

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO

**DESEMPENHO DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS PERENES COM POTENCIAL
DE UTILIZAÇÃO PARA COBERTURA VIVA E SEUS EFEITOS SOBRE
ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

ADRIANO PERIN

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

ORIENTADOR: Dr. JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA, 1958 —

CO-ORIENTADORES: Dr. MARCELO GRANDI TEIXEIRA

Dr. MARCOS GERVASIO PEREIRA

Tese submetida como requisito parcial
para a obtenção do grau de *Magister
Scientiae* em Agronomia, área de
concentração Ciência do Solo.

SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO

FEVEREIRO - 2001

533.304
P445d
T

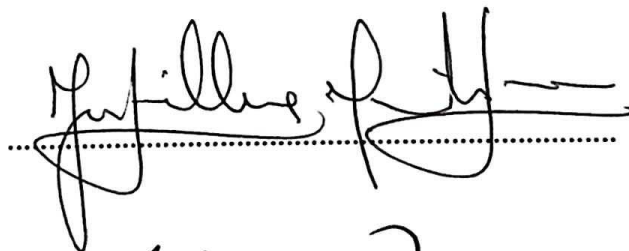
**DESEMPENHO DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS PERENES COM POTENCIAL
DE UTILIZAÇÃO PARA COBERTURA VIVA E SEUS EFEITOS SOBRE
ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

ADRIANO PERIN

Aprovada em: 16/ 02/ 2001

Banca examinadora

Dr. José Guilherme Marinho Guerra
Pesquisador III - Embrapa Agrobiologia



Dr. Marcelo Grandi Teixeira
Pesquisador III - Embrapa Agrobiologia



Dr. Marcos Gervasio Pereira
Professor Adjunto, Departamento de Solos, UFRRJ



AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da vida;

À minha querida família, pelo incentivo na realização de meus sonhos e compreensão de minha ausência;

À minha irmã Liamara pelo diálogo e permanente presença, principalmente nos momentos mais difíceis da vida na UFRRJ;

Aos meus orientadores e amigos José Guilherme e Marcelo Grandi, pelos ensinamentos técnico-científicos e, principalmente, de vida;

Ao ilustre professor, orientador e amigo de todas as horas Marcos Gervasio Pereira, pela força, incentivo e pela confiança em mim depositada;

À Embrapa Agrobiologia pelo suporte físico e financeiro na execução do trabalho de tese;

À UFRRJ pela lição de vida e por oferecer ensino gratuito e de qualidade;

À professora Clarisse de Oliveira, por despertar em mim a vontade de investigar e conhecer aspectos relacionados ao manejo e conservação de solos;

Aos empregados do Terraço pela amizade e eficiência na execução das atividades de campo;

Aos amigos Jerri, Spohr, Fernando, Alanir, Édson, Romano, Diego, Jorge, Fabiano, Elvino, Alex, Rogério, Polidoro, David, Fabão, Jéssika, Valéria, Marivaine, Conceição e Lindete pelo diálogo e por compartilharem momentos da vida;

DEDICAÇÃO

“As grandes ou pequenas
realizações se concretizam, quando o
respeito aos nossos semelhantes
permeiam o cotidiano”

Vera Rebelo.

A quem interessar este trabalho,
dedico.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Adriano Perin, nascido em Quilombo - SC, ingressou, em 1992 na Escola Agrotécnica Federal de Concórdia - SC, obtendo o título de Técnico em Agropecuária no ano de 1995. Graduou-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, colando grau em maio de 1999. Entre o período de 1996 e 1999, foi bolsista de Iniciação Científica pelo programa PIBIC-CNPq, desenvolvendo trabalhos de pesquisa na Embrapa Agrobiologia, na área de Manejo em Agricultura Orgânica. Em março 1999, ingressou no Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo, pela mesma Instituição de Ensino e Pesquisa, desenvolvendo a tese na Embrapa Agrobiologia.

No ano de 2000, fez o curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* Especialização em Tecnologia de Sementes na UFRRJ.

ÍNDICE

	Pág.
1 - RESUMO	xiv
2 - ABSTRACT	xviii
3 - INTRODUÇÃO GERAL	01
4 - REVISÃO DE LITERATURA	04
4.1 - AMBIENTE TROPICAL: CARACTERÍSTICAS E LIMITAÇÕES	04
4.2 - COBERTURA VIVA E MANEJO DOS SOLOS TROPICAIS	05
4.3 - IMPORTÂNCIA DA COBERTURA VIVA PERMANENTE DE SOLO	07
4.4 - IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA AO SOLO	09
4.4.1 - Características químicas	09
4.4.2 - Características biológicas	10
4.4.3 - Características físicas	10
5 - CAPÍTULO I: Produção de fitomassa e estoque de nutrientes de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva de solo	15
5.1 - INTRODUÇÃO	16
5.2 - MATERIAL E MÉTODOS	18
5.2.1 - Localização e características edafoclimáticas da área	18
5.2.2 - Delineamento experimental	19
5.2.3 - Avaliações	19
5.2.3.1 - Taxa de cobertura do solo	19
5.2.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas .	20
5.2.4 - Análise estatística	21
5.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.3.1 - Taxa de cobertura do solo	22
5.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas	24
5.4 - CONCLUSÕES	31
6 - CAPÍTULO II: Cobertura do solo e acumulação de nutrientes de três leguminosas herbáceas perenes a partir de diferentes densidade de plantio	32
6.1 - INTRODUÇÃO	33

6.2 - MATERIAL E MÉTODOS	35
6.2.1 - Localização e características edafoclimáticas da área	35
6.2.2 - Delineamento experimental	35
6.2.2.1 - Experimento 1	35
6.2.2.2 - Experimento 2	36
6.2.3 - Avaliações	37
6.2.3.1 - Taxa de cobertura do solo	37
6.2.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas..	38
6.2.4 - Análise estatística	38
6.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.3.1 - Experimento 1	40
6.3.1.1 - Taxa de cobertura do solo	40
6.3.1.2 - Produção de fitomassa, teores e totais acumulados de N, P e K na parte aérea das plantas	45
6.3.2. - Experimento 2	48
6.3.2.1 - Taxa de cobertura do solo	48
6.3.2.2 - Produção de fitomassa, teores e totais acumulados de N, P e K na parte aérea das plantas	50
6.4 - CONCLUSÕES	55
7 - CAPÍTULO III: Efeitos da cobertura viva permanente de solo com leguminosas herbáceas perenes sobre alguns atributos físicos do solo	57
7.1 - INTRODUÇÃO	58
7.2 - MATERIAL E MÉTODOS	60
7.2.1 - Localização e características edafoclimáticas da área	60
7.2.2 - Delineamento experimental	62
7.2.3 - Avaliações	62
7.2.3.1 - Estabilidade de agregados do solo	62
7.2.3.2 - Teor de carbono orgânico nos agregados do solo	64
7.2.3.3 - Conteúdo de umidade do solo	65
7.2.3.4 - Temperatura do solo	65

7.2.3.5 - Distribuição do sistema radicular das leguminosas herbáceas perenes...	66
7.2.4 - Análise estatística	66
7.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
7.3.1 - Distribuição do sistema radicular de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização como coberturas vivas de solo.....	67
7.3.2 - Efeito das leguminosas herbáceas perenes na agregação do solo	70
7.3.3 - Distribuição do carbono orgânico total nas classes de agregados	73
7.3.4 - Influência da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes no nível de umidade do solo	75
7.3.5 - Influência da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na temperatura do solo	77
7.4 - CONCLUSÕES	80
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
9 - APÊNDICE	97

FIGURAS

Pág.

Capítulo II

Figura 1 - Curvas ajustadas da taxa de cobertura de solo proporcionada por galáxia em função de diferentes espaçamentos e densidades de plantio	42
Figura 2 - Curvas ajustadas da taxa de cobertura de solo proporcionada por cudzu tropical em função de diferentes espaçamentos e densidades de plantio	43
Figura 3 - Curvas ajustadas da taxa de cobertura do solo proporcionada por amendoim forrageiro a partir de diferentes densidades de plantio	49
Figura 4 - Equações ajustadas de produção de matéria seca de parte aérea de amendoim forrageiro, a partir de diferentes densidades de plantio, por ocasião do 1º, 2º, 3º e 4º corte das plantas	51
Figura 5 - Equações ajustadas de acumulação de N, P e K na parte aérea de amendoim forrageiro, a partir de diferentes densidades de plantio, por ocasião do 1º, 2º, 3º e 4º corte das plantas.....	52

Capítulo III

Figura 1 - Valores de precipitação e temperatura da área em estudo (Média dos últimos 10 anos - 1989 - 1999)	652
Figura 2 - Distribuição de matéria seca de raízes de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva permanente de solo.....	69
Figura 3 - Raio médio (mm) de raízes de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva permanente de solo.....	69
Figura 4 - Área radicular de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva permanente de solo.....	70
Figura 5 - Comportamento hídrico do solo sob cobertura viva de leguminosas herbáceas perenes (período de avaliação: 16/08 à 09/09/2000)	76
Figura 6 - Armazenamento de água num solo sob cobertura viva de leguminosas herbáceas perenes (período de avaliação: 16/08 à 09/09/99).....	76

QUADROS

Pág.

Capítulo I

Quadro 1 -	Taxa de cobertura do solo proporcionada por leguminosas herbáceas anual e perenes	23
Quadro 2 -	Produção de matéria verde e da parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP)	25
Quadro 3 -	Teor e acumulação total de N na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP)	26
Quadro 4 -	Teor e acumulação total de P na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP)	27
Quadro 5 -	Teor e acumulação total de K na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 15, 18 e 24 meses após o plantio (MAP)	28
Quadro 6 -	Acumulação total de nitrogênio e fósforo na parte aérea de centrosema, galáxia e amendoim forrageiro no segundo corte (12 MAP) a partir do manejo dos resíduos vegetais	29

Capítulo II

Quadro 1 -	Valores referentes aos T $\frac{1}{2}$ (tempo em dias após o plantio para atingir 50% da cobertura do solo) proporcionados por cudzu tropical e galáxia em função da densidade de plantas e espaçamento entre sulcos de plantio	45
-------------------	---	----

Figura 7 - Variação da temperatura do solo no horário das 9:00 horas (A) e 15:00 horas (B) sob coberturas vivas de leguminosas herbáceas perenes (período de avaliação: 16/08 à 09/09/99) 79

QUADROS

Pág.

Capítulo I

Quadro 1 -	Taxa de cobertura do solo proporcionada por leguminosas herbáceas anual e perenes	23
Quadro 2 -	Produção de matéria verde e da parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP)	25
Quadro 3 -	Teor e acumulação total de N na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP)	26
Quadro 4 -	Teor e acumulação total de P na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP)	27
Quadro 5 -	Teor e acumulação total de K na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 15, 18 e 24 meses após o plantio (MAP)	28
Quadro 6 -	Acumulação total de nitrogênio e fósforo na parte aérea de centrosema, galáxia e amendoim forrageiro no segundo corte (12 MAP) a partir do manejo dos resíduos vegetais	29

Capítulo II

Quadro 1 -	Valores referentes aos T $\frac{1}{2}$ (tempo em dias após o plantio para atingir 50% da cobertura do solo) proporcionados por cudzu tropical e galáxia em função da densidade de plantas e espaçamento entre sulcos de plantio	45
-------------------	---	----

Quadro 2 -	Produção de matéria seca e acumulação de N, P e K na parte aérea de cudzu tropical e galáxia em função do espaçamento entre sulcos de plantio por ocasião do 1º corte das plantas (5 MAP)	46
Quadro 3 -	Produção de matéria seca e acumulação de N, P e K na parte aérea de cudzu tropical e galáxia em função da densidade de plantio por ocasião do 1º corte das plantas (5 MAP)	47
Quadro 4 -	Produção de matéria verde e seca, teor e acumulação total de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de duas leguminosas por ocasião do 1º e 2º corte das plantas	48
Quadro 5 -	Tempo necessário para atingir 50% de cobertura do solo de amendoim forrageiro a partir de diferentes densidades de plantio.....	49

Capítulo III

Quadro 1 -	Distribuição dos agregados nas diferentes peneiras sob diferentes cobertura permanente de solo com leguminosas herbáceas perenes	71
Quadro 2 -	Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados (mm) sob diferentes coberturas vivas de solo com leguminosas herbáceas perenes	72
Quadro 3 -	Diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) dos agregados a partir de diferentes coberturas vivas de solo com leguminosas herbáceas perenes	73
Quadro 4 -	Carbono orgânico em um ARGISSOLO sob cobertura de 4 anos com leguminosas herbáceas perenes. Média ponderada das classes de agregados	74
Quadro 5 -	Carbono orgânico nas diferentes classes de agregados de um argissolo sob cobertura de 4 anos com leguminosas herbáceas perenes	75

APÊNDICE

	Pág.
Quadro 1 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 1º corte das plantas.....	97
Quadro 2 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 2º corte das plantas.....	98
Quadro 3 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 3º corte das plantas.....	99
Quadro 4 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 4º corte das plantas.....	100
Quadro 5 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de galáxia e cudzu tropical, por ocasião do 1º corte das plantas.....	101
Quadro 6 - Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 1º corte das plantas.....	101

Quadro 7 -	Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 2º corte das plantas.....	102
Quadro 8 -	Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 3º corte das plantas.....	102
Quadro 9 -	Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 4º corte das plantas.....	103
Quadro 10 -	Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para massa, raio e área radicular de diferentes leguminosas herbáceas perenes.....	103
Quadro 11 -	Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para a distribuição dos agregados nas diferentes classes de agregados do solo (mm) sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.....	104
Quadro 12 -	Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para carbono orgânico total (CO), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade dos agregados (IEA) em solo sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.....	104
Quadro 13 -	Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para carbono orgânico total (CO) nas diferentes classes de agregados do solo (mm) sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.....	105

1 - RESUMO

Recentemente, aspectos relacionados a otimização da adubação verde têm atraído pesquisadores, que procuram identificar espécies vegetais, principalmente leguminosas, para utilização como cobertura viva do solo, visando a adequação espacial e temporal destas leguminosas em culturas econômicas de ciclo perene. As leguminosa herbáceas perenes como cobertura viva, além de protegerem o solo dos agentes climáticos, seqüestram C e fixam quantidades significativas de N atmosférico, mantêm ou eleva o teor de matéria orgânica do solo, mobilizam e reciclam nutrientes, participam do controle natural da vegetação espontânea e favorecem a atividade biológica do solo. Tais benefícios podem contribuir para maior estabilidade do sistema produtivo e culminar com menores custos de produção. Contudo, o desafio é avaliar o comportamento, adaptação, persistência e exigência das leguminosas utilizadas para tal fim, bem como a adequação destas plantas nos cultivos econômicos, a fim de identificar espécies promissoras para utilização como cobertura viva permanente de solo, notadamente em consórcio com fruteiras.

O presente trabalho, teve como objetivos determinar a morfologia e distribuição do sistema radicular, as taxas de cobertura do solo, produção de fitomassa, acumulação de N, P e K na parte aérea de algumas leguminosas herbáceas perenes, e o efeito da cobertura viva na estabilização de agregados e manutenção das variações térmica e hídrica do solo.

Instalou-se, num ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizado em Seropédica, Rio de Janeiro, quatro experimentos de campo. Estudou-se a leguminosa anual mucuna cinza (*Mucuna pruriens*) e as leguminosas perenes amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), centrosema (*Centrosema acutifolium*), galáxia (*Galactia striata*), cudzu tropical (*Pueraria*

phaseoloides) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*). As avaliações consistiram da morfologia radicular, taxa de cobertura do solo, produção de fitomassa e estoque de N, P e K na parte aérea das leguminosas, além da estabilidade de agregação e variação térmica e hídrica do solo sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.

No primeiro experimento, observou-se que a partir da implantação das leguminosas no período das águas (dezembro), a cobertura total do solo ocorreu para a mucuna, centrosema, galáxia e amendoim forrageiro, respectivamente, aos 37, 92, 114 e 114 dias após a semeadura. Evidenciou-se também que a adubação de 45 kg de P (superfosfato triplo) por ocasião do plantio, não elevou a produção de matéria seca, teores e acumulação de N, P e K na parte aérea das plantas, mostrando que estas leguminosas toleram solos deficientes em P. As leguminosas perenes galáxia e amendoim forrageiro apresentaram, durante o período de avaliação e nas condições locais, bons desempenhos produtivos, mostrando-se promissoras para utilização como coberturas vivas de solo.

No segundo experimento, avaliaram-se as leguminosas perenes galáxia e cudzu tropical, estabelecidas a partir de diferentes densidades (5, 10, 15 e 20 plantas/ m linear) e espaçamentos (25 e 50 cm entre sulcos de plantio), a fim de definir a densidade de plantio mais adequada para o estabelecimento destas leguminosas. Verificou-se que a galáxia apresentou maior potencial de produção de matéria seca e acumulação de N, P e K na parte aérea quando comparada ao cudzu tropical por ocasião do 1º e 2º corte das plantas, e que o efeito do espaçamento e da densidade de plantio sobre a produção de fitomassa e estoque de nutrientes na parte aérea ocorreu apenas no 1º corte, observando-se maiores produções de matéria seca no espaçamento de 25 cm e na densidade de 10 plantas/ metro linear. Concluiu-se que a densidade de plantio mais adequada para a galáxia e o cudzu tropical ocorreu, respectivamente, no espaçamento de 25 cm e nas densidades de 10 e 15 plantas/ m linear.

No terceiro experimento, avaliou-se o amendoim forrageiro, estabelecido a partir de diferentes densidades (2, 4, 8 e 16 plantas/ m linear) e espaçamentos (25 e 50 cm entre sulcos de plantio), a fim de definir a densidade de plantio mais adequada para o estabelecimento desta leguminosa. Conclui-se que o emprego da densidade de 8 plantas de amendoim forrageiro/m linear no espaçamento de 50 cm entre sulcos de plantio mostra-se mais adequada para formação desta cobertura viva.

No quarto experimento avaliou-se a morfologia e distribuição do sistema radicular das leguminosas herbáceas perenes amendoim forrageiro, cudzu tropical e siratro, e o efeito da cobertura viva formada por estas leguminosas no conteúdo de carbono orgânico do solo, estabilidade de agregados e manutenção da variação térmica e hídrica do solo. Verificou-se diferenças na morfologia e distribuição de sistema radicular das leguminosas nas diferentes camadas de solo. O amendoim forrageiro apresentou maior produção de matéria seca de raízes e área superficial de raízes do que siratro e cudzu tropical. Quanto ao carbono orgânico, o solo coberto por amendoim forrageiro apresentou maior valor que a área capinada. Para a distribuição dos agregados, as leguminosas apresentaram maior percentual de agregados na classe $> 2,00$ mm. Essas respostas apontam para uma maior estabilização dos agregados no solo sob cobertura viva de leguminosas herbáceas perenes. Constatou-se que o siratro e cudzu tropical atenuaram as variações térmica e hídrica do solo, quando comparados com área sem cobertura vegetal ou com cobertura de amendoim forrageiro.

Assim sendo, a utilização do amendoim forrageiro como cobertura viva em pomares, onde as fruteiras tenham distribuição de sistema radicular superficial deve ser evitada, visto a capacidade desta espécie competir com a cultura principal, principalmente em períodos de estiagem prolongada.

Palavras - chave: Leguminosas perenes - cobertura viva - agregação do solo

2 - ABSTRACT

Recently, aspects related to the utilization of green manure have called the attention of researches that are trying to identify plant species, mainly legumes, to be used as soil mulching. The main objective is to adequate spatial and temporal cycles of the legumes to adjust to perennial economical crops. The usage of herbaceous legumes as soil mulching, besides protecting the soil against climatic agents, contribute to the C sequestration, fixation of significant amounts of atmospheric N, to preserve or to increase soil organic matter, nutrients mobilization and recycling, to control the growth of spontaneous vegetation, and to improve the soil biological activity. However, the challenge is to evaluate the behavior, adaptation, persistence, and growth requirements of the legumes used as soil mulching, as well as the adequate insertion of these plants in the economical crops, in order to identify promising species to be used as permanent soil mulching, mainly consociated to fruit growing. The objectives of this work were to determinate the root morphology and distribution, the rates of soil coverage, the plant biomass production, accumulation of N, P, and K in the aerial part of some perennial herbaceous legumes, and the effect of soil mulching in the aggregate stabilization, and in the thermal and hydric soil stabilization.

Four field experiments were installed in the Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, located in Seropédica, Rio de Janeiro State. The legume species studied were the annual 'mucuna cinza' (*Mucuna pruriens*), and the perennial 'amendoim forrageiro' (*Arachis pintoii*), 'centrosema' (*Centrosema acutifolium*), 'galácia' (*Galactia striata*), 'cudzu tropical' (*Pueraria phaseoloides*) and 'siratro' (*Macroptilium atropurpureum*). It was evaluated the root morphology, the rates of soil coverage, the plant biomass production, accumulation of N, P, and K in the aerial part of the legumes, the aggregate

stability, and the thermal and hydric soil stabilization as a result of soil coverage by the perennial herbaceous legumes.

The results of the first experiment showed that, from the implantation of the legume crops in the rainy season (December), the total soil coverage for the 'mucuna', 'centrosema', 'galácia', and 'amendoim forrageiro', was achieved 37, 92, 114 e 114 days after sowing, respectively. Also it was evidenced that the application of 45 kg of P (triple super phosphate), at the planting, neither increased the production of dry matter, nor the levels or accumulation of N, P, and K in the aerial part of the legumes, showing that these legumes tolerate P deficient soils.

In the second experiment, the perennial legumes 'galácia' and 'cudzu tropical', sowed with different plant densities (5, 10, 15, and 20 plants/m) and row spacing (25 and 50 cm between rows) were evaluated. It was verified that the 'galácia' had the higher potential for dry matter production, and accumulation of N, P, and K in the aerial part, when compared to the 'cudzu tropical'. The effect of plant density and row spacing on the plant dry matter production, and the accumulation of nutrients in the aerial part were observed only in the first cut, and the highest dry matter productions were observed in the 25 cm row spacing and in the 10 plants /m density. It was concluded that the adequate plant densities for 'galácia' and the 'cudzu tropical' were, respectively, 10 and 15 plants/ m, and the row spacing of 25 cm.

In the third experiment, the 'amendoim forrageiro', sowed with different plant densities (2, 4, 8, and 16 plants/m) and row spacing (25 and 50 cm between rows) was evaluated. It was concluded that the adequate plant densities for 'amendoim forrageiro' was 8 plants/ m, and the row spacing of 50 cm.

In the fourth experiment, the perennial herbaceous legumes 'amendoim forrageiro', 'cudzu tropical' and 'siratro' were evaluated, as related to root morphology and distribution, and the effect of these soils mulching in the content of soil organic carbon, aggregate stability, and the thermal and hydric soil stabilization. It was verified that the 'amendoim forrageiro' showed higher root dry matter production, and root area than 'siratro' and 'cudzu tropical', and a higher soil organic carbon than a reference plot without any plant soil coverage. For the aggregate satability, the legume had the highest aggregate

stability, and the thermal and hydric soil stabilization as a result of soil coverage by the perennial herbaceous legumes.

The results of the first experiment showed that, from the implantation of the legume crops in the rainy season (December), the total soil coverage for the 'mucuna', 'centrosema', 'galáxia', and 'amendoim forrageiro', was achieved 37, 92, 114 e 114 days after sowing, respectively. Also it was evidenced that the application of 45 kg of P (triple super phosphate), at the planting, neither increased the production of dry matter, nor the levels or accumulation of N, P, and K in the aerial part of the legumes, showing that these legumes tolerate P deficient soils.

In the second experiment, the perennial legumes 'galáxia' and 'cudzu tropical', sowed with different plant densities (5, 10, 15, and 20 plants/m) and row spacing (25 and 50 cm between rows) were evaluated. It was verified that the 'galáxia' had the higher potential for dry matter production, and accumulation of N, P, and K in the aerial part, when compared to the 'cudzu tropical'. The effect of plant density and row spacing on the plant dry matter production, and the accumulation of nutrients in the aerial part were observed only in the first cut, and the highest dry matter productions were observed in the 25 cm row spacing and in the 10 plants /m density. It was concluded that the adequate plant densities for 'galáxia' and the 'cudzu tropical' were, respectively, 10 and 15 plants/ m, and the row spacing of 25 cm.

In the third experiment, the 'amendoim forrageiro', sowed with different plant densities (2, 4, 8, and 16 plants/m) and row spacing (25 and 50 cm between rows) was evaluated. It was concluded that the adequate plant densities for 'amendoim forrageiro' was 8 plants/ m, and the row spacing of 50 cm.

In the fourth experiment, the perennial herbaceous legumes 'amendoim forrageiro', 'cudzu tropical' and 'siratro' were evaluated, as related to root morphology and distribution, and the effect of these soils mulching in the content of soil organic carbon, aggregate stability, and the thermal and hydric soil stabilization. It was verified that the 'amendoim forrageiro' showed higher root dry matter production, and root area than 'siratro' and 'cudzu tropical', and a higher soil organic carbon than a reference plot without any plant soil coverage. For the aggregate satability, the legume had the highest aggregate

percentage in the > 2,00 mm class. This result indicate a higher soil aggregate stabilization under the soil mulching of perennial herbaceous legumes. It was evidenced that the 'siratro' and the 'cudzu tropical' reduced the soil thermal and hydric variations, when compared to the reference plot without any plant soil coverage or to the 'amendoim forrageiro'.

Key words: Perennial legumes, soil mulching, soil aggregation

percentage in the $> 2,00$ mm class. This result indicate a higher soil aggregate stabilization under the soil mulching of perennial herbaceous legumes. It was evidenced that the 'siratro' and the 'cudzu tropical' reduced the soil thermal and hydric variations, when compared to the reference plot without any plant soil coverage or to the 'amendoim forrageiro'.

Key words: Perennial legumes, soil mulching, soil aggregation

3 - INTRODUÇÃO GERAL

Os solos agrícolas de regiões tropicais e subtropicais, por estarem expostos aos fenômenos climáticos, notadamente ao sol, chuvas e ventos, necessitam de proteção contínua, visto apresentarem, de maneira geral, baixa fertilidade natural, elevado teor de alumínio trocável e deficiência generalizada de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo. A movimentação do solo e sua exposição direta a ação do clima, resulta em perda de terra e nutrientes, redução dos teores de matéria orgânica e destruição da agregação original do solo.

Na agricultura brasileira, as perdas de solos férteis devido à erosão, ainda são muito significativas, com o arraste de aproximadamente um bilhão de toneladas de terra por ano. Esta degradação tem ocasionado, com frequência, queda na produtividade agrícola, atribuída principalmente aos efeitos da erosão e redução dos níveis de matéria orgânica. Contudo, a manutenção da produtividade destes solos, depende de um manejo que propicie a proteção permanente contra os efeitos indesejáveis do clima.

Enquanto a tecnologia agrega valor à agricultura moderna, a adoção de práticas culturais como a de cobertura de solo permite revolucionar o conceito de manejo do solo. Esta alternativa prova que práticas simples, aliadas ao uso de recursos naturais disponíveis, são capazes de potencializar a produtividade das lavouras brasileiras. Frente a tais impactos, inúmeras linhas de pesquisa vêm desenvolvendo alternativas de manejo e proteção do solo. Ao lado de práticas que visam a sustentabilidade dos ecossistemas naturais, a utilização de leguminosas herbáceas perenes como cobertura viva de solo, vem merecendo destaque, principalmente nesta última década.

O aspecto da proteção do solo assume importância ainda maior, quando áreas declivosas, de baixa fertilidade natural e sujeitas aos processos erosivos, passam a ser incorporadas ao sistema produtivo. Isso é frequentemente observado em pequenas propriedades agrícolas, onde a fruticultura é uma alternativa para o aumento da renda econômica da propriedade.

Ultimamente, tem-se ampliado os esforços dos órgãos de pesquisa e extensão no sentido de implementar, na prática, a diversificação de culturas, introduzindo diferentes espécies de adubos verdes. Neste aspecto amplo de manejo de culturas e conservação do solo, especial destaque deve ser dado à adubação verde. Entretanto, a maioria dos trabalhos realizados nessa área, foram direcionados apenas aos adubos verdes de ciclo anual, mesmo assim, visando quase exclusivamente os períodos de pousio do solo.

Como as culturas perenes possuem elevado custo de implantação e o retorno do capital depende da produtividade e longevidade dos pomares, evitar o desgaste do solo é, certamente, o primeiro passo para que esse objetivo seja alcançado. Dessa forma, a adoção de práticas de proteção do solo com cobertura viva é uma estratégia interessante para a manutenção de sua capacidade produtiva.

Espécies utilizadas como adubo verde são normalmente rústicas e de crescimento rápido. Estas características as credenciam a competirem por água, nutrientes e luminosidade com as espécies de ocorrência espontâneas. A introdução do adubo verde dificulta o estabelecimento da vegetação espontânea, impedindo-a de produzir e lançar sementes e propágulos vegetativos no solo. Desta forma, tem-se uma menor infestação de plantas espontâneas na área cultivada.

A utilização de coberturas vivas ou mortas, como prática de manejo, é uma das alternativas mais efetivas no controle da degradação dos solos, podendo mudar a situação de solos depauperados e de sistemas ecologicamente danificados, assegurando-os maior sustentabilidade.

Recentemente, aspectos relacionados à conservação do solo tem recebido maior atenção da comunidade científica. Neste sentido, o conceito de adubação verde em pomares tem sido expandido com o emprego de leguminosas herbáceas perenes, visto que essas plantas, além de fixarem C e N atmosféricos, proporcionam proteção permanente do solo.

Porém, o sucesso dessa prática depende, em parte, da velocidade de crescimento das leguminosas, de forma que possam competir efetivamente com as ervas espontâneas. As leguminosas perenes, além de apresentarem potencial para contribuir na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, participam também do controle natural da vegetação espontânea. Contudo, o desafio é avaliar o comportamento, adaptação, persistência e exigência das leguminosas utilizadas para tal fim, bem como a adequação espacial e temporal destas plantas nos cultivos econômicos, a fim de identificar espécies promissoras para utilização como cobertura viva permanente de solo em consórcio com frutíferas.

Face o exposto, o presente trabalho teve como objetivos determinar a morfologia e distribuição radicular, as taxas de cobertura do solo, produção de fitomassa, teores e totais acumulados de N, P e K da parte aérea de algumas leguminosas herbáceas perenes, assim como avaliar o efeito destas leguminosas sobre a estabilidade térmica, hídrica e agregação do solo.

4 - REVISÃO DE LITERATURA

4.1 - AMBIENTE TROPICAL: CARACTERÍSTICAS E LIMITAÇÕES

No ambiente tropical, o clima apresenta-se sempre quente e a temperatura média do mês mais frio superior a 18° C, podendo sofrer variações de acordo com a altitude. As chuvas são abundantes, atingindo precipitações anuais normalmente superiores a 1.500 mm (Dalcolmo, 1997), com distribuição bastante irregular, principalmente a medida que se afasta da linha do Equador (Fageria, 1989).

A incidência de altos níveis de energia luminosa que atinge os solos tropicais, aliada à intensa atividade microbiana, estimulam a destruição da matéria orgânica. Estes efeitos, associados a precipitações intensas e lixiviações constantes, têm levado a perdas de nutrientes e diminuição da capacidade de troca catiônica (CTC), pela substituição de bases do complexo sortivo do solo pelo alumínio (Muzilli & Costa, 1985).

Em relação as condições edáficas, estima-se que 75% dos solos tropicais apresentam problemas de erosão, 45% de estresse hídrico, 25-30% de compactação, 7% de salinidade ou alcalinidade, 35% com problemas de acidez e 80% com deficiência de fósforo (Siqueira & Franco, 1988).

De acordo com Mafra (1988), citado por Dalcolmo (1997), a agricultura nos trópicos deve ser manejada nos referenciais de elevados níveis de energia solar, condições térmicas favoráveis durante todo o ano, intensidade e erraticidade das chuvas, solos quimicamente pobres e susceptíveis a erosão, atividade elevada dos microrganismos do

solo, decomposição acelerada da matéria orgânica, diversidade e crescimento rápido das plantas e animais, além da baixa produtividade do fator trabalho.

4.2 - COBERTURA VIVA E MANEJO DOS SOLOS TROPICAIS

A agricultura atual, com elevada utilização de insumos e energia, dificilmente conseguirá subsistir a longo prazo em determinada área, uma vez que o manejo intensivo do solo sem preocupações conservacionistas induz a exposição direta ao sol, às chuvas e aos ventos, principais agentes causadores de sua degradação em condições tropicais (Primavesi, 1988; Calegari *et al.*, 1993; De-Polli *et al.*, 1996), prejudicando características química, física e biológica, em maior ou menor espaço de tempo (Costa *et al.*, 1993). Nota-se, nas últimas décadas, que a necessidade de produzir cada vez mais têm levado a alterações tecnológicas de práticas culturais, cujas conseqüências ecológicas não têm sido entendidas suficientemente (Sideras & Pavan, 1985).

A utilização de cobertura viva ou morta, como prática de manejo do solo, é uma prática simples e viável, que pode mudar a situação dos solos degradados e de sistemas ecologicamente danificados para condições de melhores níveis de fertilidade (Sideras & Pavan, 1985; Monegat, 1992), permitindo a formação de um ambiente mais estável de produção (Primavesi, 1988; Calegari *et al.*, 1993).

Os efeitos da cobertura do solo por plantas em fase vegetativa e/ou por outros materiais inertes, são relevantes na manutenção e elevação da capacidade produtiva do solo. A cobertura do solo, obtida por plantas em desenvolvimento, é tão efetiva quanto a cobertura morta em atenuar os processos de degradação do solo. Impede o impacto e a conseqüente desagregação das partículas do solo por ocasião das chuvas (Derpsch *et al.*, 1985; Chaves, 1989, Monegat, 1990; Calegari *et al.*, 1993); favorece a infiltração da água no solo pelos efeitos combinados do sistema radicular com a cobertura vegetal (Muzilli & Costa, 1985), citado por Dalcolmo (1997); atenua as oscilações térmicas das camadas superficiais do solo (Salton & Mielniczuk, 1995); promove a mobilização e reciclagem de nutrientes; reduz a população de plantas invasoras; melhora a eficiência dos nutrientes minerais; cria condições ambientais favoráveis ao incremento da vida biológica no solo (Silva Filho & Vidor, 1984); aumenta a CTC do solo; melhora a qualidade dos produtos

colhidos; humaniza o trabalho e protege o meio ambiente (Miyasaka *et al.*, 1983; Primavesi, 1988; Fageria, 1991; Monegat, 1991; Weber *et al.*, 1991; Calegari *et al.*, 1993; De-Polli *et al.*, 1996). Dessa forma, manter a superfície do solo permanentemente coberta é, efetivamente, o manejo mais recomendado para proteção e conservação do solo (Alvarenga *et al.*, 1995).

Como características agronômicas principais que uma espécie utilizada para cobertura de solo deve apresentar, destacam-se a propagação fácil por sementes, ter crescimento rápido, distribuição do sistema radicular que explore profundidades diferentes da cultura principal, não concorrer por água e nutrientes, ser tolerante e não ser hospedeira de pragas e doenças que possam atacar as culturas, que suprima as plantas invasoras, forneça nitrogênio à cultura principal (Primavesi, 1988; Monegat, 1991; Calegari *et al.*, 1993).

A escolha da espécie de adubo verde geralmente é função de suas características agronômicas, bem como das condições de solo e clima da região, e dos objetivos a serem alcançados através da utilização dessa prática. Existem leguminosas adaptadas a diferentes tipos de clima, solo e manejo, justificando, com isso, a importância da seleção criteriosa das espécies a serem utilizadas quanto a sua adaptação às condições edafoclimáticas, para que se obtenha êxito na implantação de qualquer prática (Eira *et al.*, 1972; Calegari *et al.*, 1993). A utilização de leguminosas perenes não adaptadas, poderá trazer consequências indesejáveis, tanto do ponto de vista técnico-econômico, como também por gerar descrença por parte dos agricultores a despeito dos seus verdadeiros potenciais (Botrel *et al.*, 1985) e inviabilizar o futuro de qualquer prática de manejo do solo.

O cultivo do solo sem o emprego de práticas que favoreçam a conservação do solo e a manutenção de sua fertilidade, poderá ocasionar queda de produtividade, com reflexo no aumento do custo de produção e diminuição dos lucros (Primavesi, 1988). Ressalta-se, portanto, que os solos cultivados e desgastados serão, obrigatoriamente, os mesmos a serem utilizados pelas gerações futuras. Assim, a preservação do potencial produtivo do solo deixa de ser um problema meramente técnico, para assumir importante papel no contexto social e econômico (Bertoni & Lombardi Neto, 1991). Uma agricultura moderna deve atender a critérios racionais que permitam conciliar o resultado econômico positivo, com

a preservação dos recursos naturais do solo e do ambiente, com elevação e/ou manutenção da produtividade das culturas.

Quando a prática de conservação do solo é aplicada adequadamente, há aumento na renda líquida por unidade de área, que vai crescendo ao longo dos anos. O aumento da produtividade possibilita a diminuição da área cultivada. Isso permite a exploração de áreas mais próprias para o cultivo, que associado à diminuição dos efeitos prejudiciais da erosão e de menores quantidades de fertilizantes químicos e agrotóxicos, favorecerão o equilíbrio do ambiente agrícola (Monegat, 1991).

4.3 - IMPORTÂNCIA DA COBERTURA VIVA PERMANENTE DE SOLO

Dentre as diferentes formas de suprimento de matéria orgânica ao solo, uma das mais efetivas é aquela em que não há custos operacionais, e que irá adicionar, ao longo dos anos, consideráveis quantidades de carbono orgânico. Neste sentido, o emprego de plantas para adubação verde torna-se uma prática fundamental e indispensável ao manejo dos solos agrícolas (Calegari *et al.*, 1992).

É consenso entre inúmeros autores a indicação de plantas para adubação verde como prática eficaz na recuperação e/ou manutenção da produtividade do solo, principalmente em áreas degradadas ou sucessivamente cultivadas. Tal benefício decorre do efeito concomitante na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Em alguns casos, o rápido crescimento dos adubos verdes inibe o desenvolvimento da vegetação espontânea e reduz a incidência de pragas e doenças, ao funcionar como prática de rotação de culturas (Kage, 1984).

Os efeitos das plantas usadas como cobertura viva sobre as características físicas do solo se dará em função da qualidade, quantidade e do tipo de manejo com o resíduo vegetal. Além disso, o sistema radicular das espécies, fatores climáticos e características específicas de cada tipo de solo também contribuem na ocorrência de respostas. Os resíduos orgânicos irão favorecer a agregação, aumentar a capacidade de retenção de água e sua velocidade de infiltração, diminuir a densidade e aumentar a porosidade e aeração do solo (Calegari *et al.*, 1984). Os resíduos deixados em cobertura, protegem o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, principalmente as de maior intensidade, que atuam no fracionamento dos

agregados do solo, formando crostas superficiais de baixa permeabilidade. Isso favorece o escoamento superficial, levando, por sua vez, a erosão hídrica do solo (Mielniczuk & Schneider, 1984).

Uma característica importante das leguminosas quanto o aspecto de ciclagem de nutrientes, é seu alto poder de mobilização de nutrientes. Isso se deve a elevada eficiência do sistema radicular, que permite extrair do solo elementos pouco móveis, em especial o fósforo.

Sistemas de manejo vem sendo desenvolvidos e adaptados, baseando-se na cobertura do solo, produção e manutenção de material orgânico, uma vez que esse material pode contribuir na redução das oscilações de temperatura e umidade do solo, evitando que atinja os níveis limitantes de certos processos bioquímicos dos vegetais e dos microrganismos do solo (Salton & Mielniczuk, 1995).

A cobertura do solo por resíduos de culturas atua significativamente no regime térmico do solo, principalmente pela reflexão e absorção de energia incidente, que se relaciona à cor, ao tipo, à quantidade e à distribuição da palha das culturas anteriores (Salton & Mielniczuk, 1995). A cobertura do solo, obtida por plantas em desenvolvimento, é tanto efetiva quanto à cobertura morta na atenuação térmica do solo. Atua através do sombreamento, que reduz a incidência de radiação que atinge o solo, assim como pela formação de um colchão de ar, que possui baixa condutividade térmica, retardando o aquecimento do solo. Esse retardamento é favorecido também pela presença de cobertura morta, que reduz a evaporação, mantendo o solo mais úmido e, dessa forma, elevando-lhe a capacidade calorífica. A importância de adição e manutenção de material orgânico que, por possuir calor específico superior ao da fração mineral do solo e por reter maior umidade, favorece na atenuação térmica e hídrica do solo (Salton & Mielniczuk, 1995).

A cobertura viva de solo com leguminosas herbáceas perenes é eficiente na atenuação do déficit hídrico do solo, notadamente em períodos de estiagem prolongado (Perin *et al.*, 1999). Seus efeitos estão associados a grande capacidade de retenção de umidade da fração orgânica, sendo capaz de reter até 4 a 6 vezes mais água que seu peso. Além de favorecer a manutenção da água no solo, essa elevada capacidade de retenção de água diminui a intensidade de erosão no período chuvoso.

A atenuação da variação térmica, a presença de raízes e as mudanças nas características físicas e químicas do solo pelas leguminosas, cria um ecossistema dinâmico e muito especializado na rizosfera, propiciando o crescimento diversificado de populações microbianas, atingindo populações até 100 vezes superiores ao solo sem cobertura (Siqueira & Franco, 1988). Dessa forma, a ciclagem de nutrientes é favorecida pelo aumento da atividade biológica do solo.

Outro importante efeito da cobertura do solo está relacionado à temperatura, a qual está intimamente associada ao movimento de água no sentido solo-atmosfera. Verifica-se na literatura que a temperatura exerce influência marcante nos processos químicos, físicos e biológicos do solo, tais como expansão do sistema radicular, germinação de sementes, decomposição da matéria orgânica, desenvolvimento de plântulas e atividade de microrganismos (Vieira *et al.*, 1991).

4.4 - IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO

A matéria orgânica do solo é formada de resíduos vegetais e animais em estágios variados de decomposição, da biomassa microbiana, das raízes e da fração mais estável, denominada húmus (Camargo *et al.*, 1999). Atualmente, a preocupação na conservação do solo, vem atraindo pesquisadores na adoção de práticas e sistemas de manejo que promovam a manutenção de resíduos na superfície do solo. Isso decorre do reconhecimento da importância desse componente para a ciclagem de nutrientes e no controle da umidade, temperatura, infiltração, erosão e atividade biológica no solo.

Outra importante função da matéria orgânica é a elevação da CTC do solo. A grande capacidade de adsorção do húmus deve-se principalmente aos grupos carboxílicos e fenólicos, sendo de 15 a 133 vezes superior à caulinita (Calegari *et al.*, 1992), devido a elevada superfície específica do húmus.

4.4.1 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Entre as características químicas influenciadas pela matéria orgânica, destacam-se a disponibilidade de macro e micronutrientes, capacidade de troca de cátions (CTC) e a complexação de elementos tóxicos. Em relação a CTC, a fração húmica apresenta em torno

de 400-800 cmol_c kg⁻¹. Em solos de regiões de clima tropical e subtropical, a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Assim, a manutenção ou elevação do conteúdo de matéria orgânica nestes solos, é fundamental na retenção dos nutrientes e diminuição de sua lixiviação.

Quanto aos micronutrientes, a formação de complexos com compostos orgânicos reduz a possibilidade da precipitação como óxidos no solo. Dessa forma, a complexação (quelação) de Zn e Cu, entre outros, por ácidos orgânicos de baixo peso molecular aumenta o depósito desses nutrientes sob formas mais facilmente disponíveis (Bayer & Mielniczuk, 1999).

4.4.2 - CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

A matéria orgânica atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos e, através da mineralização do N e S orgânico, contribui no desenvolvimento de microrganismos quimioautotróficos (Bayer & Mielniczuk, 1999). O efeito da matéria orgânica sobre os microrganismos pode ser avaliado a partir da biomassa e atividade microbiana, parâmetros que representam uma integração de efeitos desta sobre as condições biológicas do solo. A correlação ($r^2 = 0,92$) entre os teores de matéria orgânica e a biomassa microbiana nos diferentes sistemas de cultura (Catellan & Vidor, 1990) pode ser resultante de efeitos diretos e indiretos, devidos as diferentes condições de umidade e temperatura (Bragagnolo & Mieniczuk, 1990), aeração e agregação (Paladini & Mieniczuk, 1991) e conteúdo de nutrientes (Testa *et al.*, 1992), tornando o ambiente edáfico mais adequado aos microrganismos.

4.4.3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Modificações nas práticas de manejo e das culturas induzem a alterações nas características do solo, principalmente na sua agregação. A estabilidade das unidades estruturais, agregados, tem demonstrado variações dependentes do tipo de manejo do solo e das culturas (Campos *et al.*, 1995).

A principal característica física do solo alterada pela matéria orgânica é a agregação (Bayer & Mielniczuk, 1999), contribuindo também na diminuição de sua densidade e

aumento da capacidade de armazenamento de água. A formação dos agregados, unidades básicas da estrutura do solo, é atribuída principalmente às forças envolvidas na alternância do umedecimento e secagem, além da compressão pelas raízes. Após a aproximação das partículas minerais, a matéria orgânica apresenta importância fundamental como um dos fatores determinantes da estabilização dos agregados.

Os efeitos que os ciclos de umedecimento e secagem proporcionam ao processo de agregação do solo são evidenciados por Gish & Browning (1948); Horn & Dexter (1988); Horn (1990). Esses autores afirmam que a desidratação de ligantes orgânicos e inorgânicos do solo proporcionam a formação de maior quantidade de agregados grandes.

De acordo com Oades (1978), a rizosfera é um importante sítio de liberação de exsudados orgânicos, e estes são considerados como substâncias estabilizadoras de agregados, principalmente para a classe dos microagregados (agregados com diâmetro menor que 250 μm). As substâncias húmicas também contribuem na formação de microagregados (Canellas *et al.*, 1999), sendo estes estáveis à ruptura provocada pelo umedecimento rápido e por distúrbios mecânicos do solo.

Em relação a estabilidade de macroagregados (agregados com diâmetro maior que 250 μm), os componentes orgânicos mais importantes são polissacarídeos e hifas de fungos. A ação das hifas de fungos é mecânica, visto que os micélios contribuem para enlaçar e unir os microagregados (Bayer & Mielniczuk, 1999).

A proteção da superfície do solo com resíduos vegetais é um dos meios mais efetivos para reduzir as perdas por erosão, em decorrência do efeito concomitante da diminuição do impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, redução no selamento dos poros, velocidade de escoamento superficial e aumento da infiltração de água. Os efeitos da cobertura vegetal na temperatura do solo, atividade biológica, incorporação de N (uso de leguminosas), disponibilidade e reciclagem de nutrientes, proporcionando melhor ambiente físico, químico e biológico para o desenvolvimento das plantas, têm sido documentados na literatura (Derpsch *et al.*, 1985). Porém, quando se trata de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização como cobertura viva permanente, pouco ainda se sabe sobre sua contribuição para a formação de agregados estáveis no solo.

a contribuição da matéria orgânica na estabilização dos agregados do solo. Angulo *et al.*, (1984) encontraram correlações de 0,94 entre matéria orgânica e estabilidade de agregados. Campos *et al.*, (1995) também verificaram coeficientes de correlação positivo de 0,85 entre matéria orgânica e diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG).

Em condições de campo, a influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico. À medida que se adiciona material orgânico ao solo, a atividade microbiana é intensificada, resultando em produtos que agem na formação e estabilização (agentes cimentantes) dos agregados. Os efeitos benéficos são o resultado da atividade conjunta da fauna e da vegetação. Contudo, a influência dos sistemas de cultivo sobre a agregação é reflexo dos efeitos combinados dos diversos agentes físicos, químicos e biológicos (Campos *et al.*, 1995).

A agregação do solo é um processo que ocorre em duas etapas, sendo a primeira relacionada com a aproximação das partículas e a segunda com a estabilização por agentes cimentantes (Baver *et al.*, 1972). Do produto final desses processos, resulta a formação de unidades estruturais, as quais, no seu conjunto, definem a estrutura do solo.

Do ponto de vista agrícola, a estrutura do solo é um dos atributos mais importantes, pois está relacionada com a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, com o suprimento de nutrientes, com a resistência mecânica do solo à penetração e com o desenvolvimento do sistema radicular (Baver *et al.*, 1972). Existe, portanto, estreita relação entre as condições físicas do solo e o desenvolvimento das plantas. Solos com baixo grau de agregação e compactados, geralmente apresentam valores reduzidos de porosidade, dificultando a penetração das raízes e a difusão de oxigênio.

As leguminosas herbáceas perenes, quando comparadas com outras famílias botânicas cultivadas como adubos verdes, além de proporcionarem benefícios similares aos obtidos com espécies de outras famílias, tem como particularidade formação de associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico dos gêneros *Rhizobium* e *Bradrhizobium*. Como resultado da simbiose, quantidades expressivas desse nutriente essencial às plantas cultivadas tornam-se disponíveis após o corte da leguminosa, acarretando, se adequadamente manejada, auto-suficiência em N. Outra característica importante destas espécies é a baixa relação C:N, notadamente quando comparada com

gramíneas. Este aspecto, quando aliado a grande presença de compostos solúveis, favorecem sua mineralização e decomposição por microrganismos do solo.

Nas décadas de 70 e 80, muitos estudos foram conduzidos no sentido de avaliar respostas a doses de P, assim como produção de fitomassa e adaptação das leguminosas perenes a diferentes condições de manejo, afim de identificar a capacidade forrageira destas leguminosas. Entretanto, quando se trata do potencial destas leguminosas quando utilizadas para cobertura viva de solo em fruteiras, pouco tem sido feito. Com isso, o presente estudo propõe avaliar o desempenho de algumas leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura permanente de solo.

5 - CAPÍTULO I

**PRODUÇÃO DE FITOMASSA E ESTOQUE DE NUTRIENTES DE
LEGUMINOSAS HERBÁCEAS PERENES COM POTENCIAL PARA
UTILIZAÇÃO COMO COBERTURA VIVA DE SOLO**

5.1 – INTRODUÇÃO

O manejo inadequado do solo associado à exposição direta aos fatores climáticos, resulta na perda de terra e nutrientes, redução dos teores de matéria orgânica e destruição da estrutura original das partículas dos solos, acarretando queda na produtividade agrícola (Calegari *et al.*, 1993). Desta forma, a manutenção do potencial produtivo do solo, depende de um manejo que propicie a proteção contra a exposição direta ao sol, chuvas e ventos, principais agentes causadores de sua degradação em condições tropicais (Primavesi, 1988; Calegari *et al.*, 1993; De-Polli *et al.*, 1990), e ainda, que conserve sua bioestrutura grumosa, que retorne matéria orgânica e que mantenha a diversidade da biota do solo (Primavesi, 1988).

Nas últimas décadas, as tendências de produzir cada vez mais têm elevado, a curto prazo, as alterações tecnológicas de práticas culturais, cujas consequências ecológicas não tem sido entendidas suficientemente (Sideras & Pavan, 1985).

Recentemente, trabalhos relativos a utilização de cobertura viva permanente consorciada com culturas econômicas de ciclo perene, têm atraído pesquisadores, que procuram identificar espécies vegetais, principalmente leguminosas, para utilização como cobertura viva do solo, em períodos ou durante todo o ano, visando a manutenção e/ou melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo. Porém, a identificação e adequação de leguminosas herbáceas perenes, afim de utilizá-las como coberturas vivas permanentes de solo associadas às culturas econômicas de ciclo perene, é ainda um desafio (Perin *et al.*, 1998). O uso de leguminosa herbáceas perenes como cobertura viva, além de proteger o solo dos agentes climáticos, sequestram C e fixam N atmosféricos, mantêm ou

eleva o teor de matéria orgânica, mobiliza e recicla nutrientes, e favorecem a atividade biológica do solo (Perin *et al.*, 2000). Tais benefícios podem contribuir para maior estabilidade do sistema produtivo e culminar com menores custos de produção. Porém, o sucesso dessa prática depende, dentre outros fatores, de conhecimentos básicos sobre o comportamento, adaptação, persistência e exigência de cada leguminosa usada como cobertura de solo, para que contemple o sucesso do manejo adotado. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivos determinar a taxa de cobertura do solo, produção de fitomassa e acumulação total de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de algumas leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva permanente de solo em pomares.

5.2 - MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 - Localização e características edafoclimáticas da área experimental

O trabalho foi instalado em dezembro de 1996, na área do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizado no município de Seropédica, Rio de Janeiro, em um solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO.

A localização geográfica se dá entre os paralelos 22° 49' e 22° 45' de latitude sul e os meridianos 43° 23' e 43° 42' de longitude oeste de Greenwich, numa altitude de 33 metros.

O clima, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo AW, muito embora o Aw designe clima de savanas, tipo de vegetação que não ocorre na região, provavelmente devido à proximidade do mar e a inexistência de uma estação seca rigorosa. A estação chuvosa inicia-se em setembro, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de dezembro e janeiro. Em maio e junho, a precipitação diminui alcançando um mínimo em julho. As temperaturas mais elevadas distribuem-se entre os meses de janeiro e fevereiro, enquanto as médias mensais mais baixas ocorrem nos meses de junho e julho.

Os resultados da análise de rotina de fertilidade de amostras de terra retiradas na camada de 0 - 20 cm, revelaram: pH em H₂O = (1:2,5) = 5,1; Al⁺³ = 0,0 cmol/dm³; Ca⁺² = 3,4 cmol/dm³; Mg⁺² = 1,3 cmol/dm³; K⁺ = 75 mg/kg e P disponível = 3 mg/kg de solo.

5.2.2 - Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, dispostos em arranjo fatorial 4 x 2 (espécie x doses de P), com quatro repetições. As leguminosas avaliadas foram centrosema (*Centrosema acutifolium*, ciclo perene e hábito de crescimento volúvel); galáxia (*Galactia striata*, perene e volúvel); amendoim forrageiro c.v. “amarillo” (*Arachis pintoi*, perene e rastejante) e mucuna cinza (*Mucuna pruriens*, anual e volúvel). A mucuna cinza foi incluída a fim de tê-la como referência na produção de fitomassa, visto que esta espécie é comumente difundida e usada na adubação verde. As doses de fósforo empregadas foram equivalentes a 45 kg de P/ha, na forma de superfosfato triplo, aplicado por ocasião do plantio, juntamente com uma adubação uniforme com cloreto de potássio (equivalente a 50 kg de K/ha). Após o 1º corte, incluiu-se um novo fator a partir da subdivisão das parcelas, que constou da manutenção em cobertura, ou remoção dos resíduos vegetais após cada corte das leguminosas perenes.

As parcelas apresentavam área de 15m² (cinco linhas de 6 m espaçadas de 0,50 m). Por ocasião do plantio, as sementes de centrosema e galáxia foram escarificadas termicamente (imersão em água à 90°C, durante uma hora) e inoculadas com estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia. O espaçamento utilizado no plantio foi de 50 cm, com densidade de 10 plantas/m linear para todas as espécies.

O controle de invasoras foi realizado através de quatro capinas manuais, realizadas, respectivamente, aos 30, 50, 65 e 82 dias após o plantio (DAP).

5.2.3 - Avaliações

5.2.3.1 - Taxa de cobertura do solo

O acompanhamento do crescimento das plantas, até a cobertura total do solo, foi realizado por meio de imagens fotográficas, tomadas aos 15, 29, 37, 92 e 114 DAP. Para isso, utilizou-se uma câmara fotográfica, com disparador automático. A máquina foi suspensa por um tripé de armação metálica com uma haste, de modo que as fotografias foram tomadas perpendicularmente ao solo, em uma altura de 1,60 m da superfície do terreno. Cada fotografia abrangia uma área delimitada de 1 m². As imagens foram tomadas

nas primeiras horas da manhã (7:30 e 9:00 horas), a fim de atenuar efeitos adversos de sombra.

As fotografias foram processadas com auxílio do software SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, conforme descrito por Jorge & Crestana (1996). Neste sistema, as fotografias são avaliadas de forma que somente sejam digitalizadas as tonalidades representativas das cores sob avaliação (normalmente as diferentes tonalidades de verde e amarelo). Em sequência, é feito o processo de binarização das imagens (contraste entre o preto e o branco), a fim de quantificar a área de solo coberta pelas plantas. O programa SIARCS lê a imagem original, transformando-a em uma matriz de códigos binários, cuja unidade de resolução, o "pixel", pode ter o valor 0 (preto) ou 1 (branco). O uso de imagens originais de alto contraste aumenta a precisão do método, enquanto que imagens de baixo contraste precisam ser processadas antes da avaliação.

5.2.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas

Determinaram-se, por ocasião do 1º, 2º, 3º e 4º cortes das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP), as produções de matéria fresca e seca, e conteúdos de N, P e K na parte aérea das plantas.

A produção de matéria fresca foi determinada a partir do peso fresco do material contido na área útil de 1 m², enquanto que a matéria seca foi por ocasião do secamento a 65°C, em estufa de ventilação forçada de ar, até atingir massa constante, de maneira a corrigir o conteúdo de umidade contido na amostra fresca. Em seguida, as amostras foram processadas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) para análise de tecido.

Em relação a análise de tecido da parte aérea das plantas, o conteúdo de N foi determinado após digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl, adaptado da determinação conduzida para solos (Bremner & Mulvaney, 1982); conteúdo de P e K, após digestão nitroperclórica (Bataglia *et al.*, 1985), sendo o P determinado em espectrofotômetro a partir de formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em meio sulfúrico, na presença de ácido ascórbico como redutor, e o K determinado em espectrofotômetro de absorção atômica.

5.2.4 - Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéricas (SAEG), versão 5.0 (Euclides, 1983). As avaliações constaram da análise de variância, aplicando-se o teste F para testar significância. Para as variáveis cujo teste F foi significativo, compararam-se as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.2.4 - Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéricas (SAEG), versão 5.0 (Euclides, 1983). As avaliações constaram da análise de variância, aplicando-se o teste F para testar significância. Para as variáveis cujo teste F foi significativo, compararam-se as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 - Taxa de cobertura do solo

A partir do acompanhamento da taxa de cobertura das diferentes leguminosas (Quadro 1), observou-se que a espécie anual mucuna cinza, empregada como referencial em relação ao desenvolvimento, apresentou crescimento inicial vigoroso, notadamente quando comparada com as espécies perenes centrosema, galáxia e amendoim forrageiro c.v. "amarillo", cobrindo plenamente o terreno aos 37 DAP.

As espécies perenes, diferentemente, caracterizaram-se pelo crescimento inicial lento, seguido de uma fase de crescimento acelerado, até alcançarem a cobertura de aproximadamente 70% do terreno. Comportamento semelhante também foi detectado por Guerra & Teixeira (1997) para as leguminosas perenes calopogônio, siratro, cudzu tropical, estilosantes e amendoim forrageiro cv. BR 14951. Nota-se no Quadro 1, que aproximadamente aos 60 DAP, as espécies perenes haviam coberto em torno de 50% da área. No período subsequente, a centrosema destacou-se em relação as demais, cobrindo totalmente o solo aos 92 DAP, enquanto que o amendoim forrageiro e a galáxia proporcionaram uma cobertura total, respectivamente, aos 110 e 120 DAP. Convém salientar que as menores velocidades de cobertura promovidas pelas espécies perenes, quando comparadas com a mucuna cinza, tem implicações práticas em relação ao uso destas espécies como coberturas vivas permanentes de solo em pomares. Conquanto a mucuna cinza e, geralmente, outras leguminosas anuais empregadas para tal fim mostrem maiores habilidades competitivas em relação a supressão de espécies vegetais de ocorrência espontânea, as leguminosas perenes mostram-se menos agressivas do que as anuais na

competição com a cultura principal, haja visto as menores taxas de crescimento das perenes, o que facilita o manejo concomitante da cultura principal e da cobertura viva de solo.

Quadro 1. Taxa de cobertura do solo proporcionada por leguminosas herbáceas anual e perenes.

Espécie	Época de avaliação (DAP)				
	15	29	37	92	114
	Cobertura do solo				
	----- (%) -----				
Mucuna cinza	31	79	100	-	-
Centrosema	0	9	15	94	-
Galácia	0	11	18	78	94
Amendoim forrageiro	5	21	33	88	96

- Não avaliado por ocasião da cobertura total do solo.

Um dos fatores avaliados nesse ensaio foi o efeito da adubação fosfática sobre a taxa de cobertura do solo, produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das leguminosas, visto que esse nutriente, com frequência, limita o crescimento das plantas. Porém, em nenhuma das avaliações realizadas, a adubação fosfática promoveu aumentos significativos sobre quaisquer dos parâmetros avaliados, apesar do solo apresentar um baixo conteúdo disponível deste elemento, 3 mg de P/dm³ de solo. De forma distinta, Colazza *et al.*, (1986) verificaram que a adubação fosfática proporcionou aumentos de até 80% na produção de matéria seca de centrosema. No entanto, o solo apresentava apenas 1 mg de P/dm³ e a dose de P utilizada foi de 70 kg/ha. França & Carvalho (1970), Jones & Freitas (1970) e Eira *et al.*, (1972), também obtiveram respostas da adubação fosfática ao trabalhar com diversas leguminosas tropicais. Por outro lado, trabalhos desenvolvidos por Ruiter (1981), Sideras & Pavan (1990), Rao *et al.*, (1996) e Guerra & Teixeira (1997) com leguminosas tropicais, não detectaram respostas decorrentes da adubação fosfática sobre a produção de fitomassa de distintas espécies perenes. Através destes estudos, pode-se concluir que as repostas a adubação fosfática na produção de matéria seca de parte aérea de

leguminosas tropicais são distintas. Os teores de P disponível e P orgânico no solo, tipo de solo, assim como a dose utilizada são fatores fundamentais para auxiliar a interpretação. Porém, de modo geral, as leguminosas forrageiras tropicais apresentam certo nível de rusticidade quando submetidas a solos ácidos e deficientes em P.

5.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas

Em relação a produção de matéria verde e seca, verifica-se no Quadro 2, que por ocasião do 1º corte, as espécies perenes apresentaram produtividades inferiores quando comparadas a mucuna cinza, notadamente o amendoim forrageiro. Todavia, deve-se considerar que a mucuna é uma espécie anual e, portanto, de ciclo curto. Porém, ao final de 12 meses após o plantio (somatório do 1º e 2º cortes das plantas) as espécies perenes apresentaram níveis de produção de fitomassa superiores a mucuna cinza, com exceção do amendoim forrageiro. Observou-se, como tendência geral, que as leguminosas perenes mostraram aumento de produção de matéria verde e seca do 1º para o 2º corte e, posteriormente, produções estáveis por ocasião do 3º e 4º corte de parte aérea. Esta mesma tendência também foi observada por Carvalho *et al.*, (1985), estudando o desempenho da centrosema. Este comportamento sugere que as leguminosas encontram-se, até o 2º corte (12 MAP), em fase de estabelecimento.

Considerando essas mesmas variáveis, verificou-se, por ocasião do 3º corte (15 MAP), que a centrosema, assim como observado nos cortes anteriores, manteve-se com maiores valores de produção do que as demais leguminosas perenes. Porém, no 4º corte (24 MAP), esta leguminosa teve queda acentuada na sua produção, consequência da não adaptação ao manejo adotado.

O amendoim forrageiro, apesar de ter aumentado a produção de fitomassa de parte aérea a partir do 1º corte, foi o que apresentou os menores valores de produção ao longo dos quatro cortes, quando comparado com as demais leguminosas. Deve-se destacar que a menor produção de fitomassa apresentada pelo amendoim forrageiro está associada a característica inerente ao acesso "cv. amarillo". Guerra & Teixeira (1997) e Perin *et al.*, (2000), avaliando o amendoim forrageiro acesso BR 14951, em área experimental contígua a este experimento, observaram níveis de produtividade cerca de 3 vezes ao observado para

o cultivar amarillo. Vallejos (1993) e Dalcolmo (1997) destacaram em seus trabalhos valores de produção de acessos de amendoim forrageiro, obtiveram valores de produção de fitomassa semelhantes aos encontrados para centrosema e galáxia.

Quadro 2. Produção de matéria verde e seca da parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP).

Espécie	Produção de parte aérea							
	Matéria Verde				Matéria Seca			
	----- t / ha -----				----- t / ha -----			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Mucuna cinza	23,7 A*	-	-	-	5,4 A	-	-	-
Centrosema	8,7 B	17,2 A	19,3 A	10,9 B	2,7 B	4,4 A	4,7 A	2,9 AB
Galáxia	7,1 B	14,4 B	9,0 B	14,1 A	2,8 B	4,3 A	3,3 B	3,6 A
Amendoim forrageiro	3,6 B	11,0 B	12,2 B	12,8 AB	1,0 C	2,5 B	2,4 B	2,6 B
CV (%)	16,06	12,50	18,10	20,64	25,04	12,40	18,22	22,41

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quanto ao teor de nitrogênio na parte aérea das leguminosas, verifica-se no Quadro 3, que por ocasião do 1º corte (5 MAP), assim como observado para produção de fitomassa, que as espécies perenes apresentaram menores valores do que a mucuna cinza. Dentre as perenes, mereceram destaque a centrosema e o amendoim forrageiro, por terem apresentado maiores conteúdos deste elemento ao longo dos três primeiros cortes das plantas. Já no 4º (24 MAP), não foram detectadas diferenças significativas no teor de N entre as espécies perenes. Os teores de nutrientes quantificados no amendoim forrageiro corroboram com resultados obtidos por Guerra & Teixeira (1997), Espindola et al (1998) e Perin et al., (1999) e ao trabalhar em condições edafoclimáticas semelhantes. Em relação a acumulação total de N na parte aérea das plantas, notou-se que as leguminosas perenes apresentaram, ao final de 12 meses após o plantio (somatório do 1º e 2º cortes das plantas), valores superiores a mucuna cinza, com exceção do amendoim forrageiro (Quadro 3). Este comportamento apresentado pelo amendoim forrageiro deve-se, como destacado

anteriormente, das características inerentes a planta. Estes valores decorrem da menor produção de fitomassa apresentada pelo amendoim forrageiro. Houve, outrossim, aumento na acumulação de N pelo amendoim forrageiro a partir do 1º corte, devido ao aumento do teor deste nutriente e elevação da produção de fitomassa. Dentre as perenes, a centrosema destacou-se até o 3º corte das plantas, enquanto que galáxia apresentou maior acúmulo por ocasião do 4º corte das plantas.

Quadro 3. Teor e acumulação total de N na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP).

Espécie	N na parte aérea das plantas							
	Teor				Acumulação			
	----- g / kg -----				----- kg / ha -----			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Mucuna cinza	37,61 A*	-	-	-	202,17A	-	-	-
Centrosema	31,12 B	32,21 A	29,12 A	32,05 A	85,10 B	140,67 A	136,85 A	94,31 B
Galáxia	22,85 C	27,31 B	22,02 B	33,12 A	64,40 B	117,59 B	71,76 B	117,42 A
Amendoim forrageiro	26,92 BC	30,63 AB	28,26 A	30,34 A	29,99 C	76,35 C	67,47 B	80,25 B
CV (%)	12,00	10,00	7,86	5,73	18,00	12,00	23,90	26,39

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quanto ao P, verificou-se que as espécies perenes apresentam menor conteúdo e acúmulo na parte aérea por ocasião do 1º corte, quando comparadas com a mucuna cinza (Quadro 4). Entre as perenes, observou-se que a centrosema apresentou acúmulo crescente até o 3º corte das plantas. No entanto, menor acumulação de P no 4º corte foi decorrente da queda na produção de fitomassa, visto que o teor deste elemento não foi alterado ao longo das quatro avaliações. Galáxia e amendoim forrageiro, diferentemente da centrosema, apresentaram maiores conteúdos de P no 3º e 4º corte das plantas. Tais valores, associados com a produção de matéria seca, resultaram maior acumulação de P na parte aérea, notadamente para a galáxia no 4º corte (Quadro 4).

Quadro 4. Teor e acumulação total de P na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio (MAP).

Espécie	P na parte aérea							
	Teor				Acumulação			
	g / kg				kg / ha			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Mucuna cinza	2,13 A*	-	-	-	11,24 A	-	-	-
Centrosema	1,72 B	1,78 A	1,94 AB	1,82 B	4,81 B	7,89 A	9,11 A	5,35 B
Galáxia	1,63 BC	1,63 BC	2,20 A	2,33 A	4,60 B	4,60 B	7,12 B	8,19 A
Amendoim forrageiro	1,36 C	1,76 A	1,92 AB	1,89 B	1,37 C	4,42 B	4,64 C	5,05 B
CV (%)	15,32	10,12	8,72	7,99	21,16	13,14	22,77	25,25

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O estoque de K na parte aérea das leguminosas pode ser observado no Quadro 5. Quanto ao teor, mereceram destaque amendoim forrageiro e galáxia, por apresentarem maiores valores por ocasião, respectivamente, do 1º e 4º corte das plantas. Desta forma, a menor acumulação deste nutriente na parte aérea de amendoim ao longo de todo o período de avaliação, é consequência do baixo nível de produção de fitomassa desta espécie, quando comparada com as demais. Semelhante ao observado para produção de fitomassa e

estoque de N e P, as leguminosas perenes, com exceção ao amendoim forrageiro, superaram a mucuna cinza no acúmulo de K por ocasião do somatório do 1º e 2º corte das plantas.

Quadro 5. Teor e acumulação total de K na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 15, 18 e 24 meses após o plantio (MAP).

Espécie	K na parte aérea							
	Teor				Acumulação			
	----- g / kg -----				----- kg / ha -----			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Mucuna cinza	13,19 B	-	-	-	70,62 A	-	-	-
Centrosema	13,47 B	15,47 A	14,13 A	11,89 C	36,12 BC	67,81 A	65,94 A	34,93 B
Galácia	13,59 B	13,59 B	12,88 A	19,77 A	38,15 B	38,15 B	41,86 A	69,66 A
Amendoim forrageiro	16,44 A	15,67 A	14,73 A	15,66 B	16,73 C	39,03 B	36,06 B	41,36 B
CV (%)	17,24	14,15	11,17	14,78	28,06	14,65	23,03	28,79

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Após o estabelecimento da cobertura viva com leguminosas perenes, pode-se manejá-la através de roçada. Embora a roçada não seja imprescindível, essa prática permite aumentar a quantidade de matéria orgânica depositada sobre o solo, concomitante da maior ciclagem de nutrientes no sistema. Tais plantas suportam cortes, rebrotando com facilidade. Dependendo das condições climáticas da região e da infra-estrutura disponível na propriedade, podem ser realizadas até duas roçadas por ano, preferencialmente em meados da estação chuvosa e ao final desta.

Como as leguminosas perenes avaliadas são espécies forrageiras, a cobertura viva pode ser roçada e o resíduo utilizado para a alimentação animal. Nesse sentido, incorporou-se um novo fator a partir do 1º corte das plantas, que constou do manejo da parte aérea após cada corte. Comparou-se o efeito provocado pela manutenção em cobertura ou remoção dos resíduos sobre a produção de fitomassa e acumulação de N, P e K na parte aérea das plantas. Embora o período transcorrido para a avaliação do impacto desse tipo de manejo

estoque de N e P, as leguminosas perenes, com exceção ao amendoim forrageiro, superaram a mucuna cinza no acúmulo de K por ocasião do somatório do 1º e 2º corte das plantas.

Quadro 5. Teor e acumulação total de K na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 15, 18 e 24 meses após o plantio (MAP).

Espécie	K na parte aérea							
	Teor				Acumulação			
	g / kg				kg / ha			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Mucuna cinza	13,19 B	-	-	-	70,62 A	-	-	-
Centrosema	13,47 B	15,47 A	14,13 A	11,89 C	36,12 BC	67,81 A	65,94 A	34,93 B
Galácia	13,59 B	13,59 B	12,88 A	19,77 A	38,15 B	38,15 B	41,86 A	69,66 A
Amendoim forrageiro	16,44 A	15,67 A	14,73 A	15,66 B	16,73 C	39,03 B	36,06 B	41,36 B
CV (%)	17,24	14,15	11,17	14,78	28,06	14,65	23,03	28,79

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Após o estabelecimento da cobertura viva com leguminosas perenes, pode-se manejá-la através de roçada. Embora a roçada não seja imprescindível, essa prática permite aumentar a quantidade de matéria orgânica depositada sobre o solo, concomitante da maior ciclagem de nutrientes no sistema. Tais plantas suportam cortes, rebrotando com facilidade. Dependendo das condições climáticas da região e da infra-estrutura disponível na propriedade, podem ser realizadas até duas roçadas por ano, preferencialmente em meados da estação chuvosa e ao final desta.

Como as leguminosas perenes avaliadas são espécies forrageiras, a cobertura viva pode ser roçada e o resíduo utilizado para a alimentação animal. Nesse sentido, incorporou-se um novo fator a partir do 1º corte das plantas, que constou do manejo da parte aérea após cada corte. Comparou-se o efeito provocado pela manutenção em cobertura ou remoção dos resíduos sobre a produção de fitomassa e acumulação de N, P e K na parte aérea das plantas. Embora o período transcorrido para a avaliação do impacto desse tipo de manejo

estoque de N e P, as leguminosas perenes, com exceção ao amendoim forrageiro, superaram a mucuna cinza no acúmulo de K por ocasião do somatório do 1º e 2º corte das plantas.

Quadro 5. Teor e acumulação total de K na parte aérea de diferentes leguminosas por ocasião do primeiro, segundo e terceiro corte das plantas, realizados, respectivamente, aos 5, 15, 18 e 24 meses após o plantio (MAP).

Espécie	K na parte aérea							
	Teor				Acumulação			
	g / kg				kg / ha			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Mucuna cinza	13,19 B	-	-	-	70,62 A	-	-	-
Centrosema	13,47 B	15,47 A	14,13 A	11,89 C	36,12 BC	67,81 A	65,94 A	34,93 B
Galácia	13,59 B	13,59 B	12,88 A	19,77 A	38,15 B	38,15 B	41,86 A	69,66 A
Amendoim forrageiro	16,44 A	15,67 A	14,73 A	15,66 B	16,73 C	39,03 B	36,06 B	41,36 B
CV (%)	17,24	14,15	11,17	14,78	28,06	14,65	23,03	28,79

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Após o estabelecimento da cobertura viva com leguminosas perenes, pode-se manejá-la através de roçada. Embora a roçada não seja imprescindível, essa prática permite aumentar a quantidade de matéria orgânica depositada sobre o solo, concomitante da maior ciclagem de nutrientes no sistema. Tais plantas suportam cortes, rebrotando com facilidade. Dependendo das condições climáticas da região e da infra-estrutura disponível na propriedade, podem ser realizadas até duas roçadas por ano, preferencialmente em meados da estação chuvosa e ao final desta.

Como as leguminosas perenes avaliadas são espécies forrageiras, a cobertura viva pode ser roçada e o resíduo utilizado para a alimentação animal. Nesse sentido, incorporou-se um novo fator a partir do 1º corte das plantas, que constou do manejo da parte aérea após cada corte. Comparou-se o efeito provocado pela manutenção em cobertura ou remoção dos resíduos sobre a produção de fitomassa e acumulação de N, P e K na parte aérea das plantas. Embora o período transcorrido para a avaliação do impacto desse tipo de manejo

seja ainda curto, observou-se que a remoção do resíduo acarretou queda, ainda que pouco acentuada, na acumulação de N e P na parte aérea das leguminosas perenes já no 2º corte (Quadro 6), sugerindo que a manutenção do resíduo em cobertura favorece a integridade destas leguminosas. Portanto, até o 2º corte (12 MAP) estas leguminosas encontram-se ainda em fase de estabelecimento. Neste sentido, a retirada de fitomassa da área poderá comprometer a permanência destas leguminosas, visto a exportação de nutrientes. No entanto, nas demais avaliações (3º e 4º corte) não foram detectados efeitos oriundo do fator manejo da parte aérea após o corte das plantas para nenhum dos parâmetros avaliados, Embora a roçada não seja necessária, essa prática estimula a produção de matéria verde e seca, resultando em maiores conteúdos de material orgânico depositado ao solo. Dependendo das condições climáticas e da infra-estrutura disponível na propriedade, podem ser realizadas até duas roçadas por ano, preferencialmente em meados da estação chuvosa (novembro) e ao final desta (março).

Quadro 6. Acumulação total de nitrogênio e fósforo na parte aérea de centrosema, galáxia e amendoim forrageiro no segundo corte (12 MAP) a partir do manejo dos resíduos vegetais.

Manejo do Resíduo Vegetal	Acumulação total na parte aérea	
	N	P
	----- kg/ha -----	
Manutenção	117,14 A*	7,20 A
Remoção	105,93 B	6,52 B
CV (%)	12,17	13,01

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Apesar da boa produtividade da centrosema, detectou-se alta incidência de antracnose, notadamente no inverno, sendo o agente causador o fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, e do inseto cerotoma (*Cerotoma arcuata*), que provocaram, respectivamente, queda de folhas e redução de área foliar. A ocorrência de pragas e/ou doenças nas leguminosas é fator de risco para o sucesso da tecnologia de cobertura viva.

Assim sendo, a utilização da centrosema para cobertura viva em pomares deve ser criteriosa, principalmente nas condições climáticas semelhantes as encontradas na baixada fluminense (quente e úmido no verão e seco com temperatura amena no inverno). A galáxia apresenta características peculiares: demonstra bom desempenho, excelente potencial produtivo e resistente a déficit hídrico. Enquanto que as demais espécies estabilizam o crescimento vegetativo nos períodos de seca, a galáxia vegeta constantemente. Porém, é sensível ao corte, ou seja, o manejo dessa espécie com roçadas deve ser cuidadosa, sendo que a altura não deve ser inferior aos 20 cm a partir da superfície do solo. Contudo, o manejo com roçadas pode ser dispensado ou executado de forma a ser menos prejudicial às plantas. Já para o amendoim forrageiro, a altura de corte é rente a superfície do solo, não danificando a rebrota da planta.

Apesar do amendoim forrageiro ter apresentado desempenho inicial inferior a centrosema e a galáxia em relação a produção de fitomassa e acúmulo de N, P e K, esses parâmetros não devem ser os únicos para subsidiar a tomada de decisão sobre qual a espécie que melhor se adequa a determinada situação. Segundo Skermam (1977), um dos principais fatores responsáveis pela persistência da leguminosa como cobertura de solo, é a sua tolerância do sombreamento causado pelas culturas perenes. De acordo com Pizzaro & Rincón (1994), o amendoim forrageiro possui duas características que contribuem para o seu sucesso como planta de cobertura e proteção do solo: habilidade de crescer sob sombreamento e a densa camada de estolões enraizados que protegem o solo dos efeitos erosivos das chuvas pesadas. Além disso, enquanto a centrosema e a galáxia apresentam hábitos de crescimento volúveis, o amendoim forrageiro é de crescimento rasteiro. Esta característica simplifica o manejo do pomar quando consorciado com amendoim forrageiro.

A partir dos resultados obtidos neste ensaio, sugere-se que outros estudos devem ser realizados com estas leguminosas. Precisam ser investigados parâmetros relacionados a proteção do solo aos agentes climáticos, longevidade da cobertura viva, capacidade de competição com a vegetação espontânea e efeitos nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

5.4 - CONCLUSÕES

1. A cobertura total do terreno ocorreu para a mucuna cinza, centrosema, amendoim forrageiro e galáxia, respectivamente, aos 37, 92, 114 e 114 dias após o plantio;
2. A adubação com 45 Kg de P (superfósforo triplo) por ocasião do plantio não resultou efeitos na produção de matéria seca, teores e acumulação total de N, P e K na parte aérea das plantas.
3. Ao final do primeiro ano de avaliação (somatório do primeiro e segundo corte das plantas), as espécies perenes apresentaram níveis de produção de matéria seca e acumulação de N, P e K superiores a espécie anual mucuna cinza, com exceção do amendoim forrageiro “cv amarillo”.
4. As leguminosas perenes galáxia e amendoim forrageiro apresentaram, durante o período de avaliação e nas condições locais, bons desempenhos produtivos, mostrando-se promissoras para utilização como coberturas vivas permanentes de solo.

6 - CAPÍTULO II

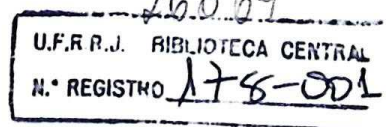
**TAXAS DE COBERTURA DO SOLO E ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES
DE TRÊS LEGUMINOSAS HERBÁCEAS PERENES A PARTIR
DE DIFERENTES DENSIDADE DE PLANTIO**

6.1 – INTRODUÇÃO

A manutenção da capacidade produtiva dos solos agrícolas de regiões tropicais e subtropicais, depende de um manejo que propicie sua proteção contra a exposição direta ao sol, às chuvas e ao vento. Nestas regiões, onde o clima favorece a decomposição dos resíduos vegetais, deve-se atentar também a práticas de manejo que visem a cobertura permanente do solo. Sob o aspecto de proteção do solo, as melhores plantas são aquelas que oferecem elevada taxa de cobertura de terreno, em menor intervalo de tempo possível. No entanto, a efetividade da cobertura viva depende da adaptação das espécies às condições edafoclimáticas, assim como das práticas de manejo adotadas.

Inúmeras ações de pesquisa tem sido direcionadas a fim de testar e validar práticas de manejo e conservação do solo que visem a manutenção e/ou melhoria de suas características químicas, físicas e biológicas. Neste sentido, a utilização de leguminosas herbáceas perenes consorciadas às culturas econômicas de ciclo perene, vem sendo avaliada como alternativa de cobertura permanente de solo. Dessa forma, o conceito de adubação verde em pomares, está sendo ampliado com o emprego destas leguminosas, visto que estas plantas, além de protegerem o solo dos agentes climáticos, sequestram C e fixam N atmosféricos e, desta forma, tem potencial para manter ou elevar o teor de matéria orgânica, mobilizar e reciclar nutrientes e favorecer a atividade biológica do solo (Guerra e Teixeira, 1997).

Além destes benefícios, as leguminosas herbáceas perenes competem com espécies de ocorrência espontânea e participam na quebra do ciclo reprodutivo destas espécies, impedindo-as de produzir e lançar sementes e propágulos vegetativos no solo. Dentre as inúmeras vantagens, destaca-se, a longo prazo, a redução de mão-de-obra empregada no

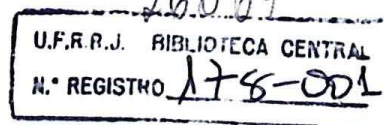


6.1 – INTRODUÇÃO

A manutenção da capacidade produtiva dos solos agrícolas de regiões tropicais e subtropicais, depende de um manejo que propicie sua proteção contra a exposição direta ao sol, às chuvas e ao vento. Nestas regiões, onde o clima favorece a decomposição dos resíduos vegetais, deve-se atentar também a práticas de manejo que visem a cobertura permanente do solo. Sob o aspecto de proteção do solo, as melhores plantas são aquelas que oferecem elevada taxa de cobertura de terreno, em menor intervalo de tempo possível. No entanto, a efetividade da cobertura viva depende da adaptação das espécies às condições edafoclimáticas, assim como das práticas de manejo adotadas.

Inúmeras ações de pesquisa tem sido direcionadas a fim de testar e validar práticas de manejo e conservação do solo que visem a manutenção e/ou melhoria de suas características químicas, físicas e biológicas. Neste sentido, a utilização de leguminosas herbáceas perenes consorciadas às culturas econômicas de ciclo perene, vem sendo avaliada como alternativa de cobertura permanente de solo. Dessa forma, o conceito de adubação verde em pomares, está sendo ampliado com o emprego destas leguminosas, visto que estas plantas, além de protegerem o solo dos agentes climáticos, sequestram C e fixam N atmosféricos e, desta forma, tem potencial para manter ou elevar o teor de matéria orgânica, mobilizar e reciclar nutrientes e favorecer a atividade biológica do solo (Guerra e Teixeira, 1997).

Além destes benefícios, as leguminosas herbáceas perenes competem com espécies de ocorrência espontânea e participam na quebra do ciclo reprodutivo destas espécies, impedindo-as de produzir e lançar sementes e propágulos vegetativos no solo. Dentre as inúmeras vantagens, destaca-se, a longo prazo, a redução de mão-de-obra empregada no

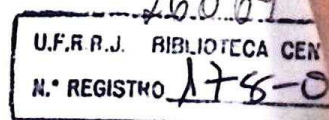


6.1 – INTRODUÇÃO

A manutenção da capacidade produtiva dos solos agrícolas de regiões tropicais e subtropicais, depende de um manejo que propicie sua proteção contra a exposição direta ao sol, às chuvas e ao vento. Nestas regiões, onde o clima favorece a decomposição dos resíduos vegetais, deve-se atentar também a práticas de manejo que visem a cobertura permanente do solo. Sob o aspecto de proteção do solo, as melhores plantas são aquelas que oferecem elevada taxa de cobertura de terreno, em menor intervalo de tempo possível. No entanto, a efetividade da cobertura viva depende da adaptação das espécies às condições edafoclimáticas, assim como das práticas de manejo adotadas.

Inúmeras ações de pesquisa tem sido direcionadas a fim de testar e validar práticas de manejo e conservação do solo que visem a manutenção e/ou melhoria de suas características químicas, físicas e biológicas. Neste sentido, a utilização de leguminosas herbáceas perenes consorciadas às culturas econômicas de ciclo perene, vem sendo avaliada como alternativa de cobertura permanente de solo. Dessa forma, o conceito de adubação verde em pomares, está sendo ampliado com o emprego destas leguminosas, visto que estas plantas, além de protegerem o solo dos agentes climáticos, sequestram C e fixam N atmosféricos e, desta forma, tem potencial para manter ou elevar o teor de matéria orgânica, mobilizar e reciclar nutrientes e favorecer a atividade biológica do solo (Guerra e Teixeira, 1997).

Além destes benefícios, as leguminosas herbáceas perenes competem com espécies de ocorrência espontânea e participam na quebra do ciclo reprodutivo destas espécies, impedindo-as de produzir e lançar sementes e propágulos vegetativos no solo. Dentre inúmeras vantagens, destaca-se, a longo prazo, a redução de mão-de-obra empregada



manejo e controle da vegetação espontânea. Estes benefícios podem contribuir para maior estabilidade do sistema produtivo e culminar com menores custos de produção. Contudo, pouco ainda se conhece sobre o comportamento agrônomo da maioria dessas leguminosas quando usadas para tal finalidade. Portanto, o sucesso dessa prática requer conhecimentos sobre o comportamento, adaptação, persistência e exigência de cada leguminosa usada como cobertura viva de solo, de forma que haja perfeito sincronismo entre a cobertura viva de solo e a cultura principal.

Apesar dos benefícios, um forte entrave na aplicação desta prática está na implantação das leguminosas perenes e formação da cobertura viva de solo. O sucesso dessa prática depende, dentre outros fatores, da velocidade de crescimento das leguminosas, de forma que estas possam competir efetivamente com a vegetação espontânea. As leguminosas perenes apresentam crescimento inicial lento, quando comparadas com espécies de ocorrência espontâneas de ciclo anual ou outras leguminosas anuais. Portanto, o manejo com capinas, até o estabelecimento parcial das leguminosas na área, torna-se indispensável para assegurar seu sucesso.

Trabalhos de pesquisa com soja (Pires *et al.*, 2000) e feijão (Horn *et al.*, 2000), testando diferentes arranjos populacionais, tem sido conduzidos a fim de estabelecer a densidade de plantio mais adequada para a produção de grãos destas leguminosas. Amabile *et al.*, (2000) também estudaram diferentes espaçamentos de plantio para os adubos verdes anuais crotalária juncea, mucuna preta e feijão de porco. Porém, há carência de informações relativos a leguminosas herbáceas perenes, notadamente quando utilizadas para cobertura viva em pomares. Desta forma, estudos relativos ao ajuste de plantas com estas leguminosas torna-se indispensável, notadamente por considerar que o estabelecimento inicial das plantas assume aspecto fundamental para sua efetivação.

O presente estudo tem como objetivos determinar a taxa de cobertura do solo, produção de fitomassa, teores e acumulação total de N, P e K na parte aérea das leguminosas herbáceas perenes siratro, cudzu tropical amendoim forrageiro, a partir de diferentes densidades e espaçamentos de plantio, a fim de definir a densidade adequada de plantio destas leguminosas herbáceas perenes, quando utilizadas para cobertura viva permanente de solo.

6.2 - MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 - Localização e características edafoclimáticas da área experimental

Foram conduzidos dois experimentos de campo, instalados na área do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizada no município de Seropédica, Rio de Janeiro, em um solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO. A diferença dos ensaios está na espécie testada, densidade e época de plantio. A localização geográfica e as características climáticas foram apresentadas no capítulo 1, visto que os experimentos foram conduzidos na mesma área experimental.

Os resultados da análise de rotina de fertilidade de amostras de terra retiradas na camada de 0 - 20 cm, encontram-se a seguir: experimento 1: pH em H₂O = (1:2,5) = 5,0; Al⁺³ = 0,0 cmol_c/dm³; Ca⁺² = 3,2 cmol_c/dm³; Mg⁺² = 1,3 cmol_c/dm³; K⁺ = 73 mg/kg e P disponível = 3 mg/kg de solo. Para o experimento 2, os valores detectados foram: pH em H₂O = (1:2,5) = 4,1; Al⁺³ = 0,4 cmol_c/dm³; Ca⁺² = 2,1 cmol_c/dm³; Mg⁺² = 0,9 cmol_c/dm³; K⁺ = 34 mg/kg e P disponível = 6 mg/kg de solo;

6.2.2 - Delineamento Experimental

6.2.2.1 - Experimento 1:

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, dispostos em arranjo fatorial 2 x 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de espécies (galáxia - *Galactia striata*; e cudzu tropical - *Pueraria phaseoloides*, ambas leguminosas de ciclo perene e hábito de crescimento ereto), espaçamentos entre sulcos de plantio (25 e 50 cm), e densidades de plantas (5, 10, 15 e 20 plantas/ m linear).

As parcelas possuíam área de 4 m² (2 m x 2 m). O plantio foi realizado no período das águas (dezembro/97). Na véspera do plantio, as sementes de ambas leguminosas foram escarificadas termicamente (imersão em água à 90°C, durante uma hora) e inoculadas com estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia. Utilizaram-se altas densidades de semeadura, sendo posteriormente as populações ajustadas através de desbaste manual.

Por ocasião do preparo do solo, realizam-se aração, gradagens e destorroamento com a enxada rotativa. Posteriormente, foram abertos sulcos com auxílio de sacho, e para eliminar pequenos torrões formados ao longo da linha de plantio, foi utilizado uma roda guia de semeadora tratorizada. Após a semeadura, usou-se terra peneirada para cobrir as sementes.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de três capinas manuais, até a cobertura parcial da área, sendo realizadas aos 26, 41 e 52 dias após o plantio (DAP). Convém salientar que a primeira capina ocorreu ainda na fase de emergência das sementes, tornando-se necessária devido a alta infestação de tiririca (*Cyperus rotundus*).

6.2.2.2 - Experimento 2:

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, dispostos em arranjo fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de espaçamento entre linhas de plantio (25 cm e 50 cm) e densidade na linha de plantio (2, 4, 8 e 16 plantas/ metro linear).

As parcelas apresentaram área de 4 m² (2m x 2m). As mudas da leguminosa de ciclo perene e hábito de crescimento rasteiro amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* acesso BR - 14951 seção estolonífera) foram preparadas em bandejas de isopor de 200 células, permanecendo no viveiro por um período de 70 dias, sendo em março/98 (final do período chuvoso), transferidas à área experimental. Estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas estacas, usando-se como veículo água contendo o inoculante.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de duas capinas manuais (20 e 42 DAP), até a cobertura parcial da área.

As parcelas possuíam área de 4 m² (2 m x 2 m). O plantio foi realizado no período das águas (dezembro/97). Na véspera do plantio, as sementes de ambas leguminosas foram escarificadas termicamente (imersão em água à 90°C, durante uma hora) e inoculadas com estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia. Utilizaram-se altas densidades de semeadura, sendo posteriormente as populações ajustadas através de desbaste manual.

Por ocasião do preparo do solo, realizam-se aração, gradagens e destorroamento com a enxada rotativa. Posteriormente, foram abertos sulcos com auxílio de sacho, e para eliminar pequenos torrões formados ao longo da linha de plantio, foi utilizado uma roda guia de semeadora tratorizada. Após a semeadura, usou-se terra peneirada para cobrir as sementes.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de três capinas manuais, até a cobertura parcial da área, sendo realizadas aos 26, 41 e 52 dias após o plantio (DAP). Convém salientar que a primeira capina ocorreu ainda na fase de emergência das sementes, tornando-se necessária devido a alta infestação de tiririca (*Cyperus rotundus*).

6.2.2.2 - Experimento 2:

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, dispostos em arranjo fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de espaçamento entre linhas de plantio (25 cm e 50 cm) e densidade na linha de plantio (2, 4, 8 e 16 plantas/ metro linear).

As parcelas apresentaram área de 4 m² (2m x 2m). As mudas da leguminosa de ciclo perene e hábito de crescimento rasteiro amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* acesso BR - 14951 seção estolonífera) foram preparadas em bandejas de isopor de 200 células, permanecendo no viveiro por um período de 70 dias, sendo em março/98 (final do período chuvoso), transferidas à área experimental. Estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas estacas, usando-se como veículo água contendo o inoculante.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de duas capinas manuais (20 e 42 DAP), até a cobertura parcial da área.

As parcelas possuíam área de 4 m² (2 m x 2 m). O plantio foi realizado no período das águas (dezembro/97). Na véspera do plantio, as sementes de ambas leguminosas foram escarificadas termicamente (imersão em água à 90°C, durante uma hora) e inoculadas com estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia. Utilizaram-se altas densidades de semeadura, sendo posteriormente as populações ajustadas através de desbaste manual.

Por ocasião do preparo do solo, realizam-se aração, gradagens e destorroamento com a enxada rotativa. Posteriormente, foram abertos sulcos com auxílio de sacho, e para eliminar pequenos torrões formados ao longo da linha de plantio, foi utilizado uma roda guia de semeadora tratorizada. Após a semeadura, usou-se terra peneirada para cobrir as sementes.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de três capinas manuais, até a cobertura parcial da área, sendo realizadas aos 26, 41 e 52 dias após o plantio (DAP). Convém salientar que a primeira capina ocorreu ainda na fase de emergência das sementes, tornando-se necessária devido a alta infestação de tiririca (*Cyperus rotundus*).

6.2.2.2 - Experimento 2:

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, dispostos em arranjo fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de espaçamento entre linhas de plantio (25 cm e 50 cm) e densidade na linha de plantio (2, 4, 8 e 16 plantas/ metro linear).

As parcelas apresentaram área de 4 m² (2m x 2m). As mudas da leguminosa de ciclo perene e hábito de crescimento rasteiro amendoim forrageiro (*Arachis pinto*i acesso BR - 14951 seção estolonífera) foram preparadas em bandejas de isopor de 200 células, permanecendo no viveiro por um período de 70 dias, sendo em março/98 (final do período chuvoso), transferidas à área experimental. Estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas estacas, usando-se como veículo água contendo o inoculante.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de duas capinas manuais (20 e 42 DAP), até a cobertura parcial da área.

As parcelas possuíam área de 4 m² (2 m x 2 m). O plantio foi realizado no período das águas (dezembro/97). Na véspera do plantio, as sementes de ambas leguminosas foram escarificadas termicamente (imersão em água à 90°C, durante uma hora) e inoculadas com estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia. Utilizaram-se altas densidades de semeadura, sendo posteriormente as populações ajustadas através de desbaste manual.

Por ocasião do preparo do solo, realizam-se aração, gradagens e destorroamento com a enxada rotativa. Posteriormente, foram abertos sulcos com auxílio de sacho, e para eliminar pequenos torrões formados ao longo da linha de plantio, foi utilizado uma roda guia de semeadora tratorizada. Após a semeadura, usou-se terra peneirada para cobrir as sementes.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de três capinas manuais, até a cobertura parcial da área, sendo realizadas aos 26, 41 e 52 dias após o plantio (DAP). Convém salientar que a primeira capina ocorreu ainda na fase de emergência das sementes, tornando-se necessária devido a alta infestação de tiririca (*Cyperus rotundus*).

6.2.2.2 - Experimento 2:

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, dispostos em arranjo fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de espaçamento entre linhas de plantio (25 cm e 50 cm) e densidade na linha de plantio (2, 4, 8 e 16 plantas/ metro linear).

As parcelas apresentaram área de 4 m² (2m x 2m). As mudas da leguminosa de ciclo perene e hábito de crescimento rasteiro amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* acesso BR - 14951 seção estolonífera) foram preparadas em bandejas de isopor de 200 células, permanecendo no viveiro por um período de 70 dias, sendo em março/98 (final do período chuvoso), transferidas à área experimental. Estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, recomendadas pela Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas estacas, usando-se como veículo água contendo o inoculante.

O controle da vegetação espontânea foi realizado através de duas capinas manuais (20 e 42 DAP), até a cobertura parcial da área.

Para o preparo da área experimental, realizou-se aração, gradagem e destorroamento com a enxada rotativa. Por ocasião do plantio, aplicou-se ao longo do sulco, preparado com auxílio de sacho, o equivalente a 35 kg de K/ha na forma de KCl, a fim de elevar os teores trocáveis desse elemento no solo.

6.2.3 - Avaliações

Os parâmetros avaliados e as metodologias empregadas foram similares nos dois experimentos.

6.2.3.1 - Taxa de cobertura do solo

O acompanhamento do crescimento das plantas, foi realizado por meio de imagens fotográficas, tomadas em oito épocas, desde o plantio até a cobertura total do solo pelas leguminosas. Para isso, utilizou-se uma câmara fotográfica digital, com disparador automático. A máquina foi suspensa por um tripé de armação metálica com uma haste, de modo que as imagens foram tomadas perpendicularmente ao solo, na altura de 1,60 m da superfície. Cada imagem abrangeu uma área delimitada de 1 m². As imagens foram tomadas sempre nas primeiras horas da manhã (7:30 e 9:00 horas), a fim de evitar o efeito de sombreamento.

As imagens foram processadas com auxílio do software SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, conforme descrito por Jorge & Crestana (1996). Neste sistema, as fotografias são avaliadas de forma que somente sejam digitalizadas as tonalidades representativas das cores verde e amarelo. Em seqüência, é feito um processo de binarização das imagens (contraste entre o preto e o branco), a fim de quantificar a área de solo coberta pelas plantas. O programa SIARCS lê a imagem binária original, transformando-a numa matriz de códigos binários, cuja unidade de resolução, o "pixel", pode ter o valor 0 (preto) ou 1 (branco). O uso de imagens originais de alto contraste aumenta a precisão do método, enquanto que imagens de baixo contraste precisam ser processadas antes da avaliação.

Para auxiliar na avaliação dos resultados, estimou-se o $T \frac{1}{2}$, que corresponde ao tempo necessário para que 50% do solo estivesse coberto pelas plantas.

Para o preparo da área experimental, realizou-se aração, gradagem e destorroamento com a enxada rotativa. Por ocasião do plantio, aplicou-se ao longo do sulco, preparado com auxílio de sacho, o equivalente a 35 kg de K/ha na forma de KCl, a fim de elevar os teores trocáveis desse elemento no solo.

6.2.3 - Avaliações

Os parâmetros avaliados e as metodologias empregadas foram similares nos dois experimentos.

6.2.3.1 - Taxa de cobertura do solo

O acompanhamento do crescimento das plantas, foi realizado por meio de imagens fotográficas, tomadas em oito épocas, desde o plantio até a cobertura total do solo pelas leguminosas. Para isso, utilizou-se uma câmara fotográfica digital, com disparador automático. A máquina foi suspensa por um tripé de armação metálica com uma haste, de modo que as imagens foram tomadas perpendicularmente ao solo, na altura de 1,60 m da superfície. Cada imagem abrangeu uma área delimitada de 1 m². As imagens foram tomadas sempre nas primeiras horas da manhã (7:30 e 9:00 horas), a fim de evitar o efeito de sombreamento.

As imagens foram processadas com auxílio do software SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, conforme descrito por Jorge & Crestana (1996). Neste sistema, as fotografias são avaliadas de forma que somente sejam digitalizadas as tonalidades representativas das cores verde e amarelo. Em seqüência, é feito um processo de binarização das imagens (contraste entre o preto e o branco), a fim de quantificar a área de solo coberta pelas plantas. O programa SIARCS lê a imagem binária original, transformando-a numa matriz de códigos binários, cuja unidade de resolução, o "pixel", pode ter o valor 0 (preto) ou 1 (branco). O uso de imagens originais de alto contraste aumenta a precisão do método, enquanto que imagens de baixo contraste precisam ser processadas antes da avaliação.

Para auxiliar na avaliação dos resultados, estimou-se o $T \frac{1}{2}$, que corresponde ao tempo necessário para que 50% do solo estivesse coberto pelas plantas.

6.2.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas

Determinou-se, por ocasião do corte das plantas, a produção de matéria fresca e seca, e conteúdos de N, P e K na parte aérea das plantas. No 1º experimento, foram realizados dois cortes das plantas (5 e 12 meses após o plantio). Já no 2º experimento, realizaram-se quatro cortes das plantas (8, 12, 22 e 24 meses após o plantio).

A produção de matéria fresca foi determinada a partir do peso fresco do material contido na área útil de 1 m², enquanto que a matéria seca foi por ocasião do secamento a 65°C, em estufa de ventilação forçada de ar, até atingir peso constante, de maneira a corrigir o conteúdo de umidade contido na amostra fresca. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) para análise de tecido.

Quanto a análise de tecido da parte aérea das plantas, o conteúdo de N foi determinado após digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl, adaptado da determinação conduzida para solos (Bremner & Mulvaney, 1982); conteúdo de P e K, após digestão nitroperclórica (Bataglia *et al.*, 1983), sendo o P determinado em espectrofotômetro a partir de formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em meio sulfúrico na presença de ácido ascórbico como redutor, e o K determinado em espectrofotômetro de absorção atômica.

6.2.4 - Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéricas (SAEG), versão 5.0 (Euclides, 1983). O tratamento estatístico constou da análise de variância, seguida da escolha de modelos que melhor representam o ajuste das curvas e aplicação do teste F nos coeficientes da equação para testar significâncias. Para a taxa de cobertura do solo, as curvas foram ajustadas de acordo com a função logística $TC = A / 1 + B * e^{-K * DAP}$, onde TC é a taxa de cobertura do solo; A é o limite superior da taxa de cobertura do solo; B está relacionado com o tamanho inicial do sistema; K é a taxa de incremento inerente do sistema, e DAP, dias após o plantio. Em relação a produção de matéria seca de parte aérea e acumulação total de N, P e K, os modelos testados foram lineares, quadráticos e cúbicos. A escolha do modelo que

6.2.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas

Determinou-se, por ocasião do corte das plantas, a produção de matéria fresca e seca, e conteúdos de N, P e K na parte aérea das plantas. No 1º experimento, foram realizados dois cortes das plantas (5 e 12 meses após o plantio). Já no 2º experimento, realizaram-se quatro cortes das plantas (8, 12, 22 e 24 meses após o plantio).

A produção de matéria fresca foi determinada a partir do peso fresco do material contido na área útil de 1 m², enquanto que a matéria seca foi por ocasião do secamento a 65°C, em estufa de ventilação forçada de ar, até atingir peso constante, de maneira a corrigir o conteúdo de umidade contido na amostra fresca. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) para análise de tecido.

Quanto a análise de tecido da parte aérea das plantas, o conteúdo de N foi determinado após digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl, adaptado da determinação conduzida para solos (Bremner & Mulvaney, 1982); conteúdo de P e K, após digestão nitroperclórica (Bataglia *et al.*, 1983), sendo o P determinado em espectrofotômetro a partir de formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em meio sulfúrico na presença de ácido ascórbico como redutor, e o K determinado em espectrofotômetro de absorção atômica.

6.2.4 - Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéricas (SAEG), versão 5.0 (Euclides, 1983). O tratamento estatístico constou da análise de variância, seguida da escolha de modelos que melhor representam o ajuste das curvas e aplicação do teste F nos coeficientes da equação para testar significâncias. Para a taxa de cobertura do solo, as curvas foram ajustadas de acordo com a função logística $TC = A / 1 + B * e^{-K * DAP}$, onde TC é a taxa de cobertura do solo; A é o limite superior da taxa de cobertura do solo; B está relacionado com o tamanho inicial do sistema; K é a taxa de incremento inerente do sistema, e DAP, dias após o plantio. Em relação a produção de matéria seca de parte aérea e acumulação total de N, P e K, os modelos testados foram lineares, quadráticos e cúbicos. A escolha do modelo que

6.2.3.2 - Produção de fitomassa e teores de N, P e K na parte aérea das plantas

Determinou-se, por ocasião do corte das plantas, a produção de matéria fresca e seca, e conteúdos de N, P e K na parte aérea das plantas. No 1º experimento, foram realizados dois cortes das plantas (5 e 12 meses após o plantio). Já no 2º experimento, realizaram-se quatro cortes das plantas (8, 12, 22 e 24 meses após o plantio).

A produção de matéria fresca foi determinada a partir do peso fresco do material contido na área útil de 1 m², enquanto que a matéria seca foi por ocasião do secamento a 65°C, em estufa de ventilação forçada de ar, até atingir peso constante, de maneira a corrigir o conteúdo de umidade contido na amostra fresca. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) para análise de tecido.

Quanto a análise de tecido da parte aérea das plantas, o conteúdo de N foi determinado após digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl, adaptado da determinação conduzida para solos (Bremner & Mulvaney, 1982); conteúdo de P e K, após digestão nitroperclórica (Bataglia *et al.*, 1983), sendo o P determinado em espectrofotômetro a partir de formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em meio sulfúrico na presença de ácido ascórbico como redutor, e o K determinado em espectrofotômetro de absorção atômica.

6.2.4 - Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéricas (SAEG), versão 5.0 (Euclydes, 1983). O tratamento estatístico constou da análise de variância, seguida da escolha de modelos que melhor representam o ajuste das curvas e aplicação do teste F nos coeficientes da equação para testar significâncias. Para a taxa de cobertura do solo, as curvas foram ajustadas de acordo com a função logística $TC = A / 1 + B * e^{-K * DAP}$, onde TC é a taxa de cobertura do solo; A é o limite superior da taxa de cobertura do solo; B está relacionado com o tamanho inicial do sistema; K é a taxa de incremento inerente do sistema, e DAP, dias após o plantio. Em relação a produção de matéria seca de parte aérea e acumulação total de N, P e K, os modelos testados foram lineares, quadráticos e cúbicos. A escolha do modelo que

representasse a distribuição dos dados, foi feita com base na significância ao nível de $p < 0,01$ e maior coeficiente de determinação.

6.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 - Experimento 1

6.3.1.1 - Taxa de cobertura do solo

Através da análise de variância, detectou-se efeito significativo ($p < 0,05$) do fator espaçamento, densidade e a interação destes dois fatores sobre a taxa de cobertura do solo. Dessa forma, curvas de taxa de cobertura do solo foram ajustadas pelo modelo de crescimento exponencial, considerando as combinações entre os dois espaçamentos entre sulcos e as quatro densidades de plantio de galáxia e cudzu tropical.

A partir das curvas ajustadas, os valores relativos a taxa de cobertura do solo apontaram que a galáxia, no espaçamento de 50 cm, cobriu plenamente o terreno aos 125 DAP. Todavia, a diminuição deste espaçamento para 25 cm entre linhas de plantio, proporcionou redução de 14 dias para atingir a mesma taxa de cobertura do solo Fig. 1). Quanto ao cudzu tropical, detectou-se completa cobertura aos 115 DAP no espaçamento de 25 cm, enquanto que o maior espaçamento proporcionou plena cobertura do terreno aos 123 DAP (Fig. 2). Destaca-se que estes valores foram obtidos entre dezembro e março (período das águas), nos quais as condições climáticas, principalmente a precipitação pluviométrica, foram favoráveis ao crescimento das plantas. Comportamento semelhante também foi evidenciado por Guerra & Teixeira (1997) para as leguminosas perenes calopogônio, siratro, cudzu tropical e estilosantes, em condições edafoclimáticas semelhantes.

6.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 - Experimento 1

6.3.1.1 - Taxa de cobertura do solo

Através da análise de variância, detectou-se efeito significativo ($p < 0,05$) do fator espaçamento, densidade e a interação destes dois fatores sobre a taxa de cobertura do solo. Dessa forma, curvas de taxa de cobertura do solo foram ajustadas pelo modelo de crescimento exponencial, considerando as combinações entre os dois espaçamentos entre sulcos e as quatro densidades de plantio de galáxia e cudzu tropical.

A partir das curvas ajustadas, os valores relativos a taxa de cobertura do solo apontaram que a galáxia, no espaçamento de 50 cm, cobriu plenamente o terreno aos 125 DAP. Todavia, a diminuição deste espaçamento para 25 cm entre linhas de plantio, proporcionou redução de 14 dias para atingir a mesma taxa de cobertura do solo (Fig. 1). Quanto ao cudzu tropical, detectou-se completa cobertura aos 115 DAP no espaçamento de 25 cm, enquanto que o maior espaçamento proporcionou plena cobertura do terreno aos 123 DAP (Fig. 2). Destaca-se que estes valores foram obtidos entre dezembro e março (período das águas), nos quais as condições climáticas, principalmente a precipitação pluviométrica, foram favoráveis ao crescimento das plantas. Comportamento semelhante também foi evidenciado por Guerra & Teixeira (1997) para as leguminosas perenes calopogônio, siratro, cudzu tropical e estilosantes, em condições edafoclimáticas semelhantes.

6.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 - *Experimento 1*

6.3.1.1 - *Taxa de cobertura do solo*

Através da análise de variância, detectou-se efeito significativo ($p < 0,05$) do fator espaçamento, densidade e a interação destes dois fatores sobre a taxa de cobertura do solo. Dessa forma, curvas de taxa de cobertura do solo foram ajustadas pelo modelo de crescimento exponencial, considerando as combinações entre os dois espaçamentos entre sulcos e as quatro densidades de plantio de galáxia e cudzu tropical.

A partir das curvas ajustadas, os valores relativos a taxa de cobertura do solo apontaram que a galáxia, no espaçamento de 50 cm, cobriu plenamente o terreno aos 125 DAP. Todavia, a diminuição deste espaçamento para 25 cm entre linhas de plantio, proporcionou redução de 14 dias para atingir a mesma taxa de cobertura do solo (Fig. 1). Quanto ao cudzu tropical, detectou-se completa cobertura aos 115 DAP no espaçamento de 25 cm, enquanto que o maior espaçamento proporcionou plena cobertura do terreno aos 123 DAP (Fig. 2). Destaca-se que estes valores foram obtidos entre dezembro e março (período das águas), nos quais as condições climáticas, principalmente a precipitação pluviométrica, foram favoráveis ao crescimento das plantas. Comportamento semelhante também foi evidenciado por Guerra & Teixeira (1997) para as leguminosas perenes calopogônio, siratro, cudzu tropical e estilosantes, em condições edafoclimáticas semelhantes.

Apesar de detectarem-se efeitos do fator espaçamento sobre as taxas de cobertura do solo, os resultados mostraram que para as duas espécies avaliadas, as respostas sobre o tempo necessário para a cobertura total do solo foi pouco expressivo. Entretanto, diferenças marcantes na taxa de cobertura do solo foram observadas na fase inicial de crescimento para ambas espécies, considerada a fase crítica em relação à competição com a vegetação espontânea e pelo solo encontrar-se desprotegido e suscetível à erosão (Amado *et al.*, 1987).

Neste sentido, verifica-se que para a galáxia, o espaçamento de 25 cm entre sulcos de plantio e densidade de 20 plantas/m linear, apresentou $T_{1/2}$ (tempo necessário para atingir 50% de cobertura) de 48 DAP, enquanto que na mesma densidade de plantas, o espaçamento de 50 cm entre sulcos, o $T_{1/2}$ foi atingido somente aos 56 DAP (Quadro 1).

Para o cudzu tropical, o tratamento com 25 cm entre sulcos e 10 plantas/ m linear, apresentou $T_{1/2}$ de 66, enquanto que nesta mesma densidade com 50 cm entre sulcos de plantio, o mesmo valor de cobertura de solo foi atingido somente aos 74 DAP (Quadro 1). Esta diferença de 8 dias no $T_{1/2}$ é bastante significativa, principalmente por encontrar-se na fase de maior competição com a vegetação espontânea. Contudo, o estudo do arranjo populacional destas plantas visando seu estabelecimento, requer maior atenção até a fase do $T_{1/2}$, e não verificar o tempo necessário para a cobertura total do terreno.

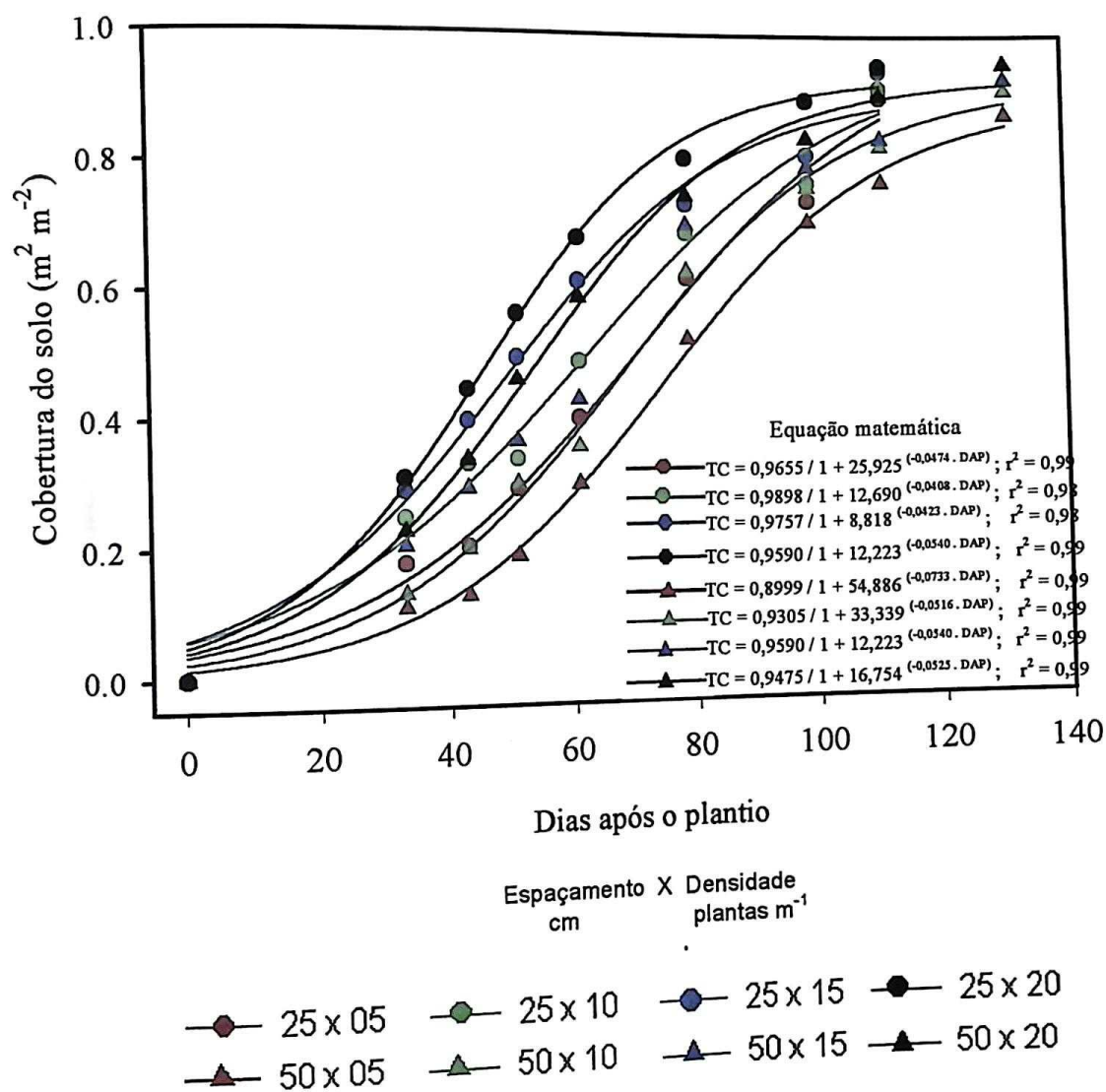


Figura 1. Curvas ajustadas das taxas de cobertura de solo proporcionadas por galáxia em função de diferentes espaçamentos e densidades de plantio.

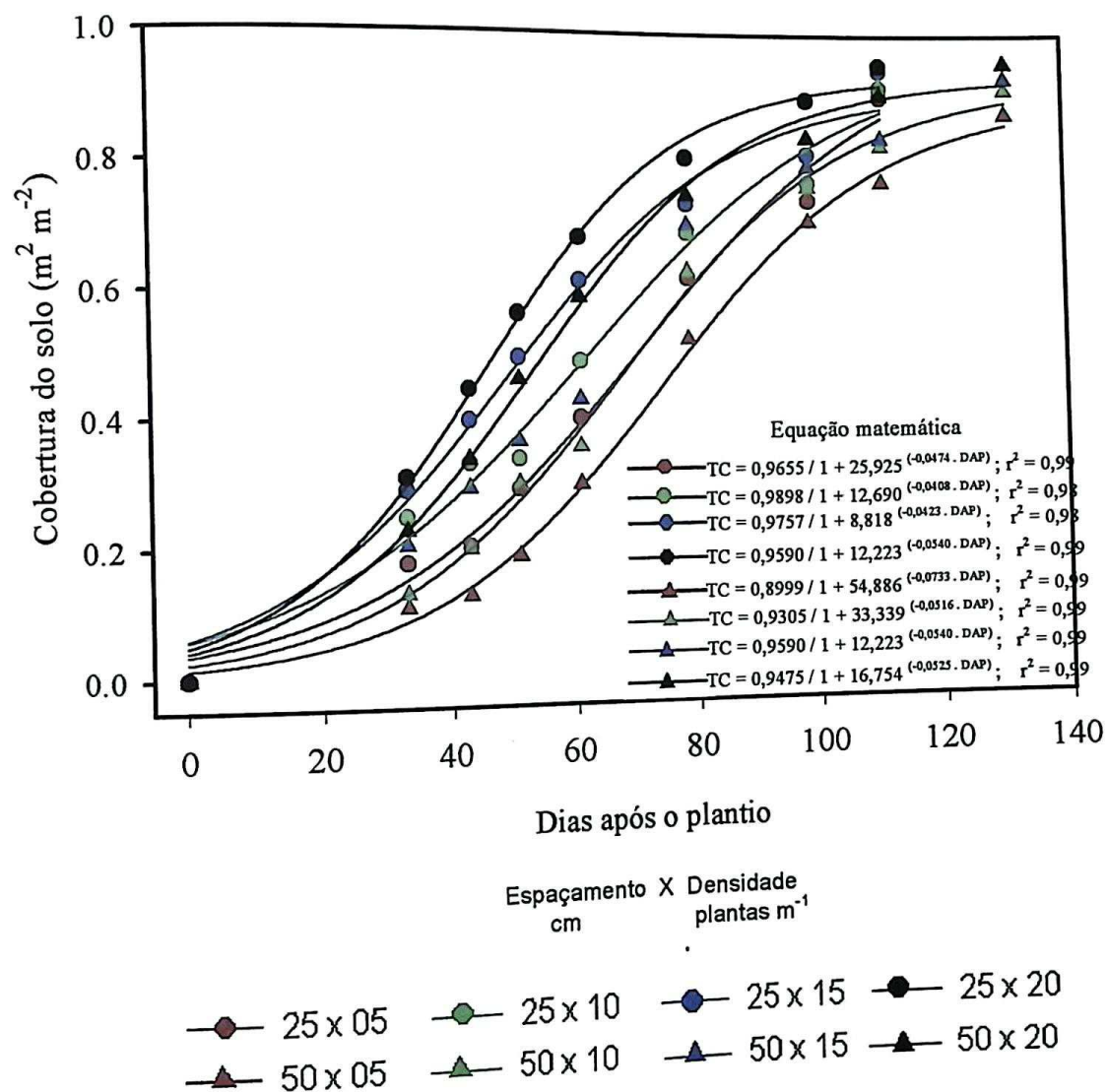


Figura 1. Curvas ajustadas das taxas de cobertura de solo proporcionadas por galáxia em função de diferentes espaçamentos e densidades de plantio.

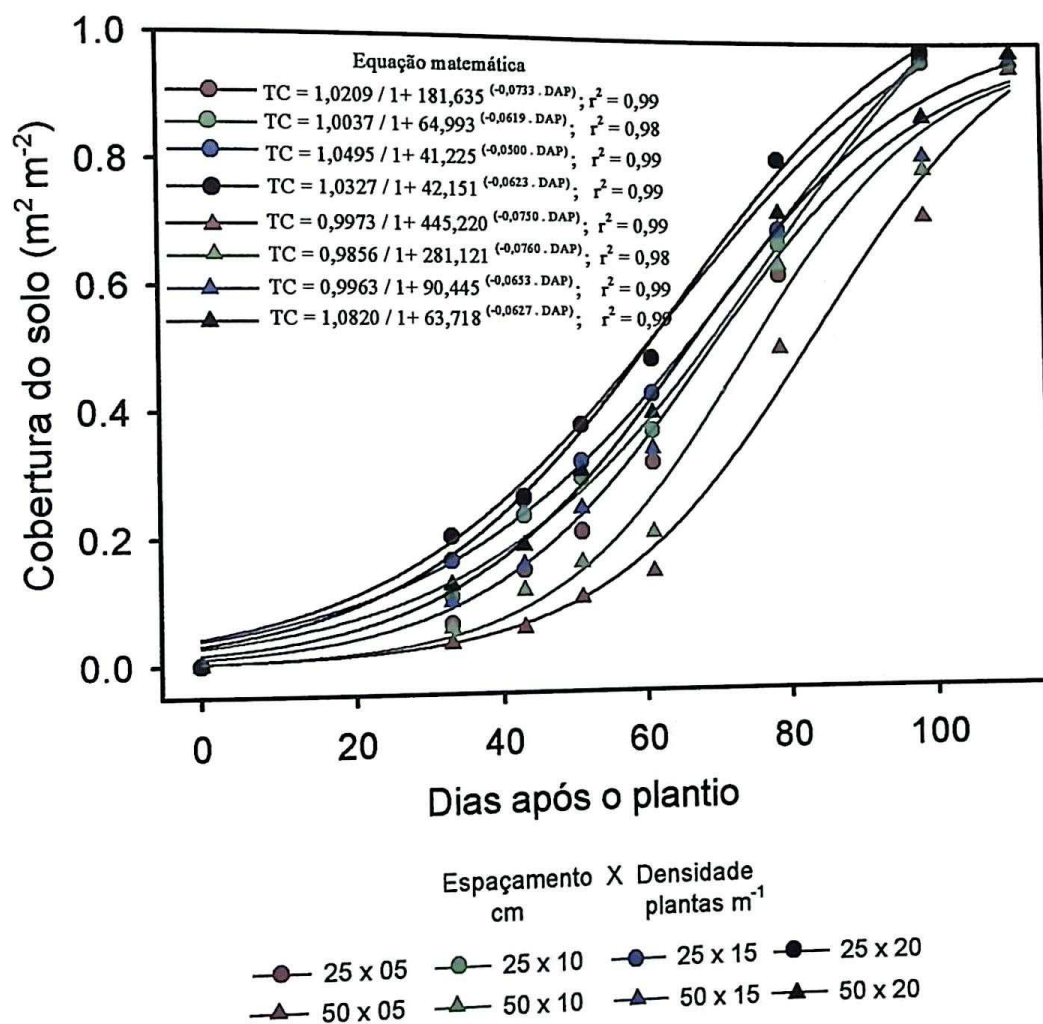


Figura 2. Curvas ajustadas das taxas de cobertura de solo proporcionadas por cudzu tropical em função de diferentes espaçamentos e densidades de plantio.

As taxas de cobertura do solo nos tratamentos com 25 cm entre linhas de plantio foram superiores aos de 50 cm, sendo também mais eficientes na competição com a vegetação espontânea (observação visual). Tais efeitos resultam diminuição no número de capinas para a implantação da cobertura viva com estas espécies. Desta forma, o arranjo populacional contribui para o estabelecimento da cobertura viva permanente de solo com estas duas leguminosas herbáceas perenes, visto a possibilidade de maior competição das leguminosas com espécies de ocorrência espontânea.

A partir das observações de campo, evidenciou-se que tanto em relação ao cudzu tropical como para a galáxia, com o nível de 70% de cobertura de terreno, o solo encontra-se plenamente protegido, notadamente em relação ao impacto das gotas de chuva, exposição direta aos raios solares e impacto sobre as oscilações térmicas do solo, principais agentes de sua degradação. Trabalhos têm demonstrado que, à medida que se aumenta a proporção de área coberta, há redução acentuada da erosão (Amado *et al.*, 1987, Dechen, *et al.*, 1981).

Deve-se destacar que a tomada de decisão sobre o espaçamento e densidade de plantio mais adequados na formação da cobertura permanente do solo, requer a análise conjunta do custo com sementes ou mudas, operações relacionadas ao plantio e capinas subsequentes, a velocidade de crescimento e respectiva cobertura, nível tecnológico e disponibilidade de mão de obra, além da produção de fitomassa e estoque de nutrientes na parte aérea das plantas, a fim de que a espécie utilizada possa contribuir tanto para a adubação verde como proteção do solo, quando consorciada com frutíferas. No entanto, o emprego de equações matemáticas para descrição de taxas de cobertura do solo ajustadas para diferentes tratamentos, é instrumento importante para determinar a densidade e espaçamento de plantio adequados para uma rápida cobertura do solo.

A partir dos resultados de cobertura do solo, observa-se que as densidades de plantio adequadas para a rápida cobertura de galáxia e cudzu tropical são, respectivamente, 20 e 10 plantas/m linear, no espaçamento de 25 cm entre sulcos de plantio.

As taxas de cobertura do solo nos tratamentos com 25 cm entre linhas de plantio foram superiores aos de 50 cm, sendo também mais eficientes na competição com a vegetação espontânea (observação visual). Tais efeitos resultam diminuição no número de capinas para a implantação da cobertura viva com estas espécies. Desta forma, o arranjo populacional contribui para o estabelecimento da cobertura viva permanente de solo com estas duas leguminosas herbáceas perenes, visto a possibilidade de maior competição das leguminosas com espécies de ocorrência espontânea.

A partir das observações de campo, evidenciou-se que tanto em relação ao cudzu tropical como para a galáxia, com o nível de 70% de cobertura de terreno, o solo encontra-se plenamente protegido, notadamente em relação ao impacto das gotas de chuva, exposição direta aos raios solares e impacto sobre as oscilações térmicas do solo, principais agentes de sua degradação. Trabalhos têm demonstrado que, à medida que se aumenta a proporção de área coberta, há redução acentuada da erosão (Amado *et al.*, 1987, Dechen, *et al.*, 1981).

Deve-se destacar que a tomada de decisão sobre o espaçamento e densidade de plantio mais adequados na formação da cobertura permanente do solo, requer a análise conjunta do custo com sementes ou mudas, operações relacionadas ao plantio e capinas subsequentes, a velocidade de crescimento e respectiva cobertura, nível tecnológico e disponibilidade de mão de obra, além da produção de fitomassa e estoque de nutrientes na parte aérea das plantas, a fim de que a espécie utilizada possa contribuir tanto para a adubação verde como proteção do solo, quando consorciada com frutíferas. No entanto, o emprego de equações matemáticas para descrição de taxas de cobertura do solo ajustadas para diferentes tratamentos, é instrumento importante para determinar a densidade e espaçamento de plantio adequados para uma rápida cobertura do solo.

A partir dos resultados de cobertura do solo, observa-se que as densidades de plantio adequadas para a rápida cobertura de galáxia e cudzu tropical são, respectivamente, 20 e 10 plantas/m linear, no espaçamento de 25 cm entre sulcos de plantio.

Quadro 1. Valores referentes aos $T_{1/2}$ (tempo em dias após o plantio para atingir 50% da cobertura do solo) proporcionados por cudzu tropical e galáxia em função da densidade de plantas e espaçamento entre sulcos de plantio.

Espaçamento ----- cm -----	Densidade --- pl/m linear ---	ESPÉCIE	
		Cudzu tropical	Galáxia
		$T_{1/2} *$	
25	05	70 **	70
25	10	66	63
25	15	72	53
25	20	59	48
50	05	81	79
50	10	74	71
50	15	69	64
50	20	64	56

** Significativo a pelo teste de Tukey ($p \geq 0,01$).

* Valores obtidos a partir de equações matemáticas com r^2 (coeficiente de determinação) $\geq 0,98$.

6.3.1.2 - Produção de fitomassa, teores e acumulação total de N, P e K na parte aérea das plantas

Detectou-se efeito significativo de espécie, espaçamento e densidade para os parâmetros matéria seca e acumulação total de N, P e K na parte aérea das plantas por ocasião do 1º corte. Porém, não houve efeito interativo entre fatores para estes mesmos parâmetros. Os modelos (linear, quadrático, cúbico) testados para determinação dos melhores ajustes matemáticos que explicassem a variação, tanto da produção de fitomassa, como da acumulação total de N, P e K na parte aérea das plantas em função da densidade de plantas e espaçamento entre sulcos de plantio, não alcançaram significância estatística. Assim, os resultados serão apresentados tendo como base os efeitos médios dos fatores testados.

Ao avaliar a produção de fitomassa e acumulação de nutrientes nos diferentes espaçamentos e densidades de plantas, nota-se por ocasião do 1º corte, que os maiores valores de produção de matéria seca e acumulação de nutrientes (N, P e K) nas duas

leguminosas avaliadas, foram obtidos no espaçamento de 25 cm (Quadro 2), e na densidade de 10, 15 e 20 plantas/m linear (Quadro 3). Estes resultados demonstram que para a galáxia e cudzu tropical, o espaçamento de 25 cm na densidade de 10 plantas/ m linear parece ser o mais eficiente na produção de fitomassa e acumulação de N, P e K na parte aérea das plantas. Em contrapartida, os efeitos observados no 1º corte, em função de espaçamento e densidade de plantio sobre a produção de matéria seca e acumulação de nutrientes na parte aérea, não se repetiram no 2º corte das plantas. O hábito de crescimento volúvel das leguminosas possibilitou, ao longo de 7 meses após o plantio (entre o 1º e 2º corte), o efeito compensatório das menores densidades no crescimento das plantas, resultando, com isso, aumento na taxa de crescimento relativo das plantas. Este comportamento sugere que as duas leguminosas testadas estabeleceram-se na área já aos 12 MAP, independentemente da densidade de plantio utilizada.

Quadro 2. Produção de matéria seca e acumulação de N, P e K na parte aérea de cudzu tropical e galáxia em função do espaçamento entre sulcos de plantio por ocasião do 1º corte das plantas (5 MAP).

Espaçamento entre sulcos de plantio (cm)	Produção Mat. seca (t/ha)	Parte aérea das plantas					
		Nutriente					
		N		P		K	
		teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)
25	3,43 A*	25,43 A	87,22 A	1,76 A	6,04 A	9,52 A	32,65 A
50	2,84 B	26,71 A	75,86 B	1,83 A	5,20 B	9,16 A	26,01 B
CV (%)	23	13	25	17	37	21	33

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Média das duas leguminosas.

Quadro 3. Produção de matéria seca e acumulação de N, P e K na parte aérea de cudzu tropical e galáxia em função da densidade de plantio por ocasião do 1º corte das plantas (5 MAP).

Densidade de plantas (pl/ m linear)	Parte aérea das plantas						
	Produção Mat. seca (t/ha)	Nutriente					
		N		P		K	
		teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)
05	2,54 B *	26,61 A	68,07 B	1,90 A	4,94 A	9,09 A	23,47 B
10	3,37 A	26,79 A	90,03 A	1,72 A	5,70 A	9,12 A	31,50 A
15	3,36 A	24,72 A	82,11 AB	1,77 A	5,93 A	9,65 A	32,72 A
20	3,28 A	26,15 A	84,84 AB	1,77 A	5,83 A	9,48 A	31,47 A
CV (%)	23	13	25	17	37	21	33

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Média das duas leguminosas.

De maneira similar ao observado no 1º corte das plantas, para o 2º corte não foram detectados efeitos interativos em relação aos parâmetros produção de matéria seca, teores e acumulação total de N, P e K na parte aérea das plantas.

Contrastando-se as duas espécies, observou-se, por ocasião do 1º e 2º corte das plantas, que a galáxia apresentou maior produção de matéria seca, teores e acumulação total de N, P e K do que o cudzu tropical (Quadro 4). Entretanto, ambas espécies apresentam baixa exigência nutricional e ausência de pragas e doenças relevantes, favorecendo a sua utilização como cobertura de solo e adubo verde. Conquanto o teor de K da galáxia diferiu dos obtidos por Rangel (1983), o teor de P apresenta comportamento semelhante. Contudo, tais respostas podem ter sido influenciadas pelos níveis de fertilidade do solo no qual as plantas estavam submetidas.

Quadro 3. Produção de matéria seca e acumulação de N, P e K na parte aérea de cudzu tropical e galáxia em função da densidade de plantio por ocasião do 1º corte das plantas (5 MAP).

Densidade de plantas (pl/ m linear)	Parte aérea das plantas						
	Produção Mat. seca (t/ha)	Nutriente					
		N		P		K	
		teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)
05	2,54 B *	26,61 A	68,07 B	1,90 A	4,94 A	9,09 A	23,47 B
10	3,37 A	26,79 A	90,03 A	1,72 A	5,70 A	9,12 A	31,50 A
15	3,36 A	24,72 A	82,11 AB	1,77 A	5,93 A	9,65 A	32,72 A
20	3,28 A	26,15 A	84,84 AB	1,77 A	5,83 A	9,48 A	31,47 A
CV (%)	23	13	25	17	37	21	33

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Média das duas leguminosas.

De maneira similar ao observado no 1º corte das plantas, para o 2º corte não foram detectados efeitos interativos em relação aos parâmetros produção de matéria seca, teores e acumulação total de N, P e K na parte aérea das plantas.

Contrastando-se as duas espécies, observou-se, por ocasião do 1º e 2º corte das plantas, que a galáxia apresentou maior produção de matéria seca, teores e acumulação total de N, P e K do que o cudzu tropical (Quadro 4). Entretanto, ambas espécies apresentam baixa exigência nutricional e ausência de pragas e doenças relevantes, favorecendo a sua utilização como cobertura de solo e adubo verde. Conquanto o teor de K da galáxia diferiu dos obtidos por Rangel (1983), o teor de P apresenta comportamento semelhante. Contudo, tais respostas podem ter sido influenciadas pelos níveis de fertilidade do solo no qual as plantas estavam submetidas.

Quadro 4. Produção de matéria verde e seca, teor e acumulação total de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de duas leguminosas por ocasião do 1º e 2º corte das plantas.

Cobertura	Produção	Parte aérea das plantas					
		Teores e totais acumulados de nutrientes					
		N		P		K	
		Mat. seca (t/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)	total (kg/ha)	teor (g/kg)
viva							
1º corte das plantas (5 MAP)							
Cudzu tropical	2,85 B	25,97 A	75,66 B	1,76 B	5,16 B	9,16 B	26,71 B
Galácia	3,43 A	26,17 A	86,86 A	1,83 A	6,05 A	9,52 A	52,87 A
C.V (%)	23	13	25	17	37	21	33
2º corte das plantas (12 MAP)							
Cudzu tropical	3,74 B	31,19 B	116,32 B	2,06 B	7,85 B	12,82 B	48,69 B
Galácia	4,75 A	35,48 A	164,06 A	2,34 A	11,04 A	16,80 A	78,48 A
C.V (%)	15	11	17	18	23	23	26

*Valores seguidos de letras iguais dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

6.3.2 - Experimento 2

6.3.2.1 - Taxa de cobertura do solo

Pela análise de variância, detectou-se efeito significativo ($p < 0,05$) apenas do fator densidade sobre a taxa de cobertura do solo. Dessa forma, as curvas foram ajustadas pelo modelo de crescimento exponencial, a partir dos valores médios dos espaçamentos 25 e 50 cm de plantio.

A partir das equações ajustadas de taxa de cobertura do solo, verifica-se que o amendoim forrageiro cobriu plenamente o terreno aos 231 dias após o plantio (DAP) (Quadro 5 e Fig. 3). Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Vallejos (1993) na Costa Rica, quando 80% da cobertura do solo foi obtida aos 210 DAP, em consórcio com café. Entretanto, diferem dos resultados apresentados no capítulo 1, obtidos em condições

edáficas semelhantes, porém, plantado no período das águas (dezembro). Ressalta-se contudo, que as condições climáticas, notadamente a precipitação pluviométrica, são determinantes no crescimento das plantas e, portanto, na capacidade de cobertura do terreno. Este experimento foi implantado no final da estação chuvosa (março de 1998).

Quadro 5. Tempo necessário para atingir 50 % de cobertura do solo de amendoim forrageiro a partir de diferentes densidades de plantio.

Densidade de plantio	T _{1/2}
----- pl/m linear -----	----- dias -----
02	115
04	93
08	73
16	61

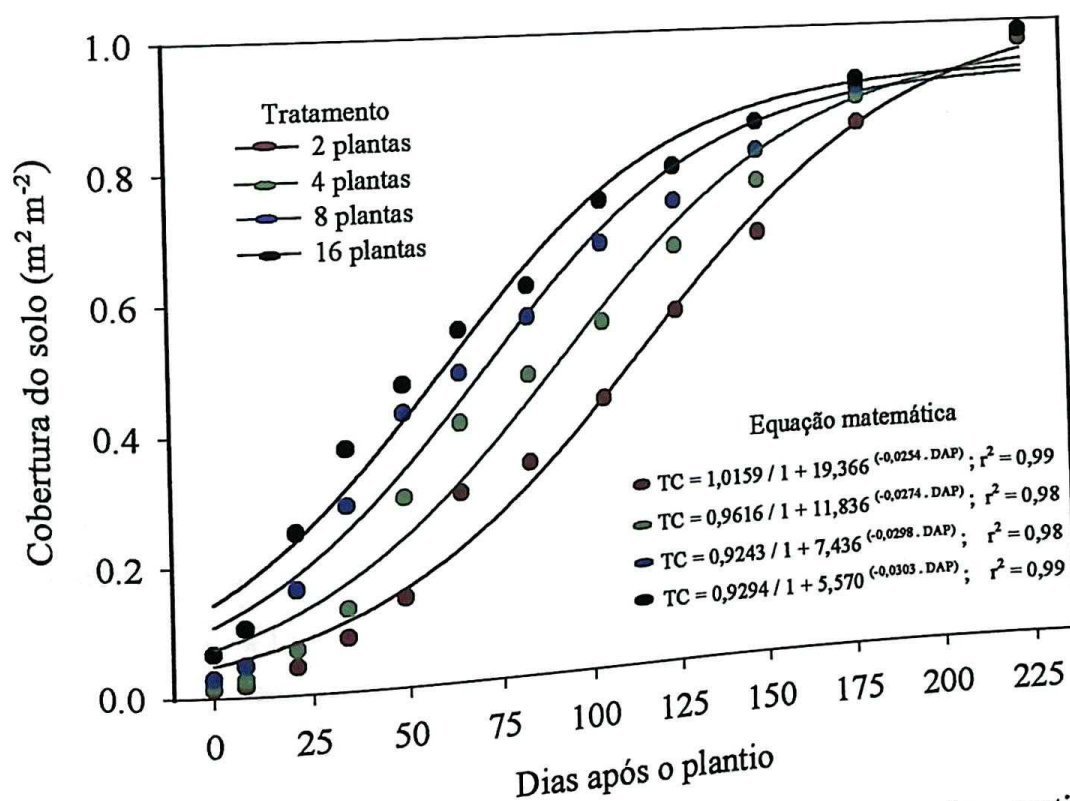


Figura 3. Taxa de cobertura do solo proporcionado por amendoim forrageiro a partir de diferentes densidades de plantio.

As maiores diferenças entre as densidades, foram evidenciadas na fase inicial, relacionado com o estabelecimento da cobertura. Densidades de 8 e 16 plantas/m linear proporcionaram 50% de cobertura de terreno, respectivamente, aos 73 e 61 DAP, enquanto os tratamentos com 2 e 4 plantas/m linear, esse mesmo valor foi obtido, respectivamente, aos 115 e 93 DAP (Quadro 5 e Fig. 3). A cobertura mais rápida nas densidades de 8 e 16 plantas acarretou redução na população da vegetação espontânea e, em consequência, diminuição da mão-de-obra para seu controle. Trabalhos desenvolvidos por Vallejos (1993) e Bradshaw & Siman (1992) relacionando custo/benefício e eficiência no controle da vegetação espontânea, demonstraram que o amendoim forrageiro apresentou excelente competitividade, resultando menores custos no controle de invasoras, quando comparado com capinas manuais e químicas.

Através da análise de variância, não detectou-se diferença significativa do fator espaçamento sobre a taxa de cobertura do solo. Com isso, o plantio desta leguminosa no espaçamento de 50 cm deve ser preconizado, visto reduzir pela metade a necessidade de material propagativo.

Os resultados da cobertura do solo demonstraram que a melhor densidade de plantio para o amendoim forrageiro foi 8 plantas/m linear, no espaçamento de 50 cm entre sulcos de plantio.

6.3.2.2 - Produção de fitomassa, teores e acumulação total de N, P e K na parte aérea das plantas

Em relação a produção de matéria seca e acumulação total de N, P e K na parte aérea do amendoim forrageiro, não detectou-se diferenças significativas decorrentes do fator espaçamento, e nem efeito interativo entre espaçamento e densidade de plantas. Entretanto, efeitos isolados da densidade sobre os mesmos parâmetros foram detectados nos quatro cortes realizados ao longo do experimento. Foi constatado que o aumento do número de plantas por metro linear resultou aumento equivalente na produção de matéria seca e acumulação de N, P e K em todos os corte das plantas (Fig. 4 e 5).

A representação estatística da produção de matéria seca e acumulação total de N, P e K na parte aérea do amendoim forrageiro em função da densidade de plantas, a partir de

modelos lineares indicam que a competição entre plantas não é fator limitante na expressão destes parâmetros.

A partir das figuras 4 e 5, denota-se que os coeficientes decrescem a partir do 2º corte. Este comportamento indica, apesar da linearidade crescente, aumento na competição entre plantas à medida que se evoluem nos cortes.

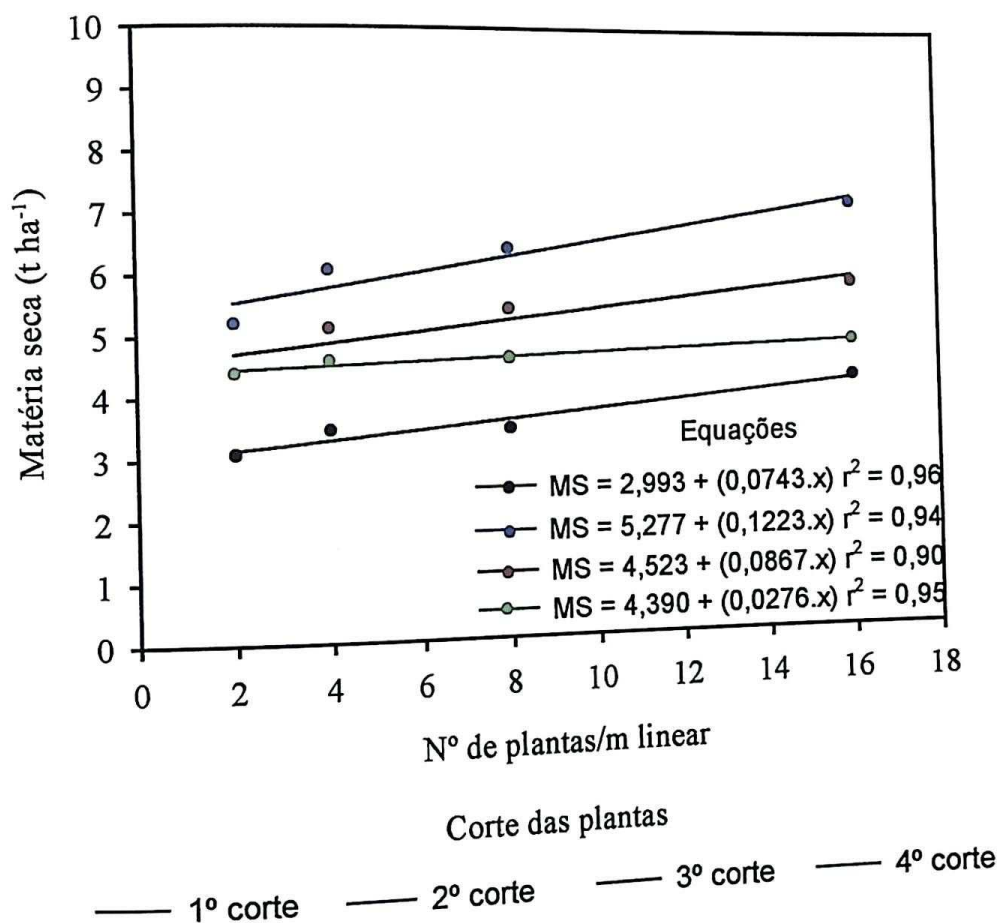


Figura 4. Equações ajustadas de produção de matéria seca de parte aérea de amendoim forrageiro, a partir de diferentes densidades de plantio, por ocasião do 1º, 2º, 3º e 4º corte das plantas. * Significativo p < 0,05 pelo teste F.

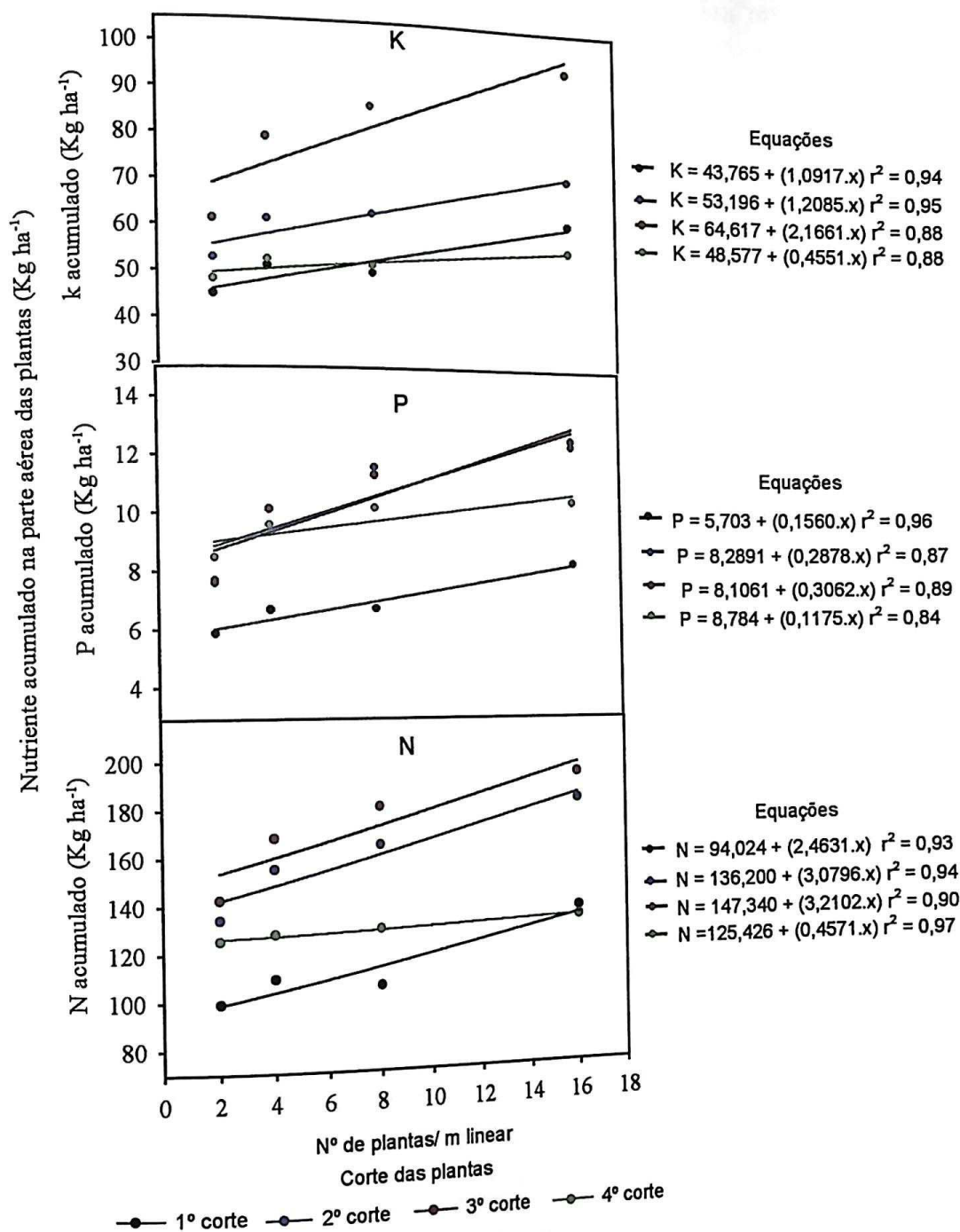


Figura 5. Equações ajustadas de acumulação total de N, P e K na parte aérea de amendoim forrageiro, a partir de diferentes densidades de plantio, por ocasião do 1º, 2º, 3º e 4º corte das plantas. * Significativo $p < 0,05$ pelo teste F.

O somatório dos quatro cortes (24 meses após o plantio), revela o potencial de produção médio de 20 t/ha de matéria seca e acumulação de 572, 37 e 247 kg/ha, respectivamente, de N, P e K na parte aérea do amendoim forrageiro. Estudos conduzidos por Espindola *et al.*, (2000) apontaram que 94,4 % do N no amendoim forrageiro é derivado do processo de FBN. A partir disso estima-se, notadamente em condições de dreno contínuo de N via exportação por plantas de interesse econômico, que esta leguminosa é capaz de incorporar ao solo via FBN cerca de 540 kg de N/ha, sendo portanto, excelente estratégia de incremento de nitrogênio ao solo, notadamente em ambientes tropicais, onde este nutriente é um dos mais limitantes às plantas. Ressalta-se, contudo, que esta quantidade de N introduzido ao solo, notadamente sob fruteiras, é suficiente para atender a demanda de qualquer cultura. Portanto, a simples prática de manejo do pomar com cobertura viva do solo a partir do amendoim forrageiro, dispensa a adubação nitrogenada com fertilizantes sintéticos ou outras fontes quaisquer. Como trata-se de cobertura viva, sua permanência na área por longo período traz economia considerável ao produtor, apontando ser uma estratégia interessante para a estabilidade dos sistemas agrícolas.

Atualmente, os custos para implantação do amendoim forrageiro como cobertura viva em pomares, são ainda relativamente elevados. Partindo-se de um valor aproximado de R\$ 0,05/muda e utilizando o espaçamento 50 cm com 16 plantas/m linear, seria necessário o investimento de R\$ 16.000,00 ha⁻¹, ao passo que o uso deste mesmo espaçamento na densidade de 8 plantas/m linear acarretaria na redução de 50% dos custos com mudas. Mesmo o emprego da maior densidade reduzir uma ou até duas capinas até a plena cobertura do solo, sua recomendação poderá inviabilizar a adoção desta prática, principalmente quando praticada pelo modelo de agricultura familiar. Nota-se também a partir das equações matemáticas de produção de matéria seca (Fig. 4), que a utilização de 16 plantas/m linear acarretaria num acréscimo de apenas 1,4; 1,0; 0,7 e 0,2 t/ha de matéria seca, respectivamente, no 1º, 2º, 3º e 4º corte das plantas, quando comparado com o espaçamento de 50 cm e 8 plantas/m linear. Ao visar a adubação verde, tendo em vista a facilidade de rebrota e o elevado potencial produtivo desta espécie, a menor taxa de incremento de matéria seca por unidade de plantas, pode ser compensada simplesmente

pelo maior número de cortes, quando o objetivo é aumentar a produção de matéria seca na área. Destaca-se ainda, que o intervalo entre o 3º e 4º corte foi de apenas 60 dias, resultando na produção média de 4,5 t/ha de matéria seca. Tal evidência mostra a rápida capacidade de rebrota do amendoim forrageiro, e excelente potencial de produção de fitomassa em curto espaço de tempo.

A partir de investigações com diferentes arranjos populacionais, denota-se que o espaçamento de 50 cm entre sulcos de plantio, apresenta potencial para cobertura de solo, produção de fitomassa e acumulação de N, P e K na parte aérea, semelhante ao obtido no espaçamento de 25 cm. Quanto ao emprego de diferentes densidades de plantas/m linear, constata-se, a partir da avaliação conjunta dos parâmetros citados acima com os custos de investimento, que o plantio do amendoim forrageiro a partir de 8 plantas/m linear resulta maiores ganhos.

6.4 - CONCLUSÕES

6.4.1 - Experimento 1

1. As densidades e os espaçamentos entre sulcos de plantio de galáxia e cudzu tropical afetam a taxa de cobertura do solo e, por ocasião do 1º corte das plantas, a produção de matéria seca e acumulação total de N, P e K na parte aérea;
2. A galáxia, por ocasião do 1º corte das plantas, apresenta maior potencial de produção de matéria seca e acumulação total de N, P e K na parte aérea do que o cudzu tropical;
3. O aumento na produção de matéria seca e acumulação total de N, P e K de galáxia e cudzu tropical a partir do ajuste na densidade de plantio, é evidenciado apenas no 1º corte das plantas, sendo os maiores valores obtidos no espaçamento de 25 cm e na densidade de 10 plantas/ metro linear;
4. A partir das taxas de cobertura de solo, produção de fitomassa e acumulação total de N, P e K na parte aérea, evidencia-se para a galáxia e o cudzu tropical, que o emprego das densidades de, respectivamente, 15 e 10 plantas/m linear no espaçamento de 50 cm entre sulcos de plantio mostram-se adequados para plena formação da cobertura viva aos 111 e 115 dias após o plantio.

6.4.2 - Experimento 2

1. As taxas de cobertura do solo, produção de fitomassa e acumulação total de N, P e K na parte aérea de amendoim forrageiro não são afetadas pelos espaçamentos entre sulcos de plantio;
2. As densidades de plantio afetam as taxas de cobertura do solo, produção de fitomassa e acumulação total de N, P e K na parte aérea de amendoim forrageiro;
3. A partir das taxas de cobertura de solo, produção de fitomassa e acumulação total de N, P e K na parte aérea, evidencia-se que o emprego da densidade de 8 plantas/m linear no espaçamento de 50 cm entre sulcos de plantio mostra-se adequada para plena formação da cobertura viva com amendoim forrageiro.

7 - CAPÍTULO III

**EFEITOS DA COBERTURA VIVA PERMANENTE COM LEGUMINOSAS-
HERBÁCEAS PERENES SOBRE ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**



7.1 - INTRODUÇÃO

O declínio da produtividade dos solos das regiões tropicais e subtropicais cultivadas continuamente, tem sido atribuído, principalmente, à erosão e à diminuição dos níveis de matéria orgânica. A proteção do solo, pelo uso de coberturas vivas e/ou mortas, é uma das alternativas mais efetivas na atenuação de sua degradação. Neste sentido, sistemas de manejo que protejam o solo dos agentes climáticos e que proporcionem um contínuo aporte de resíduos orgânicos, vem sendo desenvolvidos e adaptados, visto a importância na formação de condições edáficas mais estáveis de produção. Conforme Castro Filho *et al.*, (1998), para um mesmo tipo de solo, diferentes práticas de manejo poderão afetar distintamente suas características, incluindo os processos de agregação.

Do ponto de vista agrícola, a manutenção de um bom estado de agregação e estabilidade de agregados, conseqüentemente, a formação de boa estrutura, é condição primordial para garantir altas produtividades (Carpenedo & Mielniczuk, 1990), haja vista que estas características estão relacionadas com a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, com o suprimento de nutrientes, com a resistência mecânica do solo à penetração e com o desenvolvimento do sistema radicular (Baver *et al.*, 1972; Tisdall & Oades, 1979; Reid & Goss, 1981).

Existem evidências que as raízes aceleram a agregação, tanto pela liberação de exsudados orgânicos, como pela compressão das partículas unitárias e remoção de água, favorecendo a coesão entre as partículas do solo (Silva *et al.*, 1998; Silva & Mielniczuk, 1997; Palmeira *et al.*, 1999; Castro Filho *et al.*, 1998). Na verdade, as raízes atuam na

aproximação das partículas minerais pelas pressões exercidas no seu avanço através do espaço poroso do solo, extração de água e liberação de substâncias orgânicas para a rizosfera (Mielniczuk, 1999). Essa ação simultânea de aproximação de partículas minerais e liberação de substância orgânicas no mesmo local, provavelmente, é a ação mais importante das raízes sobre a microagregação do solo (Haynes & Francis, 1993). Ao lado dessa atividade, que ocorre enquanto o sistema radicular está em crescimento, a matéria orgânica oriunda da decomposição do tecido radicular, raízes não decompostas e micélios fúngicos também atuam na formação e estabilização, principalmente dos macroagregados. O material orgânico depositado continuamente, serve como fonte de energia para os organismos de solo, cujos subprodutos, constituídos de molécula orgânicas em diversas fases de decomposição, atuam como agentes de estabilização de agregados pelas ligações de polímeros orgânicos com a superfície inorgânica por meio de cátions polivalentes (Tisdall & Oades, 1982; Castro Filho *et al.*, 1998).

O uso de leguminosas herbáceas perenes como cobertura viva permanente, vem sendo avaliado como alternativa para proteção do solo em fruteiras. Esta prática tem caráter multifuncional, associando aspectos de conservação do solo e manutenção da fertilidade como consequência da adubação verde. Além de fixar C e N atmosféricos e maximizar a ciclagem de nutrientes, favorece a atividade biológica do solo (Guerra & Teixeira, 1997; Duda, 2000). Porém, o efeito das leguminosas perenes sobre características físicas como amplitude térmica, conteúdo de umidade, estabilização dos agregados do solo e distribuição de carbono nestas frações é ainda pouco conhecido.

Conquanto na literatura sejam reportados inúmeros trabalhos sobre a caracterização do sistema radicular de plantas cultivadas (Cintra & Mielniczuk, 1983), a disponibilidade de informações sobre características de raízes de leguminosas herbáceas perenes adaptadas a clima tropical é restrita (Andrade & Valentim, 1999). Considerando que a prática de manutenção da cobertura viva permanente de solo em pomares pressupõe a consorciação da cobertura e frutífera, torna-se extremamente relevante conhecer a distribuição das raízes destas leguminosas.

O presente trabalho tem como objetivos avaliar a morfologia e distribuição do sistema radicular de diferentes leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização

como coberturas vivas de solo, e o efeito destas coberturas nas variações térmica, hídrica, estabilidade de agregados e conteúdo de carbono orgânico de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO.

7.2 - MATERIAL E MÉTODOS

7.2.1 - Localização e características edafoclimáticas da área experimental

O presente trabalho é parte de um experimento de longa duração, estabelecido em fevereiro de 1995, na área do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizado no município de Seropédica, Rio de Janeiro, em um solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, com 57% de areia, 6% de silte e 37% de argila.

Os resultados da análise de rotina de fertilidade de amostras de terra retiradas na camada de 0 - 20 cm, revelaram: pH em H₂O = (1:2,5) = 4,8; Al⁺³ = 0,1 cmol_e/dm³; Ca⁺² = 2,6 cmol_e/dm³; Mg⁺² = 1,7 cmol_e/dm³; K⁺ = 33 mg/kg e P disponível = 5 mg/kg de solo.

Por ocasião da instalação do experimento, a área foi preparada com aração e gradagens. O plantio das mudas da leguminosa perenes amendoim forrageiro e a semeadura de cudzu tropical e siratro foi feito em linhas espaçadas de 50 cm, com densidade de 10 plantas por metro linear.

A localização geográfica e as características climáticas são as mesmas apresentadas no capítulo 1, visto que os experimentos foram conduzidos na mesma área experimental. A estação chuvosa inicia-se em setembro, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de dezembro a março. De abril a julho, a precipitação diminui alcançando valor mínimo em julho (Fig. 1). As temperaturas mais elevadas ocorrem entre os meses de dezembro a fevereiro, enquanto a média mensal mais baixa ocorre no mês de junho (Fig. 1).

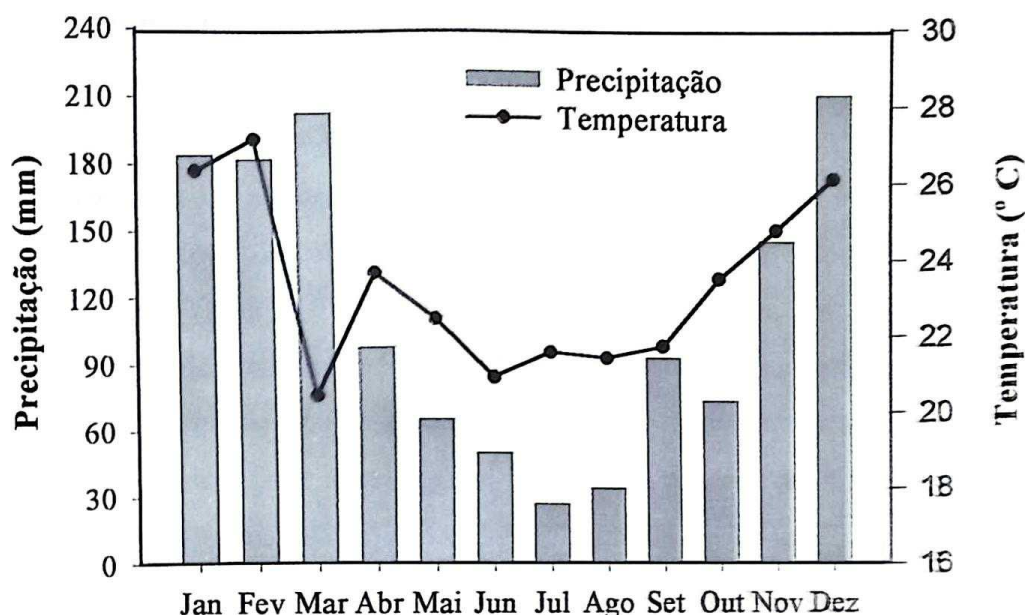


Figura 1. Valores de precipitação e temperatura da área em estudo (Média dos últimos 10 anos - 1989 - 1999).

7.2.2 - Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. As parcelas foram formadas por três leguminosas herbáceas perenes, e as subparcelas, profundidades de amostragem de solo. As leguminosas constaram de amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*), siratro (*Macroptilium atropurpureum*) e cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*). Incluiu-se ainda um tratamento controle onde a área foi mantida continuamente capinada. As profundidades de amostragem variaram de acordo com o parâmetro avaliado.

7.2.3 - Análises

7.2.3.1 Estabilidade de Agregados do Solo

Amostras de solo foram coletadas em maio de 2004, com auxílio de enxada e colher. As amostras de solo foram colocadas em recipientes plásticos e armazenadas no laboratório. As amostras de solo foram colocadas em recipientes plásticos e armazenadas no laboratório. As amostras de solo foram colocadas em recipientes plásticos e armazenadas no laboratório.

sacos plásticos e transportadas para o laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. No laboratório, as amostras foram abertas e expostas ao ambiente, até atingirem a massa constante.

A determinação do tamanho e estabilidade dos agregados em água foi feita seguindo o princípio do método descrito por Kemper & Chepil (1965), que utiliza o aparelho de oscilação vertical Yoder (1936). De cada amostra seca ao ar, foi retirada uma porção, passada num jogo de peneiras de 9 e 4 mm de abertura de malha, agitando-se manualmente à seco com movimentos horizontais. Obtiveram-se cinco subamostras com agregados uniformemente distribuídos que ficaram retidos na peneira de 4 mm. Destas, quatro subamostras de 50 gramas foram separadas no aparelho de Yoder e uma de 10 gramas foi levada à estufa de ventilação forçada de ar, à temperatura de 105°C, durante 24 horas, para a determinação do conteúdo de água, afim de corrigir a quantidade de solo usada no Yoder.

Cada conjunto de tãmeses do Yoder era constituído por peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm de diâmetro. Para a tamisagem, foi realizado um pré-tratamento das amostras, através da micropulverização com água. Passados três minutos, o conjunto de peneiras foi regulado de tal forma que a lâmina d'água atingisse a porção superior da amostra na peneira de maior diâmetro. Iniciou-se então a tamisagem, por um período de 15 minutos, com o aparelho regulado para efetuar 30 oscilações verticais por minuto, num percurso de 3,5 cm. Quantificou-se a proporção de solo contida em cada peneira e, ainda, que passou pela última ($< 0,105$ mm), através da secagem em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 60°C, por um período mínimo de 24 horas.

Os valores obtidos foram usados para cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA). O DMP é tanto maior quanto maior for a porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores; o DMG representa uma estimativa da classe de agregados de maior ocorrência; e o IEA representa uma medida de agregação total do solo e não considera a distribuição por classe de agregados. Quanto maior a quantidade de agregados $< 0,105$ mm, menor será o IEA. Esses parâmetros foram calculados da forma abaixo:

$$DMP : \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

em que

w_i = proporção de cada classe em relação ao total;

x_i = diâmetro médio das classes (mm)

$$DMG : \frac{EXP \sum_{i=1}^n w_i \cdot \log x_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

em que

w_p = peso dos agregados de cada classe (g)

$$IEA : \frac{(\text{Peso da amostra seca} - w_p 105 - \text{areia}) \cdot 100}{\text{Peso da amostra seca} - \text{areia}}$$

em que

$w_p 105$ = peso dos agregados da classe <105 mm.

Para o cálculo da porcentagem de agregados estáveis em água, foi subtraído, nas peneiras com malha de abertura de 1 e 0.5 mm, a porcentagem de areia grossa; e na peneira de malha 0.105 mm a porcentagem de areia fina, partindo-se do princípio que partícula unitária não é agregado.

7.2.3.2 - Teor de Carbono Orgânico nos Agregados

A determinação do teor de carbono orgânico nos agregados, foi feita a partir da retirada de uma porção de agregados em cada classe de peneira (aproximadamente 10 gramas), sendo o material triturado. Na seqüência, foram pesadas 0,500 gramas de terra fina seca ao ar e acondicionada em erlenmeyer de 250 cm³. Adicionou-se 10 ml de solução de dicromato de potássio 0,2 mol L⁻¹ em meio ácido. Posteriormente, os erlenmeyers foram aquecidos em placa elétrica até fervura branda, durante 5 a 7 minutos. Após resfriamento dos erlenmeyers, juntou-se 70 ml de água destilada, 1 ml de ácido fosfórico concentrado e três gotas do indicador difenilamina. Por fim, titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L⁻¹, até que a cor azul desaparecesse, cedendo lugar a cor verde.

Foi feito também uma prova em branco, com 10 ml de solução bicromato de potássio 0,2 mol L⁻¹ N em meio ácido. O conteúdo de carbono orgânico foi calculado pela seguinte fórmula:

$$C = \frac{(B-T) \cdot N^* \cdot 0,03 \cdot 100}{\text{Peso da amostra (g)}} = \text{g. kg}^{-1}$$

onde:

B = volume da solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L⁻¹ gasto na leitura do branco

T = volume da solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L⁻¹ gasto na amostra

N* = Normalidade exata do Sulfato ferroso amoniacal

7.2.3.3 - Conteúdo de Umidade do Solo

A avaliação de umidade do solo foi realizada entre os meses de agosto e setembro de 1999 (período seco do ano), devido as menores taxas de precipitação.

A umidade do solo foi monitorada através do método gravimétrico. A avaliação foi conduzida durante o período compreendido entre 16/08/99 e 09/09/99, iniciada imediatamente após uma chuva de 8,7 mm. Ressalta-se que durante o período de avaliação não houve ocorrência de chuvas. As amostragens foram realizadas na profundidade de 0 - 5 cm, sempre às 15 horas, a cada intervalo de três dias, até atingir valores constantes de umidade. Cada amostra composta foi formada de duas amostras simples, tomadas no centro de cada parcela.

A partir da umidade gravimétrica (Ug) e dos valores médios de densidade do solo (Ds) de cada tratamento, estimou-se a umidade volumétrica (θ), através da fórmula: $\theta = \frac{U_g}{D_s}$. Ao subtrair os valores de umidade volumétrica inicial pela final, estimou-se as perdas de umidade ao longo do período.

7.2.3.4 - Temperatura do Solo

Em conjunto com o monitoramento da umidade, efetuaram-se avaliações de temperatura do solo. As avaliações foram realizadas na camada de 0-5cm, às 9:00 h e 15:00 h, a cada três dias. As leituras foram tomadas com emprego de geotermômetro digital, onde observava-se a temperatura média do solo.

Na área útil de cada parcela foram realizadas quatro leituras em pontos equidistantes, determinando-se um valor médio para cada tratamento.

7.2.3.5 - Distribuição do Sistema Radicular das Leguminosas Herbáceas Perenes

Amostras de solo e raízes foram coletadas em maio de 2000, com auxílio de cavadeira e pá reta. A área amostrada foi de 30 cm x 30 cm, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Em seguida, as amostras foram cuidadosamente peneiradas, a fim de possibilitar a separação das raízes. Posteriormente, as raízes foram lavadas com água corrente e submetidas a determinação de área radicular por meio fotoelétrico, em aparelho Li-Cor 3100; volume radicular, com auxílio de proveta graduada; e massa radicular, seca em estufa de ventilação forçada de ar, mantida a temperatura de 65° C, durante 72 horas. A partir dos valores de volume e área radicular, estimou-se o raio radicular médio das raízes, através da equação $R = ((V / A) \times 2) \times 10$, sendo R: raio radicular médio (mm); V: volume radicular (cm³); A: área radicular (cm²).

7.2.4 - Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram conduzidos com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéricas (SAEG), versão 5.0 (EUCLYDES, 1983) e constaram de análise de variância, aplicando-se o teste F para detectar significância nos níveis de $p < 0,01$ e $p < 0,05$. Para as variáveis cujo teste F mostraram-se significativos, compararam-se as médias utilizando-se o teste de Tukey ($p < 0,05$).

7.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.3.1 - Distribuição do sistema radicular de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização como cobertura viva de solo

A avaliação de características morfológicas das raízes, distribuição espacial e massa radicular de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização como cobertura viva permanente de solo em pomares, é primordial para a compreensão de aspectos relacionados a competição com a cultura principal. O conhecimento do sistema radicular pode também subsidiar interpretações sob aspectos relacionados a compactação, agregação e comportamento térmico e hídrico do solo.

As raízes estimulam a agregação do solo, tanto pela promoção da população microbiana na rizosfera e pelo suprimento de resíduos orgânicos (Silva & Mielniczuk, 1997); bem como por promoverem a reorientação e aproximação dos microagregados pela sua expansão e remoção de água, fazendo com que ocorra coesão entre as partículas do solo (Palmeira *et al.*, 1999).

Em relação aos atributos morfológicos das raízes, verificou-se que amendoim forrageiro, apesar de apresentar raio radicular intermediário entre as demais coberturas possui, em todas as profundidades, área e massa radicular superior as demais leguminosas herbáceas perenes (Figs. 2 a 4). Estes valores encontrados em amendoim forrageiro foram 30% superiores aos obtidos por Andrade & Valentim (1999). No entanto, o crescimento e distribuição das raízes sofre grande influência das propriedades físicas e químicas do solo (Ito *et al.*, 1996). Na camada de 0-5 cm, a cobertura de amendoim forrageiro apresentou massa radicular superior a siratro (23 %) e cudzu tropical (68 %). Em parte, as

características do sistema radicular denso e bem desenvolvido do amendoim forrageiro explicam a maior agregação do solo, concordando com Stone & Buttery (1989), onde verificaram que espécies com maior massa radicular tenderam em aumento na agregação. Esses autores citam que a melhoria da agregação do solo pode ser um critério na seleção de espécies a ser incluída no sistema de manejo, notadamente em sistemas de recuperação de solos degradados.

Resultados demonstraram ainda, que a cobertura de amendoim forrageiro apresentou menor capacidade de manutenção de umidade do solo durante o período seco do ano, quando comparada com o siratro e cudzu tropical (Perin et al., 1999), e sistema radicular com elevada capacidade de explorar o solo (Andrade & Valentim, 1999), como forma de adaptação ao estresse hídrico. Estas características morfológicas do amendoim forrageiro sugerem a maior competição por água, quando consorciada com fruteiras com sistema radicular superficial.

Entretanto, quando a preocupação está voltada na recuperação de solos com propriedades físicas degradadas, notadamente com camada subsuperficial compactada e deficientes em O_2 , o uso de amendoim forrageiro pode ser mais eficiente que as demais leguminosas no rompimento destas camadas. Cintra & Mielniczuk (1983) ao trabalharem com outros adubos verdes, identificaram a colza (*Brassica napus*) e o tremço branco (*Lupinus albus*) como as espécies com maior potencial na recuperação de solos compactados, visto a maior produção de fitomassa subterrânea e capacidades de romperem camadas compactas.

A seleção de leguminosas para cobertura permanente de solo em pomares, deve pressupor vários aspectos. Portanto, o sucesso dessa prática depende de conhecimentos básicos sobre o comportamento, adaptação, persistência, exigência e contribuição de cada leguminosa usada como cobertura de solo, para que contemple o sucesso do manejo adotado.

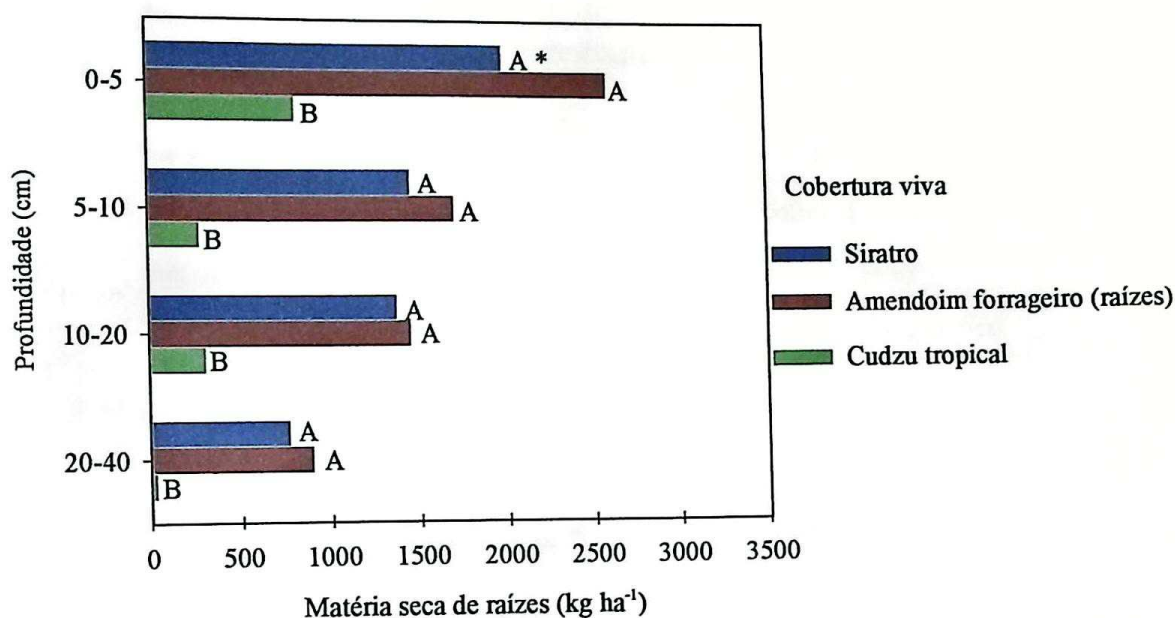


Figura 2. Distribuição de matéria seca de raízes de leguminosas herbáceas perenes usada como cobertura viva permanente de solo. *Letras iguais na mesma profundidade de amostragem não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

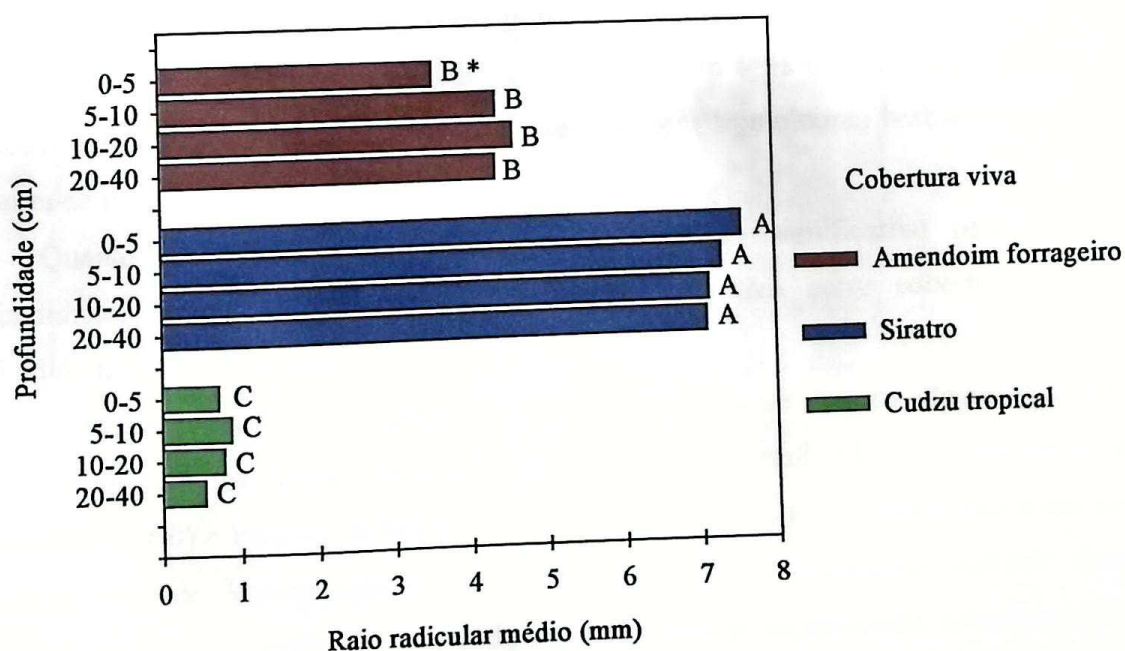


Figura 3. Raio médio (mm) de raízes de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva permanente de solo. *Letras iguais na mesma profundidade de amostragem não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

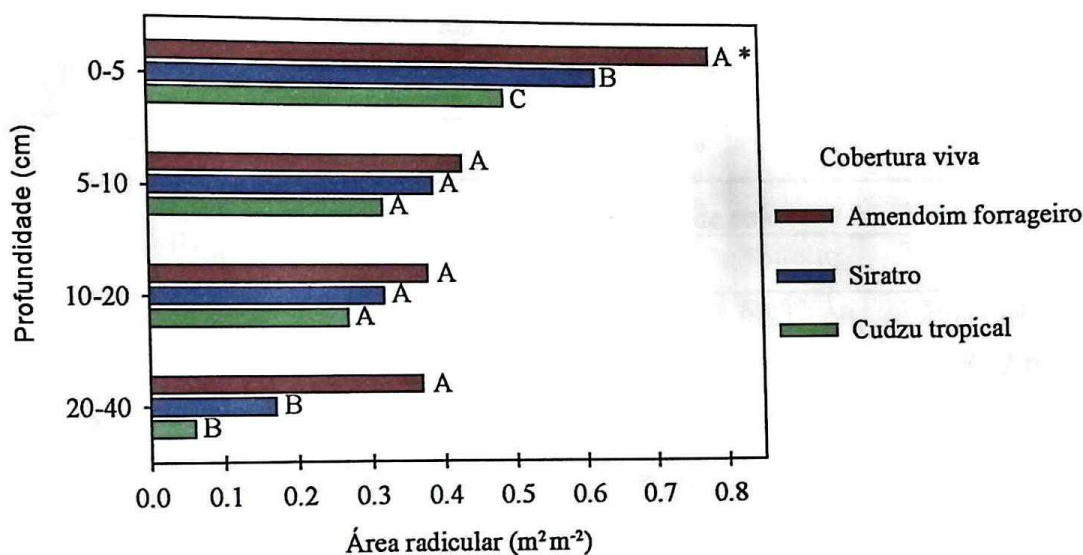


Figura 4. Área radicular de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva permanente de solo. *Letras iguais na mesma profundidade de amostragem não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

7.3.2 - Efeito das leguminosas herbáceas perenes na agregação do solo

A distribuição percentual dos agregados estáveis em água nas diferentes classes de diâmetro para as diferentes coberturas vivas de solo com leguminosas herbáceas perenes, encontra-se no Quadro 1.

Quanto aos resultados, não foi constatado efeito significativo para o fator profundidade. Não foi verificado também efeito interativo entre cobertura viva e profundidade para este mesmo parâmetro.

A maior proporção de agregados estáveis em água se deu na classe > 2 mm, concordando com resultados obtidos por Silva & Mielniczuk (1997), Carpenedo & Mielniczuk (1990) e Paladini & Mielniczuk (1991). Ao comparar os valores das áreas sob cobertura viva de leguminosas herbáceas perenes com o tratamento controle (área capinada), verificou-se maior proporção de agregados para as leguminosas, notadamente na classe $> 2,00$ mm (Quadro 1), que corresponderam, em média, 34% superior ao obtido na área capinada. Para as demais classes, com exceção da classe $< 0,105$ mm para o siratro, foi constatado maior percentual de agregados na área capinada, o que está associado, possivelmente, a menor estabilidade dos agregados na área capinada.

Quadro 1. Distribuição dos agregados nas diferentes peneiras sob diferentes cobertura permanente de solo com leguminosas herbáceas perenes.

Peneira (mm)	Agregados				C.V (%)
	----- % -----				
	Cobertura viva de solo				
	Amendoim forrageiro	Cudzu tropical	Siratro	Capinado	
> 2,00	67,85 Aa*	69,63 Aa	63,32 Aa	50,31 Ba	11,29
1,00 - 2,00	9,70 Bb	7,68 Bb	8,74 Bbc	12,87 Ab	22,34
0,50 - 1,00	7,78 Bb	7,05 Bb	7,54 Bbc	11,88 Ab	21,93
0,25 - 0,50	5,28 Bb	5,27 Bb	5,87 Bc	8,48 Ab	27,89
0,105 - 0,25	4,21 Bb	5,12 Bb	5,00 Bc	7,16 Ab	25,56
< 0,105	5,18 Cb	5,25 Cb	9,54 Ab	9,30 Ab	18,41
CV (%)	30,69	33,94	41,39	34,56	

*Letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Dentre as leguminosas, destaca-se a ação proporcionada pelo amendoim forrageiro e cudzu tropical. Notou-se também que nas classes com diâmetro de agregados $> 0,105$ mm, o solo sob cobertura de amendoim forrageiro e cudzu tropical apresentou valores percentuais inferiores ao tratamento controle, indicando que na presença destas coberturas há formação de agregados com maior estabilidade quando submetidos a ação mecânica. O benefício proporcionado pelas leguminosas, pode estar associado ao elevado potencial de produção de fitomassa (Guerra & Teixeira, 1997), presença de maior diversidade de organismos com características funcionais distintas (Merlim *et al.*, 2000) e maior ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (Gravina, 1998), que promovem a estabilização dos agregados do solo através da ação mecânica de seus micélios, enlaçando e unindo os microagregados (Bayer & Mielniczuk, 1999). Pinotti & Centurion (1999) detectaram maior estabilização dos agregados em solo sob cobertura viva de cudzu tropical associado ao cultivo de seringueira. Tais efeitos corroboram com os resultados obtidos por Stone & Buttery (1989) ao avaliarem a distribuição de agregados em solo sob cobertura de nove espécies forrageiras.

Em relação ao diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, evidenciaram que o DMP foi estatisticamente superior nas áreas das leguminosas quando estes valores foram comparadas com o tratamento controle (Quadro 2). Deve-se destacar que estes resultados decorrem do efeito proporcionado pelas leguminosas nas proporções de agregados maiores e menores, respectivamente para as classes de agregados $> 2 \text{ mm}$ e $< 0,105 \text{ mm}$, como apresentado no Quadro 1. Os efeitos destas coberturas vivas na agregação do solo parecem ser devido a ação concomitante das raízes e deposição contínua de material orgânico na superfície do solo, mantendo um manto contra os efeitos indesejáveis do clima, além de estimular a atividade da fauna edáfica e de microrganismos organotróficos. Embora não tenham sido detectadas diferenças entre as leguminosas, verifica-se que o solo sob cobertura de amendoim forrageiro tende a apresentar valores de DMP superiores as outras duas leguminosas. Gish & Browning (1948), Horn & Dexter (1988) e Horn (1990) destacam que os ciclos de umedecimento e secagem favorecem o processo de agregação do solo. Esses autores afirmam ainda que a desidratação de ligantes orgânicos e inorgânicos do solo proporcionam a formação de maior de quantidade de agregados grandes.

Quadro 2. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados (mm) sob diferentes coberturas vivas de solo com leguminosas herbáceas perenes.

Espécie	DMP		
	mm		
	Profundidade		Média
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	
Amendoim forrageiro	3,939 Aa*	3,522 Ab	3,730 A
Cudzu tropical	4,129 Aa	3,472 Ab	3,800 A
Siratro	3,931 Aa	3,133 ABb	3,530 A
Capinado	2,757 Ba	2,708 Ba	2,733 B
Média	3,689 a	3,209 b	

*Letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação a profundidade, constatou-se aumentos significativos no DMP e DMG para a profundidade de 0-5 cm, quando comparada com 5-10 cm. Avaliando-se conjuntamente os fatores tipo de cobertura e profundidade, verificou-se que nas leguminosas, o DMP e o DMG na camada de 0-5 cm foi superior a 5-10 cm, enquanto no controle este efeito não foi detectado (Quadros 2 e 3). Em ambas profundidades, a presença das leguminosas afetou positivamente estes parâmetros, quando comparado com o controle.

Quadro 3. Diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) dos agregados a partir de diferentes coberturas vivas de solo com leguminosas herbáceas perenes.

Cobertura viva	Índice de estabilidade de agregados					
	DMG			IEA		
	mm			%		
	Profundidade			Profundidade		
	0 - 5	5 - 10	Média	0 - 5	5 - 10	Média
Amendoim forrageiro	1,25 Aa*	1,08 Ba	1,16 a	86,04 Aa	84,40 Aa	85,22 a
Cudzu tropical	1,25 Aa	1,10 Ba	1,18 a	86,10 Aa	85,48 Aa	85,79 a
Siratro	1,28 Aa	1,10 Ba	1,19 a	83,94 Aa	83,14 Aa	83,54 a
Capinado	1,09 Bb	1,08 Ba	1,09 a	81,04 Aa	80,80 Aa	80,92 a
Média	1,22 A	1,09 B		84,28 A	83,46 A	

*Letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

7.3.3 - Distribuição do carbono orgânico total nas classes de agregados

Verificou-se que apesar de não ser significativamente diferente das outras leguminosas, o amendoim forrageiro proporcionou maiores valores de carbono orgânico que as outras leguminosas, à medida que estas não foram significativamente diferentes do solo capinado (Quadro 4). Comportamento semelhante foi verificado por Duda (2000), em trabalho realizado na mesma área em anos anteriores, observando que a cobertura de solo proporcionada pelas leguminosas amendoim forrageiro e siratro apresentaram maiores

valores de carbono orgânico do que a área mantida capinada. Resultados de pesquisa tem destacado que o amendoim forrageiro apresenta maior produção de fitomassa e estoque de nutrientes que outras leguminosas herbáceas perenes avaliadas em condições edafoclimáticas as realizadas neste trabalho (Guerra & Teixeira, 1997) e maior velocidade de decomposição dos resíduos de parte aérea (Espindola et al., 1998). Tais características podem contribuir no incremento de carbono orgânico ao solo, principalmente quando maneja-se a cobertura com roçada e manutenção dos resíduos vegetais na área, o que potencializa o aporte de matéria orgânica na superfície o solo.

Quadro 4. Carbono orgânico em um ARGISSOLO sob cobertura de 4 anos com leguminosas herbáceas perenes. Média ponderada das classes de agregados.

Cobertura viva de solo	Carbono Orgânico ----- g kg ⁻¹ -----
Amendoim forrageiro	12,83 A*
Cudzu tropical	12,06 AB
Siratro	11,90 AB
Capinado	9,45 B
CV (%)	18,83

*Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Quanto à distribuição de carbono nas diferentes classes de agregados, detectaram-se maiores valores na classe de agregados > 2,00 mm (Quadro 5), independentemente do tratamento. Para as demais classes de agregados, diferenças significativas entre as coberturas de solo ocorreram nos intervalos de 0,25 - 1,00 mm, sendo que as coberturas de cudzu tropical e siratro apresentaram os menores valores (4,89 a 5,20 g kg⁻¹). Não foram verificadas diferenças significativas entre as profundidades avaliadas.

Quadro 5. Carbono orgânico nas diferentes classes de agregados de um ARGISSOLO sob cobertura de 4 anos com leguminosas herbáceas perenes.

Peneira (mm)	Carbono orgânico				
	g.kg ⁻¹				
	Cobertura viva de solo				
	Amendoim forrageiro	Cudzu tropical	Siratro	Capinado	Média
> 2,00	11,16 Aa*	13,72 Aa	13,96 Aa	14,36 Aa	14,55 a
1,00 - 2,00	9,74 Ab	8,09 Ab	8,45 Ab	9,76 Ab	9,01 b
0,50 - 1,00	6,99 Abc	6,08 Abc	5,45 Acd	7,02 Abc	6,38 cd
0,25 - 0,50	6,45 Ac	5,20 BCc	4,89 Cd	5,92 Abc	5,62 d
0,105 - 0,25	8,37 Abc	6,91 Abc	6,80 Ac	7,79 Abc	7,47 c

*Letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

7.3.4 - Influência da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes no nível de umidade do solo

Constata-se que o solo sob cobertura de siratro e cudzu tropical no início do período de avaliação apresentava valores de umidade superiores ao da cobertura com amendoim forrageiro (três dias após o início das avaliações), o qual mostra-se semelhante a área capinada (Fig. 5). Nota-se que esta tendência manteve-se ao longo de todo o período de avaliação. Estes valores refletiram no maior conteúdo de água armazenada no solo sob os diferentes tratamentos, como pode-se observar na Fig. 6. Verificou-se ainda, a partir dos valores de umidade determinados no início e no final do período de avaliação (Fig. 5), que as perdas de água sob a cobertura de siratro e cudzu tropical, respectivamente, de 45 e 47%, foram bem menores do que sob amendoim forrageiro (74%).

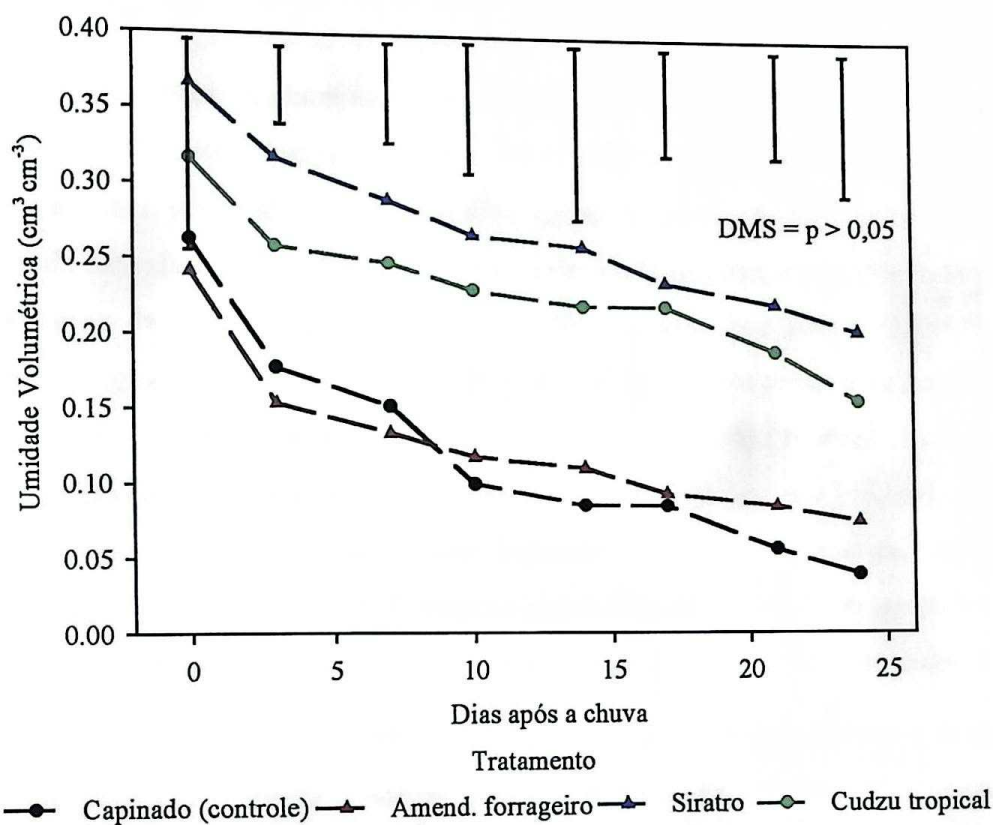


Figura 5. Comportamento hídrico de um ARGISSOLO sob diferentes coberturas vivas de leguminosas herbáceas perenes (período de avaliação: 16/08 à 09/09/99).

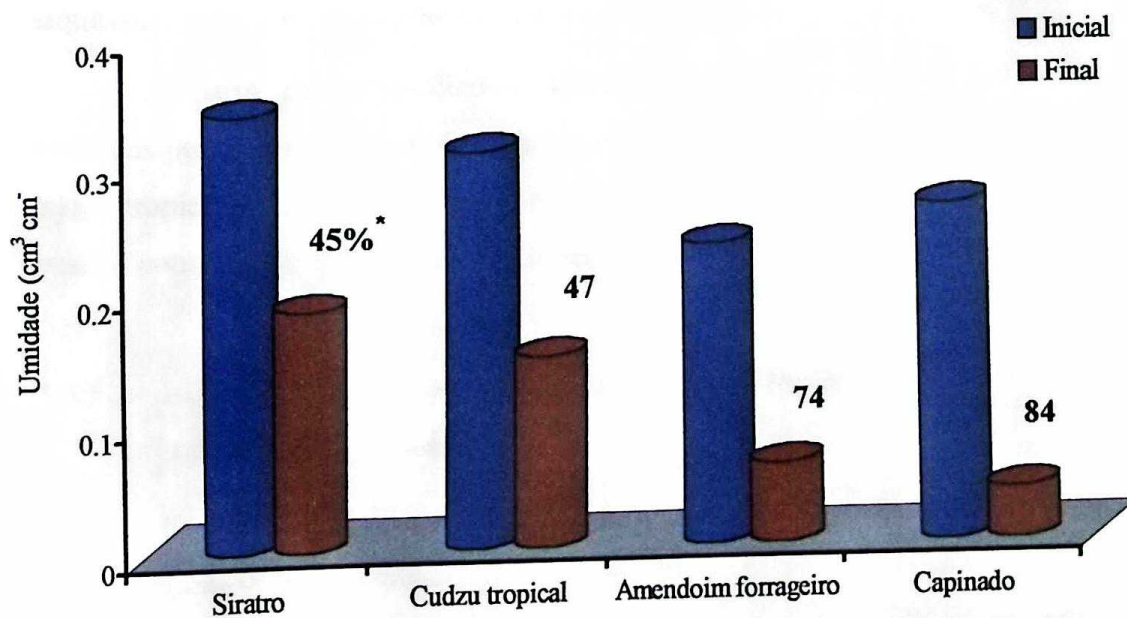


Figura 6. Armazenamento de água em um ARGISSOLO sob cobertura viva de leguminosas herbáceas perenes (período de avaliação: 16/08 à 09/09/99). * Valores referem-se a perda relativa no período.

Observações qualitativas realizadas no campo, demonstraram que tanto o siratro como o cudzu tropical, mantém a superfície do solo protegida por densa camada de resíduos de parte aérea, enquanto na área de amendoim forrageiro a deiscência natural de folhas é mínima, mantendo o solo protegido apenas pela camada vegetal viva. Além disso, a altura da camada vegetal protetora do solo no amendoim forrageiro (aproximadamente 15 cm) é cerca de três vezes menor que a proporcionada por siratro e cudzu tropical. Possivelmente estas características acarretam maior taxa de evaporação de água no solo sob cobertura de amendoim forrageiro do que com siratro e cudzu tropical. Destaca-se ainda que o amendoim forrageiro apresenta maior número de folhas por unidade de área, com tamanho menor do que as outras duas leguminosas. Tal característica, aparentemente, permite sugerir que o amendoim forrageiro apresenta maior taxa de evaporação do que as outras duas espécies. Contudo, esta hipótese carece de comprovação experimental.

Considerando os resultados obtidos, a utilização do amendoim forrageiro como cobertura viva em pomares, onde as fruteiras tenham distribuição de sistema radicular superficial, poderá provocar alguma concorrência por água, principalmente em períodos de estiagem prolongada. Ito et al., (1996) destacam que o consórcio de plantas com mesma arquitetura radicular, há competição por nutrientes e água.

A partir destes resultados, destaca-se que as leguminosas herbáceas perenes avaliadas provocam efeitos diferenciados no armazenamento de água no solo. O siratro e cudzu tropical destacaram-se na conservação da umidade no solo na camada superficial, quando comparados com amendoim forrageiro e com o controle sem cobertura viva.

7.3.5 - Influência da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na temperatura do solo

A cobertura do solo, obtida por plantas em desenvolvimento, é tão efetiva quanto à cobertura morta na atenuação térmica do solo. A cobertura viva age a partir do sombreamento, reduzindo a incidência da radiação e a absorção de energia solar para transpiração, bem como pela formação de um colchão de ar, com menor condutividade

térmica, retardando o aquecimento do solo. Esse processo eleva a capacidade calorífica do solo, o que interfere no seu regime térmico.

Salton & Mielniczuk (1995) destacam que a cobertura de solo por resíduos culturais atua significativamente no regime térmico do solo, principalmente pela reflexão e absorção de energia incidente, que se relaciona à cor, ao tipo, à quantidade e à distribuição da palhada. Além desse aspecto, o porte mais elevado das plantas, ameniza o impacto da radiação solar sobre o solo.

Destaca-se ainda a variação térmica do solo é inversamente influenciada pelo seu conteúdo de água, ou seja, quanto maior a umidade, menor será a temperatura do solo (Salton & Mielniczuk, 1995). Em concordância com esta proposição, pode-se observar na Fig. 7 que os resultados de temperatura do solo se distribuem de forma inversa aos de umidade (Fig. 5). Quando comparam-se as coberturas, verifica-se que a área continuamente capinada (controle), seguido de amendoim forrageiro, apresentam os maiores valores de temperatura, independentemente do período do dia (9 ou 15 horas). Dentre as coberturas, destacaram-se siratro e cudzu tropical, que atenuaram em até 13°C a temperatura do solo no horário das 15:00 horas (Fig. 7B). O manto de matéria orgânica mantido por estas duas espécies, oriundo da queda natural de folhas sobre o solo, associado a menor perda de umidade, devem ter favorecido os resultados de temperatura observados quando comparam-se os valores de siratro e cudzu tropical em relação ao amendoim forrageiro.

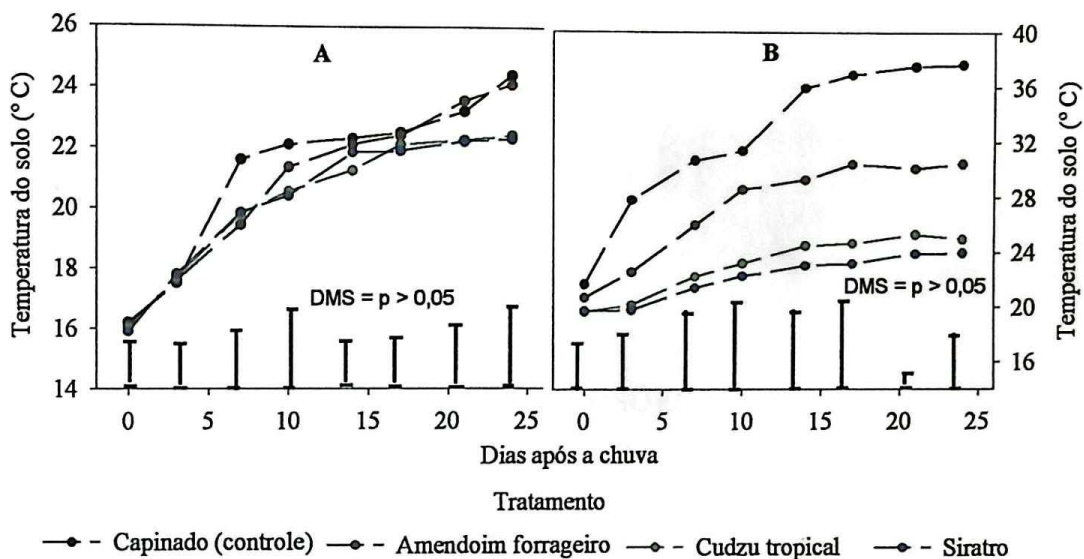


Figura 7. Variação da temperatura do solo no horário das 9:00 horas (A) e 15:00 horas (B) sob coberturas vivas de leguminosas herbáceas perenes (período de avaliação: 16/08 à 09/09/99).

As leguminosas herbáceas perenes siratro e cudzu tropical podem ser uma estratégia para cobertura viva permanente do solo, visto a capacidade de reduzir as oscilações térmicas e hídricas, evitando que atinja os níveis limitantes de certos processos bioquímicos dos vegetais e dos microrganismos do solo.

7.4 - CONCLUSÕES

1. O solo sob cobertura viva de leguminosas herbáceas perenes apresenta maiores índices de agregação do que o solo sem cobertura, notadamente na camada de 0-5 cm.
2. As leguminosas herbáceas perenes, notadamente o amendoim forrageiro, contribuem no incremento de carbono orgânico no solo.
3. O amendoim forrageiro apresenta maior massa e área radicular do que siratro e cudzu tropical na camada de 0 - 40 cm da superfície do solo.
4. As leguminosas perenes siratro e cudzu tropical destacam-se na atenuação térmica e hídrica do solo, quando comparadas com amendoim forrageiro e com o controle sem cobertura viva.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, P. R.; GOEPFERT, C. F.; GUERRA, M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Efeito de sistemas de preparo de solo sobre características de um latossolo roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 169-172, 1979.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 175-185, 1995.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L. ; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 47-54, 2000.
- AMADO, T. J. C.; ALMEIDA, E. X.; DALL'AGNOL, I.; MATOS, A. T. **Determinação da cobertura do solo por adubos verdes**. Florianópolis: EMPASC, 1987. 6 p. (EMPASC. Pesquisa em Andamento, 78).
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A Handbook of methods**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221 p.
- ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoi* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 439-445, 1999.

ANGERS, D. A. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 1244-1249, 1992.

ANGULO, R. J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M. L. P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 7-12, 1984.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145, 1994.

ARRUDA, F. B. Determinação da cobertura do solo durante o ciclo das culturas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 145-150, 1984.

ARRUDA, S. R.; NASCIMENTO, P. C.; SARVASI, F. O. C.; MOURA, E. G. Umidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta em resteva de soja em plantio direto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 219-224, 1991.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Método de análise química de plantas. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico**, Campinas, n. 78, p. 1-48, 1983.

BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; BRUNINI, O.; CIARELLI, D. M. Adubação nitrogenada e ajustamento osmótico em milho e sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 659-665, 1985.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Física de suelos**. 4 ed. Mexico: Union Topografica Editorial Hispano Americana, 1972. 529 p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O., (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-26.

BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 145-149, 1981.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BLACKMAN, V. H. The compound interest law and plant growth. **Annals of Botany**, London, v. 33, p. 353-360, 1919.

BORGES, D. F.; REINERT, D. J.; RUBIN, R. B.; SILVA, V. R. Recuperação da estabilidade estrutural de solo degradado por dois anos de preparo convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 406.

BOTREL, M. A.; PEREIRA, R.; SAVIER, D. F. Avaliação e seleção de leguminosas forrageiras para solos ácidos e de baixa fertilidade - I - *Stilosantes spp.* **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 35-43, 1985.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 91-98, 1990.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 369-374, 1990.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. A.; KEENEY, D. R., (Ed). **Methods of soil Analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624. (Agronomy, 9).

BRIGGS, G. E.; KID, F. A.; WEST, C. A qualitative analysis of plant growth. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 7, p. 202-223, 1920.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B.; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 1-55.

CAMARGO, F. A. de O.; SANTOS, G. de A.; ZONTA, E. Alterações eletro-químicas em solos inundados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, p. 171-180, 1999.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDEL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 121-126, 1995.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 69-89.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, M. M. de; OLIVEIRA, F. T. T. de; SARAIVA, O. F.; MATINS, C. A. Fatores nutricionais limitantes ao crescimento de forrageiras tropicais em dois solos da Zona da Mata, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 519-528, 1985.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um latossolo roxo distrófico, em função de

sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 527-538, 1998.

CATELLAN, A.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 125-132, 1990.

CENTUTION, F. J.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p. 263-266, 1985.

CHADA, S. de S.; DE-POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 1197-1202, 1988.

CHAVES, J. C. D. **Adubação Verde em Cultura Perene**. (Mimeog). 12p. (Palestra apresentada no Programa de desenvolvimento rural do Paraná - Ponta Grossa), 1989.

CINTRA, F. L.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 197-201, 1983.

COLAZZA, M. T.; MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C.; FANCELLI, A. L. Limitações de fertilidade em solos de cinco localidades paulistas para o cultivo de centrosema. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 151-156, 1986.

CONCEIÇÃO, M. J; SILVEIRA, M. J. da; REICHERT, J. M; REINERT, D. J. Temperatura do solo sob diferentes tipos de cobertura vegetal, durante o "El Niño". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, jul. 1999, Brasília – DF: Ciência do solo e qualidade de vida – **Resumos...** Brasília: Embrapa Cerrados e UNB, 1999. CD-ROOM.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C.; OTZZI, C. L.; TORRE, ^a; VAZ, C. M. P.; RALISCH, R. Avaliação do crescimento de raízes e morfologia do solo avaliado por processamento de imagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., 1991, Porto Alegre. **Programa e Resumos...** Porto Alegre: SBCS, 1991. p. 130.

DALAL, R. C.; MAYER, R. J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. II. Total organic and its role of loss from the soil profile. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 24, p. 281-292, 1986a.

DALAL, R. C.; MAYER, R. J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 24, p. 265-279, 1986b.

DALCOMO, J. M. **Avaliação de leguminosas perenes para cobertura de solo em pomar cítrico no Município de Jerônimo Monteiro, ES.** 1997. 105 f. Tese (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

DECHEN, S. C. F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle de erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 133-137, 1981.

DEDICO, A.; SANTOS, J. M. Comportamento térmico do solo sob diferentes condições de cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCS, 1975, p. 55-62.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O., (Ed.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas.** Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p. 225-242.

DERPSCH, R.; SIDERAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 762-773, 1985.

DUDA, G. P. **Conteúdo de fósforo microbiano, orgânico e biodisponível em diferentes classes de solo**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ. Tese de doutorado em Agronomia - Ciência do Solo). 2000. 158 p.

EIRA, P. A.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, W. C. Fatores nutricionais limitantes do desenvolvimento de três leguminosas forrageiras em um solo podzólico vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 185-192, 1972.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. n. p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Estimativa da fixação biológica de nitrogênio em três leguminosas herbáceas perenes e sua contribuição no fornecimento de nitrogênio para a bananeira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus. **500 anos de uso do solo. Resumos expandidos...** Ilhéus: CEPLAC, 2000. CD-ROM.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B.; PERIN, A. Contribuição da cobertura do solo com algumas leguminosas perenes para o desenvolvimento da bananeira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza. **Agricultura e Sustentabilidade no Semi-árido. Resumos expandidos...** Fortaleza: SBCS, 1998. p. 248-249.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéricas). Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1983. 59 p.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA-CNPAF, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).

FRANÇA, G. E. de; CARVALHO, M. M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 147-153, 1970.

GISH, E. H.; BROWNING, G. M. Factors affecting the stability of soil aggregates. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 16, p. 51-55, 1948.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 307-313, 1999.

GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente de solo**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1997. 7p. (Embrapa-CNPAB. Comunicado Técnico, 16).

HAYNES, R. J.; FRANCIS, G. S. Changes in microbial biomass C, soil carbohydrate composition and aggregate stability induced by growth of selected crop and forage species under field conditions. **Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 44, p. 665-675, 1993.

HORN, R.; DEXTER, R. A. Dynamics of soil aggregation in na irrigated desert loess. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 13, p. 253-266, 1988.

HORN, R. Aggregate characterization as compared to soil bulk properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 17, p. 265-289, 1990.

HORN, F. L.; SCHUCH, L. O. B.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORI, G.; MEDEIROS, D. F.; SCHWENGBER, J. E. **Avaliação de espaçamento e população de plantas de feijão visando a colheita mecanizada direta**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 41-46, 2000.

FRANÇA, G. E. de; CARVALHO, M. M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 147-153, 1970.

GISH, E. H.; BROWNING, G. M. Factors affecting the stability of soil aggregates. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 16, p. 51-55, 1948.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 307-313, 1999.

GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente de solo.** Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1997. 7p. (Embrapa-CNPAB. Comunicado Técnico, 16).

HAYNES, R. J.; FRANCIS, G. S. Changes in microbial biomass C, soil carbohydrate composition and aggregate stability induced by growth of selected crop and forage species under field conditions. **Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 44, p. 665-675, 1993.

HORN, R.; DEXTER, R. A. Dynamics of soil aggregation in na irrigated desert loess. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 13, p. 253-266, 1988.

HORN, R. Aggregate characterization as compared to soil bulk properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 17, p. 265-289, 1990.

HORN, F. L.; SCHUCH, L. O. B.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORI, G.; MEDEIROS, D. F.; SCHWENGBER, J. E. Avaliação de espaçamento e população de plantas de feijão visando a colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 41-46, 2000.

ITO, O.; KATAYAMA, K.; ADU-GYAMFI, J. J.; DEVI, G.; RAO, T. P. Root activities and function in component crops for intercropping. In: ITO, O.; JOHANSEN, C.; ADU-GYAMFI, J. J.; KATAYAMA, K.; RAO, J. V. D. K.; REGO, T. J., (Ed). **Root and nitrogen in cropping systems of the semi-arid tropics**. Tsukuba, Japan: Japan International research Center for Agricultural Sciences, 1996. p. 159-184.

JONES, M. B.; FREITAS, L. M. M. de. Respostas de quatro leguminosas tropicais a aplicações de nutrientes minerais, em três solos de Campo Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 91-99, 1970.

JONG VAN LIER, Q. de; SPAROVEK, G.; VASQUES FILHO, J. Análise de imagens utilizando um "Scanner" manual: Aplicações em Agronomia. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 479 - 482, 1993.

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: Novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6., REUNIAO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Resumos...** Águas de Lindóia: USP / SLCS / SBCS, 1996. CD ROM.

KAGE, H. Prática da adubação verde na alta Mogiana em São Paulo e Minas Gerais. In: **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 129-132.

KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. **Bioloogy and agronomy of forage Arachis**. Cali, Colômbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1994. 209 p.

LEITE, J. A.; MEDINA, B. F. Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um latossolo amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 1417-1422, 1984.

- ITO, O.; KATAYAMA, K.; ADU-GYAMFI, J. J.; DEVI, G.; RAO, T. P. Root activities and function in component crops for intercropping. In: ITO, O.; JOHANSEN, C.; ADU-GYAMFI, J. J.; KATAYAMA, K.; RAO, J. V. D. K; REGO, T. J., (Ed). **Root and nitrogen in cropping systems of the semi-arid tropics**. Tsukuba, Japan: Japan International research Center for Agricultural Sciences, 1996. p. 159-184.
- JONES, M. B.; FREITAS, L. M. M. de. Respostas de quatro leguminosas tropicais a aplicações de nutrientes minerais, em três solos de Campo Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 91-99, 1970.
- JONG VAN LIER, Q. de; SPAROVEK, G.; VASQUES FILHO, J. Análise de imagens utilizando um "Scanner " manual: Aplicações em Agronomia. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 479 - 482, 1993.
- JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: Novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6., REUNIAO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Resumos...** Águas de Lindóia: USP / SLCS / SBCS, 1996. CD ROM.
- KAGE, H. Prática da adubação verde na alta Mogiana em São Paulo e Minas Gerais. In: **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 129-132.
- KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. **Bioloogy and agronomy of forage Arachis**. Cali, Colômbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1994. 209 p.
- LEITE, J. A.; MEDINA, B. F. Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um latossolo amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 1417-1422, 1984.

LOPES, N. F.; MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em populações de milho (*Zea mays* L.) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, p. 198-201, 1973.

MACHADO NETO, J. G.; PITELLI, R. A. Profundidade de semeadura, na emergência de amendoim bravo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 1203-1207, 1988.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; SILVA, W. J. da; TEIXEIRA, J. P. F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 825-833, 1982.

MACHADO, J. A.; PAUJA SOUZA, D. M.; BRUM, A. C. R. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 187-189, 1979.

MACHADO, J. A.; BRUM, A. C. R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, p. 81-84, 1978.

MARCHIORI, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura de algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 257-263, 1999.

MERLIM, A. de O; AQUINO, A. M. de; GUERRA, J. G. M; CORREA, M. E. F. Influência de diferentes coberturas vivas na diversidade da fauna do solo no cultivo de bananeira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus. **500 anos de uso do solo. Resumos expandidos...** Ilhéus: CEPLAC, 2000. CD-ROM.

MIELNICZUK, J. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. In: **WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR:**

METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASO. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 13-17.

MIELNICZUK, J.; SCHNEIDER, P. Aspectos sócio-econômicos do manejo de solos no sul do Brasil. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3., 1983, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: PIUCS/ Faculdade de Agronomia, 1984. p. 3-19.

MILAN, P. A.; RITTER, W.; DALL'AGNOL, M. Seleção de leguminosas forrageiras tolerantes alumínio e eficientes na utilização de fósforo. II. Leguminosas enóticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 1739-1746, 1990.

MILAN, P. A.; RITTER, W.; DALL'AGNOL, M. Seleção de leguminosas forrageiras tolerantes a alumínio e eficientes na utilização de fósforo. I. Leguminosas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p.119-124, 1991.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura de solo: Características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó, SC: ed. do autor, 1991. 337 p.

MUZILLI, O.; COSTA, A. **Manejo Racional da fertilidade do solo como alternativa para o desenvolvimento agrícola das regiões tropicais**. São Paulo, SP., 1985. 32 p. Mimeografado.

OADES, J. M. Mucilagens at the root surface. **Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 29, p. 1-16, 1978.

PALADINI, F. C. S. **Distribuição de tamanho de agregados em solo Podzólico Vermelho Escuro afetado por sistemas de culturas**. 1989. 80 f. Tese (Mestrado em Solos) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- PALADINI, F. C. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 135-140, 1991.
- PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 189-195, 1999.
- PERIN, A.; ESPINDOLA, J. A. A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Efeito da densidade de plantas sobre o crescimento e estoque de nutrientes de duas leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva de solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: UFLA / SBCS / SBM, 1998. p. 291.
- PERIN, A.; LIMA, E. A. de; PEREIRA, M. G.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. **Efeitos de coberturas vivas com leguminosas herbáceas perenes sobre o conteúdo de água do solo durante o período seco.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 4 p. (Embrapa-CNPAB. Pesquisa em Andamento, 26).
- PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. **Formação de cobertura viva de solo com amendoim forrageiro a partir de diferentes densidade e espaçamentos entre sulcos de plantio.** Seropédica: Embrapa *Agrobiologia*, 2000. 6 p. (Embrapa *Agrobiologia*. Comunicado Técnico, 38).
- PINOTTI, A. A. R.; CENTURION, J. F. Alterações na estabilidade de agregados do latossolo vermelho-escuro em função do manejo na entrelinha da seringueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. **Ciência do Solo e Qualidade de Vida: Resumos...** Brasília: Embrapa Cerrados; SBCS, 1999. CD-ROM.

- PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A. ; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 41-46, 2000.
- PIZARRO, E. A.; RINCÓN, A. Regional experience with forage *Arachis* in South America. In: KERRIDGE, P. C., HARDY, B., (Eds). **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, 1994. p. 144-157.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1988. 549 p.
- RANGEL, J. H. A. **Efeito residual de fontes de fósforo e ação da calagem na produção de matéria seca e composição química de cinco leguminosas forrageiras tropicais**. 1984. 155 f. Tese (Mestrado em Agronomia - Nutrição animal e pastagens) - ESALQ, Viçosa.
- RAO, I. M.; BORRERO, V.; RICAURTE, J.; GARCIA, R.; AYARZA, M. A. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soil. II. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 19, p. 323-352, 1996.
- REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da; CABEDA, M. S. V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 283-290, 1993.
- ROLOFF, G.; BERTOL, O. J. Método para a estimativa da cobertura do solo e da altura do dossel de algumas culturas de verão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 319-327, 1998.
- ROTH, C. H.; CASTRO, F. C.; MEDEIROS, G. B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 241-248, 1991.

- RUITER, J. M. The phosphate response to eight Mediterranean annual and perennial legumes. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 24, p. 33-36, 1981.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho-escuro distrófico de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 313-319, 1995.
- SANCHEZ, P. A. Soil organic matter. In: SANCHEZ, P. A., (Ed.) **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Willey, 1976. p. 162-183.
- SIDERAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p. 249- 254, 1985.
- SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. As práticas de manejo do solo na população microbiana. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 291-296, 1984.
- SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.; CAMARGO, D. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 91-95, 1986.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 22, p. 311-317, 1998.
- SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; MARQUES, J. J. G. de S. M.; CARVALHO, A. M. de. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 97-103, 1998.

- SILVA, W. J. da; MONTOJOS, J. C.; PEREIRA, A. R. Análise de crescimento de dois híbridos simples de milho avaliado em duas densidades de população. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 26, p. 360-365, 1974.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnologia dos solos: Fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESALQ/FAEPE, 1988. 236 p.
- SKERMAN, P. J. **Tropical forage legumes**. Roma: FAO, 1977. 609 p.
- STONE, J. A.; BUTTERY, R. Nine forages and the aggregation of a clay on soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 69, p. 165-169, 1989.
- STROCKING, M. A. Assessing vegetative cover and management effects. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Ankeny, 1988. p. 163-186.
- TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.
- VALLEJOS, C. R. M. **Coberturas vivas en el cultivo de café (*Coffea arabica*), su establecimiento y relación com malezas y *Meloidogyne exigua***. 1993. Tese de Mestrado) - Centro Agronômico Tropical de Investigación Enseñanza, Turrialba.
- VIEIRA, M. L.; MUZILLI, O. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 873-882, 1984.
- VIEIRA, S. R.; NASCIMENTO, P. C.; SARVASI, F. O. C.; MOURA, E. G. Unidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta em resteva de soja em plantio direto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 219-303, 1991.

- SILVA, W. J. da; MONTOJOS, J. C.; PEREIRA, A. R. Análise de crescimento de dois híbridos simples de milho avaliado em duas densidades de população. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 26, p. 360-365, 1974.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnologia dos solos: Fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESALQ/FAEPE, 1988. 236 p.
- SKERMAN, P. J. **Tropical forage legumes**. Roma: FAO, 1977. 609 p.
- STONE, J. A.; BUTTERY, R. Nine forages and the aggregation of a clay on soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 69, p. 165-169, 1989.
- STROCKING, M. A. Assessing vegetative cover and management effects. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Ankeny, 1988. p. 163-186.
- TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.
- VALLEJOS, C. R. M. **Coberturas vivas en el cultivo de café (*Coffea arabica*), su establecimiento y relación com malezas y *Meloidogyne exigua***. 1993. Tese de Mestrado) - Centro Agronômico Tropical de Investigación Enseñanza, Turrialba.
- VIEIRA, M. L.; MUZILLI, O. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 873-882, 1984.
- VIEIRA, S. R.; NASCIMENTO, P. C.; SARVASI, F. O. C.; MOURA, E. G. Unidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta em resteva de soja em plantio direto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 219-303, 1991.

- SILVA, W. J. da; MONTOJOS, J. C.; PEREIRA, A. R. Análise de crescimento de dois híbridos simples de milho avaliado em duas densidades de população. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 26, p. 360-365, 1974.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnologia dos solos: Fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESALQ/FAEPE, 1988. 236 p.
- SKERMAN, P. J. **Tropical forage legumes**. Roma: FAO, 1977. 609 p.
- STONE, J. A.; BUTTERY, R. Nine forages and the aggregation of a clay on soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 69, p. 165-169, 1989.
- STROCKING, M. A. Assessing vegetative cover and management effects. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Ankeny, 1988. p. 163-186.
- TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.
- VALLEJOS, C. R. M. **Coberturas vivas en el cultivo de café (*Coffea arabica*), su establecimiento y relación com malezas y *Meloidogyne exigua***. 1993. Tese de Mestrado) - Centro Agronômico Tropical de Investigación Enseñanza, Turrialba.
- VIEIRA, M. L.; MUZILLI, O. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 873-882, 1984.
- VIEIRA, S. R.; NASCIMENTO, P. C.; SARVASI, F. O. C.; MOURA, E. G. Unidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta em resteva de soja em plantio direto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 219-303, 1991.

WELLS, K. F. Measuring vegetaion changes of fixel quadrats ly vertical ground stereo photography. **Journal of Range Management**, Denver, v. 24, p. 233-235, 1971.

WINBUSH, D. J.; BARROW, M. D.; COSTIN, A. B. Color stereophotography for the measurement of vegetation. **Ecology**, Durham, v. 48, p. 150-152, 1967.

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 na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 1º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total -----	P total (kg ha ⁻¹)	K total -----
Blocos	0,59	0,66	2,88	1,14
Leguminosas (L)	45,50**	157,83**	100,84**	32,15**
Fósforo (P)	0,08	0,17	0,58	0,45
L x P	1,56	1,80	1,35	1,78
C.V. (%)	25,04	18,00	21,16	28,06

** Significância (p < 0,01)

Quadro 2. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 2º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total ----- (kg ha ⁻¹)	P total ----- (kg ha ⁻¹)	K total -----
Blocos	2,84	1,87	3,24	1,02
Leguminosas (L)	41,38**	31,82**	28,63**	18,21**
Fósforo (P)	4,65	3,59	7,18	4,53
L x P	1,84	1,91	1,71	1,03
Manejo (M)	1,70	8,75*	9,81*	1,07
L x M	0,54	1,49	1,35	0,82
P x M	0,46	0,14	2,03	3,13
L x P x M	0,38	1,14	1,22	0,19
C.V. (%)	12,40	12,00	13,14	14,65

* Significância ($p < 0,05$)

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 3. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 3º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total -----	P total (kg ha ⁻¹)	K total -----
Blocos	1,82	1,43	5,22	2,81
Leguminosas (L)	22,23**	34,39**	30,45**	19,11**
Fósforo (P)	0,83	0,56	4,31	0,57
L x P	1,46	0,40	0,06	0,26
Manejo (M)	0,08	0,09	1,03	2,18
L x M	0,14	1,13	0,20	0,39
P x M	1,24	0,99	1,05	0,19
L x P x M	2,32	2,70	2,12	1,46
C.V. (%)	18,22	23,90	22,77	23,03

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 4. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, a partir do 4º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total -----	P total (kg ha ⁻¹) -----	K total -----
Blocos	2,15	1,77	4,64	0,92
Leguminosas (L)	6,29**	13,11**	22,17**	16,32**
Fósforo (P)	4,19	3,94	4,52	1,79
L x P	0,95	2,68	0,67	0,29
Manejo (M)	3,40	2,11	4,33	3,04
L x M	0,91	0,85	0,99	0,74
P x M	0,01	0,00	0,03	0,08
L x P x M	0,28	0,07	0,11	0,16
C.V. (%)	22,41	26,39	25,25	28,79

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 5. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de galáxia e cudzu tropical, por ocasião do 1º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total ----- (kg ha ⁻¹)	P total ----- (kg ha ⁻¹)	K total -----
Blocos	2,45	1,96	1,05	1,52
Leguminosas (L)	6,16*	6,04*	23,30**	20,41**
Espaçamento (E)	10,11**	4,68*	5,33*	6,09*
L x E	2,41	1,26	0,42	2,52
Densidade (D)	4,72*	3,28*	1,37	2,91*
L x D	1,43	2,38	1,60	1,13
E x D	0,55	0,12	0,25	0,32
L x E x D	0,61	0,87	0,79	0,45
C.V. (%)	23,48	25,50	27,48	33,49

* Significância (p < 0,05)

** Significância (p < 0,01)

Quadro 6. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 1º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total ----- (kg ha ⁻¹)	P total ----- (kg ha ⁻¹)	K total -----
Blocos	5,33	5,11	2,14	1,97
Espaçamento (E)	2,12	0,77	4,72	1,45
Densidade (D)	6,26**	8,76**	7,04**	3,94*
E x D	3,02	2,09	2,78	1,79
C.V. (%)	15,25	13,86	17,23	19,66

* Significância (p < 0,05)

** Significância (p < 0,01)

Quadro 7. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 2º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total ----- (kg ha ⁻¹)	P total ----- (kg ha ⁻¹)	K total -----
Blocos	5,16	5,76	4,56	4,12
Espaçamento (E)	4,58	4,76	6,10	0,61
Densidade (D)	9,12**	8,07**	13,58**	3,06*
E x D	0,30	0,63	0,66	1,00
C.V. (%)	12,01	12,63	15,07	20,54

* Significância (p < 0,05)

** Significância (p < 0,01)

Quadro 8. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 3º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca (t ha ⁻¹)	N total ----- (kg ha ⁻¹)	P total ----- (kg ha ⁻¹)	K total -----
Blocos	2,65	0,59	1,63	4,69
Espaçamento (E)	0,46	1,26	3,72	0,65
Densidade (D)	8,05**	9,19**	12,70**	9,06**
E x D	1,62	1,06	0,85	1,24
C.V. (%)	11,46	12,02	15,81	17,28

* Significância (p < 0,01)

Quadro 9. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para produção de matéria seca, quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea de amendoim forrageiro, por ocasião do 4º corte das plantas.

Fonte de variação	Valor F			
	Matéria seca	N total	P total	K total
	(t ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)		
Blocos	0,26	0,15	0,90	0,25
Espaçamento (E)	0,31	0,11	0,01	0,43
Densidade (D)	0,31	0,12	1,71	0,22
E x D	0,19	0,09	0,38	0,23
C.V. (%)	20,00	18,22	19,46	36,82

Quadro 10. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para massa, raio e área radicular de diferentes leguminosas herbáceas perenes.

Fonte de variação	Valor F		
	Massa radicular	Raio radicular médio	Área radicular
	(t ha ⁻¹)	(mm)	(m ² m ⁻²)
Blocos	3,26	2,01	3,01
Leguminosas (L)	7,41*	4,49*	6,76*
Profundidade (P)	5,87*	1,24	3,26*
L x P	2,96	2,36	1,45
C.V. (%)	32,86	21,59	38,29

* Significância (p < 0,05)

Quadro 11. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para a distribuição dos agregados nas diferentes classes de agregados do solo (mm) sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.

Fonte de variação	Valor F					
	----- (%) -----					
	>2,00	1,00 - 2,00	0,50 - 1,00	0,25 - 0,50	0,10 - 0,25	<0,10
Blocos	0,27	0,78	2,56	3,17	2,76	1,11
Leguminosas (L)	8,81**	11,46**	10,09**	7,53**	3,60*	2,65*
Profundidade (P)	2,27	2,23	2,93	2,86	2,09	0,18
L x P	0,15	0,05	0,17	0,55	0,55	0,04
C.V. (%)	11,29	22,34	21,93	27,89	25,56	18,41

* Significância ($p < 0,05$)

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 12. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para carbono orgânico total (CO), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade dos agregados (IEA) em solo sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.

Fonte de variação	Valor F			
	CO	DMP	DMG	IEA
	(g kg ⁻¹)	----- (mm) -----	-----	----- (%) -----
Blocos	0,58	1,74	2,30	5,72
Leguminosas (L)	3,84*	3,55*	2,93*	1,43
Profundidade (P)	1,15	23,37**	15,30**	0,23
L x P	0,99	8,03*	2,44*	0,11
C.V. (%)	18,83	13,58	4,01	5,01

* Significância ($p < 0,05$)

** Significância ($p < 0,01$)

Quadro 13. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para carbono orgânico total (CO) nas diferentes classes de agregados do solo (mm) sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.

Fonte de variação	Valor F ----- (g kg ⁻¹) -----				
	> 2,00	1,00 - 2,00	0,50 - 1,00	0,25 - 0,50	0,10 - 0,25
Blocos	0,25	0,11	4,60	3,45	2,89
Leguminosas (L)	2,45	1,65	2,72	4,90*	2,49
Profundidade (P)	0,02	0,03	0,02	0,21	1,65
L x P	0,61	0,35	0,49	0,93	0,70
C.V. (%)	11,29	22,34	21,93	27,80	25,56

* Significância ($p < 0,05$)

Quadro 13. Valor F e coeficiente de variação da análise de variância para carbono orgânico total (CO) nas diferentes classes de agregados do solo (mm) sob cobertura de leguminosas herbáceas perenes.

Fonte de variação	Valor F ----- (g kg ⁻¹) -----				
	> 2,00	1,00 - 2,00	0,50 - 1,00	0,25 - 0,50	0,10 - 0,25
Blocos	0,25	0,11	4,60	3,45	2,89
Leguminosas (L)	2,45	1,65	2,72	4,90*	2,49
Profundidade (P)	0,02	0,03	0,02	0,21	1,65
L x P	0,61	0,35	0,49	0,93	0,70
C.V. (%)	11,29	22,34	21,93	27,80	25,56

* Significância (p < 0,05)