COMPORTAMENTO DE ADUBOS VERDES EM ÉPOCAS DE SEMEADURA NOS CERRADOS DO BRASIL CENTRAL

RENATO FERNANDO AMABILE

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli

**Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Fitotecnia.**

**PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1996**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Amabile, Renato Fernando

Comportamento de adubos verdes em épocas de semeadura nos Cerrados do Brasil Central / Renato Fernando Amabile. -- Piracicaba, 1996.
123p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996.

Bibliografia.

1. Adubação verde - Uso - Cerrados (região) 2. Adubo verde - Comportamento - Época de semeadura 3. Leguminosa como adubo I. Título

CDD 631.874

COMPORTAMENTO DE ADUBOS VERDES EM ÉPOCAS DE SEMEADURA NOS CERRADOS DO BRASIL CENTRAL

RENATO FERNANDO AMABILE

Aprovada em: 11/3/1996

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Dias Costa

ESALQ/USP

Dr. Eduardo Antonio Bulisani

IAC

Prof. Dr. ANTONIO LUIZ FANCELLI
Orientador

A DEUS,
OFEREÇO.

Aos meus Guias,
MINHA GRATIDÃO.

À Laura e a minha
família,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar presente nos degraus da minha vida.

À Laura e a minha família pelo incessante apoio neste meu caminho.

Ao Professor Orientador Dr. Antonio Luiz Fancelli pela amizade, pelo seus ensinamentos transmitidos e valiosa orientação.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e, em especial, ao Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) pela possibilidade da realização deste treinamento.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, através do Departamento de Agricultura, pela acolhida amiga durante o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Solos, através da sua extinta Coordenadoria Regional Centro-Oeste, e aos seus respectivos funcionários pelo apoio e condições oferecidas para a execução deste trabalho.

Ao colega João Batista Duarte, da Universidade Federal de Goiás, pelas orientações durante o planejamento dos experimentos e execução das análises estatísticas.

Aos funcionários da Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária pelo auxílio laboratorial oferecido.

Aos colegas Carlos Martins Santiago, José Antônio Maia Paixão, Jovair Dias Lino, Marcos Aurélio Gonçalves, Rogério Silva de Araújo e Sebastião Cesário da Silva pelo apoio durante e após a condução dos ensaios.

Às bibliotecárias Eliana M. Garcia Sabino e Kátia M. de Andrade Ferraz pela revisão das referências bibliográficas.

Aos amigos Arminda Moreira de Carvalho, Milcíades Gadelha de Lima e Ricardo Alfredo Kluge pelas críticas, sugestões, correções, apoio sincero e amizade prestada.

Aos professores José Dias Costa e Durval Dourado Neto e ao Dr. Eduardo Antonio Bulisani pela ajuda e imprescindíveis sugestões.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Região dos Cerrados.....	4
2.1.1. Caracterização geral.....	4
2.1.2. Solos dos Cerrados.....	6
2.2. Adubação verde.....	9
2.2.1. Considerações gerais.....	9
2.2.2. Características dos adubos verdes utilizados nos Cerrados.....	10
2.2.3. Parâmetros ecofisiológicos dos adubos verdes.....	14
2.2.4. Florescimento das espécies de adubos verdes.....	23
2.2.5. Parâmetros de produção dos adubos verdes.....	26
2.2.6. Espaçamento e população dos adubos verdes.....	32
2.2.7. Composição química dos adubos verdes.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.1. Localização da área experimental.....	44
3.2. Clima.....	44
3.3. Solo.....	44
3.4. Tratamentos.....	48
3.4.1. Espécies e épocas de semeadura.....	48
3.4.2. Espaçamentos.....	48
3.4.3. Parcela experimental.....	48

3.5. Implantação e condução dos experimentos.....	50
3.6. Parâmetros avaliados.....	51
3.6.1. Período para florescimento.....	51
3.6.2. Produção de fitomassa verde.....	51
3.6.3. Produção de fitomassa seca.....	51
3.6.4. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio.....	51
3.7. Delineamento experimental e modelo matemático.....	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1. Condições do ambiente durante as épocas de semeadura.....	56
4.2. Florescimento das espécies.....	57
4.3. Produção de fitomassa verde da parte aérea das espécies.....	63
4.4. Produção de fitomassa seca da parte aérea das espécies.....	71
4.5. Teor de nitrogênio da parte aérea das espécies.....	78
4.6. Teor de fósforo da parte aérea das espécies.....	85
4.7. Teor de potássio da parte aérea das espécies.....	92
4.8. Correlações entre variáveis.....	96
5. CONCLUSÕES.....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

COMPORTAMENTO DE ADUBOS VERDES EM ÉPOCAS DE SEMEADURA NOS CERRADOS DO BRASIL CENTRAL

Autor: RENATO FERNANDO AMABILE

Orientador: PROF. DR. ANTONIO LUIZ FANCELLI

RESUMO

A adubação verde é uma prática conservacionista pouco utilizada na Região dos Cerrados. Visando obter informações sobre as características fenológicas e composição mineral das espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes, em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na Região dos Cerrados, instalaram-se três experimentos, durante o ano agrícola de 1991/92, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Solo/Coordenadoria Centro-Oeste - EMBRAPA, localizada na Estação Experimental da Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária - EMGOPA, em Senador Canedo, GO. As espécies testadas foram a *Crotalaria juncea* L., mucuna preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e *Crotalaria ochroleuca* G. Don, em três épocas de semeadura e em dois espaçamentos.

O delineamento experimental utilizado, dentro de cada época, foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, apresentando três repetições. As espécies foram correspondentes às parcelas e os espaçamentos às subparcelas.

Os resultados obtidos no presente estudo permitiram as seguintes conclusões: 1) A interação entre espécies e épocas mostrou-se significativa em relação as produção de matérias verde e seca, evidenciando superioridade relativa das espécies *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*, especialmente nas semeaduras

da primeira época. 2) A *C. juncea* e o *C. cajan* apresentaram as maiores produções de fitomassa verde e seca, nas condições de Cerrados; 3) O atraso da semeadura, em relação ao início da estação chuvosa, reduziu os rendimentos de fitomassa verde e seca produzidos pelas leguminosas; 4) Os espaçamentos de 0,5 m e 0,4 m não influenciaram o período para o florescimento, produção de fitomassa e teores de nitrogênio, fósforo e potássio; 5) As épocas de semeadura afetaram os teores de nitrogênio, fósforo e potássio da parte aérea das leguminosas; e, 6) Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio foram influenciados pelas espécies de leguminosas.

GREEN MANURE BEHAVIOR AS A RESULT OF DIFFERENT SOWING DATES IN THE "CERRADOS" OF THE CENTRAL BRAZIL

Author: RENATO FERNANDO AMABILE

Adviser: PROF. DR. ANTONIO LUIZ FANCELLI

SUMMARY

The use of green manure crops is not a common conservation practice in the "Cerrados" region. In order to investigate the phenological characteristics and mineral composition of four legume species used as green manure on different sowing dates and two row spacings in the "Cerrados" region, three experiments were carried out in the 1991/92 growing season at Soil National Research Center/West Center Coordination - EMBRAPA, in the EMGOPA's Experimental Station, Senador Canedo, GO, Brazil. *Crotalaria juncea* L., *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr., *Cajanus cajan* (L.) Millsp. and *Crotalaria ochroleuca* G. Don) were sowed at 57-day intervals starting in November 12. At each sowing date, species and row spacings were allocated as split-plot in completely randomized block design.

The results obtained in the present study allow the following conclusions: 1) significant interactions between species and sowing dates on the production of aerial parts were observed in all sowing dates, with a relative superiority of the *C. juncea* and the *C. cajan*, especially in the first sowing date; 2) the *C. juncea* and the *C. cajan* presented the greater green and dry matter production in the "Cerrados" region conditions; 3) the sowing delay, in relation with the beginning of the wet season, reduced the green and dry matter production

of the leguminous plants; 4) there was no influence of the spacing of 0.5 and 0.4 m on the flowering, green and dry matter production, and nitrogen, phosphorus and potassium concentrations; 5) the sowing dates and the leguminous species affected the nitrogen, phosphorus and potassium in the aerial part of the crops; and 6) the nitrogen, phosphorus and potassium concentrations were influenced by the leguminous species.

1. INTRODUÇÃO

O dinamismo da agricultura tem levado diversos agricultores a fazerem uso de técnicas que proporcionem a manutenção ou a melhoria do potencial produtivo dos sistemas agrícolas. Essas tecnologias, consideradas estratégicas, têm sido incorporadas ao processo produtivo destacando-se, entre elas, a adubação verde. Sabe-se, no entanto, que muitas das espécies utilizadas como adubos verdes, não são adaptadas ou suficientemente estudadas para as diferentes regiões brasileiras, e em especial à Região dos Cerrados.

Um dos maiores desafios ao manejo racional dos Cerrados é encontrar alternativas que coadunem a necessidade de preservação e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos com o objetivo básico da agricultura que é a produção de alimentos, fibras e energia.

A ocupação plena, intensiva e racional dos Cerrados pode fornecer ao país cerca de 150 milhões de toneladas de grãos ao ano. O tempo necessário para que essa previsão se torne realidade, contudo, depende, além de fatores econômicos e políticos, de tecnologias que garantam ganhos representativos de eficiência aos sistemas de produção, principalmente daquelas ligadas ao manejo do solo e da água. Portanto, deve-se implementar e monitorar o uso de técnicas visando principalmente o aproveitamento dos recursos disponíveis dos Cerrados. A adubação verde representa, para esse bioma, uma alternativa técnica promissora de suporte ao manejo de sistemas integrados da produção.

A adubação verde compreende o emprego de um conjunto de medidas que possibilite o desenvolvimento racional e eficiente das condições da propriedade agrícola. Essas medidas devem promover um equilíbrio entre as exportações das culturas e as necessidades de reposição do ambiente. Como estratégia, a adubação verde é recomendada de forma a alcançar esse objetivo; usando-a através do consórcio ou pela própria rotação ou sucessão de culturas.

Espécies comumente usadas como adubos verdes, porém, podem interferir no desenvolvimento do processo produtivo como um todo, em função das épocas de semeaduras, de populações inadequadas e, também, de espécies não recomendadas para determinada região. Nesse aspecto, a época adequada de semeio é um dos principais fatores limitantes à adubação verde na Região dos Cerrados, uma vez que o agricultor não pode deixar de cultivar sua área com outras culturas que não são consideradas “econômicas”. Assim, o uso de adubos verdes, na época adequada aos sistemas de cultivos da região, constitui-se em uma alternativa promissora sob os aspectos técnico e econômico. Uma estratégia é a semeadura dos adubos verdes no final do período chuvoso. Outra alternativa é realizar a semeadura durante a ocorrência do veranico, promovendo a utilização de espécies de menor exigência hídrica no início do seu desenvolvimento. Existe, ainda, a possibilidade de semear no início do período chuvoso, deslocando a época de semeadura da cultura principal, quando necessário, para um período posterior ou utilizando um sistema consorciado entre a espécie tida como “econômica” e o adubo verde.

A presença de um ou mais efeitos de incompatibilidade entre as espécies empregadas como adubos verdes e o sistema de produção adotado são claramente evidenciados, tanto na rotação quanto na consorciação. Com isso, há a possibilidade de ocorrer uma alusão errônea sobre o uso de adubos verdes dentro dos sistemas agrícolas empregados nos Cerrados, quer seja direcionado ao pequeno, quer seja ao médio ou ao grande agricultor.

Tal fato é de extrema importância e há a necessidade de conhecer esses efeitos, pois a adoção da prática de adubação verde, que possa vir a ter esse tipo de particularidade, pode ser vista como um entrave à sua adoção. Contudo, uma clara orientação e esclarecimento das incompatibilidades, conduzirão a uma apropriação desta técnica no que se refere a sua época de utilização, como instrumento de rotação ou consorciação, e do uso de espécies mais adaptadas aos Cerrados.

Assim, é necessário o estudo das espécies referenciadas como adubos verdes que venham a produzir uma elevada fitomassa verde e seca, que tenham um rápido desenvolvimento e um estabelecimento ao longo do período vegetativo. Faz-se necessário, também, estudar as populações e/ou espaçamentos, as épocas mais adequadas de semeadura dentro dos sistemas agrícolas regionais e a obtenção de dados fenológicos das espécies, qualificando, dessa maneira, a produção agrícola na sua totalidade.

O presente trabalho teve por objetivo obter informações sobre as características fenológicas e composição mineral das espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Cajanus cajan* e da *Mucuna aterrima*), utilizadas como adubos verdes, em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na Região dos Cerrados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Região dos Cerrados

2.1.1. Caracterização geral

A Região dos Cerrados está, definitivamente, incorporada ao processo produtivo, reunindo um conjunto de características que favorecem as atividades de produção de alimentos, fibras e energia (Ker et al., 1992).

Os Cerrados têm aumentado significativamente sua participação na produção agrícola do Brasil, detendo em torno de 35 % do total produzido. Este percentual poderá ser incrementado de acordo com a tecnologia gerada pela pesquisa, uma vez que a simples introdução de tecnologia, por si só, não é capaz de fornecer subsídios para o pleno desenvolvimento de uma cultura. É necessário que ocorra o surgimento de tecnologias. Para tanto, deverá existir nas inovações tecnológicas, o envolvimento das diversas práticas, a fim de que haja um sistema compatível de produção agrícola às condições dos agricultores.

O bioma dos Cerrados, com cerca de 204 milhões de hectares, representa, aproximadamente, 23 % da superfície do território nacional, apresentando distribuição heterogênea e descontínua nas Regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste (Goedert et al., 1989).

Dos sete domínios morfoclimáticos e fitogeográficos brasileiros,

os Cerrados, constituem-se pela posição geográfica, caráter florístico, faunístico e geomorfológico, o ponto de equilíbrio, visto que se conecta, através dos corredores hidrográficos, com os demais biomas regionais e com outros continentais. Ecologicamente relacionam-se às Savanas, constituindo configurações regionais dessas (Bioma Cerrado, 1991).

Os solos ácidos de baixa fertilidade e o clima estacional são os fatores determinantes para a ocorrência dos diversos ecossistemas nos Cerrados. Tais características determinam a ocorrência desde os campos sujos em solos mais pobres, até os cerradões nas áreas mais férteis (Adámoli, 1986).

A maior parte da região possui o clima do tipo Aw da classificação de Köppen, embora apresente, nas áreas mais elevadas, os tipos climáticos Cwa e Cwb (Brasil & Alvarenga, 1989), possibilitando a adaptação e introdução de diversas espécies vegetais.

De acordo com Adámoli et al. (1986), cerca de 65 % da superfície dos Cerrados recebe entre 1.200 a 1.800 mm de precipitação anual. Porém, essa distribuição é concentrada durante os meses de outubro a abril, caracterizando a ocorrência de duas estações bem definidas: a seca e a chuvosa. O período seco pode atingir de 4 a 7 meses, em aproximadamente 88 % da superfície trazendo sérias limitações à agricultura.

Outra característica climática marcante é a ocorrência de períodos com deficiência e/ou ausência de precipitação, durante a estação chuvosa, conhecidos como veranicos. Em função da sua intensidade e duração, do estágio de desenvolvimento e do ciclo vegetativo da planta e da espécie cultivada, essa peculiaridade climática pode causar significativas reduções de rendimento. Para Cochrane et al. (1988), mais de 60 % da área dos Cerrados é afetada pelos veranicos, e cerca de 28 % é muito susceptível ao fenômeno.

O período de maior probabilidade de ocorrência do veranico vai do final de dezembro ao primeiro decêndio de fevereiro, quando as culturas já

estão instaladas, podendo a interrupção das chuvas chegar a mais de 20 dias, favorecendo o plantio de determinadas culturas menos sensíveis ao estresse hídrico. Ainda, segundo, esses autores, outro fator climático característico dos Cerrados é a intensidade das chuvas, já que podem ocorrer precipitações de até 100 mm em um período de 24 horas, promovendo, na maioria dos casos, um grande efeito erosivo, uma vez que as culturas estão no início do seu estabelecimento e, portanto, com baixa cobertura vegetal.

Em consequência dessas limitações climáticas, Cardoso (1993) recomendou práticas de manejo que diminuam o efeito negativo das mesmas e a adoção de técnicas como a adubação verde que vem a contribuir com o sistema solo-planta-atmosfera, promovendo um melhor desenvolvimento das raízes, reduzindo a perda de água por evapotranspiração, evitando a formação de camadas compactas, e, conseqüentemente, o processo erosivo. Burle et al. (1988) recomendaram a cobertura adequada do solo que, associada à melhor agregação das partículas, controla e/ou reduz a erosão eólica e hídrica causada pelas chuvas de intensidade elevada comuns na região, sobretudo no início da estação chuvosa, quando o solo fica freqüentemente descoberto.

2.1.2. Solos dos Cerrados

Os Latossolos são os solos de maior freqüência (46 %) entre as diversas classes de solo da região (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1981b) e, também são os mais encontrados nas áreas utilizadas com sistemas agrícolas, ocupando amplos chapadões e áreas de topografia suave.

Ao longo do seu processo de formação, esses solos, sofreram intensa lixiviação de bases e sílica, com conseqüente concentração de argilo-minerais do tipo 1:1, principalmente caulinita e óxidos, particularmente, de ferro e alumínio. Portanto, são solos muito intemperizados, com baixa capacidade de

troca catiônica, acidez elevada, alta capacidade de adsorção de fósforo, conseqüentemente com baixa fertilidade natural (Haridasan, 1993; Ker et al., 1992; Malavolta & Kliemann, 1985 e Sousa & Ritchey, 1988).

Em áreas não exploradas, observam-se, para os Latossolos, características físicas favoráveis como, profundidade, friabilidade, elevada porosidade, boa aeração e drenagem, média susceptibilidade à erosão e, como característica principal, uma agregação forte e estável (Ker et al., 1992 e Luchiari Júnior et al., 1986). Esses atributos físicos associados aos relevos plano e suave ondulado da região conferem elevada potencialidade para a agricultura mecanizada, desde que devidamente corrigidas as limitações químicas. Entretanto, a partir da sua incorporação ao processo produtivo, iniciam-se alterações, que podem provocar sérios problemas de degradação, os quais acentuam-se com o manejo inadequado, resultando em compactações, baixa infiltração da água, elevada densidade do solo, erosão, comprometendo inclusive a melhoria da fertilidade.

A baixa capacidade de retenção e disponibilidade de água aliada à baixa estabilidade dos agregados naturais constituem importantes limitações físicas da capacidade produtiva dos solos dos Cerrados. Elas podem ser profundamente agravadas pela destruição de parte da matéria orgânica ou melhoradas através de um adequado manejo da matéria orgânica envolvida no sistema de manejo (Pereira et al., 1992).

Os teores da matéria orgânica na maioria dos solos dos Cerrados situam-se entre 2,0 a 3,0 %, o que é considerado um teor médio (Lopes, 1975 e Mendes, 1972). Pereira & Peres (1986) afirmaram que, como resultados das práticas agrícolas inadequadas, a matéria orgânica pode ser reduzida a níveis críticos. Salientaram que os sistemas de produção adotados deveriam ter um manejo adequado do solo, visando à matéria orgânica, utilizando-se para tanto, da cobertura vegetal, da incorporação dos restos de cultura e do uso da adubação

verde. Essas técnicas são suficientes para, no mínimo, manter ou ativar, a níveis satisfatórios, o teor de matéria orgânica no solo.

O incremento da fração orgânica dos solos sob Cerrados, via adubação verde é fundamental à conservação e melhoria das propriedades físicas e químicas (Resck et al., 1994), com ênfase nessas últimas para o aumento da capacidade de troca catiônica, além de ser o principal reservatório de fósforo desses solos.

Trabalhos conduzidos nos Cerrados mostraram efeitos positivos da incorporação de adubos verdes sobre a manutenção da matéria orgânica. A incorporação de biomassa de diferentes espécies minimizaram a queda no teor da fração orgânica (Farias, 1985; Resck & Pereira, 1981 e Resck et al., 1988) promovida pelas altas temperaturas e pelo preparo intensivo do solos.

Pereira et al. (1992) comentaram que a fração orgânica nos Cerrados é fundamental para minimizar o efeito do veranico. Em solos cultivados e com maior teor de húmus, normalmente as plantas de diversas espécies são menos afetadas pela ação daquele fenômeno.

Resck (1987) atribuiu aos adubos verdes o aumento da capacidade de retenção de água de um Latossolo fase Cerrado. Com a incorporação de restos de mucuna preta no solo obteve, a 1 atm de tensão, um incremento de $0,05 \text{ cm}^3$ de água. cm^{-3} de solo, o que representa cerca de três dias a mais de tolerância ao veranico. Da mesma forma, num Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com mais de quinze espécies vegetais, Resck et al. (1982) verificaram um aumento na capacidade de retenção de água por um período de até sete meses após a incorporação desses materiais.

2.2. Adubação verde

2.2.1. Considerações gerais

Calegari (1987) afirmou ser necessário manter a preocupação quanto ao planejamento do uso dos solos; desenvolver sistemas de plantio e rotação de culturas, incluindo a adubação verde; manter a cobertura sobre a superfície do solo e buscar a integração de diferentes práticas conservacionistas na propriedade agrícola.

Dentro desse aspecto, diversas técnicas, consideradas estratégicas, têm sido incorporadas ao processo produtivo, principalmente aquelas que proporcionam uma melhoria ou manutenção das condições do ambiente. Entre elas, destaca-se a adubação verde. Pereira & Peres (1986) definiram a adubação verde como prática agrícola pela qual plantas apropriadas são incorporadas ou mantidas como cobertura, antes que completem o seu ciclo vegetativo, para manter ou aumentar a capacidade produtiva do solo.

Lal (1986b) considerou a adição regular de resíduos de adubos verdes benéfica para os vários solos e ambientes agroecológicos dos trópicos. Essa adição contribui à conservação do solo e da água, para a melhoria da condição estrutural e para o aumento da atividade biológica e seus efeitos, evitando a degradação acelerada do solo e proporcionando, conseqüentemente, um incremento da produção agrícola.

Apesar de ser uma prática milenar, o interesse pela adubação verde na Região dos Cerrados surgiu somente com o início da crise do petróleo, em 1974, quando os preços dos fertilizantes minerais começaram a subir acima dos níveis até então praticados.

A resposta da adubação verde depende, no entanto, da interação de fatores como a natureza do material utilizado, das condições climáticas locais,

das características do solo, da cultura principal e dos sistemas de produção empregados (De-Polli & Chadas, 1989 e Lal, 1986a).

O uso de adubos verdes nos sistemas agrícolas tem como vantagens: fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, no caso de leguminosas; reciclagem e solubilização de nutrientes; manutenção e/ou incremento do teor de matéria orgânica; condicionamento físico e químico do solo para melhor enraizamento das plantas e infiltração da água no solo; diminuição da amplitude térmica do solo; melhoria da atividade biológica do solo; controle das plantas daninhas, pragas e doenças; e o controle da erosão, através da cobertura do solo, dado pela interceptação das gotas de chuvas diminuindo, dessa forma, sua energia de impacto no solo.

O incremento da fertilidade natural, geralmente baixa nos solos sob Cerrados, é outro benefício dos adubos verdes nesta região, à medida que resulta na economia de fertilizantes, especialmente os nitrogenados e fosfatados (Pereira et al., 1992 e Sabadin, 1984).

As leguminosas são preferidas como adubo verde por apresentarem, além da capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico, uma relação C/N que facilita a ação dos microrganismos na sua decomposição, além de apresentarem um sistema radicular profundo e bem ramificado que permite maior extração e reciclagem de nutrientes (Halliday, 1982; Miyasaka, 1984 e Sabadin, 1984).

2.2.2. Características dos adubos verdes utilizados nos Cerrados

Apesar da importância da adubação verde, essa prática conservacionista é ainda pouco utilizada e estudada nos solos sob Cerrados, necessitando-se, assim, de informações básicas como: espécies mais adequadas, características fenológicas e exigências dessas espécies (época de semeadura,

população e espaçamento).

Os poucos trabalhos com o objetivo de selecionar os adubos verdes, indicados para os Cerrados (EMBRAPA, 1979a e Neme, 1940) levaram Pereira & Kage (1980) a recomendar a mucuna preta, as crotalárias (*C. juncea*, *C. paulina*), o feijão de porco, o guandu e o lab-lab como os mais indicados.

Atualmente, dentre as diversas leguminosas usadas para adubação verde na Região dos Cerrados destacam-se, como as mais promissoras, as de origem tropical: mucuna preta (*Mucuna aterrima*); mucuna anã (*Mucuna deeringiana*); guandu (*Cajanus cajan*); crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria anagiroides*, *Crotalaria spectabilis*); feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*); lab-lab (*Dolichos lablab*); feijão de porco (*Canavalia ensiformis*); estilosantes (*Stylosanthes guianensis*), conforme investigações de Burle et al. (1988, 1989), Pereira (1988), Pereira & Peres (1986) e Pereira et al. (1992).

Dentro do gênero *Mucuna*, várias espécies são recomendadas para adubação verde. A mucuna preta é aquela mais difundida nos Cerrados brasileiros. Em parte, em função do seu centro de origem - África ou Ásia -, exibe um rápido desenvolvimento vegetativo nos Cerrados (Pereira, 1982 e Pereira & Kage, 1980). Constitui-se numa leguminosa de ciclo anual ou bianual, herbácea, de hábito de crescimento trepador e muito agressiva. Floresce e frutifica de maneira variável, porém, não possui reação fotoperiódica (Pereira & Kage, 1980 e Sabadin, 1984). Desenvolve-se bem em condições de deficiência hídrica nesse ecossistema. Burle et al. (1988) demonstraram, também, sua acentuada rusticidade, em condições de temperaturas altas.

No gênero *Crotalaria*, várias espécies foram introduzidas, testadas e descartadas no bioma Cerrados. As espécies *C. juncea* e *C. ochroleuca* destacam-se pela rusticidade e pela alta produção de fitomassa.

Originária no subcontinente indiano, a *Crotalaria juncea* é cultivada em muitos países para a produção de fibras (Purseglove, 1968). Introduzida inicialmente no Brasil com o mesmo objetivo e em seguida destinada como planta melhoradora do solo (Medina, 1959), atualmente, é uma das espécies mais utilizadas como adubo verde nos Cerrados (Pereira, 1988). Em geral, possui resposta ao fotoperíodo, comportando-se como plantas de dias curtos (Purseglove, 1968).

Segundo Whyte et al. (1953), essa espécie de crotalária apresenta as seguintes características botânicas: ciclo anual; planta ereta de crescimento e determinado, podendo crescer até três metros de altura e folhas unifoliadas.

De outra forma, a *Crotalaria ochroleuca*, proveniente da região tropical africana e comumente cultivada na África como adubo verde (Rupper, 1987), foi introduzida recentemente na Região dos Cerrados. É uma espécie de porte ereto, lenhosa, anual, de altura variando de 0,5 m a 2,7 m. As folhas são trifoliadas, apresentando inflorescência em racemo e flores de coloração variando de amarelo a alaranjado (Minjas, 1987). Um dos atributos da *C. ochroleuca* é a sua habilidade em desenvolver-se em solos quimicamente pobres e com baixo teor de matéria orgânica (Salema, 1987).

Sibuga (1987) mencionou que a *C. ochroleuca* é habitualmente utilizada como componente de sistemas de cultivos no sul da Tanzânia, particularmente na região tropical de Ruvuma. Essa espécie tem sido incorporada aos sistemas de produção agrícola por ter grande habilidade de reciclagem de nutrientes, fixação do nitrogênio atmosférico e de controle de plantas daninhas. Rupper (1987) informou que a *C. ochroleuca* possui um efeito supressor de ervas daninhas, especialmente no controle de *Digitaria* spp e *Cynodon* spp. O efeito da interferência foi observado por até três anos nas áreas agrícolas.

De origem controversa - Ásia ou do leste da África - o guandu (*Cajanus cajan*), também denominado guando, feijão guandu entre outros, está

distribuído por muitas regiões tropicais (Maesen, 1990). É uma das leguminosas forrageiras mais comumente semeadas nas regiões tropicais e subtropicais, até mesmo em regiões áridas e semi-áridas, sendo encontrada desde o nível do mar até 1.800 m de altitude. Adaptada a ampla faixa de precipitação, mostra-se resistente a seca, porém muito sensível à geada (Mitidieri, 1983; Seiffert & Thiago, 1983 e Whyte et al., 1953). De ciclo anual ou perene, apresentando caule lenhoso e sendo muito ramificado, é quase sempre sensível ao fotoperíodo, tendo resposta quantitativa ao florescimento em dias curtos (Summerfield & Roberts, 1985). Desenvolve-se melhor em temperaturas mais elevadas (Skerman, 1977) suportando condições extremas de desidratação (Teixeira et al., 1983). Na estação seca, sob condições de Cerrados, torna-se caducifólia devido à severa deficiência hídrica imposta na região neste período (Pereira, 1992).

Conforme destacaram diversos autores (Edwards, 1981; Gomes, 1977; Johansen, 1990 e Kok et al., 1946), o nível de fertilidade dos solos não parece ser um sério fator limitante à adaptação do guandu, sendo considerada uma planta pouco exigente neste aspecto. Tal observação foi confirmada por Morton (1976). Esse pesquisador verificou baixa resposta dessa espécie à aplicação de fertilizantes.

O guandu cresce e desenvolve-se bem em solos cujo pH varia entre 5,0 e 8,0 (Dalal & Quilt, 1977 e Johansen, 1990). Em solos ácidos o seu crescimento é profundamente afetado por níveis tóxicos de alumínio (Abruna et al., 1984), porém mostra-se bem adaptado às condições dos Cerrados brasileiros (Tanaka, 1981). Por apresentar um sistema radicular pivotante e bem desenvolvido, que atinge, segundo Inforzato (1947), a profundidade de até três metros, é considerado como uma espécie de elevada resistência a períodos prolongados de seca.

2.2.3. Parâmetros ecofisiológicos dos adubos verdes

A introdução de plantas exóticas em determinada região tem como finalidade tanto o estudo do comportamento agrônomo da espécie como a recomendação e o emprego das mesmas dentro dos sistemas agrícolas regionais. Para Rocha (1971), o fundamental na introdução de plantas não é, em sua essência, limitar-se ao plantio de determinada espécie, mas verificar a sua adaptabilidade às condições locais para melhor manejar a interação entre o genótipo e o ambiente.

Nas leguminosas tropicais, existe ampla diferença entre a taxa de desenvolvimento atual e a potencial dessas espécies (McWilliam & Dillon, 1987), diferença essa, promovida pela falta de otimização da interação genótipo x latitude/época de plantio x densidade populacional (Lawn & Williams, 1987).

Existem oportunidades de melhorar o rendimento em biomassa mediante estratégias agrônomicas que aceitem as implicações da plasticidade fenotípica e que busquem aperfeiçoar as práticas agrícolas como a época e a densidade de semeadura, para explorar, com maior eficiência, o potencial de produção e ampliar a adaptação das espécies. Lawn (1983) assegurou esse fato certificando que a manipulação da interação entre a espécie e a época de plantio é um forte instrumento para avaliar e melhorar a capacidade agrônoma de plantas leguminosas tropicais.

Normalmente para a *C. juncea*, *C. ochroleuca* e *C. cajan*, o alongamento das noites favorece a indução ao florescimento. Por esse motivo, o desenvolvimento fenológico é afetado pela interação fotoperíodo x temperatura, e, assim, pela época de semeadura e latitude (Spence & Williams, 1972 e Wallis et al., 1981). Wallis et al. (1979) atribuíram a essa interação uma redução no desenvolvimento vegetativo do guandu, à medida que se atrasa a época de semeadura.

Por outro lado, há materiais genéticos que são pouco influenciados por essas interações. Pesquisas conduzidas por Jitendra-Mohan (1974), na Índia, indicaram a existência de materiais de *C. juncea* que não são afetadas pelo fotoperíodo. Semeaduras estabelecidas em distintos espaços de tempo não afetaram significativamente o desenvolvimento da crotalária nem os dias para o florescimento, que variou de 30 a 35 dias após a emergência.

Aponte & Salas (1984) detectaram a influência do fotoperíodo no desenvolvimento fenológico de guandu, na Venezuela. Para a variedade Yaracuy, o ciclo decresceu de 130 dias para 110 dias, quando semeado em outubro e dezembro, correspondentemente. Essa variação foi atribuída a sua condição de ser muito sensível às mudanças do período de luz do dia e da temperatura. Já para a variedade Portuguesa, recomendam a semeadura no período compreendido entre 15 de outubro a 15 de dezembro. Não recomendaram a semeadura anterior a esse período em função do aumento do período vegetativo da variedade e nem tampouco posterior a esse intervalo, devido a precipitação elevada quando na época da colheita.

Pesquisas conduzidas por Riollano et al. (1962), ao longo do ano agrícola de 1954-55, em Porto Rico, mostraram a ação fotoperiódica sobre o desenvolvimento do guandu cv. Kaki. Semeando o guandu em onze épocas diferentes, constataram uma redução linear em relação ao tamanho de plantas e ao tempo para o florescimento, à medida em que se retardou a data de semeadura durante o transcurso do ano agrícola.

Hammerton (1976) executou ensaios, em Trinidad, ao longo do ano de 1972, para examinar o efeito de épocas de semeio sobre os componentes de crescimento do guandu. Ao longo das treze épocas de semeio, os componentes foram largamente afetados pelo comprimento do dia e pela intensidade de luz. Anteriormente ao florescimento, a altura das plantas foi incrementada linearmente

com o encurtamento do dia. O tempo para florescimento foi reduzido com o semeio em épocas consideradas como marginais ao estabelecimento do guandu.

Wallis et al. (1981) notaram, na Índia, a preponderância do fotoperíodo no crescimento e desenvolvimento de variedades tardias de guandu, manifestando um efeito no comprimento da fase vegetativa da planta. Observaram, conforme ocorria o atraso na semeadura, uma diminuição acentuada na altura das plantas, chegando a diminuí-la em torno de até três vezes a máxima obtida.

Variedades de guandu de crescimento determinado alto ou baixo podem ser manejadas de acordo com a data de semeadura, em Trinidad. A resposta fotoperiódica favorece essa condução, segundo Spence & Williams (1972). As variedades altas, usualmente semeadas em maio e no começo de junho, podem ser colhidas manualmente. As baixas, quando semeadas em dezembro e sobre condições de indução do florescimento em dias curtos, produzem plantas pequenas que favorecem o seu crescimento e a colheita mecanizada.

Chauhan (1990) e Chauhan et al. (1987) citaram que, por ser o guandu sensível ao fotoperíodo, quando a semeadura é realizada tardiamente às condições indianas, sucede um menor crescimento vegetativo já que o florescimento é antecipado. Já no leste da África, em baixas latitudes, as mudanças no comprimento do dia são muito pequenas e por essa razão não induzem o florescimento ou a redução do período vegetativo, podendo semear o guandu em diversas épocas do ano (Chauhan, 1990).

No subcontinente indiano, principal região mundial no cultivo do guandu, o semeio em épocas não adequadas geralmente resulta em redução da produção. De acordo com Dahiya et al. (1974) e Singh & Saxena (1981), o declínio da biomassa produzida deve-se à ação do fotoperíodo sobre o período da pré-floração e conseqüentemente ao menor crescimento das plantas.

A escolha da época adequada de semeadura tem sido levada em consideração, em Patancheru, na Índia, no estabelecimento da cultura do guandu. A semeadura recomendada entre abril e junho tem produzido cerca de 15,0 a 17,0 t.ha⁻¹ de biomassa verde, enquanto a semeadura realizada durante o mês de junho a produção alcança apenas 5,0 a 6,0 t.ha⁻¹, além de reduzir a matéria seca e a produção de sementes (Chauhan, 1990). Srivastava (1984) testou três variedades de guandu, em três épocas de semeadura e encontrou uma redução no rendimento à medida em que atrasou o semeio. Estudos de Puste & Jana (1990) demonstraram o mesmo efeito. A data de semeadura influenciou significativamente a produção de matéria seca de folhas, caule e vagens. O atraso da semeadura, em relação à época recomendada (setembro) reduziu a produção de massa seca.

Um experimento foi conduzido, na Índia, com seis cultivares de guandu e em três épocas de semeio, sendo, em fevereiro, junho e setembro de 1984 com o propósito de encontrar modificações morfológicas (Balakrishnan & Natarajaratnam, 1989a). O retardo da semeadura ocasionou o atraso no aparecimento da primeira flor, no tempo para ocorrer 50 % do florescimento e na diminuição matéria seca acumulada. Em experimento semelhante, Balakrishnan & Natarajaratnam (1990) confirmaram esses resultados. Foi encontrado, no primeiro semeio, em fevereiro de 1984, a altura máxima e o maior desenvolvimento das plantas. A matéria seca acumulada foi maior, também, na primeira semeadura. O aparecimento da primeira flor e o tempo para atingir 50 % do florescimento decresceu progressivamente com o retardo da semeadura.

Sinha & Bhattacharya (1982) concluíram que o atraso da semeadura, na Índia, trouxe desvantagens ao guandu. Cultivando essa espécie em julho, agosto e setembro determinaram redução no crescimento e no rendimento da cultura. Kayande (1983), comparando dois cultivares de guandu em três épocas de semeio, confirmou que o atraso na semeadura causou perdas no rendimento, provavelmente em função do fotoperíodo. Os dados observados em Gayeshpur,

Índia, por Sinha et al. (1989) revelaram um progressivo aumento no desenvolvimento do cultivar Rabi 20, com o atraso da semeadura, discordando das observações daquelas pesquisas. Durante os anos agrícolas de 1981-82 e 1982-83, os melhores rendimentos foram aqueles obtidos em outubro, seguido dos de setembro e, por último, os de agosto.

Dwivedi & Patel (1988), Rana & Malhotra (1992) e Singh & Kaira (1989) também estudaram o efeito da época de semeadura do guandu e verificaram que o atraso da semeadura provocou a diminuição da estatura da planta e na produção da matéria seca.

Tayo (1985) realizou trabalho em Ibadan, Nigéria, com o *C. cajan* e afirmou que a produção de matéria seca da parte aérea e radicular, área foliar, número de folhas e vagens e altura do caule foram maiores na segunda época de semeadura, ou seja, no mês de julho.

Baseados em alguns trabalhos sobre épocas de semeadura, Akinola & Whiteman (1975a) afirmaram que as respostas vegetativas têm sido consideradas em termos de estatura de planta. Devido principalmente a fatores climáticos, notadamente o padrão de distribuição de chuvas nos trópicos, apenas uma estreita faixa de épocas de semeadura tem sido explorada nessa região. Entretanto, o guandu pode ser cultivado em condições climáticas marginais porque apresenta tolerância à seca e habilidade em utilizar a umidade residual durante a estação seca (Manrique, 1993).

Um estudo de adaptação de genótipos de *C. cajan* em Alfisols e Vertisols, no ICRISAT, Índia, foi realizado em 1987 a 1989. Em ambos os solos, o índice de crescimento e desenvolvimento foi melhor para os semeios realizados no tempo recomendado - junho - do que os semeios em datas consideradas como tardias (agosto), para os três anos averiguados (Chauhan et al., 1993). Em outro trabalho efetuado por Nam et al. (1993), num Alfisol indiano, os resultados observados foram ao encontro aos citados anteriormente. O crescimento e

rendimento de seis genótipos de guandu sofreram maior redução com o atraso do semeio e apresentaram, ainda, distribuição não uniforme da matéria seca e do florescimento.

Segundo Bishnoi et al. (1991), diferenças ambientais promovem variações nas fases fenológicas do guandu. Num ensaio compreendendo quatro datas de semeaduras (5/6; 20/6; 5/7 e 20/7) e com os cultivares H80-110; UPAS 120 e Manak, comprovaram essas variações na Região de Hisar, Índia. A massa, a altura e a matéria seca da planta, a área foliar e o florescimento decresceram à medida que a semeadura foi estendida.

A época de semeadura varia de região a região para as condições brasileiras. O Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (1987) recomendou, às condições edafoclimáticas de São Paulo, que a semeadura da *C. juncea* seja executada de outubro a novembro para produção de fibras, admitindo semeaduras até março ou abril para a produção de sementes. Nesses meses, as plantas ficam de porte reduzido e produzem menos biomassa pela elevada sensibilidade da espécie ao fotoperíodo. Estabeleceram um período mais amplo de semeadura à mucuna preta, que variou de outubro a fevereiro. Para o guandu, outubro a janeiro é o intervalo mais favorável para produção de fitomassa. Semeaduras mais tardias resultam em redução da estatura e do desenvolvimento das plantas.

Em Pindorama, São Paulo, Lovadini & Mascarenhas (1974) conduziram um estudo preliminar sobre épocas de semeio para o guandu Kaki, comparando seis épocas: primeira quinzena de outubro, de novembro, de dezembro, de janeiro, de fevereiro e de março. Nas semeaduras de outubro, novembro, dezembro e janeiro, a floração iniciou-se em abril. Nas três primeiras épocas de semeadura, a diferença de florescimento entre elas foi de apenas seis dias, enquanto à quarta, quinta e sexta épocas as diferenças foram, respectivamente, de 16, 30 e 78 dias, com relação ao florescimento da primeira época.

Nakagawa (1984) transcreveu o trabalho por ele realizado em São Manuel, São Paulo, onde estudou o comportamento do guandu em quatro épocas de semeaduras, no período de outubro a novembro. Constatou que o atraso na época de semeadura reduziu a produção de fitomassa verde. Também Lovadini et al. (1970) averiguaram que a *C. juncea*, semeada em novembro de 1967, produziu 39,0 t.ha⁻¹ de fitomassa verde enquanto os semeios realizados em fevereiro, março e abril do ano seguinte renderam, correspondentemente, 4,0; 2,0 e 3,0 t.ha⁻¹.

Medina (1959) apontou que a época de semeadura adequada da *C. juncea* variou para sete localidades do Estado de São Paulo, durante três anos consecutivos de ensaios. Todavia, de maneira geral, a crotalária desenvolveu-se melhor quando semeada mais precocemente. Por ocasião da coleta, efetuada em plena floração, foram obtidas, em média, as produções de 38,2; 34,6; 29,8 e 26,2 t.ha⁻¹ de massa aérea verde nas datas de 15/10; 30/10; 15/11 e 30/11, relacionadamente.

Salgado et al. (1984) indicaram, às condições do Estado de São Paulo, que a semeadura mais recomendada da *C. juncea* deve ser efetuada a partir de 15 de outubro estendendo-se até o início de dezembro, quando destinada à produção de fibras. Quando o objetivo é a adubação verde, o mês mais indicado é o mês de outubro, e o mais cedo possível, a fim de haver tempo suficiente para a decomposição da fitomassa verde antes da realização de um novo semeio, no mesmo ano agrícola. Fornasier Filho et al. (1989) constataram a interferência de épocas de semeadura sobre o comportamento da mucuna preta, *C. juncea* e guandu. A mucuna preta não mostrou sensibilidade a variação temporal de semeadura, não diferindo estatisticamente a sua produção de matéria seca quando semeada em outubro, novembro, dezembro ou janeiro. As produções de matéria seca do guandu e da *C. juncea* reduziram com o atraso da semeadura. Os três cultivares de guandu apresentaram, na primeira e segunda épocas de semeadura,

produções de matéria seca significativamente superiores a mucuna preta, constituindo-se na melhor opção de semeadura nestas épocas.

Souza (1953), visando constatar quais leguminosas seriam as mais indicadas para adubação verde nos canaviais do Estado de São Paulo e em que épocas deveriam ser semeadas, investigou o comportamento de nove espécies em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). Inferiu que as várias espécies tiveram comportamentos semelhantes nas duas épocas e que, em média, a *Crotalaria juncea* sobressaiu com rendimentos de $54,2 \text{ t.ha}^{-1}$ de massa verde, enquanto a mucuna preta apresentou $31,8 \text{ t.ha}^{-1}$ e o guandu $33,4 \text{ t.ha}^{-1}$. A passagem da semeadura de novembro a janeiro não interferiu na produção de massa verde apenas da mucuna preta, afetando negativamente a produção da crotalária e do guandu.

Informações relatadas por Almeida (1989) indicaram que o guandu deve ser semeado, preferencialmente, de outubro a novembro para uma condução adequada como espécie destinada à adubação verde. Em trabalho realizado posteriormente Wildner & Dadalto (1991) avaliaram e selecionaram espécies de adubos verdes de verão para a região oeste de Santa Catarina. Concluíram que tanto a *C. juncea* como o guandu devem ser semeados entre setembro e novembro para produzirem maiores quantidades de matéria seca aérea e possam produzir sementes com relativa segurança.

Recentemente, Calegari (1995) aconselhou às condições encontradas no Paraná a semeadura de *C. juncea* entre os meses de setembro e dezembro. Aludiu ao fato que semeios realizados em janeiro e fevereiro encurtam o ciclo, normalmente com prejuízos na produção de biomassa.

Manhães & Cruz Filho (1983) trabalhando com o guandu, *C. juncea* e a mucuna preta, em Macaé, RJ, constataram ser os meses de setembro e outubro adequados ao semeio destas leguminosas com vistas à adubação verde dos canaviais da região.

Albuquerque et al. (1980) fizeram uma avaliação do comportamento de seis leguminosas semeadas em três épocas diferentes no Nordeste do Brasil. Todas as espécies, inclusive a mucuna preta, guandu e *C. juncea*, atingiram a maior produção de massa verde em abril do que quando semeadas em março e maio. Esse dado indicou o mês de abril como o mais recomendado para o semeio dessas leguminosas.

Um dos fatores limitantes à adubação verde na Região dos Cerrados é a época de semeadura, uma vez que o agricultor não pode deixar de cultivar sua área com outras culturas que não econômicas. Assim, a utilização de adubos verdes na época adequada, aos sistemas de cultivos, constitui-se em uma alternativa promissora sob os aspectos técnico e econômico. Uma estratégia para esse fim é a semeadura dos adubos verdes no final do período chuvoso. Burle et al. (1988) concluíram que para se adequarem a este sistema, os adubos verdes devem ter crescimento inicial rápido e muita resistência à seca, pois nos Cerrados é comum a ocorrência de até cinco meses sem precipitação. Conforme descreveram Burle et al. (1988) e Pereira et al. (1992), a mucuna preta e o guandu são indicadas para a semeadura nesse período por apresentarem um sistema radicular que favorece a extração de nutrientes e de água das camadas mais subsuperficiais.

Outra observação relacionada a essa idéia foi descrito por Pereira (1982) e Pereira & Kage (1980). Nesses trabalhos, os autores recomendaram o semeio da mucuna preta desde o início das chuvas ao final do mês de março, para aquela região.

Nos Cerrados mineiros de Uberaba, com o objetivo de aproveitar o período de entressafra e de dar uma melhor utilização às áreas destinadas a semeadura de milho para silagem, Gonçalves et al. (1983) conduziram um experimento com guandu para testar diversas épocas de semeadura. Os semeios, realizados em 2/2; 17/2; 5/3; 18/3 e 7/4/1982, exibiram uma produção média de

matéria seca de 9,7; 7,7; 12,3; 6,9 e 3,1 t.ha⁻¹, relacionadamente. As produções nos semeios em 2/2; 17/2; 18/3 e 7/4 não diferiram estatisticamente entre si.

Pereira (1985) e Pereira & Sharma (1984) fizeram referências sobre a época recomendada à semeadura do guandu na Região do Brasil Central. Para eles, o guandu deve ser semeado no início do período chuvoso. Os semeios realizados após dezembro têm crescimento e desenvolvimento reduzidos, por diminuição de chuvas no período crítico de desenvolvimento da planta e por fotoperíodo desfavorável. Analisando o comportamento da *C. juncea* de ciclo curto, esses autores designaram o melhor intervalo de tempo à semeadura como sendo o período do início das chuvas até o final do mês de dezembro.

2.2.4. Florescimento das espécies de adubos verdes

Certas espécies de plantas passam da fase vegetativa para a fase reprodutiva, fase esta denominada de indução floral, somente quando expostas a ciclos fotoperiódicos de duração determinada. As crotalárias são dadas como sensíveis ao fenômeno (Purselove, 1968). O *C. cajan*, também, é quase sempre sensível ao fotoperiodismo (Summerfield & Roberts, 1985), contudo, possuem materiais insensíveis a este fenômeno (Ariyanayagam & Spence, 1978). Segundo Pereira & Kage (1980) e Sabadin (1984), a mucuna preta não possui reação fotoperiódica.

O tempo para atingir o florescimento varia acentuadamente com o genótipo, latitude e data de semeadura. A extensão do desenvolvimento vegetativo anterior ao florescimento varia na mesma proporção, sendo necessário o conhecimento desse dado para melhor manejar os adubos verdes. Vários autores recomendam, pelo fato da planta estar no máximo do seu desenvolvimento fisiológico, o manejo do adubo verde nesta fase (Calegari, 1995; Igue et al., 1984 e Miyasaka, 1984). Além disto, pode-se evitar a infestação de uma espécie não

desejada, por impedir a conclusão do seu ciclo normal. Por outro lado, em função do sistema agrícola adotado (Burle et al., 1989, 1990 e Pereira & Kage, 1980), das finalidades outras da utilização do adubo verde tais como uso alelopático, controle de ervas daninhas (Rodrigues et al., 1992) e do próprio desenvolvimento fisiológico (Bulisani et al., 1987), os adubos verdes podem ser manejados em outras fases fenológicas.

Dalal (1980) e Wijnberg & Whiteman (1985) certificaram que mais da metade da matéria seca total e dos nutrientes do guandu é acumulada entre o florescimento e a maturação da planta. Dhingra et al. (1981) e Pandey (1981) observaram, para variados genótipos de guandu, que o índice da área foliar e o acúmulo de matéria seca continuaram a crescer mesmo após o florescimento. Em muitos materiais, cerca de 50 a 80 % da matéria seca foi produzida após o início do florescimento.

Em 1937, Singh et al. conduziram um ensaio, sob condições controladas de luminosidade, para definir o fotoperíodo e avaliar o desenvolvimento da *C. juncea*. A exposição variou de exposições subnormais (1 hora), passando por exposições normais (11 horas), até supra-exposições de até 24 horas de luz. O período adequado de luz permaneceu na zona de 16 a 20 horas, para obter o ótimo rendimento da cultura. Mencionaram, também, que com o aumento da luminosidade ocorreu um retardamento à ocorrência do florescimento e que abaixo de seis horas diárias de luminosidade não ocorreu indução floral.

Em Porto Rico, Riollano (1964) notou que variedades de guandu dependiam de dias curtos para o florescimento e formação de sementes. Nesse local, Killinger (1968) informou sobre a variabilidade de florescimento de cultivares de guandu e que ele é afetado pela época de semeadura. A maioria das variedades florescem com dias de 11 horas e trinta minutos de comprimento. Contudo, o cultivar Amarillo floresce em qualquer estação do ano. O autor acrescentou que, em geral, esse cultivar requer de quatro a cinco meses de

crescimento vegetativo antes que o florescimento ocorra, independentemente do comprimento do dia.

O guandu, como a maioria das leguminosas tropicais, é descrito, em termos gerais, como uma espécie influenciada pelo termoperíodo (Summerfield & Roberts, 1985). Em regressões obtidas por Akinola & Whiteman (1975a), a razão da velocidade de florescimento está fortemente associada com temperaturas abaixo do termoperíodo crítico.

Troedson et al. (1990) mencionaram que genótipos de guandu testados ao longo do ano, na Austrália, apesar de não responderem ao fotoperíodo, foram muito sensíveis a variação da temperatura. O material UQ 39 floresceu mais rapidamente quando o semeio foi realizado em condições de temperaturas baixas, enquanto o Prabhat comportou-se de maneira inversa, ou seja, a semeadura em condições de baixa temperatura atrasou o seu florescimento. Usando genótipos com ampla variabilidade, Mcpherson et al. (1985) concluíram que o efeito da temperatura foi mais importante que o comprimento do dia. Em todos os genótipos testados, o grau de florescimento demonstrou uma ampla resposta à temperatura. O florescimento foi mais rápido quando as temperaturas variaram na faixa de 20 a 28°C. Turnbull & Ellis (1987) reportou similar resultado para genótipos precoces. Demonstrou, inclusive, que a temperatura ótima para a iniciar a floração foi mais baixa do que para promover o desenvolvimento floral entre a pré-antese e a antese.

Mohamed & Ariyanayagam (1983), estudando o efeito do fotoperiodismo sobre seis genótipos de guandu, observaram que nem todos os materiais apresentaram resposta ao fenômeno. As respostas, também, foram variáveis em função da temperatura usada. O cultivar D₀ floriu mais cedo quando exposto a dias curtos sobre alta temperatura do que quando submetido a temperaturas mais amenas.

Abrams & Juliá (1973) estudaram o efeito da época e da densidade de semeadura sobre o florescimento do guandu cv. Kaki. O número de dias para o florescimento foi afetado significativamente pelas datas de semeadura, mas não pelos espaçamentos ou pelas populações empregadas. O guandu, semeado em abril, requereu 225 dias da emergência ao florescimento. O semeio realizado em outubro requereu somente 131 dias.

Em Santa Catarina, Wildner & Dadalto (1991), numa coleção de adubos verdes, relataram que os dias para atingir o florescimento da *C. juncea* variou de 107 a 157 dias. O guandu teve a sua floração num período mais estreito, variando de 107 a 129 dias.

2.2.5. Parâmetros de produção dos adubos verdes

Os rendimentos da biomassa vegetal variam com o genótipo, condições edafoclimáticas e épocas de semeadura, além, do manejo empregado pelo homem.

O estresse hídrico afeta diversos parâmetros do desenvolvimento de uma planta (Awad & Castro, 1983). Os efeitos do déficit hídrico sobre os componentes de produtividade dependem, principalmente, da intensidade do processo, da sua duração e da época que atua sobre uma determinada cultura (Muchow, 1985). Neste sentido, Wilson & Muchow (1983) relacionaram o efeito de condições de estresse com a produção de matéria seca de algumas leguminosas tropicais. Verificaram que a produção de matéria seca e a área foliar do guandu foram reduzidas sob condições de estresse. A área foliar decresceu a valores de 49 a 52 %. A produção de matéria seca foi reduzida menos drasticamente, com valores encontrados de 38 a 51 %.

Com o objetivo de avaliar esse efeito, Burle et al. (1990) conduziram um ensaio para identificar e avaliar 52 espécies de adubos verdes

num Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso dos Cerrados do Distrito Federal. O ensaio foi conduzido no final da estação chuvosa durante os anos de 1987 e 1988 e as precipitações durante a condução das ações de pesquisa foram de 145 e 165 mm, correspondentemente. Dentre as espécies que sobreviveram e produziram massa seca relevante, destacaram-se a *Canavalia brasiliensis*, a mucuna preta e quatro variedades de guandu, entre eles o cultivar Kaki. A produção de fitomassa seca da mucuna foi de 2.854 e 2.399 kg.ha⁻¹, em 1987 e 1988, relacionadamente. O guandu Kaki sobreviveu apenas no primeiro ano, produzindo uma fitomassa seca de 1.642 kg.ha⁻¹.

Burle et al. (1991) analisaram essas espécies num ambiente climático semelhante do ensaio anterior, no entanto, em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Aos 86 dias, no início do florescimento, mediram uma produção da matéria seca de 4.718 kg.ha⁻¹, para a mucuna preta. No florescimento do guandu, ocorrido aos 73 dias após a emergência, encontraram um rendimento de 3.942 kg.ha⁻¹ de matéria seca, rendimentos, esses, considerados apropriados para a semeadura realizada em condições marginais.

O comportamento da mucuna preta e do guandu, quando semeados em março de 1989 e 1990, proporcionaram menores rendimentos de matéria seca (Burle et al., 1994a). Alegaram que tais produções foram devidas a menor disponibilidade de água para o estabelecimento dos materiais. O guandu produziu, respectivamente, 1.087 e 2.323 kg.ha⁻¹ em 1989 e 1990. A mucuna rendeu 2.346 kg.ha⁻¹ em 1989 e 5.463 kg.ha⁻¹ em 1990.

Resultados apresentados por Amabile (1993) mostraram uma variabilidade na produção de massa seca e florescimento em função da época de semeio dos adubos verdes em Senador Canedo, Goiás. Observou que a *C. juncea*, mucuna preta e guandu cv. Kaki, plantadas em fevereiro de 1990, produziram na época de florescimento, aos 47, 88 e 84 dias, a fitomassa seca de 4,98; 3,94 e 5,02 t.ha⁻¹, respectivamente. Na coleção semeada em março de 1993, a *C. juncea* floriu

aos 58 dias com uma produção de fitomassa verde de 29,4 t.ha⁻¹ e 4,26 t.ha⁻¹ de matéria seca. A mucuna floriu aos 97 dias produzindo 24,3 e 4,93 t.ha⁻¹ de fitomassa verde e seca, respectivamente. Por sua vez, o florescimento do guandu Kaki ocorreu aos 105 dias após a emergência, produzindo 23,1 t.ha⁻¹ de fitomassa verde e 6,15 t.ha⁻¹ de matéria seca.

Com a introdução da *Crotalaria ochroleuca* no Brasil Central, Amabile (1993) avaliou essa espécie como sendo um material promissor. Quando semeada em fevereiro de 1991 registrou o florescimento aos 81 dias, com um rendimento de fitomassa verde de 21,2 t.ha⁻¹. Na semeadura realizada em março de 1993, floriu aos 81 dias após a emergência e originou 18,7 t.ha⁻¹ de massa verde e 4,59 t.ha⁻¹ de massa seca.

Carvalho (1994) avaliou o comportamento, no florescimento, de alguns adubos verdes semeados em março, em Senador Canedo-GO. Referiu que a *C. juncea* apresentou uma produção de fitomassa verde (32,2 t.ha⁻¹) significativamente superior ao guandu cv. Kaki (27,6 t.ha⁻¹), à mucuna preta (26,3 t.ha⁻¹) e à *C. ochroleuca* (21,1 t.ha⁻¹). Em relação à matéria seca, sobressaiu o guandu (8,9 t.ha⁻¹), prosseguido pela mucuna (8,5 t.ha⁻¹) e, por último, tendo o mesmo rendimento a *C. juncea* e *C. ochroleuca* (5,9 t.ha⁻¹).

As análises dos dados de pesquisa demonstram a variabilidade do desenvolvimento das espécies em função do ambiente. Em Goiânia, Chagas et al. (1987) conseguiram produções de 3,3 t.ha⁻¹ de matéria seca quando o semeio da *C. juncea* foi realizado em outubro. Nesse mesmo mês de semeadura, Sharma et al. (1982) conseguiram, em Brasília, rendimentos de 10,5 t.ha⁻¹ para a *C. juncea*. O guandu rendeu 5,7 t.ha⁻¹ e a mucuna preta 6,7 t.ha⁻¹. Em uma população de 700.000 plantas.ha⁻¹, Castro & Guimarães (1982) encontraram, na floração do guandu semeado em setembro, um rendimento de 18,3 t.ha⁻¹ de fitomassa verde e 4,9 t.ha⁻¹ de matéria seca. Trabalhos realizados na EMBRAPA-CPAC, em Planaltina-DF, mostraram que o guandu semeado em outubro e novembro

proporcionou produções de fitomassa bem superiores a semeadura realizada em fevereiro (EMBRAPA, 1981a).

Costa (1989) avaliou quatro cultivares de guandu, semeados em fevereiro, para as condições edafoclimáticas de Vilenha e Presidente Médici, em Rondônia. Os rendimentos de biomassa, no florescimento, foram considerados bastante satisfatórios somente para o primeiro local, com uma média de 11,5 t.ha⁻¹. Em Vilenha, o rendimento médio foi de apenas 6,5 t.ha⁻¹. Em Porto Velho, Costa & Alves (1988) obtiveram, para os mesmos cultivares, um rendimento médio de 6,2 t.ha⁻¹. Testando outras variedades introduzidas em Presidente Médici naquela mesma data de semeadura, Costa & Oliveira (1992) apontaram rendimentos de biomassa verde variando de 15,4 a 17,1 t.ha⁻¹.

A determinação de fitomassa, produzida pela parte aérea, é um dos parâmetros morfoagronômicos muito usado na avaliação de espécies de adubos verdes. É tida como eficaz para verificar a capacidade de transformação da energia lumínica em química e do potencial de extração e reciclagem de nutrientes. Segundo Herrera et al. (1976), a produção de fitomassa verde do guandu, em condições climáticas favoráveis no estágio de floração, pode atingir 57,0 t.ha⁻¹. Parbery (1967) encontrou, noutras condições, um rendimento de 30,0 t.ha⁻¹.

Chauhan et al. (1987) detectaram uma variabilidade nos resultados de produção de matéria seca devido a época de semeadura do guandu. O rendimento variou de 4,62 a 1,72 t.ha⁻¹ quando a semeadura deslocou-se da época recomendada à marginal. Conforme assinalado por Böhringer et al. (1994) a interação genótipo x ambiente faz-se presente em materiais de guandu. Em pesquisa desenvolvida no Havaí, atribuíram as diferenças significativas de matéria seca à essa interação. Essa observação foi constatada por Hundal & Dhillon (1993) ao obterem rendimentos diferenciados de matéria seca de *C. juncea*, quando semearam essa espécie em épocas diferentes.

Wutke (1987) verificou o comportamento de 18 genótipos de guandu em relação à produção de fitomassa seca. O corte de plantas no início do período reprodutivo e aos 50 % do florescimento das plantas forneceu, respectivamente, 62 e 77 % do total de fitomassa acumulada até a maturidade das vagens.

Andrade et al. (1984) observaram para as condições de Piracicaba-SP, a produção de fitomassa verde e seca da *C. juncea*., quando semeada em outubro, no espaçamento de 0,40 m. Após 120 dias da semeadura, a biomassa verde encontrada foi de 43,2 t.ha⁻¹ e a matéria seca de 13,1 t.ha⁻¹. Em recente trabalho conduzido nessa localidade, em outubro, Caceres & Alcarde (1995) evidenciaram, em termos de produção de fitomassa verde e seca, que a *C. juncea* superou o guandu e a mucuna preta. A crotalária rendeu 22,5 t.ha⁻¹ de biomassa verde e 7,1 t.ha⁻¹ de matéria seca seguida pelo guandu com uma produção de 16,5 e 5,5 t.ha⁻¹ de fitomassa verde e seca, correspondentemente. A mucuna produziu fitomassa verde de 15,1 t.ha⁻¹ e seca de 3,0 t.ha⁻¹. Vitti et al. (1992) encontraram respostas semelhantes em dois ensaios semeados um em novembro e o outro em dezembro, em Bebedouro-SP. A crotalária produziu em cada ensaio, respectivamente, 20,2 e 11,3 t.ha⁻¹ de matéria seca; o guandu 10,8 e 8,7 t.ha⁻¹ e a mucuna preta 5,0 e 4,9 t.ha⁻¹.

Miyasaka et al. (1966), conduzindo ensaios em diferentes municípios de São Paulo, mostraram a grande variabilidade no rendimento de fitomassa verde da *C. juncea* e do guandu em relação ao ambiente. Os resultados de produção de massa verde de *C. juncea* variaram em função do local de semeadura e do ano (Salgado et al., 1984). No primeiro ano testado, o rendimento da fitomassa verde em Tatuí foi de 27,1 t.ha⁻¹; para Ribeirão Preto de 20,8 t.ha⁻¹ e para Campinas de 12,9 t.ha⁻¹. No segundo ano, o rendimento obtido em Tatuí foi de 25,6 t.ha⁻¹; em Ribeirão Preto de 21,2 t.ha⁻¹ e para Campinas de 22,2 t.ha⁻¹. Esses resultados confirmam observações anteriores de Salgado et al. (1982), em

que a produção da crotalária variou de 11,4 a 25,9 t.ha⁻¹ em função do local da semeadura.

Os dados experimentais de Mondardo et al. (1981) revelaram que leguminosas de verão semeadas em novembro, no município de Jaguatuna - SC, tiveram uma boa adaptação local. A *C. juncea*, mucuna preta e o guandu cv. Kaki produziram na floração, respectivamente, 52,0; 38,2 e 15,3 t.ha⁻¹ de fitomassa verde.

Observações feita por Campo et al. (1979), no ambiente de Londrina - PR, indicaram que a mucuna preta produziu maior quantidade de massa vegetal que a *C. juncea* e que o guandu, quando semeadas em novembro. Conseguiram rendimentos de 35,2; 31,1 e 27,0 t.ha⁻¹ de massa verde, respectivamente. A produção de massa seca foi maior para a mucuna preta (13,5 t.ha⁻¹) seguida do guandu (13,2 t.ha⁻¹) e crotalária (11,8 t.ha⁻¹).

De acordo com Souto et al. (1992), o rendimento de matéria verde da mucuna preta, em Itaguaí-RJ, está em torno de 18,0 t.ha⁻¹; o da *C. juncea* por volta de 14,0 t.ha⁻¹ enquanto o guandu chega a produzir 15,0 t.ha⁻¹ e 5,0 t.ha⁻¹ de forragem seca. Na Região dos Cerrados de Mato Grosso, Seiffert & Thiago (1984) fizeram um ensaio de competição de variedades de guandu, por dois anos consecutivos. Notaram que a produção média anual, de matéria seca, situou-se entre 6,2 e 7,1 t.ha⁻¹, não havendo diferença entre os acessos testados.

Um total de 22 espécies de adubos verdes foram investigadas em Belém e Bragança, no Estado do Pará (Muller et al., 1992). O guandu destacou-se em Bragança com um rendimento de 3,8 t.ha⁻¹ matéria seca e, em Belém, o mais alto rendimento foi obtido pela mucuna preta com 11,1 t.ha⁻¹ de matéria seca. Na Região Amazônica, Smyth et al. (1991) semeando a mucuna preta em junho de 1984, setembro de 1985 e de 1986, obtiveram um rendimento de matéria seca, no pleno florescimento, de 7,1; 7,0 e 10,7 t.ha⁻¹, respectivamente.

2.2.6. Espaçamento e população dos adubos verdes

As espécies vegetais, que estão inseridas dentro de um sistema agrícola, estão submetidas, sobremaneira, à ação do ambiente em que se encontram. As interferências que aí existem podem promover um desequilíbrio ou um efeito direto ou indireto sobre os componentes de produção das plantas, pela competição pelos recursos disponíveis. Chauhan et al. (1987) e Lawn & Williams (1987) mencionaram que as respostas, em produtividade, dependem, entre outros fatores, da densidade populacional empregada e da maximização da interação genótipo x densidade populacional. Combinações entre a data de semeadura e o genótipo que possuem baixo potencial fenológico de produção necessariamente requerem uma alta densidade de semeadura para assegurar a maximização da biomassa a ser produzida (Lawn, 1989).

Akinola & Whiteman (1975b) observaram que as respostas às densidades de semeadura são conseqüências básicas da inter e intracompetição de plantas por água e nutrientes, além das competições ocorridas acima do solo, principalmente por luz. São afetadas, também, pelo próprio período de semeadura e pelas características dos genótipos utilizados, dentre outros fatores.

Neste aspecto, outro fator importante para o desenvolvimento e estabelecimento da prática de adubação verde é a definição da população e dos espaçamentos adequados a cada espécie e em cada ambiente, já que aquelas recomendadas em literatura, para as diversas espécies de leguminosas, são bastante diferenciadas.

Espaçamentos são conhecidos pela sua influência no crescimento e desenvolvimento do guandu (Hammerton, 1971; Sinha et al., 1989), mas tiveram, relativamente, pequeno efeito sobre o seu crescimento (Hammerton, 1976) que acreditou ser esse fato extremamente surpreendente em vista da ampla diferença do tamanho das plantas induzidas pelos diferentes espaçamentos

testados. Os resultados obtidos por Goyal et al. (1989) mostraram comportamento similar. Os rendimentos não variaram em função do maior ou menor espaçamento das entrelinhas utilizado.

Abrams & Juliá (1973) estudaram o efeito da densidade de semeadura no guandu cv. Kaki. As populações e os espaçamentos empregados não afetaram o número de dias para o florescimento. O rendimento foi afetado significativamente pelas datas de semeadura, porém, os melhores rendimentos foram obtidos com a redução dos espaçamentos e com o aumento da população.

Nas condições da Costa Rica, Ramirez et al. (1977), avaliando um ensaio de arranjo populacional de guandu, não encontraram efeitos significativos sobre a produção de massa verde e altura de plantas quando utilizaram espaçamentos de 0,50 e 1,0 m nas entrelinhas e de 0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,20 e 0,25 m entre as plantas.

Com a finalidade de comparar o efeito de cinco populações sobre o rendimento de sementes de guandu, Reddy et al. (1984) instalaram um experimento de competição na Índia em três anos consecutivos. Não foram registradas diferenças significativas no rendimento em função da densidade populacional. Segundo os autores, o adequado desenvolvimento radicular e a presença de água na profundidade de 115 cm impediram a competição intraespecífica que resultasse em decréscimo de rendimento.

Outros trabalhos (Buxo, 1985; Kapur, 1987 e Puste, 1988) indicaram que diversas características do guandu não são influenciadas pelo arranjo populacional, seja pela variação do espaçamento das entrelinhas ou nas linhas de semeadura.

Por outro lado, estudos realizados por Tayo (1982), na Nigéria, revelaram que o crescimento, desenvolvimento e rendimento do guandu foram alterados quando do uso de densidades populacionais muito variáveis. Existiu uma progressiva redução na produção de matéria seca das folhas, das raízes e do

tamanho das plantas à medida que o espaçamento nas entrelinhas diminuiu e a população aumentou de 27.000 para 83.000 plantas.ha⁻¹. Tayo (1983) observou que além da densidade e espaçamento, a configuração das plantas no terreno influencia a produção total de matéria seca por planta e a de seus componentes. Em outro estudo, Tayo (1985) confirmou que a modificação do espaçamento nas entrelinhas de 0,30 para 0,60 m reduziu várias características mensuradas, entre elas o peso seco das folhas, do caule, das raízes e o peso total da matéria seca.

De Marchi et al. (1981), considerando o comportamento do guandu cv. Kaki, conduziram ensaios para avaliar o efeito dos espaçamentos entrelinhas e entre plantas sobre o desenvolvimento daquela espécie. Testaram os espaçamentos entrelinhas de 0,50; 1,0 e 1,5 m, e entre plantas de 0,05 e 0,20 m. Constataram que as maiores produções de massa verde e seca foram obtidas no menor espaçamento entrelinhas e no menor espaçamento entre plantas.

Reddy et al. (1991) examinaram, na Índia, o comportamento de dois cultivares de guandu, comparando diferentes densidades populacionais, sendo: 83.000, 166.000 e 332.000 plantas.ha⁻¹. Mantendo a mesma densidade dentro das linhas, notaram, para os dois cultivares, a ocorrência de um estímulo no rendimento com o incremento populacional nas entrelinhas da cultura.

Diversos espaçamentos e populações, para o guandu, foram analisados por Akinola & Whiteman (1975b). Foi constatado que a produção de matéria seca por planta declinou assintoticamente com o incremento da densidade de plantas. Altas densidades incrementaram, entretanto, a mortalidade de plantas por área. Singh & Kaira (1989), procurando analisar diferentes populações em dois anos de ensaios, encontraram uma diversidade de resultados em função da variável resposta estudada. Nos dois anos de experimentação, as populações e espaçamentos não influenciaram a floração e o número de vagens por planta. Já para a matéria seca, os espaçamentos e as populações não afetaram os resultados

no primeiro ano, vindo a afetar, de maneira negativa, somente aquelas populações com baixo número de plantas, no segundo ano.

Chauhan et al. (1993) descreveram resultados semelhantes, encontrando ou não efeito da população no rendimento do guandu em função do genótipo, da época de semeio e do tipo de solo investigado. Num Vertisol e em três populações estudadas (160.000, 330.000 e 660.000 plantas.ha⁻¹), semeadas em duas épocas, não verificaram diferenças para o genótipo ICPL-4. Todavia, num Alfisol, esse material expressou diferenças de rendimento quando da alteração da população, dentro da época de semeadura. Esses resultados confirmam a premissa de que populações afetam, de maneira divergente, os parâmetros de produção de uma espécie. Fazendo uso desse mesmo material na Índia, com populações de 111.000, 167.000 e 330.000 plantas.ha⁻¹, Padmalatha & Gurunadha Rao (1993) registraram que somente a partir 80 dias após a semeadura a produção de matéria seca por planta foi influenciada pelas populações. A matéria seca mensurada aos 20, 40 e 60 dias após a semeadura não foi afetada, dentro da própria época, pelas populações.

Ao investigarem o efeito da população de plantas sobre desenvolvimento do guandu, Shankaralingappa & Hedge (1989) encontraram efeitos diferenciados de acordo com a variável observada. Os números de dias para ocorrer 50 % do florescimento e para atingir a maturidade não foram influenciados significativamente pelas populações de plantas, nos dois anos de experimentação. O rendimento de grão não foi afetado. Porém, a altura de plantas obteve um incremento com o aumento da população, apenas no primeiro ano do ensaio.

Sarker et al. (1992) verificaram a influência da população sobre o rendimento de matéria seca da *C. juncea* sendo que as três populações de plantas averiguadas não interferiram sobre a produção de fitomassa seca.

Para as condições brasileiras, faltam informações sobre o arranjo populacional desses adubos verdes, principalmente, em relação a *C. ochroleuca*. O guandu é a espécie com maior número de trabalhos referente ao espaçamento e população, por essa espécie ser utilizada como forragem. Costa (1989) confirmou essa informação. Para o autor, o espaçamento e a densidade de semeadura devem variar segundo o objetivo da utilização. Na formação de banco de proteína, indica o espaçamento até 2,00 m nas entrelinhas. Espaçamento de 0,35 m poderá ser adotado quando se deseja maior produção de fitomassa verde, sendo que esse espaçamento também foi proposto por Seiffert (1984). Peres & Favoretto (1987), testando três populações de guandu com os espaçamentos entrelinhas de 0,60 e 0,90 m, concluiu que a maior densidade de semeadura proporcionou o maior rendimento. O guandu deve ser semeado, preferencialmente, no espaçamento de 0,8 a 1,0 m entrelinhas (Almeida, 1989), porém as plantas apresentam um desenvolvimento inicial lento, sendo necessário um controle das plantas daninhas.

Na encosta do sudeste do Rio Grande do Sul, Cordeiro et al. (1983) indicaram a população de plantas do guandu, *C. juncea* e mucuna preta. No espaçamento de 0,50 m entrelinhas recomendaram a população de 400.000 plantas.ha⁻¹ para o guandu e 100.000 plantas.ha⁻¹ às outras espécies. Para o mesmo espaçamento e adubos verdes, Campo et al. (1979) definiram uma população de 500.000 plantas.ha⁻¹ para as duas primeiras espécies e de 200.000 plantas.ha⁻¹ à mucuna preta.

O espaçamento entrelinhas e a população recomendada da mucuna preta, em Santa Catarina, varia de 0,60 a 0,70 m e de 85.000 a 100.000 plantas.ha⁻¹, correspondentemente.

Todas as espécies de adubos verdes relatadas podem ser semeadas à lanço. Conforme Calegari (1995) e Sabadin (1984) essa prática resulta, para o guandu, em maior volume de fitomassa verde e em melhor cobertura vegetal. Sabadin (1984) acrescentou que quando o guandu for semeado

em linha, deve-se utilizar o espaçamento de 0,40 m entrelinhas e à mucuna preta o espaçamento de 0,30 m. Na semeadura da mucuna preta, *C. juncea* e do guandu, Calegari (1995) informou que o espaçamento entrelinhas recomendável é de 0,50; 0,25 e 0,50 m, respectivamente.

Em São Paulo, Medina (1959) determinou que os sulcos de semeadura da *C. juncea* devem estar distanciados de 0,20 a 0,30 m. A recomendação de Salgado et al. (1984), para essa espécie, é de um espaçamento entre as linhas de 0,60 m. A densidade populacional deve variar de acordo com a fertilidade do solo e outras condições. Em solos fracos, Salgado et al. (1984) recomendaram em torno de 600.000 plantas.ha⁻¹ e em condições ótimas 500.000 plantas.ha⁻¹. O IAC (1987) indicou o espaçamento de 0,40 a 0,60 m para a *C. juncea* quando o seu cultivo destina-se a adubação verde. Ao guandu, o espaçamento entre os sulcos recomendado, para uma melhor produção de fitomassa, varia de 0,50 a 0,70 m.

Na Região do Brasil Central são escassos os trabalhos envolvendo o estudo de populações de espécies de adubos verdes. Pereira (1982) e Pereira & Kage (1980) relataram que o semeio da mucuna preta pode ser feito à lanço ou em sulcos. Em sulcos distanciados de 0,50 m, preconizam uma população de 70.000 a 100.000 plantas.ha⁻¹. Quanto a *C. juncea*, Pereira et al. (1992) propuseram uma população de 300.000 a 500.000 plantas.ha⁻¹ e ao guandu de 100.000 a 120.000 plantas.ha⁻¹.

2.2.7. Composição química dos adubos verdes

A utilização de leguminosas adubos verdes em sistemas agrícolas tem mostrado ser uma prática que vem favorecer o incremento da produção das culturas e o melhoramento dos atributos do solo, em especial, à fertilidade.

A capacidade das raízes em absorver os nutrientes, e a seguir, transportá-los e transformá-los é uma característica intrínseca da genética da espécie. Porém, para Malavolta et al. (1989) os processos envolvidos dependem das condições edáficas e climáticas envolvidas. Bates (1971) relacionou uma série de fatores da planta, do solo e do meio ambiente que influenciam o teor do elemento nos tecidos vegetais. Destacou a interação entre os nutrientes, umidade do ar e do solo, a espécie, luz e temperatura.

Os teores dos elementos de uma planta podem variar em função, também, da época em que a planta é colhida, das práticas culturais empregadas e do teor dos outros elementos (Malavolta, 1980). A absorção de fósforo da solução do solo pelas plantas, depende, por exemplo, da extensão do sistema radicular e dos pêlos absorventes, da concentração do elemento na superfície da raiz e da capacidade das raízes de cada espécie em absorvê-lo (Sousa & Lobato, 1988). Segundo McIvor (1984), a habilidade de algumas espécies em apresentar maior teor de fósforo, está associada com a alta capacidade de absorver o elemento a níveis de baixo suprimento, ou, a um baixo requerimento interno para o crescimento tido como ótimo.

Um método de avaliação do estado nutricional de uma planta é a diagnose foliar que, segundo Malavolta et al. (1989), consiste em determinar a fertilidade do solo através do tecido vegetal. Reddy et al. (1986) conduziram um estudo na Flórida, Estados Unidos, para averiguar o comportamento de várias leguminosas semeadas em épocas diferenciadas. O rendimento de matéria seca e o teor de nitrogênio, no florescimento, exibiram comportamento distinto entre as espécies. Houve diferenças na composição química entre os materiais avaliados, numa mesma época ou entre épocas. A concentração de nitrogênio variou em função da época de semeadura do guandu.

Evidências experimentais constatadas por Wilson (1983), expressam que a concentração dos nutrientes nos tecidos das plantas pode ser

afetada pelo estresse hídrico a que está submetido. A concentração de fósforo, em várias espécies, tem a possibilidade de ser reduzida por condições de estresse hídrico. Carvalho, citado por Wilson & Muchow (1983), referiu que o incremento da concentração de nitrogênio no *Stylosanthes* sp. deveu-se ao estresse hídrico que lhe foi imposto. Wilson & Muchow (1983) comprovaram essa afirmativa quando registraram uma maior concentração de nitrogênio, em condições de deficiência hídrica, em diversas leguminosas. O estresse promoveu menor concentração de fósforo nos tecidos das espécies de leguminosas avaliadas, entre elas, no guandu. Nesse contexto, Bhowmik et al. (1983) abordaram que o guandu apresenta menor resposta ao fósforo e, conseqüentemente, menor teor desse elemento nos tecidos, em condições limitantes de umidade no solo, do que em solos com adequado teor de água.

Nandwal et al. (1992) estabeleceram um ensaio com a finalidade de evidenciar o efeito do estresse hídrico sobre as concentrações dos elementos nutricionais no guandu. O estresse durante o florescimento causou, entre outros fatores, um decréscimo do teor de nitrogênio nas flores e um incremento nas folhas. A concentração de nitrogênio nas raízes diminuiu em favorecimento ao das folhas. Bahar (1982), estudando o efeito da época e densidade de semeadura do guandu ICP-6344, observou que o teor de nitrogênio na parte aérea das plantas variou apenas de acordo com a época de semeio, com valores de 2,0 a 2,8 %.

Segundo Chapman & Muchow (1985) existe uma interação significativa do regime hídrico com o total de nitrogênio acumulado nos tecidos das diversas partes do guandu.

Existem, contudo, poucas informações disponíveis sobre os teores dos elementos nas espécies de adubos verdes. Magalhães et al. (1991) encontraram os mais elevados teores de nitrogênio na parte aérea da *C. juncea* do que na mucuna preta, quando cultivado em um Latossolo Vermelho-Escuro. Burle et al. (1994a) observaram, na mesma unidade de solo, que a mucuna preta e o

guandu acumularam quantidades semelhantes de nitrogênio, quando cultivados no final do período chuvoso. De forma geral, a atividade da nitrogenase foi baixa, fato esse já esperado devido ao estresse hídrico. Contudo, a nodulação encontrada nessas duas espécies foi inferior à encontrada em outros adubos verdes analisados, mostrando que a variabilidade nos teores de nitrogênio está em função da atividade da fixação biológica do nitrogênio. Esses resultados foram semelhantes àqueles descritos em Pereira (1991). Nesse trabalho, o guandu expressou um maior número de nódulos na semeadura realizada em fevereiro do que quando realizada em novembro, sintetizando uma maior massa seca em fevereiro.

Estudos de Burle et al. (1994b), analisando o *C. cajan* e a mucuna preta durante o final do período chuvoso dos Cerrados do Distrito Federal, enfatizaram que a quantidade de nitrogênio variou de ano para ano. Os teores de nitrogênio encontrados no guandu foram, correspondentemente, de 1,76; 2,58 e 2,50 % em 1988, 1989 e 1990, e de 1,94; 2,56 e 2,14 % para a mucuna preta nos mesmos anos respectivamente.

A percentagem de nitrogênio total acumulada na parte aérea da *C. juncea* e na mucuna preta foi medida por Quintana (1987). A semeadura foi realizada em janeiro de 1986, naquela mesma região. O teor de nitrogênio na mucuna preta foi de 2,34 % e de 1,6 % para a *C. juncea*.

Entre as diversas espécies testadas nos Cerrados, o guandu mostra-se bem adaptado àquelas condições climáticas e à deficiência de fósforo da maioria das unidades de solos dessa região, apresentando níveis satisfatórios desse nutriente nos seus tecidos (Pereira, 1984).

Uma das vantagens da adubação verde com leguminosas é a quantidade de elementos que elas podem reciclar, além da capacidade de absorção dos elementos minerais menos solúveis e da fixação biológica do nitrogênio. Beri et al. (1989), pesquisando a produção de biomassa, o nitrogênio acumulado e a

eficiência simbiótica da *C. juncea*, salientaram que esses parâmetros variaram de acordo com as condições ambientais. Em 1982, a concentração de nitrogênio foi 1,5 % e em 1983 de 1,8 %. Singh et al. (1937) avaliaram a *C. juncea* sob exposições diferenciadas de luz e encontraram uma variação no teor de nitrogênio à medida em que alteraram o número de horas de luz. O aumento de 6 para 20 horas de exposição de luz conferiu um maior teor de nitrogênio total na parte aérea da planta, de 4,1 a 9,5 %, respectivamente. Balakrishnan & Natarajaratnam (1989a), desenvolvendo estudo com seis cultivares de guandu e em três épocas de semeadura, detectaram que os teores de nitrogênio, fósforo e potássio modificaram com a mudança do período de semeadura.

Para a *C. juncea* semeada no mesmo período, porém em anos diferentes, Patil & Pal (1985) observaram uma variação nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio. Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio no primeiro ano foram, relacionadamente, de 3,1; 0,19 e 0,51 %. No ano seguinte, a concentração foi de 3,27 % para o nitrogênio; 0,21 % para o fósforo e 0,53 % para o potássio.

As quantidades de N, P, K absorvidas pelo guandu, avaliado em três diferentes épocas de semeio, foram influenciadas diretamente pelas datas de semeadura (Balakrishnan & Natarajaratnam, 1989b). Sharma et al. (1990), ao estudarem o guandu semeado em datas marginais, inferiram que o clima interfere na absorção do nitrogênio, fósforo e potássio. A semeadura tardia inibiu a absorção do fósforo e do potássio, contendo os tecidos vegetais menores teores desses elementos do que nos tecidos do guandu semeado na época recomendada.

Caceres & Alcarde (1995) analisaram amostras foliares da mucuna preta, *C. juncea* e guandu. A concentração de fósforo na mucuna preta foi de 0,21 % e do potássio de 1,43 %. A *C. juncea* apresentou 0,26 % de P e 1,43 % de K. O guandu apontou teores de 0,19 % e de 1,13 % para o fósforo e potássio, respectivamente.

Os trabalhos de Kolar et al. (1993) e Hundal & Dhillon (1993) mostraram, respectivamente, que o teor de nitrogênio na *C. juncea* variou de 2,3 a 2,7 % e de 2,4 a 2,5 % em função do ambiente e da época de avaliação.

Desenvolvendo estudos com o guandu, em pleno florescimento, Reuter (1986) preconizou que os níveis de fósforo situados acima de 0,12 % são os mais adequados; entre 0,07 a 0,12 % são críticos e menores que 0,07 % são inadequados. Propôs para o potássio valores acima de 1,72 % como adequados e entre 0,81 a 1,72 % como críticos. Teores inferiores a 0,81 % foram considerados inadequados. Já Nichols (1965) considerou valores abaixo de 0,78 % de potássio como sendo críticos. Na avaliação de Ogata et al. (1988), a concentração crítica de fósforo nas folhas foi 0,13 %. Para o nitrogênio o teor indicado foi 3,73 % e 1,3 % para o potássio.

Analizando a *Crotalaria ochroleuca*, Mukurasi, citado por Sibuga (1987), sugeriu o valor crítico do potássio como sendo 0,23 %. Sarwatt (1990) investigou a composição química da *C. ochroleuca* em três estágios de crescimento. Os teores de fósforo foram de 0,30 % na pré-antese; 0,38 % na antese e de 0,26 % na pós-antese.

Os adubos verdes, intencionalmente cultivados como fonte de nitrogênio, variam bastante em relação aos teores de nutrientes em seus tecidos. Glória et al. (1980) analisaram os teores foliares da mucuna preta e da *C. juncea* ao longo de seus ciclos em duas unidades de solos. Em ambos ensaios, e ao longo dos ciclos vegetativos, a mucuna apresentou os maiores teores de nitrogênio do que a *C. juncea*.

Mello & Brasil Sobrinho (1960) procuraram caracterizar a composição química da *C. juncea*, guandu e mucuna preta em três épocas distintas de amostragens. A composição foliar da mucuna preta deteve os maiores teores de nitrogênio quando comparada à *C. juncea*, ao longo da amostragens. O guandu e a *C. juncea* exprimiram teores semelhantes. Por outro lado, Wildner &

Dadalto (1991), ao examinarem a quantidade total de nitrogênio contido na *C. juncea* e no guandu cv. Kaki, concluíram que o guandu expressou um teor maior de nitrogênio do que a *C. juncea*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Solo/Coordenadoria Centro-Oeste-EMBRAPA, localizada na Estação Experimental da Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária - EMGOPA, em Senador Canedo, GO, situada a 16°14'12" de latitude Sul e 49°14'56" de longitude a Oeste de Greenwich, numa altitude de 730 m.

3.2. Clima

O clima, conforme a classificação climática de Köeppen, é do tipo Aw, denominado de clima tropical de savana.

Os valores das temperaturas máxima e mínima do ar, precipitação e umidade relativa do ar, obtidos na estação meteorológica da estação experimental da EMGOPA durante a condução dos ensaios, estão representados nas Figuras 1-A, B, C; 2-A, B, C e 3-A, B, C.

3.3. Solo

O solo foi classificado como um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa fase Cerrado Tropical Subcaducifólio

Figura 1 - Elementos do clima durante a primeira época de semeadura (12 de novembro de 1991): (A) precipitação (mm.dia^{-1}); (B) temperaturas máximas e mínimas do ar ($^{\circ}\text{C}$); (C) umidade relativa do ar (%).

Figura 2 - Elementos do clima durante a segunda época de semeadura (7 de janeiro de 1992): (A) precipitação (mm.dia^{-1}); (B) temperaturas máximas e mínimas do ar ($^{\circ}\text{C}$); (C) umidade relativa do ar (%).

Figura 3 - Elementos do clima durante a segunda época de semeadura (4 de março de 1992): (A) precipitação (mm.dia⁻¹); (B) temperaturas máximas e mínimas do ar (°C); (C) umidade relativa do ar (%).

relevo suave ondulado. Os dados das análises físicas e químicas dos horizontes do perfil do solo são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Os resultados foram obtidos no Laboratório de Solo do Centro Nacional de Pesquisa de Solo, segundo metodologia da EMBRAPA (1979b).

3.4. Tratamentos

3.4.1. Espécies e épocas de semeadura

As espécies estudadas foram a *Crotalaria juncea* L., a mucuna preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), o guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e a *Crotalaria ochroleuca* G. Don semeadas em três épocas: início da estação chuvosa (12/11/1991); meados da estação chuvosa e época de maior probabilidade de ocorrência de veranicos (07/01/1992) e final da estação chuvosa (04/03/1992).

3.4.2. Espaçamentos

Para cada época de semeadura, foram testados dois espaçamentos entre as linhas de semeadura: 0,40 m e 0,50 m.

3.4.3. Parcela experimental

A parcela experimental teve uma área de 32 m², enquanto que a subparcela constou de 16 m², possuindo uma área útil de 9 m².

Tabela 1 - Composição granulométrica e características físicas do perfil do Latossolo Vermelho-Escuro na área dos ensaios.

Horizonte		Granulometria				Argila	Grau	Relação
Símbolo	Profundidade (m)	%				dispersa em água %	de floculação %	silte/ argila %
		Areia		Silte	Argila			
		grossa	finá					
Ap1	0,0 - 0,09	9	24	16	51	28	45	0,31
Ap2	0,09 - 0,21	9	24	16	51	32	37	0,31
ABp	0,21 - 0,33	8	25	16	51	8	84	0,31
BA	0,33 - 0,62	7	25	14	54	0	100	0,26
Bw1	0,62 - 1,00	7	24	15	54	0	100	0,28
Bw2	1,00 - 1,38	6	24	15	55	0	100	0,27
Bw3	1,38 - 1,84	6	23	15	56	0	100	0,27

Tabela 2 - Características químicas do perfil do Latossolo Vermelho-Escuro na área dos ensaios.

Horizonte		pH	M.O.	P	Ca	Mg	K	Al	H	V	Ki	Kr
Símbolo	Profundidade (m)	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol _e .dm ⁻³					%		
Ap1	0,0 - 0,09	4,5	29,6	16,0	24,0	8,0	6,4	1,0	55,0	41	0,62	0,47
Ap2	0,09 - 0,21	4,3	24,8	10,0	27,0	3,0	2,3	1,0	52,0	38	0,64	0,49
ABp	0,21 - 0,33	4,2	18,6	1,0	8,0	5,0	1,1	1,0	43,0	24	0,63	0,48
BA	0,33 - 0,62	4,4	11,9	2,0	5,0	6,0	0,8	0,0	30,0	29	0,62	0,46
Bw1	0,62 - 1,00	5,3	6,4	1,0	5,0	3,0	0,3	0,0	15,0	38	0,62	0,48
Bw2	1,00 - 1,38	4,7	2,8	1,0	3,0	2,0	0,2	0,0	10,0	38	0,63	0,49
Bw3	1,38 - 1,84	4,7	0,64	1,0	0,3	2,0	0,2	0,0	8,0	43	0,62	0,46

3.5. Implantação e condução dos experimentos

O preparo do solo constou, em cada ensaio, de uma aração, utilizando o arado de aivecas, e de uma gradagem, com grade de discos. Em seguida, os sulcos de semeadura foram abertos, mecanicamente, no espaçamento estabelecido para cada tratamento. Não houve necessidade de correção do solo nem de adubação química, em função dos atributos químicos do solo relativo à área experimental, conforme evidenciado nas Tabelas 1 e 2.

A semeadura foi realizada através de semeadora experimental de uma linha modelo Planner[®], sendo que as sementes foram inoculadas com inoculantes específicos provenientes do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. A mucuna preta, por apresentar dormência, recebeu um tratamento para superar a impermeabilidade do tegumento, conforme metodologia descrita por Maeda & Lago (1986). As densidades de semeadura, para todas as leguminosas, foram realizadas com um adicional de 20 % do necessário objetivando conseguir o estande adequado para cada espécie.

Após dez dias da emergência, efetuou-se o desbaste, estabelecendo um estande de 25 plantas por metro para a *C. ochroleuca* e *C. juncea*; 30 plantas por metro para o guandu e 10 plantas por metro para a mucuna preta.

As populações obtidas, por hectare, no espaçamento de 0,40 m foram de 625.000 plantas para a *C. ochroleuca* e à *C. juncea*, 750.000 plantas para o guandu e 250.000 plantas para a mucuna preta. No espaçamento de 0,50 m, as populações de plantas estudadas para a *C. ochroleuca* e *C. juncea* foram de 500.000 plantas.ha⁻¹. Para o guandu foi de 600.000 plantas.ha⁻¹ e de 200.000 plantas.ha⁻¹ para a mucuna preta.

3.6. Parâmetros avaliados

Os ensaios foram conduzidos até as plantas apresentarem 50 % do florescimento, quando determinaram-se os seguintes parâmetros:

3.6.1. Período para florescimento

Em cada subparcela, após a emergência das plantas, foi definida uma área de 1 m², para a contagem dos dias necessários ao florescimento de 50 % das plantas. A referida avaliação foi realizada visualmente.

3.6.2. Produção de fitomassa verde

Na determinação da fitomassa verde seccionaram-se as plantas rentes ao nível do solo, por ocasião do florescimento (50 %), na área útil das subparcelas. Em seguida, as plantas foram imediatamente pesadas e acondicionadas para posterior determinação da matéria seca, cujos resultados foram expressos em kg.ha⁻¹.

3.6.3. Produção de fitomassa seca

A fitomassa verde coletada foi conduzida à estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, por 72 horas e, em seguida, pesada. Os resultados foram expressos em kg.ha⁻¹.

3.6.4. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio

As determinações de nitrogênio, potássio e fósforo contidos na parte aérea das plantas estudadas foram realizadas conforme metodologia descrita

por Sarruge & Haag (1974). As análises foram executadas no Laboratório de Análises Químicas da EMGOPA e do CNPS/EMBRAPA. Os resultados foram expressos em percentagem.

3.7. Delineamento experimental e modelo matemático

O delineamento experimental utilizado, dentro de cada época, foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, apresentando três repetições. As espécies foram correspondentes às parcelas e os espaçamentos às subparcelas.

Os dados foram submetidos a análise de variância individual - dentro de cada época - e conjunta. Após as análises das variâncias, a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Para a análise de variância individual dos dados experimentais foi considerado o seguinte modelo:

$$y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + (tb)_{ij} + t'_k + (tt')_{ik} + \epsilon_{ijk} ,$$

com:

$$i = 1,2,3,4; \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2;$$

onde:

y_{ijk} é o valor observado correspondente à combinação do tratamento primário i (espécie) e do tratamento secundário k (espaçamento), no bloco j ;

μ é a média das observações consideradas;

t_i é o efeito da espécie i ;

b_j é o efeito do bloco j ;

$(tb)_{ij}$ é o efeito da interação da espécie i com o bloco j , e foi

usado como resíduo em nível de parcelas;

t'_k é o efeito do espaçamento k ;

$(tt')_{ik}$ é o efeito da interação da espécie i com o espaçamento k ;

y_{ijk} é o erro experimental associado à observação y_{ijk} .

Em seguida, para a análise de variância conjunta dos ensaios foi considerado o seguinte modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + e_l + b_{j(l)} + t_i + (te)_{il} + (tbe)_{ij(l)} + t'_k + (tt')_{ik} + (t'e)_{kl} + (tt'e)_{ikl} + y_{ijkl},$$

com:

$$i = 1, 2, 3, 4; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2; \quad l = 1, 2, 3;$$

onde:

y_{ijkl} é o valor observado correspondente à combinação do tratamento primário i (espécie) e do tratamento secundário k (espaçamento) no bloco j , na época l ;

μ é a média das observações consideradas;

e_l é o efeito da época l ;

$b_{j(l)}$ é o efeito do bloco j da época l ;

t_i é o efeito da espécie i ;

$(te)_{il}$ é o efeito da interação da espécie i com a época l ;

$(tbe)_{ij(l)}$ é o efeito da interação da espécie i com o bloco j da época l ;

t'_k é o efeito do espaçamento k ;

$(tt')_{ik}$ é o efeito da interação da espécie i com o espaçamento k ;

$(t'e)_{kl}$ é o efeito do espaçamento k com a época l ;

$(tt'e)_{ikl}$ é o efeito da espécie i com o espaçamento j com a época l ;

y_{ijk} é o erro experimental associado à observação y_{ijk} .

Para a análise dos efeitos da época de semeadura sobre as variáveis avaliadas foi estimado um modelo linear ou quadrático de regressão polinomial, obtendo-se a equação polinomial que mais se ajustou aos dados experimentais.

O modelo de regressão linear foi determinado por:

$$y_i = \sigma + 1X_i + e_i ,$$

onde:

y_i é a resposta referente à variável dependente de interesse;

σ é a constante da equação ou intercepto;

1 é o coeficiente linear da reta;

X_i é a variável independente ou preditora no nível i ;

e_i é o erro experimental associado à observação y_i .

O modelo de regressão polinomial de grau 2 foi dado por:

$$y_i = \sigma + 1X_i + 2X_i^2 + e_i ,$$

onde:

y_i é a resposta referente à variável dependente de interesse;

σ é a constante da equação polinomial de 2º grau;

1 é o coeficiente linear da equação polinomial de 2º grau;

2 é o coeficiente quadrático da equação polinomial de 2º grau;

X_i é a variável independente ou preditora no nível i , ou seja, época i ;

e_i é o erro experimental associado à observação y_i .

Assim, após a obtenção das equações de regressão, e para verificar se os modelos usados explicaram adequadamente as informações observadas, foi aplicado o teste F de significância à análise de variância da função ajustada.

Os coeficientes de correlação de Pearson foram estimados entre todos os parâmetros analisados em cada época de semeadura e no agrupamento dessas épocas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições do ambiente durante as épocas de semeadura

As condições climáticas durante a condução dos ensaios foram diferenciadas de acordo com as Figuras 1-A, B, C; 2-A, B, C e 3-A, B, C. A distribuição das precipitações durante as duas primeiras épocas de semeadura foi semelhante, com valores menores na terceira época de semeadura.

De modo geral, a menor precipitação, ocorrida durante a condução do último ensaio, prejudicou o crescimento e desenvolvimento das espécies testadas, principalmente das crotalárias e do guandu. A mucuna preta, apesar de ter sido afetada pela baixa precipitação ocorrida no período, não apresentou variação excessiva dos parâmetros avaliados, quando comparado com as demais épocas de semeio.

Ainda, observou-se nítida redução da umidade relativa do ar no último período estudado. Essa redução foi atribuída ao menor índice de precipitação, à elevação da temperatura máxima do ar e, conseqüentemente, à diminuição da temperatura mínima do ar.

As temperaturas máxima e mínima do ar foram semelhantes nas duas primeiras épocas. Na terceira época, sucedeu a elevação da temperatura máxima e diminuição da temperatura mínima do ar, fatores que influenciaram a umidade relativa do ar e que vieram a afetar os parâmetros avaliados.

4.2. Florescimento das espécies

A análise de variância para o florescimento (Tabela 3) mostrou efeitos significativos das espécies de leguminosas, para as épocas de semeadura e da interação entre esses dois fatores.

Tabela 3 - Análise de variância conjunta referente ao número de dias para atingir 50 % do florescimento das espécies de adubos verdes.

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Época (Epo)	2	8.938,55	26.908,75 **
Bloco/época	6	0,73375	2,2089 ^{ns}
Espécie (Esp)	3	5.581,85	16.803,69 **
Esp * Epo	6	609,12	1.833,70 **
Resíduo a	18	0,33218	
Espaçamento (D)	1	0,00025	0,0003 ^{ns}
Epo * D	2	2,22993	2,8357 ^{ns}
Resíduo b	6	0,78638	
Esp * D	3	1,30396	1,7801 ^{ns}
Esp * D * Epo	6	1,50823	2,0590 ^{ns}
Resíduo c	18	0,73251	

1. **, ^{ns} Significativo ao nível de 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

2. Coeficiente de variação total = 0,15 %.

Ao analisar essa interação, observa-se que o florescimento das espécies foi afetado pelas condições de ambiente e, possivelmente, pelo fotoperíodo. Com o atraso da semeadura, da época considerada favorável (novembro) para épocas marginais (janeiro e março), os dias tornaram-se curtos,

com menor número de horas por dia de luz, ocasionando a diminuição da fase vegetativa do guandu, *C. juncea* e *C. ochroleuca*. Tal comportamento pode ser confirmado ao avaliar os resultados reportados por Aponte & Salas (1984), Chauhan (1990), Spence & Williams (1972) e Wallis et al. (1981).

O fator espaçamento, as interações desse com as épocas de semeadura e com as espécies, além da interação entre os três fatores, não influenciaram o número de dias para que ocorresse o florescimento. Abrams & Juliá (1973) encontraram, para o guandu cv. Kaki, resultados análogos. Os valores apresentados na Tabela 3 indicam a independência da variável florescimento com o fator densidade populacional avaliada no ambiente experimental. Tal fato foi demonstrado pela combinação empregada entre as leguminosas, épocas de semeadura e densidade populacional, uma vez que a interação espécie x época de semeadura x espaçamento observada foi ao encontro da prerrogativa proposta por Lawn & Williams (1987). Ressalta-se que os espaçamentos empregados, neste trabalho, foram escolhidos em função dos espaçamentos entrelinhas de 0,40 e 0,50 m serem muito utilizados por grande parte dos produtores de outras culturas, como a soja e o feijão, o que facilitaria o uso de semeadoras da própria propriedade para o semeio dos adubos verdes.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 representam a variação do comportamento do florescimento das espécies em função das épocas de semeadura. Na Figura 4 é possível notar, através da equação de regressão, a pouca influência das condições climáticas sobre o florescimento da mucuna preta, não mostrando relação de dependência entre o florescimento e as épocas de semeadura, uma vez que houve uma redução mínima do período até o florescimento em função das épocas de semeadura. A redução do ciclo vegetativo, da emergência ao florescimento, foi muito pequena, nas épocas analisadas, mesmo com a diminuição da precipitação de 1.092,8 para 455,3 mm, da primeira à terceira época, respectivamente. A ação do fotoperíodo também não afetou o florescimento, estando de acordo com as

informações de Pereira & Kage (1980) e Sabadin (1984), ao afirmarem que a mucuna preta não possui reação à variação do comprimento do dia.

Ao examinar a relação entre as épocas de semeadura e o período de florescimento do guandu (Figura 5) confirma-se que esta espécie foi afetada pelas épocas de semeadura, concordando com Bishnoi et al. (1991), que encontraram variações nas fases fenológicas do guandu quando semeado em épocas diferentes. Esse resultado é também confirmado pelos trabalhos de Balakrishnan & Natarajatnam (1989a, 1990), Hammerton (1976), Nam et al. (1993), Riollano et al. (1962) e Summerfield & Roberts (1985).

Ainda, Akinola & Whiteman (1975a), Mohamed & Ariyanayagam (1983) e Troedson et al. (1990) mencionaram que a variação da temperatura influenciou o florescimento do guandu, sendo por vezes mais importante que o comprimento do dia. No presente trabalho, é possível que a variação das temperaturas máximas e mínimas do ar, durante o período experimental, tenham colaborado para a antecipação do florescimento (Figuras 1-A, 2-A e 3-A).

As equações de regressão obtidas para a *C. juncea* e *C. ochroleuca*, ilustradas nas Figuras 6 e 7, exibiram a mesma tendência daquela verificada para o guandu. Com o atraso da semeadura, ocorreu uma redução no número de dias para atingir o florescimento, o que atesta as pesquisas de Purseglove (1968) e Singh et al. (1937), que citaram que as crotalárias são sensíveis ao fotoperíodo. Estudos de Wildner & Dadalto (1991) afirmaram a tendência encontrada neste trabalho para a *C. juncea* e evidenciaram que o florescimento dessa espécie foi influenciado pelas épocas de semeadura.

Por outro lado, o acesso de *C. juncea* utilizado no ensaio expôs resultados divergentes daqueles obtidos por Jintendra-Mohan (1974), uma vez que esse autor afirmou a existência de materiais genéticos dessa espécie pouco influenciados pela interação fotoperíodo x temperatura, e, assim, pela época de

Figura 4 - Relação entre as épocas de semeadura e o florescimento da mucuna preta.

Figura 5 - Relação entre as épocas de semeadura e o florescimento do guandu.

Figura 6 - Relação entre as épocas de semeadura e o florescimento da *C. juncea*.

Figura 7 - Relação entre as épocas de semeadura e o florescimento da *C. ochroleuca*.

semeadura.

Com a aplicação do teste de comparação múltipla às médias das leguminosas ao longo das épocas de semeadura, verificou-se, mais pronunciadamente, que somente a mucuna preta apresentou desempenho constante no número de dias necessários para florescer. A mucuna preta, semeada em novembro, requereu 138 dias da emergência ao florescimento enquanto o semeio realizado em março necessitou de 127 dias para florescer, diferença essa não significativa, mas causada, provavelmente, pela redução da precipitação. As demais espécies comportaram-se de maneira diversa em relação à data de semeadura, destacando-se o efeito da épocas de semeadura sobre o período para florescimento (Tabela 4). A *C. juncea*, *C. ochroleuca* e o guandu diferiram estatisticamente, entre a semeadura realizada em novembro com a de janeiro e março. Essa diferença foi de 51 dias para a *C. juncea*, 43 dias para o guandu e 48 dias à *C. ochroleuca* da primeira à terceira época.

Tabela 4 - Número de dias para atingir 50 % do florescimento das espécies de adubos verdes, em três épocas de semeadura.

Espécies	Épocas de semeadura		
	12/novembro	07/janeiro	04/março
Mucuna preta	138 Aa	136 Aa	127 Aa
Guandu	137 Aa	124 Bb	94 Cc
<i>C. ochroleuca</i>	136 Aa	122 Bb	88 Bc
<i>C. juncea</i>	118 Ba	88 Cb	67 Dc
C.V. (%)	0,65	0,81	0,37

¹ Valores das colunas seguidos das mesmas letras maiúsculas e das linhas por letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Quando realizou-se o desdobramento da análise conjunta, consta-

tou-se a variabilidade das espécies em relação ao florescimento dentro de cada época (Tabela 4). As análises dos dados revelaram, nas três épocas de semeadura, que o florescimento da *C. juncea* diferiu estatisticamente das demais leguminosas. Na segunda e terceira épocas de semeadura ocorreu uma alteração no período para atingir 50 % do florescimento. A mucuna preta e a *C. juncea* apresentaram, respectivamente, o maior e menor número de dias para florescer em relação às demais espécies. O florescimento dessas espécies foi influenciado, além das condições de temperatura, precipitação e fotoperíodo, pelo material genético empregado. Esse fato determina a necessidade de se ter conhecimento da extensão do período vegetativo anterior à floração para melhor apropriar esses adubos verdes aos sistemas agrícolas recomendados por Burle et al. (1989, 1990).

4.3. Produção de fitomassa verde da parte aérea das espécies

A Tabela 5 apresenta a análise de variância conjunta para a variável fitomassa verde, obtida pelo agrupamento das análises individuais por épocas. Pode-se notar a ocorrência de efeitos significativos das espécies de adubos verdes, das diversas épocas de semeadura e, também, da interação entre as épocas e as espécies. Esses efeitos expressaram a existência de diferenças na produção de matéria verde de uma época para a outra e que as espécies possuíram comportamento diferenciado entre as épocas de semeadura analisadas. A interação foi influenciada pelas condições de ambiente impostas às épocas de semeadura que, conjuntamente à ação fotoperiódica, favoreceram uma variação no rendimento desta variável.

A redução do número de dias para florescer, ou seja, a diminuição da fase vegetativa do guandu, *C. ochroleuca* e *C. juncea*, promoveu um menor crescimento e desenvolvimento dessas espécies e, como resultado, um menor rendimento de fitomassa verde, em função do distanciamento da data de

semeadura considerada favorável. Pereira (1985) e Pereira & Sharma (1984) afirmaram que as semeaduras do guandu, realizadas nos Cerrados a partir de janeiro, reduzem o crescimento e afetam o desenvolvimento, quer pela menor incidência de chuvas no período considerado crítico ao desenvolvimento, quer pela região apresentar um fotoperíodo desfavorável à espécie. Ainda, segundo Wallis et al. (1979), uma das causas da variação no desenvolvimento vegetativo do guandu é atribuída a interação das épocas de semeadura com as condições de ambiente. Dahiya et al. (1974) e Singh & Saxena (1981) conferiram ao fotoperíodo o declínio da produção da fitomassa do guandu.

Tabela 5 - Análise de variância conjunta referente a produção de fitomassa verde das espécies de adubos verdes.

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Época (Epo)	2	1.483.598.013,00	55,4205 **
Bloco/época	6	27.739.904,30	1,0362 ^{ns}
Espécie (Esp)	3	1.406.653.582,00	52,5462 **
Esp * Epo	6	558.523.835,00	20,8639 **
Resíduo a	18	26.769.818,40	
Espaçamento (D)	1	9.013.691,88	0,2805 ^{ns}
Epo * D	2	53.266.853,58	1,6577 ^{ns}
Resíduo b	6	32.133.672,82	
Esp * D	3	19.860.234,78	1,2076 ^{ns}
Esp * D * Epo	6	10.452.988,98	0,6356 ^{ns}
Resíduo c	18	16.446.343,58	

¹ **, ^{ns} Significativo ao nível de 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

² Coeficiente de variação total = 17,1 %.

O efeito simples do espaçamento não foi significativo sobre o rendimento de fitomassa verde para todas as espécies, revelando, em especial, uma similaridade aos resultados obtidos para o guandu por Goyal et al. (1989), Hammerton (1976) e por Ramirez et al. (1977). Entretanto, contrário aos resultados de De Marchi et al. (1981), Hammerton (1971) e Sinha et al. (1989). As interações entre épocas de semeadura e espaçamentos, espécies e espaçamentos e a interação conjunta entre os espaçamentos, épocas e espécies igualmente não manifestaram significância, não necessitando de desdobramento das interações.

O fato de não terem sido observadas diferenças significativas na produção de matéria verde, quando se compararam espaçamentos com as épocas de semeadura e espécies foi devido ao arranjo populacional empregado que não causou competição intraespecífica entre as plantas por água, luz e nutrientes. Esse resultado é concordante com Akinola & Whiteman (1975b) ao concluírem que a população de plantas é função direta da competição que possa existir.

As análises de regressão entre a produção de fitomassa verde das espécies e as épocas de semeadura estão exprimidos nas Figuras 8, 9, 10 e 11. Para a mucuna preta (Figura 8), que apresenta baixa sensibilidade à diminuição da precipitação e ao fotoperíodo, a ausência de significância da equação indicou a não subordinação da espécie às épocas de semeadura testadas. Esse fato mostra a possibilidade de recomendar a semeadura da mucuna preta em sistemas de produção que necessitem realizá-la mais tardiamente, como no final da estação chuvosa. Tal constatação ratifica as idéias descritas por Pereira (1982), Pereira & Kage (1980) e Pereira et al. (1992) que recomendaram a semeadura da mucuna preta desde o início até o final do período chuvoso na Região dos Cerrados.

A Figura 9 ilustra a ótima relação entre a matéria verde produzida pelo guandu com as épocas de semeadura. Essa relação indicou uma tendência linear de redução do rendimento da fitomassa verde à medida que se atrasa o

Figura 8 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa verde da mucuna preta.

Figura 9 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa verde do guandu.

semeio. O elevado coeficiente de determinação obtido expressou que as épocas de semeadura responderam por 99 % da variação total observada na produção de matéria verde da espécie. A resposta encontrada às épocas de semeadura certifica as observações da EMBRAPA (1981a), Miyasaka et al. (1966), Nakagawa (1984) e Souza (1953), que o atraso no semeio afetou negativamente a produção da matéria verde do guandu.

Examinando a Figura 10, constata-se para a *C. juncea* que a regressão linear simples, também neste caso, foi o modelo matemático que melhor explicou o desempenho da espécie no que se refere a produção de fitomassa verde. Lovadini et al. (1970) averiguaram a ação do ambiente sobre a fitomassa verde produzida pela *C. juncea*. Souza (1953) comprovou que a mudança da semeadura de novembro para janeiro interferiu no rendimento de matéria verde da *C. juncea*.

A *Crotalaria ochroleuca* apresentou uma resposta quadrática significativa à variação das épocas de semeio, com produção máxima para a semeadura realizada em janeiro (Figura 11). Mesmo com a redução do número de dias para atingir o florescimento, a *C. ochroleuca* mostrou-se adaptada a essa época de semeadura. A explicação para tal comportamento pode ser atribuída a outros elementos climáticos não mensurados, visto que a pouca variação do índice de precipitação e das temperaturas máxima e mínima do ar nesta fase de condução do ensaio não explicaram os resultados obtidos. Isso pode ser confirmado pela alta significância da interação entre espécies e épocas (Tabela 5), uma vez que a *C. ochroleuca* foi extremamente afetada pelo ambiente em questão. O declínio no rendimento da fitomassa verde, ocorrido com a mudança do semeio da segunda para a terceira época, possivelmente seja explicado pelas condições climáticas, especificamente pela precipitação.

Vale salientar que a deficiência de chuvas nesse período prejudicou o crescimento e desenvolvimento da *C. ochroleuca*, com reflexos

Figura 10 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa verde da *C. juncea*.

Figura 11 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa verde da *C. ochroleuca*.

negativos no rendimento da fitomassa verde. O total de precipitação incidente durante a condução do último ensaio foi de 455,3 mm, considerado como inadequado para o desenvolvimento da espécie conforme relatado por Weber (1991), que afirmou ser necessário cerca de 800 mm de água para proporcionar o desenvolvimento satisfatório da espécie.

As espécies *C. juncea* e *C. ochroleuca* tiveram, também, uma ótima relação entre a matéria verde produzida e as épocas de semeio. Os valores, igualmente elevados dos coeficientes de determinação, ratificam essa situação (Figuras 10 e 11).

Empregando-se o teste de comparação de médias às épocas de semeadura, dentro das espécies de adubos verdes, verifica-se que a *C. juncea* e o guandu mostraram tendência de reduzir a matéria verde produzida com as semeaduras realizadas mais tardiamente. Tal fato pode ser constatado na Tabela 6.

Tabela 6 - Produção de fitomassa verde das espécies de adubos verdes, em três épocas de semeadura.

Espécies	Épocas de semeadura		
	12/novembro	07/janeiro	04/março
	-----kg.ha ⁻¹ -----		
<i>C. juncea</i>	50.649,3 Aa	30.099,0 Ab	24.208,0 A b
Guandu	46.569,4 Aa	32.597,2 Ab	14.322,9 C c
<i>C. ochroleuca</i>	23.232,6 Bb	34.677,1 Aa	18.191,0 B c
Mucuna preta	14.350,7 Ca	13.937,5 Ba	15.802,1 BC a
C.V. (%)	22,6	4,7	6,3

¹ Valores das colunas seguidos das mesmas letras maiúsculas e das linhas por letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

A *C. juncea* produziu em torno de duas vezes mais matéria verde

na primeira época de semeadura quando comparada com a terceira época e o guandu quase três vezes mais a favor da primeira época. Esses valores atestam a tendência das equações de regressão das Figuras 9 e 10. A *C. ochroleuca* apresentou o seu menor rendimento na última época de semeadura, rendimento esse, semelhante ao verificado por Amabile (1993). Contudo, na primeira e segunda épocas, as produções foram superiores às conseguidas por Sarwatt & Mkiwa (1987) que obtiveram 20,0 t.ha⁻¹. A mucuna preta não reduziu significativamente a produção nas épocas estudadas, mesmo com a redução da precipitação sucedida durante a última época.

O retardo na semeadura, de modo geral, interferiu na capacidade de desenvolvimento desses materiais, destacando a variabilidade existente das espécies em relação ao ambiente. Esse aspecto foi relatado nos trabalhos de Miyasaka et al. (1966), Salgado et al. (1984) e Smyth et al. (1991).

Os resultados das análises individuais entre as espécies, dentro das épocas de semeadura, são apresentados na Tabela 6. As espécies diferenciaram-se significativamente quanto ao rendimento de fitomassa verde. Notou-se uma similaridade de rendimento entre a *C. juncea* e o guandu, na primeira e segunda época de semeio. Na última época, a *C. juncea* mostrou uma superioridade de produção em relação às demais espécies o que pode indicar o rápido estabelecimento desta espécie. Igual efeito foi registrado por Carvalho (1994), ao avaliarem o comportamento de tais espécies, semeadas no mês de março em Senador Canedo (GO), referindo que a *C. juncea* obteve uma produção de matéria verde significativamente superior ao guandu, a *C. ochroleuca* e a mucuna preta. Caceres & Alcarde (1995), Mondardo et al. (1981) e Vitti et al. (1992) certificaram, em termos de produção de fitomassa verde, que a *C. juncea* superou o guandu e a mucuna preta.

4.4. Produção de fitomassa seca da parte aérea das espécies

Com relação à produção de fitomassa seca, a análise de variância total evidenciou, como ocorrido para o florescimento e à produção da matéria verde, efeitos significativos das épocas de semeadura, dos adubos verdes e da interação entre eles (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de variância conjunta referente a produção de fitomassa seca das espécies de adubos verdes.

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Época (Epo)	2	187.286.522,60	396,3827 **
Bloco/época	6	640.957,38	1,3566 ^{ns}
Espécie (Esp)	3	171.621.435,50	363,2283 **
Esp * Epo	6	46.633.806,08	98,6981 **
Resíduo a	18	472.489,18	
Espaçamento (D)	1	261.424,75	0,4308 ^{ns}
Epo * D	2	2.448.181,70	4,0348 ^{ns}
Resíduo b	6	606.766,86	
Esp * D	3	188.850,70	0,1779 ^{ns}
Esp * D * Epo	6	363.732,54	0,3426 ^{ns}
Resíduo c	18	1.061.751,88	

¹ ** , ^{ns} Significativo ao nível de 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

² Coeficiente de variação total = 12,5 %.

O efeito significativo das épocas de semeadura foi atribuído a ação do ambiente sobre a variável matéria seca. A constatação desse efeito sugere a possibilidade de melhorar o rendimento de fitomassa seca, mediante estratégias

agronômicas que busquem o aperfeiçoamento das práticas agrícolas como a determinação correta das épocas mais recomendadas à semeadura das espécies empregadas como adubos verdes. Recentes estudos de Calegari (1995), Chauhan et al. (1993), Nam et al. (1993) e Wildner & Dadalto (1991) apresentaram o mesmo efeito, tanto para a *C. juncea*, como para o guandu. Balakrishnan & Natarajaratnam (1989a, 1990) e Rana & Malhotra (1992) confirmaram a interferência da época de semeadura sobre a matéria seca acumulada pelo guandu, com acentuadas reduções desse parâmetro com o deslocamento da época adequada de semeio.

O efeito das épocas de semeadura sobre a produção de matéria seca era esperado, a partir da observação deste mesmo efeito sobre a produção da fitomassa verde, uma vez que o coeficiente de correlação de Pearson medido entre essas duas variáveis foi de 0,891, a nível de 1 % de significância (Tabela 16). A elevada correlação mostrou o alto grau de dependência da matéria seca em relação à matéria verde.

O valor altamente significativo de F, obtido para o fator espécie, mostrou a presença de variabilidade entre elas, suficiente para concluir a existência de espécies mais adaptadas às condições dos Cerrados. Por outro lado, a interação entre épocas e espécies, com elevada significância do teste, indicou que o comportamento dos adubos verdes não foi o mesmo nas diferentes épocas, tendo como agente causal as variações do ambiente impostas pela épocas de semeadura. Com a mudança das épocas de semeadura, os elementos climáticos variaram afetando o desempenho das espécies testadas. Estudos conduzidos pelo IAC (1987) apontaram as condições edafoclimáticas como responsáveis pela variação do crescimento e desenvolvimento da *C. juncea* e do guandu.

Os espaçamentos empregados não contribuíram para um melhor desenvolvimento dos adubos verdes, e, conseqüentemente, para maiores rendimentos de fitomassa seca, conforme os dados da Tabela 7. As populações de

plantas adaptaram-se perfeitamente ao ambiente imposto pelas épocas de semeadura. A falta de significância entre espaçamentos, épocas e espécies comprovou a afirmativa acima. Os resultados relativos aos espaçamentos usados evidenciaram a mesma tendência daqueles observados por Sarker et al. (1992). Entretanto, divergem dos trabalhos de Akinola & Whiteman (1975b) e Tayo (1982, 1983 e 1985). De acordo com Chauhan et al. (1993), o efeito positivo ou não do espaçamento, e conseqüentemente da densidade populacional, varia em função do genótipo, do ambiente, da fase de desenvolvimento da planta e do parâmetro analisado. Cumpre salientar, que os espaçamentos e as densidades populacionais avaliados, para todas as espécies e épocas, foram diferentes daqueles preconizados por Almeida (1989), Peres & Favoretto (1987), Pereira & Kage (1980) e Pereira et al. (1992).

A influência das épocas de semeadura sobre a fitomassa seca produzida pelas espécies está caracterizada nas Figuras 12, 13, 14 e 15. À semelhança do que ocorreu para a fitomassa verde produzida pela mucuna preta, o comportamento frente à matéria seca foi análogo. A inexistência de significância à equação de regressão demonstrou a falta de sensibilidade desse adubo verde às épocas de semeadura (Figura 12). A pequena redução do ciclo vegetativo, verificado pela não subordinação da espécie às épocas de semeadura, contribuiu para explicar o comportamento dessa espécie face ao rendimento da matéria seca. O comportamento bastante homogêneo da mucuna preta caracterizou a sua adaptabilidade às épocas de semeadura sob as condições climáticas variáveis, associando-se às observações de Fornasieri Filho et al. (1989) e Pereira (1982).

Conforme pode ser observado na Figura 13, o guandu foi influenciado pelas épocas de semeadura, apresentando um elevado ajuste quadrático entre as épocas e a fitomassa seca. A dependência dessa variável com as épocas de semeadura do guandu foi mencionada em Wallis et al. (1979),

Figura 12 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa seca da mucuna preta.

Figura 13 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa seca do guandu.

que averiguaram existir elevada correlação entre épocas e taxa de matéria seca produzida. Böhringer et al. (1994) assinalaram a ação da interação genótipo x ambiente sobre a produção de fitomassa seca do guandu. Bishnoi et al. (1991), Chauhan et al. (1987) e Puste & Jana (1990), encontraram relação similar nessa interação, onde as épocas de semeio promoveram uma acentuada influência na matéria seca do guandu. Dwivedi & Patel (1988) e Singh & Kaira (1989) também verificaram a mesma associação, imputando a redução da produção da fitomassa seca ao deslocamento da semeadura da época considerada apropriada à marginal.

Tanto a *C. juncea* como a *C. ochroleuca* apresentaram resposta quadrática à variação das épocas (Figuras 14 e 15). O rendimento da matéria seca foi reduzido com o atraso da semeadura. Esse comportamento da *C. juncea* está de acordo com os resultados de Pereira et al. (1992), podendo ser explicado pela sensibilidade dessas leguminosas à ação fotoperiódica. A variação temporal observada na *C. juncea* também foi detectada por Calegari (1995) e por Fornasieri Filho et al. (1989).

Ressalta-se que o acúmulo satisfatório de chuvas ocorreu apenas nas duas primeiras épocas de semeadura. Na terceira época, a precipitação reduziu-se drasticamente (Figuras 1-A, 2-A e 3-A) comprometendo o desenvolvimento das plantas e, assim, o rendimento da matéria seca do guandu, *C. juncea* e *C. ochroleuca*. Assim, quando o objetivo for uma maior produção de fitomassa seca para essas leguminosas, em sistemas agrícolas sob os Cerrados, deve-se considerar o aspecto climático da região. Com isto, tem-se a possibilidade de indicar a melhor espécie de adubo verde para um específico sistema de produção, já que as espécies apresentam comportamentos distintos entre épocas de semeadura.

Ao analisar os valores do rendimento da matéria seca, após a aplicação do teste de Tukey, observa-se que não houve, para a mucuna preta, diferença significativa entre as épocas de semeadura, à semelhança do ocorrido à

Figura 14 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa seca da *C. juncea*.

Figura 15 - Relação entre as épocas de semeadura e a produção de fitomassa seca da *C. ochroleuca*.

matéria verde (Tabela 8). Burle et al. (1988) observaram que a mucuna preta desenvolveu-se bem sob condições de deficiência hídrica nos Cerrados.

Os maiores rendimentos médios de matéria seca da *C. juncea* e *C. ochroleuca*, foram obtidos na primeira época de semeadura, com redução no rendimento a partir da segunda época, confirmando a tendência das equações de regressão das Figuras 14 e 15. A produção de matéria seca do guandu declinou por mais da metade, na terceira época de semeadura, em relação às primeiras épocas, comprovando a ação temporal, sobretudo do fotoperíodo e da menor disponibilidade de água no sistema, no estabelecimento da espécie.

Com a estratificação da análise conjunta e estudando as espécies dentro de cada época, notou-se a diversidade de comportamento entre as leguminosas. A *C. juncea* e o guandu apresentaram, na primeira e segunda épocas, rendimentos significativamente superiores aos demais adubos verdes (Tabela 8), valores estes superiores aos obtidos por Castro & Guimarães (1982), Chagas et al. (1987) e Sharma et al. (1982).

Tabela 8 - Produção de fitomassa seca das espécies de adubos verdes, em três épocas de semeadura.

Espécies	Épocas de semeadura		
	12/novembro	07/janeiro	04/março
	-----kg.ha ⁻¹ -----		
<i>C. juncea</i>	17.266,2 Aa	7.985,1 Bb	5.993,4 Ab
Guandu	12.655,6 Ba	11.142,4 Ab	5.753,5 Ac
<i>C. ochroleuca</i>	8.774,3 Ca	5.648,5 Cb	4.382,0 Bc
Mucuna preta	3.535,4 Da	4.057,3 Da	3.984,4 Ba
C.V. (%)	14,3	7,7	7,2

¹ Valores das colunas seguidos das mesmas letras maiúsculas e das linhas por letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Apesar do maior rendimento da *C. juncea* e do guandu também na última época, as quatro espécies tenderam a diminuir suas produções de matéria seca. Esses resultados estão de acordo com Pereira (1988) e Pereira et al. (1992) que recomendaram a semeadura da *C. juncea* e guandu no início do período chuvoso da Região dos Cerrados. Amabile et al. (1994) encontraram resultados similares quando semearam o guandu, mucuna preta e *C. juncea* no início das chuvas (novembro) no município de Senador Canedo-GO. O rendimento da fitomassa seca da *C. juncea* foi significativamente superior ao do guandu cv. Kaki e da mucuna preta. Por sua vez, o guandu diferiu estatisticamente e foi superior à mucuna preta.

Ainda que os dados da terceira época caracterizem uma maior produção de fitomassa seca do guandu em relação à mucuna preta, vários trabalhos descrevem que a mucuna preta semeada em março, na Região dos Cerrados, possui comportamento divergente. De forma geral, existe uma pequena diferença no rendimento da matéria seca produzida entre estas espécies naquele mês. Amabile (1993) e Carvalho (1994) verificaram que o guandu possuiu os maiores rendimentos. Já, Burle et al. (1991, 1994a) encontraram na mucuna preta os maiores produções de fitomassa seca.

4.5. Teor de nitrogênio da parte aérea das espécies

A Tabela 9 mostra os valores dos quadrados médios da análise de variância total do teor de nitrogênio da parte aérea das leguminosas e os valores de F obtidos na análise de agrupamento entre as épocas de semeadura.

Observa-se a existência de efeitos significativos a 1 % para as espécies e para as épocas de semeadura, e de 5 % de significância para a interação entre espécies e épocas. Os resultados evidenciaram uma variabilidade na concentração de N entre as espécies, resultado esse esperado tendo em vista que

elas apresentam comportamento diferenciado na fixação, absorção, transporte e redistribuição do elemento nitrogênio (Malavolta, 1980). Glória et al. (1980) e Reddy et al. (1986) observaram uma variação da composição química de diversas leguminosas, entre elas a mucuna preta, *C. juncea* e guandu.

Tabela 9 - Análise de variância conjunta referente ao teor de nitrogênio da parte aérea das espécies de adubos verdes.

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Época (Epo)	2	1,1947042	9,7497 **
Bloco/época	6	0,1044405	0,8524 ^{ns}
Espécie (Esp)	3	1,0196556	8,3212 **
Esp * Epo	6	0,3539486	2,8885 *
Resíduo a	18	0,1225375	
Espaçamento (D)	1	0,0006722	0,0085 ^{ns}
Epo * D	2	0,2139764	2,7205 ^{ns}
Resíduo b	6	0,0786540	
Esp * D	3	0,0282720	0,5962 ^{ns}
Esp * D * Epo	6	0,1172538	2,4725 ^{ns}
Resíduo c	18	0,0474226	

¹ **, *, ^{ns} Significativo ao nível de 1 %, a 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

² Coeficiente de variação total = 13,7 %.

Por outro lado, a variação climática ocorrida entre as épocas de semeadura interferiu na concentração de nitrogênio dos adubos verdes. Nesse sentido, Malavolta et al. (1989) relacionaram uma série de fatores que afetam o teor de nitrogênio nas plantas, dentre eles as condições climáticas envolvidas no sistema agrícola.

Ao investigar a interação entre épocas e espécies, verificou-se que os teores de N encontrados não foram os mesmos nas diferentes espécies e épocas testadas. Essa interação igualmente foi influenciada pelas condições climáticas desiguais ocorridas na condução dos ensaios e pela grande variabilidade genética das leguminosas pesquisadas. As observações de Raij (1991) conferiram à interação planta x ambiente a responsabilidade pela variação da concentração de nitrogênio nas plantas.

Os teores de nitrogênio não foram afetados pelos espaçamentos, e, conseqüentemente, pelas populações empregadas (Tabela 9). As interações entre os espaçamentos e as épocas, além da interação tripla entre esses fatores não influenciaram essa variável. Bahar (1982) relatou para o guandu resultados similares. A constatação deste fato sugere a ausência de uma associação entre a população empregada e o ambiente, com o teor de nitrogênio.

A concentração do nitrogênio total na parte aérea das leguminosas em função das épocas de semeadura é representada nas Figuras 16, 17, 18 e 19. Tanto para a mucuna preta como para o guandu (Figuras 16 e 17) não foi possível ajustar uma equação significativa aos valores de nitrogênio encontrados na parte aérea, indicando a inexistência de uma relação de dependência entre o teor desse elemento e as épocas de semeadura para as duas leguminosas. Isso contradiz as observações feitas por Balakrishnan & Natarajaratnam (1989b), e por Reddy et al. (1986). Ao mesmo tempo, a ampla variabilidade existente dentro dos genótipos da mucuna preta e do guandu faz com que haja materiais mais adaptados à variação temporal do que outros, promovendo, por vezes, uma uniformidade nos teores de nitrogênio total dessas espécies. Bahar (1982), Nandwal et al. (1992) e Wilson & Muchow (1983) identificaram o estresse hídrico como responsável pela redução da concentração do nitrogênio no guandu. Para o guandu, avaliado no presente trabalho, não foi verificado esse efeito negativo do estresse hídrico. Mesmo com a diminuição da

Figura 16 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de nitrogênio da parte aérea da mucuna preta.

Figura 17 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de nitrogênio da parte aérea do guandu.

precipitação pela metade, da primeira para a terceira época de semeadura, esse elemento climático, provavelmente não prejudicou o sistema simbiótico, o desenvolvimento radicular e os fenômenos de absorção e transporte do nitrogênio do guandu e da mucuna preta.

A *C. juncea* e *C. ochroleuca* aumentaram significativa e linearmente a concentração de nitrogênio na parte aérea com o atraso das semeaduras, demonstrando a influência das condições climáticas sobre o teor de N total dessas leguminosas. Isto ocorreu, possivelmente, devido ao efeito de concentração de massas, já que a produção de matéria seca reduziu com esse atraso na semeadura (Figuras 18 e 19).

Com a aplicação do teste de comparação múltipla às médias dos teores de nitrogênio das leguminosas (Tabela 10), observou-se que tanto a mucuna preta como o guandu apresentaram comportamento semelhante ao longo das épocas de semeio, não existindo diferenças significativas entre as épocas. A ausência de variabilidade no teor de nitrogênio, para o guandu, é contrária aos resultados de Bahar (1982). Contudo, os teores médios encontrados estão dentro do intervalo proposto por esse autor, mas são inferiores ao valor crítico indicado por Ogata et al. (1988), de 3,73 %.

Já a *C. ochroleuca* diferiu significativamente entre a semeadura realizada em novembro com a de março. Na terceira época de semeadura o incremento do teor de N foi aproximadamente 50 % a mais do que o obtido na primeira época. Similarmente, para a *C. juncea*, o teor de N na terceira época de semeadura foi aproximadamente 30 % superior a primeira época, porém não diferindo da segunda época. As condições de ambiente afetaram a concentração de nitrogênio da *C. juncea* nos trabalhos realizados por Hundal & Dhillon (1993), Kolar et al. (1993) e Patil & Pal (1985). Entretanto, os teores de N observados no presente trabalho foram inferiores aos apresentados por Patil & Pal (1985) e Singh et al. (1937), mas semelhantes aos de Hundal & Dhillon

Figura 18 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de nitrogênio da parte aérea da *C. juncea*.

Figura 19 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de nitrogênio da parte aérea da *C. ochroleuca*.

(1993) e Kolar et al. (1993). Esses valores refletem a diversidade da concentração de nitrogênio presente na *C. juncea* em função das condições de ambiente. Isto evidencia a necessidade de se dispor de materiais adaptados para conseguir uma maximização das práticas agrícolas em regiões como a dos Cerrados.

Tabela 10 - Teor de nitrogênio da parte aérea das espécies de adubos verdes, em três épocas de semeadura.

Espécies	Épocas de semeadura		
	12/novembro	07/janeiro	04/março
	-----%		
Mucuna preta	2,16 Aa	2,31 Aa	2,45 Aa
Guandu	1,97 ABa	2,32 Aa	1,96 Aa
<i>C. ochroleuca</i>	1,56 Ba	2,02 ABa	2,32 Ab
<i>C. juncea</i>	1,47 Ba	1,54 Bab	2,20 Ab
C.V. (%)	7,5	9,4	14,9

¹ Valores das colunas seguidos das mesmas letras maiúsculas e das linhas por letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Para o estudo das leguminosas dentro de cada época, estudo esse obtido pelo desdobramento da análise conjunta, constatou-se a variação das espécies no que se refere a essa variável. Na primeira época, a mucuna preta e o guandu apresentaram os teores mais elevados de nitrogênio. Na semeadura realizada em janeiro, a *C. ochroleuca*, mucuna preta e guandu igualaram-se estatisticamente. A mucuna preta obteve valores maiores que a *C. juncea*, à semelhança de Quintana (1987) nesse mesmo período. Na semeadura da terceira época, as quatro leguminosas comportaram-se de modo semelhante, não havendo diferenças entre elas. Informações de Burle et al. (1994a) e Pereira (1991) acusaram resultados similares.

Quando se considera, de maneira geral, os teores de nitrogênio da mucuna preta, observa-se que esta espécie foi superior a *C. juncea*, em conformidade com os estudos de Glória et al. (1980) e Mello & Brasil Sobrinho (1960), mas divergentes dos dados de Magalhães et al. (1991). Burle et al. (1994b), analisando o guandu e a mucuna preta no final da estação chuvosa dos Cerrados, relataram iguais valores aos aqui apresentados. Em outra comparação, o estudo de Wildner & Dadalto (1991) mostrou ter o guandu cv. Kaki quantidades totais de nitrogênio superiores àqueles contidos nos tecidos da *C. juncea*.

4.6. Teor de fósforo da parte aérea das espécies

Na Tabela 11 encontram-se os valores dos quadrados médios e do teste F, obtidos pela análise de variância conjunta para o teor de fósforo da parte aérea das leguminosas. Nota-se a presença de efeitos significativos a 5 % para as espécies e de 1 % de significância para as épocas e para a interação entre esses dois fatores. O efeito das espécies expressa a variabilidade presente entre elas, no que se refere a concentração de P na parte aérea. Essa variabilidade já era esperada, uma vez que ela varia em função dos fatores genéticos (Goedert et al., 1986 e Raij, 1991), do sistema radicular das plantas (Sousa & Lobato, 1988) e da habilidade de algumas espécies em absorver o fósforo (McIvor, 1984). Por essas observações, verifica-se que o potencial das leguminosas em concentrar esse elemento varia muito, e por essa razão, uma acertada escolha da leguminosa, comumente utilizada como adubo verde nos Cerrados, pode contribuir para uma melhor absorção e recuperação do P, que, nessa região, apresenta-se normalmente em níveis baixos.

Já a significância para o fator época indicou que a concentração de fósforo foi influenciada pelas épocas estudadas e, conseqüentemente, pelas condições de ambiente. Bates (1971) afirmou que as condições climáticas influen-

ciam os teores dos elementos minerais nos tecidos vegetais das plantas.

Tabela 11 - Análise de variância conjunta referente ao teor de fósforo da parte aérea das espécies de adubos verdes.

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Época (Epo)	2	0,02883472	25,5172 **
Bloco/época	6	0,00043749	0,3872 ^{ns}
Espécie (Esp)	3	0,00499398	4,4194 *
Esp * Epo	6	0,00689398	6,1008 **
Resíduo a	18	0,00113001	
Espaçamento (D)	1	0,00031250	0,4098 ^{ns}
Epo * D	2	0,00003750	0,4092 ^{ns}
Resíduo b	6	0,00076249	
Esp * D	3	0,00051250	0,6625 ^{ns}
Esp * D * Epo	6	0,00097078	1,2549 ^{ns}
Resíduo c	18	0,00077361	

¹ **, *, ^{ns} Significativo ao nível de 1 %, a 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

² Coeficiente de variação total = 17,2 %.

A interação entre épocas e espécies evidenciou que o teor de fósforo foi dependente das épocas de semeadura e das espécies, sugerindo que, além do fator genético, as flutuações climáticas ocorridas durante a condução dos ensaios afetaram o teor desse elemento. Essa interação está relacionada com a afirmativa de Baligar et al. (1990) ao citar que espécies, cultivares e genótipos dentro de espécies interagem com o ambiente resultando em diferenças na absorção e/ou utilização de elementos como o fósforo.

O efeito simples do fator espaçamento, bem como a interação

entre espaçamentos e épocas; espaçamentos e espécies e a interação entre espaçamentos x espécies x épocas, não foram significativos mostrando que o teor de fósforo independe tanto dos espaçamentos testados, como das interações por eles verificadas.

As funções que descrevem as variações dos teores de fósforo em relação às épocas de semeadura são apresentadas nas Figuras 20, 21, 22 e 23. A percentagem de fósforo na matéria seca da mucuna preta variou segundo uma equação de segundo grau, com o coeficiente de determinação igual a uma unidade, determinando o perfeito ajuste obtido com as médias originais (Figura 20). O ponto de máxima concentração de fósforo ocorreu na segunda época de semeadura, porém não diferindo estatisticamente dos pontos de menores inflexões (novembro e março) (Tabela 12). A ausência de variabilidade no teor de fósforo, apresentado ao longo das épocas quando da aplicação do teste de Tukey, caracterizou a mucuna preta como sendo uma espécie pouco sensível à variação temporal entre as datas de semeio. Mesmo com a redução da precipitação de 1.092,8 para 455,3 mm, da primeira para a terceira época, a umidade no solo foi suficiente para promover uma boa absorção do fósforo. Deve-se considerar também, a especificidade do material genético da mucuna preta utilizada, pois esse material possuiu teores de fósforo estatisticamente semelhantes, mesmo em condições de ambiente que pareciam ser marginais ao desenvolvimento da espécie e à absorção de fósforo.

Por sua vez, a concentração de fósforo do guandu cv. Kaki decresceu linearmente com o avançar das épocas de semeadura (Figura 21), indicando a existência de uma relação entre as épocas de semeadura e o teor de fósforo. Esses resultados concordam com Wilson (1983) que demonstrou a presença de uma relação entre a concentração de nutrientes com as condições hídricas a que está, por muitas vezes, submetida uma espécie. Sharma et al. (1990) inferiram que o clima interfere na absorção do fósforo pelo guandu,

Figura 20 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de fósforo da parte aérea da mucuna preta.

Figura 21 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de fósforo da parte aérea do guandu.

possuindo, essa leguminosa, menores teores de fósforo em condições climáticas marginais. Essa interferência pode explicar, em parte, o comportamento linear regressivo da equação obtida neste trabalho. Bhowmik et al. (1983) observaram ações climáticas similares, onde a umidade limitante do solo retraiu a concentração de P nos tecidos do guandu.

A ausência de significância à equação de segundo grau observada para a *C. juncea*, demonstrou a não subordinação da leguminosa às épocas de semeadura (Figura 22). Porém, essa espécie mostrou tendência quadrática à concentração de fósforo, com a concentração máxima esperada próxima a segunda época de semeio (início de janeiro). Já a *C. ochroleuca* determinou uma resposta quadrática significativa, à variação das épocas, evidenciando uma ação climática sobre o teor de fósforo (Figura 23).

A menor concentração de fósforo observada na terceira época para todas as leguminosas deve-se, principalmente, à queda acentuada da precipitação, o que provavelmente comprometeu a difusão de fósforo e, conseqüentemente, a sua absorção pelas plantas.

Os dados analíticos dos teores de fósforo por leguminosas entre as épocas de semeio, após a aplicação do teste de comparação de médias, são apresentadas na Tabela 12. Apenas a mucuna preta possuiu um desempenho uniforme entre as três épocas, não existindo diferença significativa entre elas. Os teores de fósforo encontrados nas diversas épocas estão abaixo daquele encontrado por Caceres & Alcarde (1995) que foi de 0,21 %. O guandu apresentou os menores teores médios na terceira época. Nessa época, o teor analítico foi reduzido por mais da metade quando comparado com o encontrado na primeira época, resultado esse condicionado pelas condições climáticas. Essa variação entre épocas pode ser confirmada nos trabalhos de Balakrishnan & Natarajaratnam (1989a, b). Os teores de fósforo obtidos nas duas primeiras épocas situam-se na faixa considerada como adequada por Reuter (1986), isto é,

Figura 22 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de fósforo da parte aérea da *C. juncea*.

Figura 23 - Relação entre as épocas de semeadura e os teores de fósforo da parte aérea da *C. ochroleuca*.

acima de 0,12 % de fósforo total encontrado na matéria seca. Para a terceira época de semeadura, o teor foi considerado como crítico, uma vez que o valor encontrado assinala-se dentro da faixa de 0,07 a 0,12 % obtida pelo mesmo autor e, inferior aos resultados de Ogata et al. (1988), que fixaram a concentração crítica como sendo de 0,13 % e, ao valor obtido por Caceres & Alcarde (1995).

Tabela 12 - Teor de fósforo da parte aérea das espécies de adubos verdes, em três épocas de semeadura.

Espécies	Épocas de semeadura		
	12/novembro	07/janeiro	04/março
	-----%		
Guandu	0,24 Aa	0,21 Aa	0,10 Ab
Mucuna preta	0,14 Ba	0,18 Aa	0,14 Aa
<i>C. ochroleuca</i>	0,13 Bb	0,21 Aa	0,12 Ab
<i>C. juncea</i>	0,15 Ba	0,17 Aab	0,12 Ab
C.V. (%)	17,1	17,2	17,1

¹ Valores das colunas seguidos das mesmas letras maiúsculas e das linhas por letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Assim, conforme as comparações estabelecidas, o guandu credencia-se como espécie recomendada à reciclagem de fósforo dos solos sob Cerrados, pois mesmo sem necessidade de corrigi-lo quimicamente onde os ensaios foram conduzidos, a leguminosa apresentou, na parte aérea, teores considerados satisfatórios para esse elemento.

Quanto à concentração de fósforo pela *C. ochroleuca*, a espécie apresentou os maiores teores na segunda época, diferindo estatisticamente das demais épocas. Os teores da parte aérea encontrados foram inferiores aos verificados por Sarwatt (1990). A *C. juncea* possuiu comportamento similar a *C.*

ochroleuca, contudo o teor de fósforo da segunda época não diferiu estatisticamente da primeira nem da última época. Numericamente, no entanto, os teores de fósforo encontrados são inferiores aos observados por Caceres & Alcarde (1995) e por Patil & Pal (1985), possivelmente devido ao tipo de material analisado ou da época em que foi realizada a coleta.

Pela presença de variabilidade dos teores de P observada dentro de cada leguminosa, pode-se indicar, para os Cerrados, uma determinada espécie de adubo verde para cada época de semeadura e sistema de produção, quando se objetiva a reciclagem do fósforo.

Os dados analíticos da concentração de P, por leguminosas, dentro de cada época de semeadura, após a aplicação do teste de comparação de médias, estão expressas na Tabela 12. Nota-se diferenças significativas apenas na primeira época, quando o guandu apresentou os teores mais elevados de fósforo na parte aérea da matéria seca. Por sua vez, a pequena heterogeneidade do teor de fósforo entre espécies, para todas as épocas de semeadura, compromete, com exceção do guandu para a primeira época de semeio, a indicação de uma espécie como sendo a mais eficaz na reciclagem do fósforo.

4.7. Teor de potássio da parte aérea das espécies

A análise conjunta correspondente ao teor de potássio da parte aérea das leguminosas encontra-se na Tabela 13. Observa-se que as épocas de semeadura e as espécies apresentaram efeito significativo a 1 e 5 %, respectivamente. A diversidade genética das espécies induziram a presença do efeito entre espécies, uma vez que a base genética é um dos fatores que afeta o teor de potássio das plantas (Raij, 1991). Por outro lado, as flutuações climáticas, verificadas ao longo das épocas analisadas, interferiram na concentração desse elemento. Por ser a difusão o principal processo de contribuição de potássio às

plantas (Malavolta et al., 1989), e sendo esse processo influenciado pelo teor de água do solo, era de esperar que houvesse esta heterogeneidade entre as épocas de semeio, uma vez que a precipitação variou de época para época.

Tabela 13 - Análise de variância conjunta referente ao teor de potássio da parte aérea das espécies de adubos verdes.

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Época (Epo)	2	0,6471180	13,0177 **
Bloco/época	6	0,0633675	1,2747 **
Espécie (Esp)	3	0,1929980	3,8824 *
Esp * Epo	6	0,0791090	1,5914 ^{ns}
Resíduo a	18	0,0497106	
Espaçamento (D)	1	0,0078125	0,0953 ^{ns}
Epo * D	2	0,0028125	0,0343 ^{ns}
Resíduo b	6	0,0819781	
Esp * D	3	0,0467041	0,4599 ^{ns}
Esp * D * Epo	6	0,0262848	0,2588 ^{ns}
Resíduo c	18	0,1015625	

¹ **, *, ^{ns} Significativo ao nível de 1 %, a 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

² Coeficiente de variação total = 22,2 %.

Observou-se que não houve significância para a interação entre época e espécie. Isso significa que o teor de potássio na parte aérea das plantas teve um comportamento homogêneo ao longo das épocas avaliadas. A plasticidade de adaptação ao ambiente das plantas é tida como uma função da base genética das espécies, e quanto maior for essa base menor ou nula será a interação espécies x ambiente (Vencovsky & Barriga, 1992). Isso sugere que a

estabilidade fisiológica e morfológica dos adubos verdes pesquisados, no que se refere à concentração de potássio, foi satisfatória para as condições dos Cerrados.

Não houve necessidade da estratificação da análise conjunta tendo em vista a ausência de significância da interação espécie x época. Pelo mesmo motivo, não empregou-se a técnica de regressão para estudar o efeito das épocas sobre os dados analíticos do teor de potássio das espécies. A eficiência relativa das leguminosas foi averiguada pelo agrupamento dos resultados por épocas (Tabela 14). Da mesma forma, para o estudo das épocas, procedeu-se a análise dos dados agrupando as espécies em cada época de semeadura, e com posterior aplicação do teste de Tukey (Tabela 15).

Os espaçamentos utilizados não promoveram diferenças na concentração de K na parte aérea das leguminosas, determinando o bom ajuste entre a variável espaçamento e as espécies de adubos verdes. A inexistência de diferença significativa entre espaçamentos, espécies e épocas, e também a ausência de interação entre esses fatores, comprovaram a constatação acima.

Considerando os resultados obtidos, quando realizou-se o agrupamento das épocas (Tabela 14), pode-se observar que a *C. ochroleuca* foi a espécie que apresentou a concentração de potássio mais elevada na parte aérea, embora não diferindo estatisticamente do guandu e da mucuna preta.

O teor médio de K obtido para a *C. ochroleuca* pode ser considerado adequado, principalmente tratando-se das condições climáticas, por vezes, marginais a que foi exposta essa espécie. Por outro lado, esse teor registrado, nas condições dos Cerrados, foi superior, e muito, ao teor crítico proposto por Mukurasi, citado por Sibuga (1987) que foi de 0,23 %.

O guandu obteve teores mais elevados do que os obtidos por Nichols (1965) da ordem de 0,78 %. Esses dados mostram a elevada capacidade do sistema radicular dessas espécies na reciclagem e absorção de potássio. Como essas espécies são exóticas à Região dos Cerrados, infere-se que haja uma aceitá-

vel adaptação aos solos dessa região.

Tabela 14 - Valores médios agrupados do teor de potássio da parte aérea das espécies de adubos verdes.

Espécies	Teor de potássio %
<i>C. ochroleuca</i>	1,03 a
Mucuna preta	1,00 ab
Guandu	0,97 ab
<i>C. juncea</i>	0,79 b
C.V. (%)	19,65

¹ Valores seguidos das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 15 - Valores médios agrupados do teor de potássio da parte aérea das espécies de adubos verdes por épocas de semeadura.

	Épocas de semeadura		
	12/novembro	07/janeiro	04/março
	-----%		
Teor de potássio	0,81 a	1,12 b	0,91 a
C.V. (%)	22,6	16,6	18,9

¹ Valores seguidos das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Dentro do estudo das épocas de semeadura (Tabela 15), verificou-se a ação temporal do elemento potássio, em função do deslocamento das datas de semeio. O teor de potássio das leguminosas foi superior na segunda época de semeadura quando comparado com as demais épocas, mostrando a

melhor adaptabilidade dos adubos verdes à extração de potássio nessa época, aliado as condições de umidade e de temperatura favoráveis.

4.8. Correlações entre variáveis

A Tabela 16 apresenta os coeficientes de correlação conjuntos de todas as combinações possíveis entre os pares formados pelas variáveis respostas. Segundo Vencovsky & Barriga (1992), o estudo das associações entre variáveis e a sua magnitude é importante, visto que a seleção de materiais, a adaptação e o planejamento do uso agrícola podem se dar através da observação das relações possíveis que possam ocorrer entre os parâmetros observados.

Tabela 16 - Coeficientes de correlação linear simples entre as variáveis respostas agrupadas.

	Fitomassa verde	Fitomassa seca	Florescimento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
Fitomassa verde		0,891 **	0,197 ^{ns}	-0,388 ***	0,438 ***	0,004 ^{ns}
Fitomassa seca			0,229 ^{ns}	-0,467 ***	0,284 *	-0,093 ^{ns}
Florescimento				-0,096 ^{ns}	0,453 ***	0,106 ^{ns}
Nitrogênio					0,053 ^{ns}	0,246 *
Fósforo						0,231 ^{ns}

1. *** , ** , * , ^{ns} Significativo ao nível de 0,1, 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Como pode ser verificado, existiu uma grande variação no grau de associação bem como no tipo de associação entre as variáveis analisadas. Isso evidenciou que nem todas as variáveis possuíram relação de dependência entre elas e que não é possível generalizar e planejar a escolha de um determinado

adubo verde somente por este tipo de análise. Nesse sentido, mesmo com a elevada significância averiguada ($P < 0,001$), as correlações negativas do nitrogênio com a fitomassa seca e com a fitomassa verde, e a correlação positiva do fósforo com a fitomassa verde, não foram suficientes para inferir uma relação de estudo desses elementos minerais com o tipo de fitomassa produzida pelas leguminosas.

Observou-se, ainda, que o florescimento e o potássio, não possuíram correlações significativas com as demais variáveis, com exceção da relação entre o nitrogênio e potássio, que apresentou uma baixíssima magnitude.

Apesar dessas variações nem sempre favoráveis, ocorreu uma forte dependência entre a fitomassa verde produzida e a fitomassa seca, da ordem de 0,891. A elevada magnitude dessa correlação demonstrou a subordinação existente entre a fitomassa seca e a fitomassa verde. Conseqüentemente, quando se objetiva a escolha de adubos verdes para produção de fitomassa verde é possível expressar o quanto de matéria seca contribuirá para o sistema agrícola pela determinação da fitomassa verde.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo permitem as seguintes conclusões:

- A *Crotalaria juncea* e o *Cajanus cajan* apresentam as maiores produções de fitomassa verde e seca, nas condições de Cerrados;
- O atraso da semeadura, em relação ao início da estação chuvosa, reduz os rendimentos de fitomassa verde e seca produzidos pelas leguminosas;
- Os espaçamentos de 0,40 m e 0,50 m não influenciam o período para o florescimento, produção de fitomassa e teores de nitrogênio, fósforo e potássio;
- As épocas de semeadura afetam os teores de nitrogênio, fósforo e potássio da parte aérea das leguminosas;
- Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio são influenciados pelas espécies de leguminosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, R.; JULIÁ, F.J. Effects of planting time, plant population and row spacing on yield and other characteristics of pigeonpeas, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v.57, n.4, p.275-85, 1973.
- ABRUNA, F.; RIVERA, E.; RODRIGUEZ GARCIA, J.A. Crop response to soil acidity factors in Ultisols and Oxisols in Puerto Rico. X. Pigeon peas. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v.68, n.4, p.423-43, 1984.
- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G. de; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, J.W. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1986. p.33-98.
- AKINOLA, J.O.; WHITEMAN, P.C. Agronomic studies on pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millps.). I. Field responses to sowing time. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.26, p.43-56, 1975a.
- AKINOLA, J.O.; WHITEMAN, P.C. Agronomic studies on pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millps.). II. Responses to sowing density. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.26, p.57-66, 1975b.
- ALBUQUERQUE, G. A.C. de; ARAÚJO FILHO, J.T.; MARINHO, M.L. **Adubação verde e sua importância econômica**. Rio Largo: IAA, Planalsucar, COONE, 1980. 10p.

- ALMEIDA, E.X. Legumineira: fonte de proteína para a pequena propriedade. **Agropecuária Catarinense**, v.2, n.1, p.48-51, 1989.
- AMABILE, R.F. **Coleção de espécies vegetais para cobertura e conservação dos solos sob vegetação de Cerrado: projeto de pesquisa**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1993. 4p.
- AMABILE, R.F.; CORREIA, J.R.; FREITAS, P.L. de.; BLANCANEUX, P.; RAMOS, J.G.A. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.8, p.1193-9, 1994.
- ANDRADE, L.A. de B.; ABRAHÃO, J.T.M.; GODOY, O.P. Efeito da incorporação de *Crotalaria juncea* L. sobre a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). I - efeito no desenvolvimento inicial. **STAB. Açúcar, Álcool e Subproduto**, v.2, n.3, p.40-3, 1984.
- APONTE, A.; SALAS, M. Descripción de cuatro variedades sobresalientes de quinchoncho (*Cajanus cajan* Millsp.). **Agrologia Tropical**, v.34, n.1/3, p.199-204, 1984.
- ARIYANAYAGAM, R.P.; SPENCE, J.A. A possible gene source for early, day-length neutral pigeonpeas, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Euphytica**, v.27, p.505-9, 1978.
- AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1983. 177p.
- BAHAR, F.A. Cultural practices for pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) as a forage, green manure, and grain crops. Gainesville, 1981. 103p. Tese (Ph-D) - University of Florida. Apud **Dissertation Abstracts International**. Sect. B., v.43, n.1, p.10-B, July 1982. (Resumo).
- BALAKRISHNAN, K.; NATARAJARATNAM, N. Growth analysis in pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) as influenced by date of sowings. **Madras Agricultural Journal**, v.76, n.1, p.35-9, 1989a.

- BALAKRISHNAN, K.; NATARAJARATNAM, N. Nutrient uptake in pigeonpea as influenced by sowing dates. **Madras Agricultural Journal**, v.76, n.8, p.430-7, 1989b.
- BALAKRISHNAN, K.; NATARAJARATNAM, N. Effect of planting date on the morphology of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). **Madras Agricultural Journal**, v.77, n.3/4, p.131-7, 1990.
- BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R.; FAGERIA, N.K. Soil-plant interaction on nutrient use efficiency in plants: an overview. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R., ed. **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic Press, 1990. p.351-73.
- BATES, T.E. Factors affecting critical concentration in plants and their evaluation: a review. **Soil Science**, v.112, p.116-30, 1971.
- BERI, V.; MEELU, O.P.; KHIND, C.S. Biomass production, N accumulation, symbiotic effectiveness and mineralization of green manures in relation to yield of wetland rice. **Tropical Agriculture**, v.66, n.1, p.11-6, 1989.
- BHOWMIK, N.N.; GHOSH, N.; CHOWDHURY, P.B. Effect of irrigation and phosphorus on growth and yield of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). **Indian Agriculturist**, v.27, p.343-7, 1983.
- BIOMA Cerrado: subsídios para estudos e ações. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, Instituto do Trópico Subúmido, 1991. 16p. (Contributions to the Savanna Study, 1).
- BISHNOI, O.P.; TANEJA, K.D.; RAO, V.U.M.; FARODA, A.S. Phenological behaviour and seed yield of pigeonpea (*Cajanus cajan*) varieties sown under different environments. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.61, n.11, p.841-3, 1991.
- BÖHRINGER, A.; TAMÒ, M.; DREYER, H.M. Growth and productivity of pigeonpea (*Cajanus cajan*) genotypes for use in alley cropping and their interactions with the environment. **Experimental Agriculture**, v.30, p.207-15, 1994.

- BRASIL, A.E.; ALVARENGA, S.M. Relevô. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro, 1989. v.1, p.53-72.
- BULISANI, E.A.; BRAGA, N.A.; ROSTON, A.V. Utilização de leguminosas, como cobertura de solo em sistemas de adubação verde ou rotação de culturas. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, 1., Piracicaba, 1987. Piracicaba: FEALQ, 1987. p.63-70.
- BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S.; SUHET, A.R.; PEREIRA, J. Comportamento de leguminosas na estação seca da Região dos Cerrados. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1987/1990**. Planaltina, 1994a. p.89-97.
- BURLE, M.L.; SUHET, A.R.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S. Adubação verde no período da seca nos Cerrados: efeito na cultura do milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1987/1990**. Planaltina, 1994b. p.101-5.
- BURLE, M.L.; BOWEN, W.T.; PEREIRA, J.; SUHET, A.R.; RESCK, D.V.S. **Identificação de leguminosas adubo verde tolerantes à seca nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1988. 4p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 22).
- BURLE, M.L.; BOWEN, W.T.; SUHET, A.R.; PEREIRA, J.; PERES, J.R.R.; RESCK, D.V.S. Comportamento de leguminosas no período da seca em dois solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22., Recife, 1989. **Resumos**. Recife: SBCS, 1989. p.258-9.
- BURLE, M.L.; BOWEN, W.T.; SUHET, A.R.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S.; PERES, J.R.R. Avaliação de leguminosas para o período da seca na Região dos Cerrados. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1985/1987**. Planaltina, 1991. p.125-8.

- BURLE, M.L.; PEREIRA, J.; BOWEN, W.T.; SUHET, A.R.; RESCK, D.V.S.; PERES, J.R.R. **Comportamento de leguminosas no período da seca em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1990. 3p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 48).
- BUXO, D.A. Effect of planting date and spacing on growth and yield of pigeon pea, *Cajanus cajan*. **Technical Report**, n.4, p.8-16, 1985.
- CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **STAB. Açúcar, Álcool e Subproduto**, v.13, n.5, p.17-20, 1995.
- CALEGARI, A. **A prática da adubação verde**. Curitiba: IAPAR, 1987. 21p.
- CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (IAPAR. Circular, 80).
- CAMPO, R.J.; CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; PALHANO, J.B. **Algumas leguminosas de verão indicadas para adubação verde**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1979. 4p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado Técnico, 1).
- CARDOSO, A.N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS, Uberaba, 1992. **Cultura da soja nos Cerrados**, editado por N.G. Arantes e P.I.M. de Souza. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.71-104.
- CARVALHO, A.M. de. **Efeito de adubos verdes, utilizados como cobertura, sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo na Região dos Cerrados**: subprojeto de pesquisa. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1994. 14p.
- CASTRO, T. de A.P. e; GUIMARÃES, C.M. **Guandu anão, uma nova opção para as regiões tropicais brasileiras**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1982. 3p. (EMBRAPA-CNPAF. Comunicado Técnico, 11).

- CHAGAS, J.M.; VIEIRA, R.F.; ARAÚJO, G.A. de A.; ARAÚJO, J.P.P. de. Efeitos da incorporação da *Crotalaria juncea* sobre a cultura do feijão no cerrado. **Revista Ceres**, v.34, n.192, p.152-61, 1987.
- CHAPMAN, A.L.; MUCHOW, R.C. Nitrogen accumulated and partitioned at maturity by grain legumes grown under different water regimes in a semi-arid tropical environment. **Field Crops Research**, v.11, n.1, p.69-79, 1985.
- CHAUHAN, Y.S. Pigeonpea: agronomic management. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K., ed. **The pigeonpea**. Wallingford: CAB International, 1990. p.257-78.
- CHAUHAN, Y.S.; JOHANSEN, C.; SINGH, L. Adaptation of extra short duration pigeonpea to rainfed semi-arid environments. **Experimental Agriculture**, v.29, p.233-42, 1993.
- CHAUHAN, Y.S.; VENKATARATNAM, N.; SHELDRAKE, A.R. Factors affecting growth and yield of short-duration pigeonpea and its potential for multiple harvests. **The Journal of Agricultural Sciences**, v.109, p.519-29, 1987.
- COCHRANE, T.T.; PORRAS, J.A.; HENÃO, M. del R. The relative tendency of the Cerrados to be affected by veranicos: a provisional assessment. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., Savanas, 1982. **Alimento e energia**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1988. p.229-42.
- CORDEIRO, D.S.; KICHEL, A.N.; PAULETTO, A.E.; ASSIS, V.G. de; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Produção de matéria seca de espécies de verão e de inverno, utilizadas como adubação verde na encosta do Sudeste do Rio Grande do Sul**. Pelotas: EMBRAPA, UEPAE Pelotas, 1983. 7p. (EMBRAPA-UEPAE Pelotas. Comunicado Técnico, 15).
- COSTA, N. de L. **Competição de cultivares de guandu sob dois níveis de adubação fosfatada**. Porto Velho: EMBRAPA, UEPAE Porto Velho, 1989. 5p. (EMBRAPA-UEPAE Porto Velho. Comunicado Técnico, 81).

- COSTA, N. de L.; ALVES, P.M.P. **Avaliação de cultivares de guandu sob dois níveis de fertilização fosfatada em Porto Velho - RO.** Porto Velho: EMBRAPA, UEPAE Porto Velho, 1988. 7p. (EMBRAPA-UEPAE Porto Velho. Comunicado Técnico, 51).
- COSTA, N. de L.; OLIVEIRA, J.R. da C. Avaliação de cultivares de guandu em Rondônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., Lavras, 1992. **Anais.** Lavras: SBZ, 1992. p.88.
- DAHIYA, B.S.; BRAR, J.S.; PAUL, J.N. Changes in growth habit of pigeon-peas (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) due to late sowing. **Journal of Agricultural Science**, v.83, p.379-80, 1974.
- DALAL, R.C. Nutrient element concentration and dry matter production by field grown pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Tropical Agriculture**, v.57, n.2, p.107-12, 1980.
- DALAL, R.C.; QUILT, P. Effects of N, P, liming, and Mo on nutrition and grain yield of pigeonpea. **Agronomy Journal**, v.69, p.854-7, 1977.
- De MARCHI, M.J.; NAKAGAWA, J.; ALMEIDA, A.M.; ROSOLEM, C.A. Efeitos dos espaçamentos nas produções de massa verde e seca na cultura do guandu. **Revista de Agricultura**, v.56, n.3, p.155-61, 1981.
- DE-POLLI, H.; CHADAS, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.3, p.287-93, 1989.
- DHINGRA, K.K.; SINGH, S.; TRIPATHI, H.P. Phenological behavior and yield of pigeonpea genotypes under different dates of planting and row spacings. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, Patancheru, 1981. **Proceedings.** Patancheru: ICRISAT, 1981. v.2, p.229-34.
- DÖBEREINER, J.; CAMPELO, A.B. Importance of legume and their contribution to tropical agriculture. In: HARDY, R.W.F.; GIBSON, A.H., ed. **A treatise on dinitrogen fixation.** Section IV: Agronomy and Ecology. New York: John Wiley, 1977. p.191-200.

- DWIVEDI, R.N.; PATEL, C.S. Response of redgram to sowing dates in Nagaland. **Indian Journal of Agronomy**, v.33, n.1, p.7-9, 1988.
- EDWARDS, D.G. Development of research on pigeonpea nutrition. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, Patancheru, 1980. **Proceedings**. Andhra Pradesh: ICRISAT, 1981. p.205-11.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1979**. Planaltina, 1979a. v.3, 192p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979b. n.p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1981**. Planaltina, 1981a. v.5, 190p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 1981b. (Escala 1:5.000.000).
- FARIAS, J.G. Nitrogen availability from plant residues in selected oxisols and ultisols. Gainesville, 1985. 177p. Thesis (M.S.) - University of Florida.
- FORNASIERI FILHO, D.; VIEIRA, R.D.; BELLINGIER, P.A.; FORNASIERI J.L. Comportamento de algumas leguminosas em distintas épocas de semeadura. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.46 (pt.1), p.257-74, 1989.
- FRANCO, A.A. Contribution of the legume - *Rhizobium* symbiosis to the ecosystem and food production. In: DÖBEREINER, J.; BURRIS, R.H.; HOLLAENDER, A.; FRANCO, A.A.; NEYRA, C.A.; SCOTT, D.B., ed. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York: Plenum Press 1978. p.65-75.

- GLÓRIA, N.A. da; MATTIAZZO, M.E.; PEREIRA, V.; PARO, J.M. Avaliação de adubos verdes. **Saccharum**, v.3, n.8, p.31-5, 1980.
- GOEDERT, W.J. Região dos Cerrados: potencial agrícola e sua política para desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.1, p.1-17, 1989.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, L. Fósforo. In: GOEDERT, J.W. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1986. p.129-66.
- GOMES, R.P. **Forragens fartas na seca**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1977. 236p.
- GONÇALVES, L.C.; ARONOVICH, S.; BORGES, I.; ALMEIDA, O.C. Produção do guandu como fonte de forragem para o período seco no Triângulo Mineiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20., Pelotas, 1983. **Anais**. Pelotas: SBZ, 1983. p.416.
- GOYAL, S.N.; PATEL, N.L.; TIKKA, S.B.S.; AHLAWAT, R.P.S. Row spacing and plant population for rainfed pigeonpea cultivars. **Indian Journal of Agronomy**, v.34, n.4, p.502-3, 1989.
- HALLIDAY, J. **Present constraints to and a future strategy for, fuller utilization of legume-fixed nitrogen for crops production in tropics**. Food & Fertilizer Technology Center, 1982. 25p. (Technical Bulletin, 60).
- HAMMERTON, J.L. A spacing/planting date trial with *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Tropical Agriculture**, v.48, n.4, p.341-50, 1971.
- HAMMERTON, J.L. Effects of planting date on growth and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) Millsp.). **Journal of Agriculture Science**, v.87, p.649-60, 1976.
- HARIDASAN, H. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M.N. **Cerrado**. 2. ed. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1993. p.321-44.
- HERRERA, P.G.; LOTERO, C.J.; CROWNER, L.V. Cutting frequency with tropical forage legumes. **Agriculture Tropical**, v.22, p.473-83, 1976.

- HUNDAL, H.S.; DHILLON, N.S. Influence of green manures on P use efficiency in rice. **International Rice Research Newsletter**, v.18, n.1, p.43-4, 1993.
- IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M.A.; MELLA, S.C.; MEDEIROS, G.B. Adubação orgânica. **Informe da Pesquisa**, v.8, n.59, p.1-33, 1984.
- INFORZATO, R. Nota sobre o sistema radicular do guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. e sua importância na adubação verde. **Bragantia**, v.7, p.125-7, 1947.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo**. Campinas, 1987. 231p. (IAC. Boletim, 200).
- JITENDRA-MOHAN, K.V. Identification of a day-neutral type of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) and its potentialities. **Jute Bulletin**, v.36, n.11/12, p.229-30, 1974.
- JOHANSEN, C. Pigeonpea: mineral nutrition. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K., ed. **The pigeonpea**. Wallingford: CAB International, 1990. p.209-31.
- KAPUR, R.; SATIJA, D.R.; DAHIYA, B.S. Influence of plant population on agronomic traits in pigeonpea varieties. **Agricultural Science Digest**, v.7, n.3, p.159-62, 1987.
- KAYANDE, K.S. Effects of sowing dates and patterns on pigeonpea yields in the postrainy season. **International Pigeonpea Newsletter**, n.2, p.32-3, 1983.
- KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JÚNIOR, W. de ; CARVALHO FILHO A. de. Cerrado: Solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1992. **Anais**, coord. por C.V. Costa e L.C.V. Borges. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.1-31.
- KILLINGER, G.B. Pigeon peas (*Cajanus cajan* (L.) Druce), a useful crop for Florida. **Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida**, Florida, v.28, p.162-7, 1968.

- KOK, E.A.; MACHADO, L.B.; ROCHA, G.L. Valor nutritivo de plantas forrageiras. **Boletim de Indústria Animal**, v.8, n.3. p.18-44, 1946.
- KOLAR, S.J.; GREWAL, H.S.; SINGH, B. Nitrogen substitution and higher productivity of a rice-wheat cropping system through green manuring. **Tropical Agriculture**, v.70, n.4, p.301-4, 1993.
- LAL, R. No-tillage and surface-tillage systems to alleviate soil related constraints in the tropics. In: SPRAGUE, M.A.; TRIPLETT, G.B. **No-tillage and surface-tillage agriculture**. New York: J. Willey, 1986a. p.261-317.
- LAL, R. Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. **Advances in Soil Science**, p.1-109, 1986b.
- LAWN, R.J. Agronomic studies on *Vigna* spp in south-eastern Queensland III. Response to sowing arrangement. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.34, p.505-15, 1983.
- LAWN, R.J. Agronomic and physiological constraints to the productivity of tropical grain legumes and prospects for improvement. **Experimental Agriculture**, v.25, p.509-28, 1989.
- LAWN, R.J.; WILLIAMS, J.H. Limits imposed by climatological factors. In: FOOD LEGUME IMPROVEMENT FOR ASIAN FARMING SYSTEMS, Canberra, 1987. **Proceedings**, edited by E.S. Wallis and D.E. Byth. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1987. p.38-98.
- LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, 1975. 138p. Thesis (M.S.) - North Carolina State University.
- LOVADINI, L.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Estudos para definição da melhor época de plantio do guandu. **Bragantia**, v.33, p.V-VII, 1974.
- LOVADINI, L.A.C.; SALGADO, A.L.B.; MIYASAKA, S. Efeito da época de plantio e da poda na produção de massa verde e sementes de *Crotalaria juncea* L. **Bragantia**, v.29, p.XXV-XXXIX, 1970.

- LUCHIARI JÚNIOR, A., J.; RESENDE, M.; RITCHEY, K.D.; FREITAS JÚNIOR, E. de; SOUZA, P.I.M. de. Manejo do solo e aproveitamento de água. In: GOEDERT, J.W. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1986. p.285-322.
- MAEDA, J.A.; LAGO, A.A. do. Germinação de sementes de mucuna-preta após tratamentos para superação da impermeabilidade do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.8, n.1, p.79-84. 1986.
- MAESEN, L.J.G. van der. Pigeonpea: origin, history, evolution, and taxonomy. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K., ed. **The pigeonpea**. Wallingford: CAB International, 1990. p.15-46.
- MAGALHÃES, J.C.A.J. de; PEREIRA, J.; SOUSA, D.M.G. de; PERES, J.R.R.; SUHET, A.R. Eficiência da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfato, numa sucessão de culturas, em solos de Cerrado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1985/1987**. Planaltina, 1991. p.112-7.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MANHÃES, M. dos S.; CRUZ FILHO, D.J. Avaliação dos rendimentos de leguminosas para adubação verde na zona canavieira do Estado de São Paulo. **Saccharum**, v.6, n.25, p.40-4, 1983.
- MANRIQUE, L.A. Crop production in the tropics; a review. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, n.8, p.1485-516, 1993.

- McIVOR, J.G. Phosphorus requirements and responses of tropical pasture species native and introduced grasses, and introduced legumes. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.24, n.126, p.370-8, 1984.
- McPHERSON, H.G.; WARRINGTON, I.J.; TURNBULL, H.L. The effects of temperature and daylength on the rate of development of pigeonpea. **Annals of Botany**, v.56, p.597-611, 1985.
- McWILLIAM, J.R.; DILLON, J.L. Food legume crop improvement: progress and constraints. In: FOOD LEGUME IMPROVEMENT FOR ASIAN FARMING SYSTEMS, Canberra, 1987. **Proceedings**, edited by E.S. Wallis and D.E. Byth. Canberra: ACIAR, 1987. p.23-33.
- MEDINA, J.C. **Plantas fibrosas da flora mundial**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1959. 913p.
- MELLO, F. de A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do. Composição química de alguns adubos verdes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.17, p.347-50, 1960.
- MENDES, J.F. Características químicas e físicas de alguns solos sob cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2., Sete Lagoas, 1967. **Anais**. Sete Lagoas: IPEACO, 1972. p.51-63.
- MINJAS, A.N. The taxonomy of *Crotalaria ochroleuca*. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEIA (*Crotalaria ochroleuca*) IN AGRICUTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, Paramiho, 1986,1987. **Proceedings**, edited by A.N. Minjas et al. Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p.13-22.
- MITIDIERI, J. **Manual de gramínea e leguminosas para pastos tropicais**. São Paulo: Nobel/EDUSP, 1983. 198p.
- MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.64-123.

- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; NERY, C.; CAMPANA, M.; SORDI de G. Efeito da adubação verde com uma gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro "da seca", em terra-roxa-misturada. **Bragantia**, v.25, n.25, p.277-89, 1966.
- MOHAMED, M.S.; ARIYANAYAGAM, R.P. The effect of photothermal environment on growth and flowering in dwarf pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) and *Atylosia sericea* Benth. ex Bak. **Euphytica**, v.32, p.777-82, 1983.
- MONDARDO, E.; MORAES, O. de; MOREL, D.A.; MIURA, L.; SCHMITT, A.T. **Leguminosas para adubação verde em solos arenosos do sul de Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1981. 13p. (EMPASC. Comunicado Técnico, 43).
- MORTON, J.P. The pigeonpea (*Cajanus cajan* Millsp.), a high protein, tropical bush legume. **HortScience**, v.11, n.1, p.11-9, 1976.
- MUCHOW, R.C. An analysis of the effects of water deficits on grain legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. **Field Crops Research**, v.11, p.309-23, 1985.
- MULLER, N.R.M.; MULLER, A.A.; OLIVEIRA, R.P. de; MARADEI MULLER, N.R.; PARENTE de OLIVEIRA, R. Uso de leguminosas para produção de biomassa. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. Belém, 1992, n.67, p.111-20, 1992.
- NAKAGAWA, J. Estudos desenvolvidos com as culturas de guandu e de lab-lab em condições de São Manuel - SP. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.173-6.
- NAM, N.H.; CHAUHAN, Y.S.; JOHANSEN, C. Comparison of extra-shot-duration pigeonpea with short-season legumes under rainfed conditions on alfisols. **Experimental Agriculture**, v.29, p.307-16, 1993.

- NANDWAL, A.S.; BHARTI, S.; SINGH, I.; KUNDU, B.S. Nitrogen partitioning and its efficiency in pigeonpea under drought and during recovery. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.35, n.4, p.364-70, 1992.
- NEME, N.A. **Leguminosas para adubos verdes e forragens**. Campinas: IAC, 1940. 28p. (IAC. Boletim, 109).
- NICHOLS, R. Studies on the major-element deficiencies of the pigeon pea (*Cajanus cajan*) in sand culture. II. The effects of major-element deficiencies on nodulation, growth and mineral composition. **Plant and Soil**, v.22, p.112-26, 1965.
- NORRIS, D.O. Lime in relation to the nodulation of tropical legumes. In: HALLSWORTH, E.G., ed. **Nutrition of legumes**. London: Butterworths, 1958. p.164-82.
- OGATA, S.; ADU-GYAMFI, J.; FUJITA, K. Effect of phosphorus and pH on dry matter production, dinitrogen fixation and critical phosphorus concentration in pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Soil Science and Plant Nutrition**, v.34, n.1, p.55-64, 1988.
- PADMALATHA, Y.; GURUNADHA RAO, Y. Dry-matter accumulation and its partitioning of winter pigeonpea (*Cajanus cajan*) as affected by varieties, plant densities and fertility levels. **Indian Journal of Agronomy**, v.38, n.4, p.665-7, 1993.
- PANDEY, R.K. Growth, development and yield physiology of pigeonpea. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, Patancheru, 1981. **Proceedings**. Patancheru: ICRISAT, 1981. v.2, p.203-8.
- PARBERY, D.B. **Pasture and fodder crop plant introductions at Kimberley Research Station, W. Austratian, 1963-1964**. 1. Perennial legumes. Melbourne: CSIRO, 1967. 34p. (CSIRO, Memoir, 6716).
- PATIL, B.P.; PAL, M. Investigations on growth, energy output, chemical composition and mineral uptake by legumes intercropped with transplanted pearl millet. **Indian Journal of Agronomy**, v.30, n.2, p.181-6, 1985.

- PEREIRA, J. **Adubação com mucuna preta em solos de cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1982. 3p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 15).
- PEREIRA, J. **Adubação verde aumenta a produtividade**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1984. 2p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 75).
- PEREIRA, J. **O feijão guandu: uma opção para a agropecuária brasileira**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1985. 27p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 20).
- PEREIRA, J. **Avaliação de características agronômicas de leguminosas adubos verdes no Cerrado: projeto de pesquisa**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1988. 12p.
- PEREIRA, J. Avaliação das características agronômicas de leguminosas adubos verdes no Cerrado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1985/1987**. Planaltina, 1991. p.111-2.
- PEREIRA, J.; KAGE, H. Manejo da matéria orgânica em solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., Brasília, 1979. **Uso e manejo**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1980. p.581-91.
- PEREIRA, J.; PERES, J.R.R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, J.W. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1986. p.261-84.
- PEREIRA, J.; SHARMA, R.D. Avaliação das características agronômicas de leguminosas "adubos verdes". In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.322-5.
- PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1992. **Anais**, coord. por C.V. Costa e L.C.V. Borges. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.140-54.

- PERES, R.M.; FAVORETTO V. Efeito do espaçamento e da época de plantio sobre a produção de matéria seca utilizável, composição química e a digestibilidade "in vitro" de duas variedades de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., Brasília, 1987. **Anais**. Brasília: SBZ, 1987. p.198.
- POLHIL, R.M.; RAVEN, P.H.; STIRTON, C.H. Evolution and systematics of leguminosae. In: POLHIL, R.M.; RAVEN, P.H., ed. **Advances in legume systematics**. Kew: Royal Botanical Gardens, 1981. p.1-26.
- PURSEGLOVE, J.W. *Crotalaria juncea* L. In: _____. **Tropical crops: dicotyledons**. London: Longman, 1968. v.1, p.250-4.
- PUSTE, A.M. Growth analyses of pigeonpea varieties grown during winter season as influenced by spacing. **Environment and Ecology**, v.6, n.2, p.414-7, 1988.
- PUSTE, A.M; JANA, P.K. Effects on dates of sowing and growth patterns of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in winter season. **Madras Agricultural Journal**, v.77, n.5/6, p.208-11, 1990.
- QUINTANA, J.O. Evaluation of two procedures for screening legume green matures as nitrogen sources to succeeding corn. Ithaca, 1987. 181p. Thesis (Ph.D.) - Cornell University.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; POTAFOS, 1991. 343p.
- RAMIREZ, M.L.G.; GONZALEZ, V.C.; LORIA, M.W. Gandul (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) en tres épocas de siembra bajo diferentes densidades de población. **Boletín Técnico da Facultad de Agronomía**, v.10, n.4, p.21, 1977.
- RANA, K.S.; MALHOTRA, O.P. Effect of water supply and date of sowing on the yield and water-use efficiency of pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Indian Journal of Agronomy**, v.37, n.1, p.194-5, 1992.

- REDDY, G.R.S.; RAMASESHAIAH, K.; JAIN, T.C.; RAO, Y.Y. Irrigation and plant density requirements for optimum yields of red gram. **Madras Agricultural Journal**, v.71, n.5, p.281-4, 1984.
- REDDY, K.C.; SOFFES, A.R.; PRINE, G.M. Tropical legumes for green manure. I. Nitrogen production and the effects on succeeding crop yields. **Agronomy Journal**, v.78, n.1, p.1-4, 1986.
- REDDY, M.G.; GROSH, B.C.; SUDHAKAR, N. Effect of time of sowing and plant population on performance of winter pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.61, n.6, p.425-6, 1991.
- RESCK, D.V.S. **Manejo e conservação dos solos de cerrado**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1987. 36p.
- RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J. Efeitos da incorporação de restos culturais e adubo verde nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo fase Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, n.6, p.801-7, 1981.
- RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze adubos verdes na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides em latossolo vermelho-escuro sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.3, p.459-67, 1982.
- RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D.; PEREIRA, J. Comportamento da matéria orgânica sob diferentes sistemas de manejo em solos de Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 7., João Pessoa, 1988. **Programas e resumos**. s.n.t. p.43.
- RESCK, D.V.S.; SILVA, J.E. da; PEREIRA, J. Matéria orgânica em solos de Cerrados. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1987/1990**. Planaltina, 1994. p.144-52.

- REUTER, D.J. Temperate and sub-tropical crops. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B., ed. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1986. p.38-99.
- RIOLLANO, A. Effects of photoperiodism and other factores on the improvement of pigeon pea varieties. **The Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico**, v.18, n.2, p.232-5, 1964.
- RIOLLANO, A.; PÉREZ, A.; RAMOS, C. Effects of planting date, variety, and plant population on the flowering and yield of pigonpeas (*Cajanus cajan* L.). **The Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico**, v.46, p.127-34, 1962.
- ROCHA, G.L. da. Introdução e seleção de leguminosas forrageiras tropicais. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISA COM LEGUMINOSAS TROPICAIS, Rio de Janeiro, 1970. **Anais**. Rio de Janeiro: IPEACS, 1971. p.169-80.
- RODRIGUES, L.R. de A.; RODRIGUES, T. de J.D.; REIS, R.A. **Alelopatia em plantas forrageiras**. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1992. 18p.
- RUPPER, G. Cultivation of marejea (*Crotalaria ochroleuca*): The experience of Peramiho. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEA (*Crotalaria ochroleuca*) IN AGRICUTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, Paramiho, 1986,1987. **Proceedings**, edited by A.N. Minjas et al. Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p.9-12.
- SABADIN, H.C. Adubação verde. **Lavoura Arrozeira**, v.37, n.354, p.19-26, 1984.
- SALEMA, M.P. The potential of *Crotalaria ochroleuca* in soil improvement. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEA (*Crotalaria ochroleuca*) IN AGRICUTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, Paramiho, 1986,1987. **Proceedings**, edited by A.N. Minjas et al. Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p.23-9.

- SALGADO, A.L. de B.; AZZINI, A.; PIMENTEL, J.M.; POTASCHEFF JÚNIOR, J. **Instruções para a cultura da crotalária júncea visando à produção de fibras**. Campinas: IAC, 1984. 27p. (IAC. Boletim, 198).
- SALGADO, A.L. de B.; AZZINI, A.; FEITOSA, C.T.; PETINELLI, A.; SORDI, G. de. Efeito da adubação npk na cultura da crotalária. **Bragantia**, v.41, p.22-33, 1982.
- SALGADO, A.L. de B.; AZZINI, A.; FEITOSA, C.T.; PETINELLI, A.; SORDI, G. de. Efeito de fertilizantes fosfatados na cultura da crotalária. **Bragantia**, v.43, n.1, p.1-8, 1984.
- SARKER, F.I.M.G.W.; ZAMAN, M.M.; CHAUDHURY, J.U.; CHAND, T. Biomass and nitrogen yields at different seed rates of two green manuring crops. **Annals of Bangladesh Agriculture**, v.2, n.1, p.59-61, 1992.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SARWATT, S.V. Feed intake, growth rate and digestibility coefficients of growing sheep fed hay supplemented with *Crotalaria ochroleuca*. **Animal Feed Science and Technology**, v.28, p.51-9, 1990.
- SARWATT, S.V.; MKIWA, F.E.J. The value of *Crotalaria ochroleuca* as a livestock feed. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEJA (*Crotalaria ochroleuca*) IN AGRICUTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, Paramiho, 1986, 1987. **Proceedings**, edited by A.N. Minjas et al. Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p.32-41.
- SEIFFERT, N.F. **Leguminosas para pastagens no Brasil Central**. Brasília: EMBRAPA, DDT, 1984. 131p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 7).
- SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L. de S. **Guandu - planta forrageira para a produção de proteína**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1983. 4p. (EMBRAPA-CNPGC. Comunicado Técnico, 21).
- SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L. de S. Produção de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de acessões de guandu (*Cajanus cajan*) cultivadas em solo

- de cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., Belo Horizonte, 1984. **Anais**. Belo Horizonte: SBZ, 1984. p.357.
- SHANKARALINGAPPA, B.C.; HEDGE, B.R. Effect of date of sowing and plant population on pigeonpea. **Indian Journal of Agronomy**, v.34, n.1, p.99-101, 1989.
- SHARMA, R.D.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S. **Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1982. 30p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 13).
- SHARMA, K.N.; BHANDARI, A.L.; RANA, D.S.; KAPUR, M.L.; SODHI, J.S. Crop yield, nutrient uptake and soil properties as influenced by components of crop technology in a pigeon pea - wheat sequence. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, v.38, p.520-3, 1990.
- SIBUGA, K.P. Weed suppression by *Crotalaria ochroleuca*. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEA (*Crotalaria ochroleuca*) IN AGRICUTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, Paramiho, 1986, 1987. **Proceedings**, edited by A.N. Minjas et al. Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p.30-1.
- SINGH, B.; KAIRA, G.S. Effect of sowing dates and plant spacings on growth and productivity of pigeon pea under varying rates of phosphorus. **Indian Journal of Agricultural Research**, v.23, n.3, p.158-62, 1989.
- SINGH, B.N.; SINGH, S.N.; SRIVASTAVA, M.B. Photoperiodism, a factor in determing the manurial efficiency and distribution of *Crotalaria juncea*. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.29, n.2, p.123-33, 1937.
- SINGH, H.P.; SAXENA, M.C. Effect of date of planting on the time of flowering in greengram, blackgram, cowpea and pigeonpea. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.51, p.33-7, 1981.

- SINHA, A.C.; BHATTACHARYA, K.K. Effect of variety, spacing and dates of sowing on the yield components of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Indian Agriculturist**, v.26, n.4, p.313-7, 1982.
- SINHA, A.C.; MANDAL, B.S.; JANA, P.K. Effect of time of sowing, row spacing and weed contrl measures on production of pigeonpea. **Indian Journal of Agronomy**, v.34, n.3, p.283-5, 1989.
- SKERMAN, P.J. **Tropical forage legumes**. Rome: FAO, 1977. 610p.
- SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S.; MELGAR, R.J. Nitrogen supplied to corn by legumes in a central amazon oxisol. **Tropical Agriculture**, v.68, n.4, p.366-72, 1991.
- SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., Savanas, 1982. **Alimento e energia**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1988. p.33-60.
- SOUSA, D.M.G. de; RITCHEY, K.D. Acidez do solo e sua correção. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., Savanas, 1982. **Alimento e energia**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1988. p.15-32.
- SOUTO, S.M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. de; DUQUE, F.F.; ASSIS, R.L. de; EIRA, P.A. da. **Outros usos de leguminosas convencionalmente utilizadas para adubo verde**. Itaguaí: EMBRAPA: CNPBS, 1992. 39p. (EMBRAPA-CNPBS. Documentos, 11).
- SOUZA, D.F. de A. A adubação verde e o problema dessa prática agrícola na lavoura canavieira paulista. Piracicaba, 1953. 47p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SPENCE, J.A.; WILLIAMS, S.J.A. Use of photoperiod response to change plant design. **Crop Science**, v.12, p.121-2, 1972.
- SRIVASTAVA, G.P. Effect of sowing dates and row spacing on pigeonpea. **Indian Journal of Agronomy**, v.29, n.3, p.317-21, 1984.

- SUMMERFILED, R.J.; ROBERTS, E.H. *Cajanus cajan*. In: HALEVY, A.H., ed. **CRC Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC Press, 1985. v.1, p.61-73.
- TANAKA, R.T. A adubação verde. **Informe Agropecuário**, v.7, n.81, p.62-7, 1981.
- TAYO, T.O. Growth, development and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in the lowland tropics. 1. Effect of plant population density. **The Journal of Agricultural Sciences**, v.98, p.65-9, 1982.
- TAYO, T.O. Growth, development and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in the lowland tropics. **The Journal of Agricultural Sciences**, v.101, p.441-5, 1983.
- TAYO, T.O. Assessment of the effect of ratooning pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in the lowland tropics. **The Journal of Agricultural Sciences**, v.104, p.589-93, 1985.
- TEIXEIRA, J.B.; OLIVA, M.A.; CAMBRAIA, J. Eficiência no uso de água em leguminosas forrageiras submetidas a deficit hídrico. **Revista Ceres**, v.30, n.172, p.463-70, 1983.
- TROEDSON, R.J.; WALLIS, E.S.; LAXMAN, S. Pigeonpea: adaptation. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K., ed. **The pigeonpea**. Wallingford: CAB International, 1990. p.159-77.
- TURNBULL, L.V.; ELLIS, M.L. Effects of incandescent and fluorescent lighting used in photoperiod extension on the vegetative growth and floral development of four lines of pigeonpea. **Field Crops Research**, v.17, p.25-36, 1987.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.
- VITTI, G.C.; DONADIO, L.C.; SILVA, J.A.A. da. Avaliação de adubos verdes plantados intercalar à cultura de citros. I. Primeiro plantio. In: REUNIÃO

- BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais**. Piracicaba: SBCS, 1992. p.332-3.
- WALLIS, E.S.; SAXENA, K.B.; BYTH, D.E. Flowering responses of thirty-seven early maturing lines of pigeonpea. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, Patancheru, 1981. **Proceedings**. Patancheru: ICRISAT, 1981. v.2, p.143-50.
- WALLIS, E.S.; WHITEMAN, P.C.; BYTH, D.E. Pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) production systems in Australia. In: REGIONAL WORKSHOP ON TROPICAL GRAIN LEGUMES, St. Augustine, 1981. **Proceedings**. St. Augustine: University of the West Indies, 1979. n.p.
- WEBER, J.J. The role of green manure for agricultural production in the tropics with special reference to *Crotalaria ochroleuca* (Marejea). **Der Tropenlandwirt, Zeitschrift für die Landwirtschaft in den Tropen und Subtropen**, v.92, p.127-35, 1991.
- WHYTE, R.O.; NILSSON-LEISSNER, G.; TRUMBLE, H.C. **Legumes in Agriculture**. **FAO Agric. Studies**, v.21, p.256-7, 1953.
- WILDNER, L. do P.; DADALTO, G.G. Adubos verdes de verão para o Oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v.4, n.3, p.36-40, 1991.
- WILSON, J.R. Effects of water stress on *in vitro* dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.34, p.377-90, 1983.
- WILSON, J.R.; MUCHOW, R.C. Effects of water stress and dry matter digestibility and concentration of nitrogen and phosphorus in seven tropical grain legumes. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, v.49, n.3, p.167-9, 1983.
- WINJBERG, C.; WHITEMAN, P.C. Effects of stocking rate of goats and stage of crop growth when grazed on grain yield and goat production from pigeon pea (*Cajanus cajan*). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, n.25, p.796-805, 1985.

WUTKE, E.B. Caracterização fenológica e avaliação agronômica de genótipos de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). Piracicaba, 1987. 164p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.