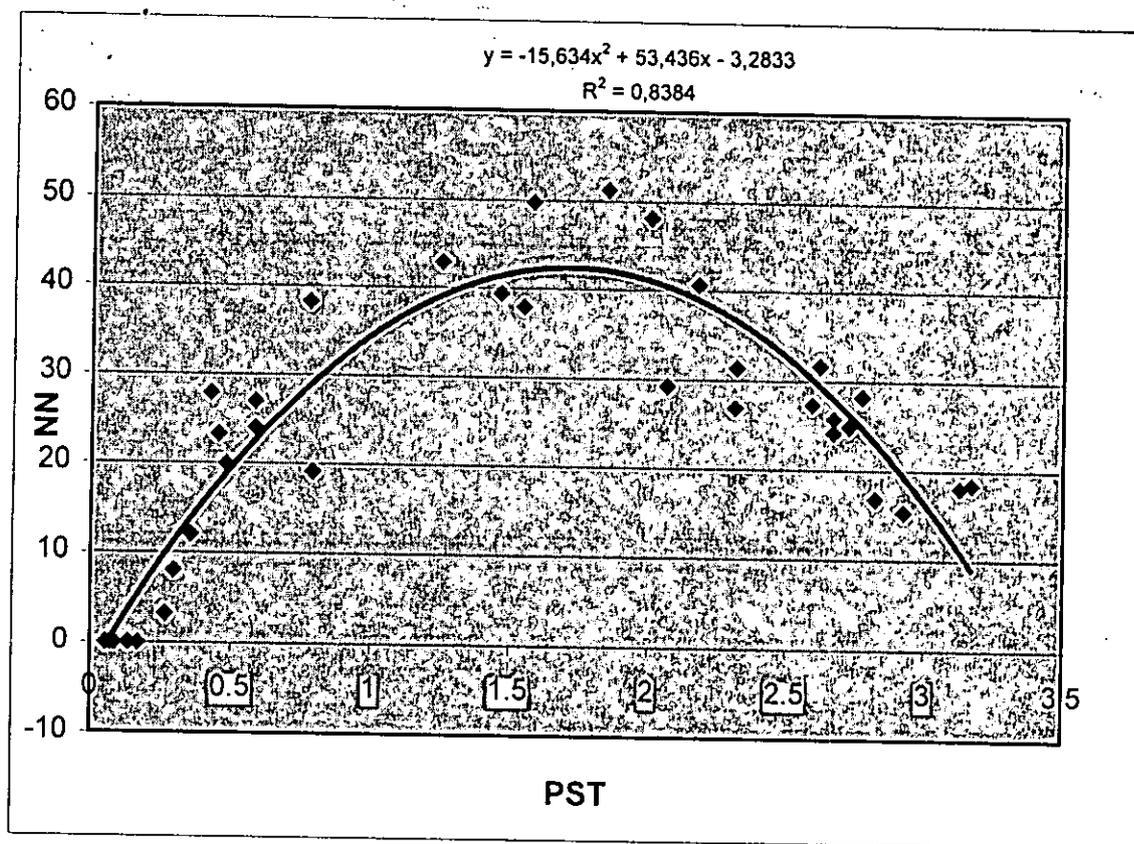


Figura 24: Correlação entre o Peso Seco Total e o Número de Nódulos.

Legenda:

NN - Número de Nódulos

PST - Peso Seco Total

VIII-24. Correlação entre Intensidade de Infecção e o Número de Nódulos.

Existe uma correlação entre a intensidade de infecção (%M) e o número de nódulos segundo a figura 25 traduzida pelo aumento da %M bem como do NN, atingindo um pico no meio do ciclo com uma %M de aproximadamente 45% e uma média de 35 nódulos, diminuindo, a partir deste ponto até ao mínimo no fim, com uma média de 12 nódulos e uma %M de 83%, traduzido pela equação $Y = -0.0163x^2 + 1.488x + 0.8746$ $r = 0.728$.

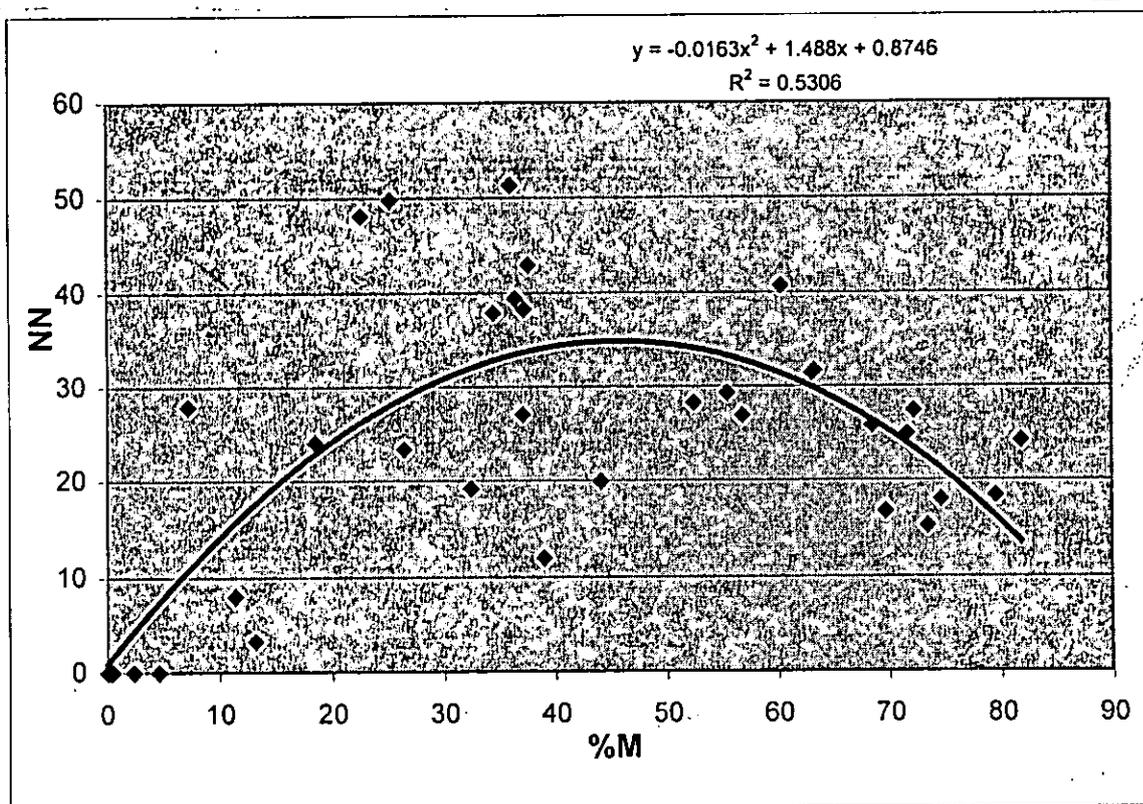


Figura 25: Correlação entre Intensidade de Infecção e o Número de Nódulos.

Legenda:

%M - Intensidade de Infecção

NN - Número de Nódulos

VIII-25. Correlação entre o Número de Nódulos e a Taxa de Crescimento Absoluta Total.

Segundo a figura 26 não existe um correlação entre o número de nódulos e a taxa de crescimento absoluto total, podendo -se traduzida ver a partir do baixíssimo valor de $r = 0.155$ resultante da recta de equação $y = 0.0025x + 0.0167$

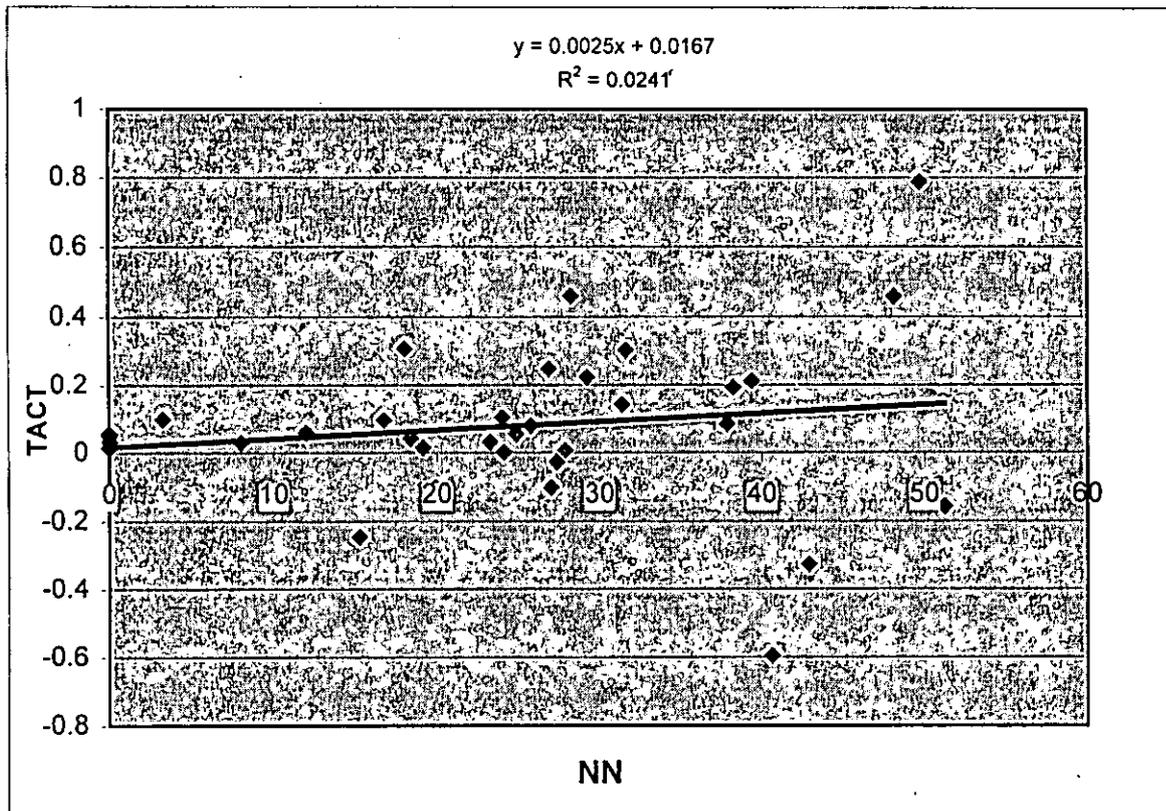


Figura 26: Correlação entre o Número de Nódulos e a Taxa de Crescimento Absoluta.Total.

Legenda:

TCAT- Taxa de Crescimento Absoluta Total

NN-número de nódulos

VIII-26. Correlação entre a Matéria Seca Total e a Frequência de Infecção.

Segundo os resultados da figura 27 a matéria seca total e a frequência de infecção correlacionam-se positivamente traduzindo-se numa recta crescente resultante da equação $Y = -7E-05x^6 + 0.0083x^5 - 0.4023x^4 + 10.339x^3 - 148x^2 + 1119.4x - 3393.3$ e pelo valor de $r = 0.996$

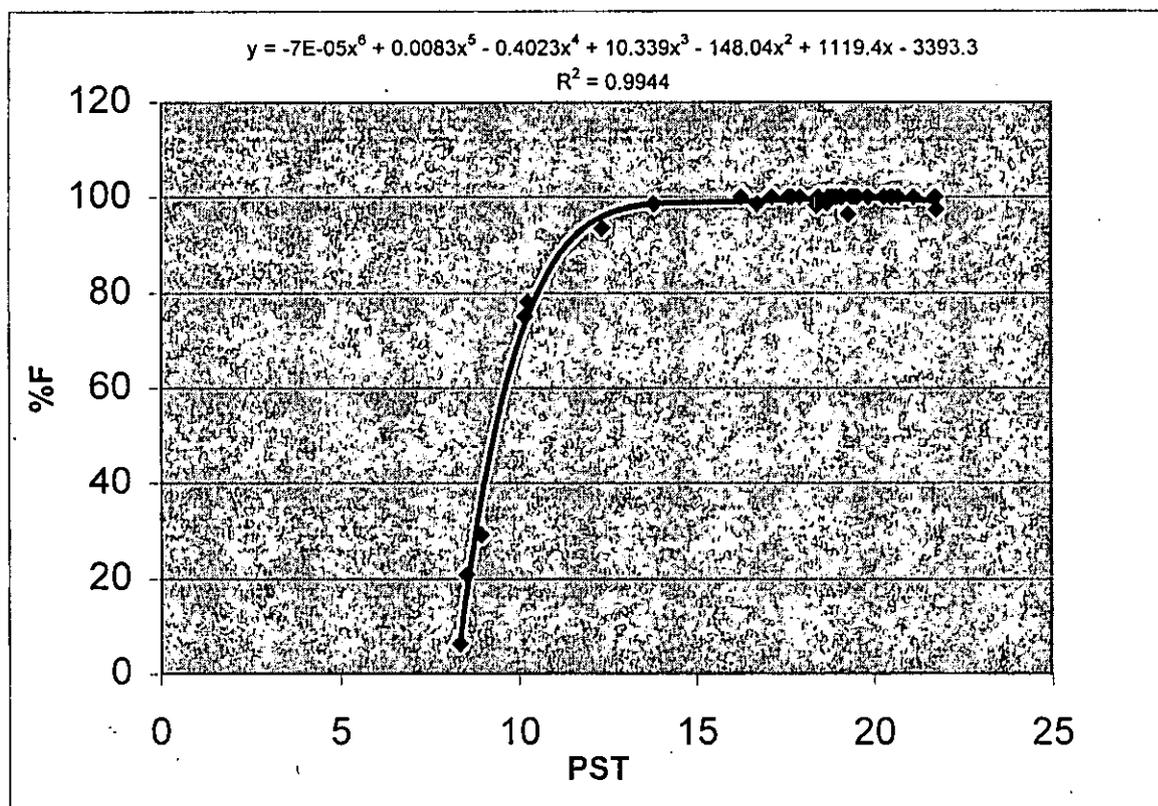


Figura 27: Correlação entre a Matéria Seca e a Frequência de Infecção.

Legenda:

MS-Matéria Seca

%F-Frequência de Infecção

IX- DISCUSSÃO.

IX-1. Infecção das Raízes por Fungos Micorrízicos.

A intensidade de infecção nas raízes do feijão juro por fungos micorrízicos ilustrado na figura 1 teve uma rápida ocorrência. O baixo teor de fosfatos e outros nutrientes em solo arenoso aumenta a colonização de raízes de planta hospedeira por fungos micorrízicos arbusculares (Gryndler & Lipavsky, 1995). Esta é uma acção de mecanismo endógeno de regulação, consistindo em mudanças na fisiologia das raízes hospedeiras na produção de compostos que estimulam a infecção (Yano *et al.*, 1996). Essa produção é ainda influenciada pela permeabilidade crescente da membrana radicular, que conduz á perda líquida de metabólitos (aminoácidos e açúcares de redução) a níveis suficientes para sustentar a germinação e crescimento de fungos micorrízicos durante a pré infecção (Graham, *et al.*, 1981). A lavoura de fraca intensidade também contribui para a rápida infecção devido a fraca destruição de micélio extracelular existente no solo (Kling & Jakobsen, 1998). Apesar de se ter registado muito cedo a infecção, a intensidade foi baixa no início, tendo aumentado até atingir uma estabilidade. Segundo Simpson & Daft (1990), muitos relatórios sobre o desenvolvimento de infecção de AM nas raízes mostram um período de atraso, um período de crescente infecção e depois um período onde os níveis de infecção permanecem estáveis.

Por sua vez a frequência de infecção (fig. 2) muito cedo atingiu a fase estacionária (100% de raízes infectadas), tendo sido diferente da intensidade de infecção. Importa referir que a rápida frequência de infecção por fungos micorrízicos foi influenciada pela libertação de compostos também devido a baixa fertilidade do solo.

A intensidade de infecção difere nas três zonas da raiz, nomeadamente zona de crescimento, zona pilosa e zona velha da raiz (fig. 4). A zona de crescimento é a que se apresenta menos infectada em relação a outras duas zonas que apresentam aproximadamente igual intensidade de infecção. Estes resultados contrastam com os de Gryndler & Lipavsky (1995) segundo os quais a intensidade de infecção por fungos micorrízicos aumenta em direcção ao ápice da raiz. Podendo-se concluir que a formação das micorrizas difere de uma raiz a outra, bem como a localização ao longo de cada eixo da raiz (Nair *et al.*, 1991). Visto outros estudos terem ainda registado a maior frequência

de infecção em partes mais novas da raiz (Yano *et al.* , 1996)

IX-2. Fixação Simbiótica de Nitrogénio

Por ser uma leguminosa, o feijão jugo obtém o seu próprio nitrogénio, através de uma associação simbiótica com o *Rhizobium* (Patee & Young, 1982 ,citados por correia, 1994) As suas raízes formam nódulos depois da infecção (Nambir & Dart, 1983). Segundo os resultados da figura 3 o número de nódulos aumentou na fase vegetativa e diminuiu perto do fim, período que coincide com a fase generativa. Este é um contraste, com o amendoim que é caracterizado pelo desenvolvimento de nódulos durante um longo período de tempo (Kishinevsky *et al.*, 1996) . Estes resultados contrastam também com os resultados obtidos por Kumaga *et al.*,(1994) em ensaios feitos em estufa com feijão jugo inoculado, segundo os quais o solo tinha sido a maior fonte de nitrogénio durante a fase vegetativa e o nitrogénio fixado foi a maior fonte de nitrogénio para a planta na fase generativa com aumento crescente do número de nódulos. Resultados dum estudo feito com feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) coincidem com os do presente estudo indicando que a taxa de fixação de nitrogénio nesta leguminosa reduziu-se durante a floração (Nambir & Dart, 1983). Pode se notar ainda que o aumento do número de nódulos coincide com o aumento crescente de infecção, por fungos micorrízicos. AM também influencia outros microorganismos do solo que promovem o crescimento na rizosfera, assim a produção de nódulos e a fixação de nitrogénio pelo *Rhizobium* aumenta com micorrização devido crescente absorção de fosfatos (Kling & Jakobsen,1998).Por esta razão os fungos micorrízicos arbuscular e *Rhizobium* tem sido assunto de inúmeros estudos devido prevalência e importância da simbiose legume-micorriza *Rhizobium* (Olsen & Habte, 1995).

a) IX-3. Crescimento Total da Planta.

Os pesos fresco e seco totais das plantas (fig. 4 e 8) aumentaram com o tempo, como indicativo do crescimento das mesmas, com uma taxa relativamente baixa no início, alta no meio do ciclo e uma fase estacionária perto do fim. A fase de maior crescimento vegetativo e de maior acumulação de matéria seca foi depois da fase de maior intensidade de infecção por fungos micorrízicos visto que estes conduzem à melhoria de fósforo pelas raízes e uma redução de perda de metabólitos (Graham *et al*, 1981) o que ajuda a planta a aumentar efectivamente a biomassa e a matéria seca (Sugavanan *et al*, 1994). A redução do crescimento vegetativo e do aumento da matéria seca no fim deveu-se à competição entre a parte vegetativa e generativa na assimilação de fotossintatos (Uguru & Ezech, 1997). As plantas aumentam a matéria seca durante o crescimento vegetativo e desenvolvimento e param na fase generativa (Teixeira & Ricardo, 1983).

A matéria seca teve uma percentagem de aproximadamente 23%, podendo-se notar que é baixa em comparação com a água (fig. 20). Ao longo da fase vegetativa aumentou e cessou no fim, isto porque as plantas aumentam a matéria seca durante o crescimento vegetativo e páram na fase de floração (Teixeira & Ricardo, 1983). A taxa de crescimento absoluta total (fig. 9) representa o aumento do peso da planta ao longo do tempo (Landeweert, 1997). Teve diferentes fases: baixa no início, alta no meio do ciclo e novamente baixa no fim. A baixa taxa no início relaciona-se com a baixa intensidade de infecção por fungos micorrízicos. Estes conduzem ao aumento significativo da produção da matéria seca (Olsen & Habte, 1995) associado à fixação simbiótica de nitrogénio, que favorece a expansão foliar e da matéria seca como consequência do aumento da taxa fotossintética (Teixeira & Ricardo, 1983).

b) Folhas.

O peso seco das folhas (fig 5) aumentou durante a grande parte do ciclo e parou perto do fim. Este aumento da matéria seca foi influenciado pela micorrização visto ser um factor que favorece esse efeito (Olsen & Habte, 1995). Devido ao aumento de absorção de nutrientes (Sugavanan *et al* , 1994). As hifas micorrízicas externas de AM podem fornecer acima de 80% de fósforo, 25% de nitrogénio, 10% de potássio, 25% de zinco e

60% de cobre da planta (Marschner & Bell, 1994 citados por Weissenhorn, 1994) associado à incrementada nodulação que é influenciada pelos fungos micorrizicos, que aumenta o teor do nitrogénio nas folhas das plantas, decrescendo linearmente durante o ciclo da cultura (Patee & Young, 1982 citados por Correia, 1994), devido à translocação deste para as partes reprodutivas e a perda das folhas (Kishinevsky *et al.*, 1996). A alta taxa de crescimento das folhas no meio do ciclo também pode ter sido influenciada pela maior intensidade de infecção por fungos micorrizicos, na medida em que aumentam a produção da matéria seca e biomassa da parte aérea da planta (Teixeira & Ricardo, 1983). A redução da taxa de crescimento absoluto das mesmas no fim (fase reprodutiva) deveu-se, provavelmente, à mudanças na distribuição da matéria seca, sendo translocada das folhas para as partes reprodutivas. A área foliar joga um papel importante na determinação do uso da água e absorção de carbono pela planta, podendo ser inibida quando submetida ao stress hidrico. Esta inibição é devido à deterioração do conteúdo da água da folha (Boyer, 1985 citado por Martins, 1999). Segundo os resultados (fig. 13) a área foliar aumentou durante a fase vegetativa em resposta à maior absorção de nutrientes devido à infecção fúngica e parou na fase reprodutiva. Também registou-se o decrescimento da área específica das folhas durante a fase vegetativa . Este facto explica-se pela elevada matéria seca das mesmas, como consequência de maior alocação de recursos nesta parte da planta garantindo a maior superfície e consequentemente a maior assimilação da luz e matéria seca. A razão da área foliar (fig. 16) aumentou no início como consequência do aumento da área superficial das mesmas. A razão da área foliar caracteriza a dimensão do aparelho assimilador aumentando a efectividade da taxa de fotossíntese (Sugavanan *et al.*, 1994), na medida em que existe relação entre a acumulação de produtos fotossintéticos e o crescimento da planta (Teixeira & Ricardo, 1983). Importa referir que a área foliar diminui com a idade da planta (Kishinevsky *et al.*, 1997), devido ao decrescimo de nitrogénio na parte vegetativa, como consequência da sua translocação para as partes reprodutivas e perda das folhas (Teixeira & Ricardo, 1983). Segundo os resultados (fig. 17) a razão do peso seco das folhas aumentou, como consequência do crescimento e acumulação da matéria seca nas mesmas, devido à influência da infecção por fungos micorrizicos que aumentou a absorção de nutrientes minerais a partir do solo (Wilhelm, 1987 citado por Allen, 1992), resultando no incremento da área foliar e aumento da taxa fotossintética (Uguru & Ezech,

1997), associado à actividade do *Rhizobium* (Chanway & Holl, 1990). De salientar que a razão do peso seco das folhas reflete a habilidade da planta em manter um desenvolvimento normal (Fitter & Hay, 1981).

Isto mostra que a razão, peso seco e a área das folhas bem como a taxa de crescimento absoluto total das plantas aumenta em função da infecção por fungos micorrizicos.

c). Caule.

O caule (fig. 6) foi a parte da planta que teve a segunda maior acumulação da matéria seca depois das folhas, beneficiando-se do aumento da área foliar. Segundo Teixeira & Ricardo (1983) existe relação entre o acréscimo da matéria seca da planta por unidade de tempo e a unidade da área foliar. No presente estudo aumenta também (Tabela 2).

| T.S | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| A.F. | 11.65 | 58.01 | 81.15 | 215.5 | 291.2 | 340 | 381.2 |
| M.S. | 0.11 | 0.36 | 0.64 | 1.56 | 2.23 | 2.58 | 2.95 |

Legenda:

T.S- é o tempo em semanas;

A.F- é a área foliar, resultante da média de cinco amostras semanais de oito plantas cada.

M.S-é a matéria seca resultante da média de cinco amostras semanais de (8) plantas cada.

A taxa de crescimento absoluto do caule (fig. 11) foi numa maneira geral baixa, apesar da infecção por fungos micorrizicos o que implica terem favorecido mais o crescimento das folhas conforme indica o maior peso das mesmas. A razão do peso seco do mesmo (fig. 18) diminuiu ao longo do crescimento vegetativo da planta. Esta diminuição é um indicativo de que apesar de ter havido maior investimento da matéria seca na parte aérea da planta, não é aqui onde mais se acumulou, facto que pode ser confirmado pelo elevado peso seco das folhas e da razão das mesmas. Destes resultados pode se concluir que a razão do peso do caule diminuiu ao longo do tempo visto não ser neste local onde se acumula a maior parte da matéria seca.

d) Raízes.

As raízes a pesar de mostrarem um aumento da matéria seca (fig. 7), apresentam a menor acumulação da mesma comparativamente a outras duas partes da planta, nomeadamente folhas e caules. Segundo Chanway & Holl, (1990) as plantas micorrizadas favorecem o crescimento da parte aérea e a produção da matéria seca, baixando deste modo o desenvolvimento e peso do sistema radicular (Davies *et al*, 1992). Os fungos micorrízicos só podem aumentar o crescimento da raiz se a capacidade fotossintética for ilimitada (Weissenhorn, 1994). Importa referir que a fixação de nitrogénio provavelmente terá contribuído para o baixo peso da matéria seca do sistema radicular visto que o maior desenvolvimento e aumento da matéria seca do mesmo só ocorre em raízes dependentes do nitrogénio do solo (Koide, 1991). A taxa de crescimento absoluta da raiz (fig. 12) é a mais baixa comparativamente a outras partes da planta, devido à infecção fúngica, na medida em que estes só favorecem o crescimento e a produção da matéria seca na parte aérea da planta (Chanway & Holl, 1990), em detrimento das raízes, associado à fixação simbiótica de nitrogénio que terá, provavelmente, contribuído para o baixo peso das mesmas uma vez que o maior crescimento ocorre apenas em raízes dependentes do nitrogénio do solo (Kishinevsky *et al.*, 1996). A razão do peso seco da raiz (fig. 19) diminuiu continuamente até atingir o mínimo onde fica constante, devido à baixa produção matéria da raiz. Estes resultados contrastam os resultados conseguidos por Graham *et al.*, (1981) num estudo comparativo entre plantas micorrizadas e não micorrizadas a partir do qual concluiu ter havido aumento significativo do conteúdo do fósforos e do peso seco das mesmas comparativamente às raízes não micorrizadas. Mas sabe-se, porém, que a maior infecção micorrízica baixa o peso seco das raízes e a razão do mesmo (Davies *et al.*, 1992). Isto permite concluir que as raízes micorrizadas apresentam a baixa taxa de crescimento e conseqüentemente o seu peso.

IX- 4. Distribuição da Matéria Seca em Diferentes Partes da Planta

A distribuição da matéria seca (fig. 21) nas diferentes partes da planta, nomeadamente raiz, caule e folhas mostra uma diferença do aumento da acumulação da mesma nas três partes da planta, sendo a raiz a parte que apresenta a mais baixa acumulação da matéria seca, devido à infecção fúngica que baixa o peso seco e a razão das mesmas. Segundo Olsen & Habte (1995) a formação das micorrizas só tem efeito positivo no crescimento,

produção da matéria seca e altura da parte aérea da planta, tendo por isso havido a maior acumulação nas folhas para assegurar a maior expansão e absorção da luz. A acumulação da matéria seca foi reduzida no final da experiência provavelmente devido à mudança na alocação de substâncias fotossintéticas e nitrogénio para as partes reprodutivas.

IX-5. Relação entre VAM e Crescimento da Planta.

Houve um aumento do peso seco das folhas bem como a intensidade de infecção (fig. 23). Este aumento é um indicativo de correlação entre a intensidade de infecção e acumulação da matéria seca. A maior acumulação da matéria seca nas folhas seguiu-se, depois da maior intensidade de infecção por fungos micorrízicos, visto que estes estimulam o crescimento das culturas sob condições de baixa fertilidade do solo, aumentando efectivamente a absorção de nutrientes (Wilson, 1984). De salientar que a habilidade de absorver fósforo e outros nutrientes importantes para dentro da raiz em cada cm do comprimento da raiz micorrizada por planta, é cerca de 4 vezes maior do que em raízes não micorrizadas, o que aumenta significativamente a produção da matéria seca (Olsen & Habte, 1995). Entre a intensidade (%M) de infecção e o peso seco total (fig. 25) existe uma correlação altamente significativa, expressa pelo valor de $r = 0.945$ resultante duma influência da intensidade de infecção por fungos micorrízicos no desenvolvimento, crescimento vegetativo e, conseqüentemente, no peso seco total das plantas já que estes superam as dificuldades de fósforo e outros nutrientes minerais em condições de baixa fertilidade do solo (Simpson & Daft, 1990). A figura 30 mostra uma relação forte entre %F e a matéria seca total com um valor de $r = 0.996$. Isso representa uma correlação entre os dois valores na medida em que a infecção por fungos micorrízicos nas raízes conduz ao aumento do crescimento vegetativo e produção da matéria seca (Olsen & Habte, 1995). Devido ao aumento efectivo de absorção de nutrientes e taxa de fotossíntese (Sugavanam *et al.*, 1994), na medida em que o número de segmentos de raízes infectadas (%F) por fungos micorrízicos são mais relevantes para o crescimento vegetativo das plantas, do que %M por cada segmento de raiz (Allen, 1992).

IX- 6. Relação entre o Número de Nódulos e Crescimento das Plantas.

Existe um aumento tanto do peso seco das folhas bem como do número de nódulos. O número e a massa dos nódulos estão relacionados com a matéria seca do ápice da planta (Kishinevsky *et al.*, 1996), na medida em que estes fixam nitrogénio, que é sem dúvida um elemento importante para a planta, visto ser um constituinte básico de bases azotadas, proteínas, clorofila, hormonas e outros de grande relevância para a vida das plantas. Compostos nitrogenados constituindo cerca de 1 a 5% da matéria seca (Patee e Young, 1982 citados por Correia, 1992). Existindo deste modo uma correlação entre a nodulação, crescimento, aumento da matéria seca e fixação de nitrogénio (Kishinevsky, *et al.* 1996). De referir que a nodulação no feijão jago termina cedo, sendo um contraste, por exemplo, com o amendoim que é caracterizado pelo desenvolvimento dos nódulos durante um longo período de tempo (Kishinevsky *et al.*, 1996). Existem uma correlação positiva entre o número de nódulos (NN) e o peso seco total (fig. 26) traduzida pelo valor de $r=0.934$. O NN e sua massa estão correlacionado com a matéria seca (Kishinevsky, *et al.*, 1996) na medida em que os nódulos fornecem à planta nitrogénio que é um elemento importante por ser constituinte básico das bases azotadas e proteínas, até porque a sua disponibilidade aumenta a superfície foliar (Texeira & Ricardo, 1993). A maior nodulação registada mostra o funcionamento efectivo do *Rhizobium* a valores de pH= 6.6 do solo (tabela 1), confirmando as recomendações de Uguru & Ezeh (1997) segundo as quais o pH neutro era o óptimo para a nodulação em leguminosas, podendo depender de raças de *Rhizobium*. Segundo os resultados da figura 28 não existe uma correlação entre a taxa de crescimento absoluto total e o número de nódulos, visto o valor r ser muito baixo (0.309). Este resultado contradiz com a ideia de Texeira & Ricardo (1983) segundo a qual os nódulos são uma fonte de nitrogénio à planta, conduzindo ao acréscimo da área foliar específica, da razão da área foliar e do índice da área foliar. Mas sabe-se que em *Vigna subterranea* apenas a primeira fase de crescimento é dependente de nitrogénio obtido por fixação nos nódulos das raízes. Quando as plantas começam a floração parece reduzir-se a fixação de nitrogénio (fig. 4) e as flores e os frutos são fornecidos com nitrogénio proveniente do resto da planta. Consequentemente, a pesar de haver uma forte correlação entre o número de nódulos e o peso seco total das plantas, a taxa absoluta de crescimento não está correlacionada com o número de nódulos:

XI-7. Correlação entre o Número de Nódulos e a Infecção com VAM.

Os resultados da figura . 27 indicam que existe uma correlação positiva forte entre a intensidade de infecção (%M) e a formação de nódulos ilustrada pelo valor de $r = 0.773$ por se encontra no intervalo de 0.70 a 0.89 (Fowler & Cohen, 1990) traduzido pelo aumento do número de nódulos em função da %M. A fixação de nitrogénio simbiótico tem elevada exigência de fosfatos (Chanway & Holl, 1990), e a infecção por fungos micorrízicos conduzir `a melhoria de nutrição de fósforo pelas raízes bem como a redução de perda de metabólitos da raiz mediada pelas membranas da mesma (Graham *et al.* , 1981). Permitindo o aumento significativo do número de nódulos em resposta `a colonização crescente de AM a estas concentrações de fosforo no solo (Olsen & Habte, 1995). A diminuição do número de nódulos no fim indica que os fungos AM não interagem directamente com o *Rhizobium* (Olsen & Habte, 1995).

IX- 8 Outras Observações.

As primeiras flores (fig. 14) foram registadas a partir do 29º DE, tendo se registado ainda um aumento do número médio das mesmas dia após dia. A partir do 35º DE corespondente ao 42º dia, após `a sementeira, as plantas com flores eram a volta de 50% e, até ao 52º dia a floração era na ordem dos 100%. Segundo Linnemann (1993) o longo fotoperíodo dos meses de Fevereiro e Março terá contribuindo para floração tardia, pois segundo Harris & Azam-Ali, (1993) em fotoperíodo de menos de 10 horas o feijão jugo requer menos de 43 dias para ter uma floração completa; e esta é retardada por longo fotoperíodo. (Linnemann, 1993).

IX- Relações Entre Diferentes Factores Observados

Segundo os resultados da experiência verifica-se diferentes comportamentos do padrão de crescimento, infecção e produção da matéria seca principalmente nos dias 9 e 27 DE.

A partir desta data observa-se nas figuras 2, 15, 16, 17, 18 e 20 uma relação entre crescimento e infecção. Na figura 2 observa-se a partir do 9º DE uma frequência de 100% de raízes infectadas por fungos micorrízicos, que ajuda a planta a aumentar efectivamente a absorção de nutrientes (Sugavanam *et al.*, 1994) e, conseqüentemente a produção da matéria seca (Olsen & Habte, 1995). Exactamente por isso a partir da mesma data houve uma diminuição do aumento da razão da área foliar (fig. 16) e da sua área específica (fig. 15) na medida em que estas variam na razão inversa à matéria seca. Pode-se observar ainda que a razão do peso seco das folhas (fig. 17) reduziu o seu aumento, provavelmente devido à máxima frequência de infecção. O número de segmentos infectados correlaciona-se bem com o aumento da biomassa (Allen, 1992), o que pode ser a causa da redução do crescimento da razão do peso seco das folhas e contribuir também para a estabilização da razão do peso seco do caule e das raízes (fig. 18 e 19) devido ao aumento da produção da matéria seca daí a maior acumulação e crescimento (fig. 20). A razão da menor produção da matéria seca antes do 9º DE provavelmente deveu-se à insuficiência de nutrientes.

A partir do 27º DE houve uma maior intensidade de infecção por fungos micorrízicos e, conseqüentemente, um aumento da absorção de nutrientes minerais no solo. E da maior produção de nódulos (fig. 3) na medida em que é influenciado pelo aumento da micorrização (Kling & Jakobsen, 1998). Devido à elevada exigência de fósforo para a fixação de nitrogénio (Chanway & Holl, 1990) que pode ser absorvido pelos fungos micorrízicos no solo. Favorecendo a reprodução nas plantas (fig. 14) associado à disponibilidade de nitrogénio simbiótico que é maioritariamente deslocado para as partes reprodutivas (Kishinevsky *et al.*, 1996).

X- Conclusões.

1-O crescimento vegetativo do feijão juro aumenta com a infecção por fungos micorrízicos e a nodulação.

2- A frequência de infecção é mais relevante para o crescimento vegetativo do feijão juro do que a intensidade de infecção.

3- No feijão juro a formação de nódulos resultante da actividade do *Rhizobium* é influenciada pela infecção por fungos micorrízicos.

4-A zona pilosa e velha são as partes da raiz com maior infecção por fungos micorrízicos.

5-A infecção das raízes por fungos micorrízicos tem um período de atraso, um período de crescente infecção e depois um período onde os níveis de infecção permanecem estáveis.

6- Neste trabalho não foi aparente a existência duma relação directa entre micorrizas e o *Rhizobium*.

7- Em *Vigna subterranea* a primeira fase de crescimento depende do nitrogénio obtido por fixação nos nódulos das raízes, enquanto que as flores e os frutos são fornecidos com nitrogénio proveniente pelo resto da planta.

XI- Recomendações.

1-Devido ao pH ótimo, drenagem e rápida infecção por fungos micorrízicos recomenda-se a intensificação do cultivo do feijão jugo no sul de Moçambique .

2-Pela influência do fotoperiodismo na floração recomendam-se os próximos estudos nos meses de fotoperíodo relativamente curto.

3-Recomenda-se para os próximos trabalhos um estudo comparativo do processo de infecção e influência no crescimento por fungos micorrízicos locais e importados.

4- Para o estudo da influência dos fungos micorrízicos no crescimento vegetativo do feijão jugo recomenda-se um estudo comparativo num solo esterilizado e um inoculado com os mesmos.

5- Devido à baixa exigência de H₂O e nutrientes, recomenda-se o seu cultivo em solos nunca antes cultivados devido à baixa fertilidade e seca.

XII-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Allen, J. M. (1992). Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant-Fungal Process. Southern Book Publishers (Pty) Lda 511 pp New York.
- 2- Ambler, J. & Young, K. (1977) Techniques for Determining Root Length Infected by Vesicular-arbuscular Mycorrhizae. University of Wisconsin Press, Madison, 812 pp.
- 3- Ames, R. N., Reid, C. P. P. & Ingham, E. R. (1984). Rhizosphere Bacterial Population Responses to Root Colonization by a Vesicular- Arbuscular Mycorrhizal Fungus. New Phytol96: 555 - 563 pp.
- 4- Abbot, K. (1982) Management Influence An Arbuscular Mycorrhizal Fungal Species Composition In a Corn-Soybean Rotation. Agronomy Journal 88 (2):155 - 166.New York.
- 5- Barea, J. M; Aguilar, C. A. & Azean, A. (1987). Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Improve Both Symbiotic N Fixation na N up take from Soil as Assessed With a 15N Technique Under Field Conditions., , Spain 106: 717 - 725 pp.
- 6- Biermann, B. & Lindermann, R. (1980) Quantifying Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza: A Proposed Method Towards Standardization. New Phytol. 87: 63 - 67 pp.
- 7- Bouldin, D. R.;Mughogho, S.;Lathwell, D. & Scott, T.(1979) Nnitrogen, Fixation by Legumes in the Tropics. Department of Agronomy. New York State College of agriculture and life Sciences. Cornell University, New York.
- 8- Chanway, C. P. Hool, F. B. (1990). Biomassa Increase and Associative Nitrogen Fixation of Mycorrhizal *Pinus contorta* Seedlings Inoculated with a Plant Growth Promoting *Bacillus strain*. Journal Botany. 69: 507 - 511 pp.

- 9- Collinson, S.T., Azam-Ali, S.N. Chuvula, K.M. & Hodson, D.A. (1996). Growth, Development and Yield of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) in Response to Soil Moisture Journal of Agricultural Science. Cambridge. 307 - 318 pp.

- 10- Correia, A. (1994) Efeito de diferentes níveis de água disponível no solo, na fixação de nitrogénio atmosférico, em duas variedades de cultura de amendoim. Tese para obtenção do grau de Licenciatura. UEM. Maputo.

- 11- Daisy, L. & Kay, R. (1979). Food Legumes. Crops and Productions Digest nº 3 325 pp Holt International Edition New York.

- 12- Davies, F. T; Potter, Jr. J. R; & Linderman, R. G. (1992). Mycorrhiza and Repeated Drought Exposure Affect Drought Resistance and Extraradical Hyphae Development of Pepper Plants Independent of Plant Size and Nutrient Content. Plant Physiology 139: 289 - 294 pp.

- 13- Fitter, A. H. & Hay, R. K. M. (1981). Environmental Physiology of Plants. 355 pp. New York. Academic Press. I S B N 122577604.

- 14- Fowler, J., & Cohen, L. (1990). Practical Statistics for Field Biology. Great Britain by Redwood Books, Trowbridge Wiltshire. 222pp ISBN 0471932191.

- 15- Gomez, A. K. & Gomez, A. A. (1983) Statistical Procedures For Agricultural Research. An International Rice Research Institute Book 2nd Edition pp,665 New York.

- 16- Graham, H. J; Leonard, R. T; & Menge, J. A. (1981). Membrane-Mediated Decrease in Root Exudation Responsible for Phosphorus Inhibition of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Formation. Plant Physiology. 68: 548 - 552 pp.

- 17- Gryndler, M. & Lipavsky, J. (1995) Effect of Phosphate Fertilization on the Population of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. RostlinnaVýroba 41 (11): 533 - 540 pp.

- 18- Hamel, C; Furlan, V. & Smith, D. L. (1991). N Fixation and Transfer in a Field Grown Mycorrhizal Corn and Soybean Intercrop. Kluwer Academic Publishers. Netherland. 133: 177 - 185 pp.
- 19- Harris, D. & Azam-ali, S. N. (1993) Implications of Daylength Sensitivity in Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) for Production in Botswana. Journal of Agricultural Science, Cambridge 120: 57 - 78 pp.
- 20- Hepper, J.L (1980). A New Method Which Gives An Objective Measure of Colonization of Roots By Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi. New Phytol 115: 49 - 55 pp.
- 21- Jakobsen, I. (1994) Research Approaches to Study the Functioning of Vesicular-arbuscular Mycorrhizas in the Field. Plant and Soil 159: 141 - 147 pp.
- 22- Kling, M. & Jakobsen, I (1998). Arbuscular Mycorrhiza in Soil Quality Assessment. Ambio. 27 (1): 29 - 34 pp.
- 23- King, J. R. & Lindermann, S. F. (1980). Interaction Between a Vesicular- Arbuscular Mycorrhiza an *Rhizobium* and Their Effects on Soybean in the Field. New Phytol. 150-151.
- 24- Kishinevsky, B. D; Friedman, M. Z. Y; Meromi, G; Moshe, B. E; & Nemas, C. (1996). Variation in Nitrogen Fixation and Yield in Landraces of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* L.) Field Crops Research (48): 57 - 64 pp.
- 25- Koide, R. T. (1991) Nutrient Supply, Nutrient Demand and Plant Response to Mycorrhizae Infection. 365 - 386 pp.
- 26- Kumaga, F. ;Danso, S. K. A.& Zapata, F. (1994) Time-Coure of Nitrogen Fixation in Two Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.) Cultivars. Biol. Fertil Soils (18): 231 - 236 pp.
- 27- Landeweert, R. (1997). Effects of Drought-Stress on the Development of VA

Mycorrhizas and Growth of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). M-Sc. Project. U.E.M' Maputo 50 pp.

28- Linnemann, A. R. (1993) Phenological Development in Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) at Constant Exposure to Photoperiods of 10 to 16 h. *Annals of Botany* (71): 445 - 452 pp.

29- Martins, C. M. (1999). Análise do Padrão de crescimento de Duas Variedades de Feijão jugo (*Vigna subterranea*), em Condições de Stress Hidrico. Trabalho de Licenciatura. UEM, Maputo 50 pp.

30- Nair, M. G; Safir, G. R. & Siqueira, J.º (1991) Isolation and Identification of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza-Stimulator Compounds from Clover (*Trifolium repens*) Roots. *Applied and Environmental Microbiology*. 57(2): 434 - 439 pp.

.31- Nambiar, P. T. C. & Dart, P. J. (1983) Factors Influencing Nitrogenase Activict (Acetylene Reduction) by Root Nodules of Groundnut, *Arachis hypogaea* L.

32- Noggle, G. R. & Frritz, G. J. (1983) (2ndedition) Introductory Plant Physiology. Prentice Hall. INC, New Jersey, 270 – 275 pp.

33- Olsen, T. & Habte, M. (1995) Mycorrhizal Inoculation Effect on Nodulation and N accumulation in *Cajanus cajan* at Soil P Concentration Sufficient or Inadequate for Mycorrhiza Free Growth. *Hawai Institute of Tropical Agriculture and Human Resources Journal Series Nº 4066* (5): 395 - 399 pp.

34- Pearson, V. (1986). Measure du taux de mycorrhization VA d un système radiculare In: Aspects physiologiques et genetiques des mycorrhizes. Actes du 1er symposium European sur les mycorrhizes.(eds) V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi. INRA, Paris.

35- Quilambo, O. A. (2000) Functioning of Groundnut under Nutrient Deficiency and

Drought Stress in Relation to Symbiotic Association. Ph. D. Thesis. Rhksuniversiteit Groningen. The Netherlands. (in perparation).

36- Silva, C.M.& Ferrinho;H. M.(1964) Agricultura, Silvicultura, Piscicultura, Apicultura em Moçambique Porto Editora,Lda. Porto. 55 pp.

37- Simpson,D. & Daft, M. J. (1990) Spore Production and Mycorrhizal Development in Various Tropical Crops Hosts Infected With Glomus clarum. Plant and Soil (121): 171 - 178 pp.

38- Sugavanam, V., Udaiyan, K., Manian, S.(1994) Effect of Fungicides an Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Infection and Nodulation in Groundnut (Arachis hypogaea L.). Agriculture, Ecosystems and Environment. (8): 258 - 295pp.

39- Teixeira,A R. N. & Ricardo, C. P.P. (1983) Fotossíntese. Didactica Editora, 1ª edição Lisboa 330 pp.

40- Uguru, M. I.& Ezeh, N. E. (1997). Growth, Nodulationand Yield of Bambara Groundnut (Vigna subterranea L. verdc.) on Selected Nigerian Sols. Science Food Agricultural (73): 377 - 382 pp.

41- Valencia, C. A. (1987). Simbiosis Leguminosa-Rizobio: Evaluacion, Seleccion y Manejo. Ediciones Omega, S. A. Madrid. 66 pp.

42- Weissenhorn, I. (1994) Arbuscular Mycorrhiza and Phosphorus Nutrition of Plants. Literature Review.

43- Wilson, J. M. (1984) Competition for Infection Between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. New Phytol (97): 427 - 435 pp.

44- Yano, K., Yamauchi, A & Kono, Y. (1996). Distribution of Arbuscular Mycorrhizas in Peanut Root System. Journal Crops Science. Japan. 65 (2): 315 - 323 pp.

ANEXOS

Classificação Taxonómica.

Vigna subterranea (L.) verdc., vulgarmente conhecida por feijão jugo, é uma dicotiledónea, pertencente a:

Ordem: Rosales

Família: Fabaceae

Sub-família: Papilionoidae

Género: *Vigna*

Espécie: *Vigna subterranea*

O feijão jugo é considerado uma das culturas mais antigas de Moçambique, isto não só é provado pelo grande número de nomes locais existentes, mas também pelos costumes tradicionais (Bantus) em relação a este feijão (Heemskerk *et al.*, 1987. citados por Martins, 1999).

. Clima e Solos.

O feijão jugo tolera solos pobres e climas quentes, em solos já esgotados pode produzir mais que o amendoim. Embora adaptado a muitos diferentes tipos de solos, o feijão jugo se adapta melhor aos solos franco-arenosos bem drenados, pode porém ser cultivado em solos pobres já inaptos para o amendoim (Daisy & Kay, 1979).

. Aspectos Morfológicos.

O feijão jugo é uma herbácea annual, ramificada, com caule prostrado ou rastejante, apresentando cerca de 10 a 15 cm de comprimento, mas mostrando um largo limite no habito de crescimento. As folhas são trifolculares, alongadas ou lanceoladas, com cerca de 2.5 a 7.5 cm de comprimento e 0.8 a 3 cm de largura. O pecíolo é fino e a base pode ser

cor de rosa, púrpura ou azul-verde (Kwokolo & Smartt, 1996 citados por Martins, 1999).

As flores são tipicamente papilionacea e são suportadas por um racimo ou pedunculo peludo o qual resulta a partir de nós no caule, possuem pétalas brancas-amareladas, amarelas ou rosa-avermelhadas (Dais & Kay, 1979).

As vagens são subterrâneas, com um habito similar ao amendoim, redondas ou ovais, duras e enrugadas, com cerca de 1.25 a 2.5 cm de diâmetro, contendo 1 ou mais sementes (Daisy & Kay, 1979).

As sementes são redondas ou ovais, lisas, duras, com um tamanho de 0.15g a 1.20g (Kwokolo & Smartt, 1996 Citados por Martins, 1999).

| Semanas | Dias | %M | %F | PPI | NN | PFrT | PFFo | PFC |
|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 2 | 1 | 0.063 | 6.25 | 0.375 | 0 | 0.685 | 0.089 | 0.435 |
| 2 | 2 | 0.45 | 20.825 | 0.625 | 0 | 0.849 | 0.083 | 0.512 |
| 2 | 3 | 0.391 | 29.063 | 1 | 0 | 0.97 | 0.243 | 0.463 |
| 2 | 4 | 2.394 | 74.984 | 1 | 0 | 1.337 | 0.559 | 0.519 |
| 2 | 5 | 4.586 | 78 | 1 | 0 | 1.648 | 0.754 | 0.449 |
| 2 | 6 | | | | | | | |
| 2 | 7 | | | | | | | |
| 3 | 8 | 13.166 | 93.437 | 1 | 3.25 | 2.236 | 1.668 | 0.499 |
| 3 | 9 | 11.36 | 98.6 | 1 | 8 | 2.306 | 1.462 | 0.448 |
| 3 | 10 | 38.947 | 98.5 | 1 | 12 | 2.216 | 1.587 | 0.434 |
| 3 | 11 | 7.214 | 96.35 | 1 | 27.875 | 2.354 | 1.583 | 0.512 |
| 3 | 12 | 26.425 | 100 | 1 | 23.25 | 2.849 | 1.695 | 0.472 |
| 3 | 13 | | | | | | | |
| 3 | 14 | | | | | | | |
| 4 | 15 | 37.05 | 100 | 1 | 27 | 3.15 | 2.091 | 0.525 |
| 4 | 16 | 44.094 | 100 | 1 | 19.875 | 2.565 | 1.774 | 0.499 |
| 4 | 17 | 18.463 | 100 | 1 | 24 | 3.119 | 1.982 | 0.5 |
| 4 | 18 | 37.212 | 98.61 | 1 | 38.25 | 4.389 | 2.887 | 0.674 |
| 4 | 19 | 32.412 | 100 | 1 | 19.125 | 5.071 | 3.083 | 0.756 |
| 4 | 20 | | | | | | | |
| 4 | 21 | | | | | | | |
| 5 | 22 | 25.25 | 100 | 1 | 49.75 | 8.737 | 6.999 | 1.275 |
| 5 | 23 | 37.613 | 100 | 1 | 42.875 | 7.147 | 5.573 | 0.994 |
| 5 | 24 | 36.412 | 97.36 | 1 | 39.375 | 7.294 | 5.632 | 1.007 |
| 5 | 25 | 34.445 | 98.213 | 1 | 37.875 | 8.713 | 6.38 | 1.119 |
| 5 | 26 | 22.591 | 100 | 1 | 48.125 | 9.46 | 7.471 | 1.224 |
| 5 | 27 | | | | | | | |
| 5 | 28 | | | | | | | |
| 6 | 29 | 36 | 100 | 1 | 51.25 | 10.352 | 8.012 | 1.421 |
| 6 | 30 | 55.438 | 100 | 1 | 29.25 | 11.123 | 8.504 | 1.452 |
| 6 | 31 | 56.813 | 100 | 1 | 26.875 | 11.901 | 9.3 | 1.508 |
| 6 | 32 | 52.437 | 100 | 1 | 28.25 | 13.556 | 11.105 | 1.993 |
| 6 | 33 | 60.275 | 100 | 1 | 40.625 | 12.777 | 10.261 | 1.824 |
| 6 | 34 | | | | | | | |
| 6 | 35 | | | | | | | |
| 7 | 36 | 63 | 100 | 1 | 31.375 | 13.119 | 9.903 | 1.947 |
| 7 | 37 | 63.25 | 100 | 1 | 31.625 | 14.489 | 10.106 | 2.156 |
| 7 | 38 | 72.188 | 100 | 1 | 27.375 | 13.503 | 11.761 | 2.069 |
| 7 | 39 | 68.437 | 100 | 1 | 25.75 | 14.282 | 11.022 | 1.831 |
| 7 | 40 | 81.758 | 100 | 1 | 24.125 | 15.624 | 10.715 | 2.166 |
| 7 | 41 | | | | | | | |
| 7 | 42 | | | | | | | |
| 8 | 43 | 71.563 | 100 | 1 | 24.875 | 15.517 | 13.056 | 2.467 |
| 8 | 44 | 69.625 | 100 | 1 | 16.75 | 15.095 | 12.165 | 2.393 |
| 8 | 45 | 74.625 | 100 | 1 | 18 | 15.351 | 12.305 | 2.468 |
| 8 | 46 | 79.5 | 100 | 1 | 18.375 | 16.789 | 13.69 | 2.788 |
| 8 | 47 | 73.375 | 100 | 1 | 15.25 | 14.036 | 11.535 | 2.13 |

| PSFo | PSC | PSR | PST | TCAT | TCAFo | TCAC | TCAR | Afo |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 0.007 | 0.036 | 0.012 | 0.055 | 0.055 | 0 | 0 | 0 | 3.5 |
| 0.013 | 0.041 | 0.018 | 0.072 | 0.017 | 0.006 | 0.005 | 0.006 | 6.25 |
| 0.031 | 0.037 | 0.018 | 0.086 | 0.014 | 0.018 | -0.004 | 0 | 8.75 |
| 0.068 | 0.044 | 0.024 | 0.136 | 0.05 | 0.037 | 0.007 | 0.006 | 16.25 |
| 0.101 | 0.04 | 0.027 | 0.169 | 0.033 | 0.033 | -0.004 | 0.003 | 23.5 |
| 0.195 | 0.047 | 0.025 | 0.267 | 0.098 | 0.094 | 0.007 | -0.002 | 47.25 |
| 0.218 | 0.089 | 0.033 | 0.297 | 0.03 | 0.023 | 0.042 | 0.008 | 52.875 |
| 0.26 | 0.058 | 0.037 | 0.356 | 0.059 | 0.042 | -0.031 | 0.004 | 59.571 |
| 0.299 | 0.07 | 0.051 | 0.421 | 0.0065 | 0.039 | 0.021 | 0.014 | 60 |
| 0.324 | 0.067 | 0.06 | 0.452 | 0.031 | 0.025 | -0.003 | 0.009 | 70.375 |
| 0.438 | 0.086 | 0.059 | 0.583 | -0.104 | 0.114 | 0.019 | -0.001 | 74.75 |
| 0.347 | 0.08 | 0.052 | 0.479 | -0.104 | -0.091 | -0.006 | -0.007 | 67.25 |
| 0.419 | 0.091 | 0.073 | 0.583 | 0.104 | 0.072 | 0.011 | 0.021 | 75.25 |
| 0.561 | 0.118 | 0.094 | 0.774 | 0.191 | 0.142 | 0.027 | 0.021 | 87.375 |
| 0.581 | 0.119 | 0.083 | 0.789 | 0.015 | 0.02 | 0.001 | -0.011 | 101.125 |
| 1.211 | 0.265 | 0.08 | 1.575 | 0.788 | 0.63 | 0.146 | -0.003 | 234.375 |
| 1.004 | 0.169 | 0.076 | 1.249 | -0.326 | -0.207 | -0.096 | -0.004 | 181 |
| 1.116 | 0.26 | 0.084 | 1.46 | 0.211 | 0.112 | 0.091 | 0.008 | 215.375 |
| 1.175 | 0.248 | 0.121 | 1.544 | 0.084 | 0.059 | -0.012 | 0.037 | 203 |
| 1.562 | 0.25 | 0.19 | 2.002 | 0.458 | 0.387 | 0.01 | 0.069 | 243.75 |
| 1.544 | 0.22 | 0.078 | 1.845 | -0.157 | -0.018 | -0.03 | -0.112 | 245.625 |
| 1.701 | 0.265 | 0.099 | 2.064 | 0.2219 | 0.157 | 0.045 | 0.021 | 288.5 |
| 1.889 | 0.325 | 0.099 | 2.312 | 0.248 | 0.188 | 0.06 | 0 | 277 |
| 2.283 | 0.368 | 0.12 | 2.771 | 0.459 | 0.394 | 0.043 | 0.021 | 319.625 |
| 1.768 | 0.302 | 0.104 | 2.175 | -0.596 | -0.515 | -0.066 | -0.016 | 325.25 |
| 1.842 | 0.373 | 0.101 | 2.316 | 0.141 | 0.074 | 0.71 | -0.003 | 312.875 |
| 2.029 | 0.416 | 0.173 | 2.618 | 0.302 | 0.187 | 0.043 | 0.072 | 301.5 |
| 2.132 | 0.356 | 0.102 | 2.59 | -0.028 | 0.103 | -0.06 | -0.071 | 344.125 |
| 2.129 | 0.392 | 0.146 | 2.668 | 0.078 | -0.003 | 0.036 | 0.044 | 372.125 |
| 2.147 | 0.403 | 0.12 | 2.669 | 0.001 | 0.018 | 0.011 | -0.026 | 369.75 |
| 2.181 | 0.433 | 0.11 | 2.724 | 0.055 | 0.034 | 0.03 | -0.01 | 388.375 |
| 2.216 | 0.483 | 0.116 | 2.82 | 0.096 | 0.035 | 0.05 | 0.006 | 366.125 |
| 2.432 | 0.579 | 0.115 | 3.127 | 0.307 | 0.216 | 0.096 | 0.001 | 375.125 |
| 2.473 | 0.574 | 0.122 | 3.169 | 0.042 | 0.041 | -0.005 | 0.007 | 380.5 |
| 2.299 | 0.519 | 0.105 | 2.923 | -0.246 | -0.174 | -0.055 | -0.017 | 395.875 |

| N flores | AEFo | RAFo | RPSFo | RPSC | RPSR | %Mat Sec |
|----------|---------|---------|-------|-------|-------|----------|
| 0 | 517.172 | 65.203 | 0.14 | 0.641 | 0.219 | 8.329 |
| 0 | 488.529 | 87.076 | 0.181 | 0.579 | 0.24 | 8.525 |
| 0 | 298.186 | 98.327 | 0.339 | 0.452 | 0.209 | 8.933 |
| 0 | 249.741 | 121.305 | 0.497 | 0.328 | 0.175 | 10.168 |
| 0 | 231.976 | 139.91 | 0.602 | 0.239 | 0.159 | 10.257 |
| 0 | 246.136 | 177.493 | 0.723 | 0.179 | 0.098 | 12.339 |
| 0 | 249.57 | 180.035 | 0.724 | 0.16 | 0.116 | 13.806 |
| 0 | 223.322 | 161.493 | 0.726 | 0.167 | 0.108 | 16.716 |
| 0 | 202.279 | 144.296 | 0.712 | 0.169 | 0.119 | 19.266 |
| 0 | 224.872 | 160.796 | 0.717 | 0.152 | 0.131 | 16.249 |
| 0 | 164.492 | 122.976 | 0.749 | 0.149 | 0.102 | 18.927 |
| 0 | 195.104 | 140.825 | 0.723 | 0.167 | 0.111 | 19.531 |
| 0 | 181.752 | 130.404 | 0.72 | 0.156 | 0.123 | 18.954 |
| 0 | 165.216 | 120.056 | 0.726 | 0.159 | 0.115 | 18.674 |
| 0 | 175.284 | 128.858 | 0.736 | 0.162 | 0.102 | 17.688 |
| 0 | 236.906 | 166.66 | 0.754 | 0.183 | 0.063 | 18.719 |
| 0 | 183.21 | 144.807 | 0.792 | 0.141 | 0.067 | 19.461 |
| 0 | 214.467 | 159.343 | 0.765 | 0.174 | 0.06 | 21.759 |
| 0 | 173.909 | 130.566 | 0.754 | 0.167 | 0.079 | 18.369 |
| 0 | 158.87 | 122.904 | 0.776 | 0.125 | 0.099 | 21.716 |
| 0.375 | 166.6 | 137.858 | 0.832 | 0.122 | 0.046 | 19.066 |
| 1.125 | 176.459 | 144.532 | 0.821 | 0.13 | 0.049 | 19.336 |
| 1.5 | 154.112 | 123.716 | 0.813 | 0.143 | 0.045 | 20.272 |
| 2.75 | 140.163 | 115.504 | 0.824 | 0.132 | 0.043 | 20.513 |
| 2.25 | 185.884 | 151.135 | 0.814 | 0.138 | 0.048 | 17.122 |
| 2.125 | 174.476 | 137.977 | 0.794 | 0.161 | 0.044 | 18.438 |
| 2.725 | 151.077 | 116.298 | 0.772 | 0.159 | 0.068 | 20.687 |
| 4.875 | 161.561 | 133.372 | 0.825 | 0.136 | 0.039 | 17.899 |
| 3.5 | 175.304 | 139.702 | 0.8 | 0.146 | 0.054 | 19.828 |
| 5.625 | 172.811 | 139.061 | 0.804 | 0.151 | 0.045 | 19.106 |
| 7.5 | 187.491 | 149.057 | 0.797 | 0.162 | 0.041 | 17.594 |
| 6.75 | 166.954 | 131.137 | 0.787 | 0.172 | 0.042 | 18.823 |
| 6.125 | 159.404 | 123.481 | 0.78 | 0.182 | 0.038 | 20.473 |
| 6.625 | 155.354 | 120.332 | 0.777 | 0.183 | 0.04 | 19.406 |
| 9.375 | 173.978 | 137.057 | 0.787 | 0.177 | 0.036 | 21.114 |