

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**TESE**

**Caracterização agronômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto.**

**ARISON JOSÉ PEREIRA**

**2007**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DE ESPÉCIES DE *Crotalaria* L.  
EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS E  
CONTRIBUIÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE COM *C. juncea* NO  
CULTIVO ORGÂNICO DE BRÁSSICAS EM SISTEMA PLANTIO  
DIRETO.**

**ARISON JOSÉ PEREIRA**

*Sob a orientação do pesquisador*  
**José Guilherme Marinho Guerra**

Tese submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Ciências** em Fitotecnia,  
Área de Concentração em  
Agroecologia.

Seropédica, RJ.  
Março de 2007.

631.874

P435c

T

Pereira, Arison José, 1979-

Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto/ Arison José Pereira. - 2007.

72f.

Orientador: José Guilherme Marinho Guerra.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 53-59.

1. Adubação verde - Teses. 2. *Crotalaria* - Adubos e fertilizantes - Teses. 3. *Crotalaria* - Influência do clima - Teses. I. Guerra, José Guilherme Marinho, 1958-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

Bibliotecário: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**ARISON JOSÉ PEREIRA**

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Agroecologia, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, em Fitotecnia.

**TESE APROVADA EM: 23/03/2007**

---

José Guilherme Marinho Guerra, Dr. (EMBRAPA-CNPAB)  
(Orientador)

---

Segundo Urquiaga, Dr. (EMBRAPA-CNPAB)

---

Raul de Lucena Duarte Ribeiro, Dr. (UFRRJ/IA/FITOTECNIA)

---

Maria Luiza de Araújo, Dra. (PESAGRO-RIO)

---

Ricardo Henrique Silva Santos, Dr. (UFV/FITOTECNIA)

Ao meu pai **Ari Pereira** e a minha mãe **Leony de Lourdes Pereira** pelos eternos ensinamentos da vida, pelo amor, educação, amizade, respeito, incentivo, cumplicidade e companheirismo, permitindo o meu desenvolvimento e a minha formação até os dias de hoje.

A minha alma gêmea **Viviane Fernandes Moreira**, pelo amor, amizade, incentivo, cumplicidade, companheirismo e paciência.

A minha irmã **Ariane**, ao **Rodrigo**, ao **Gabriel**, e a todos os meus familiares, pelo amor, incentivo e compreensão.

A “**Menina**”, “**Raja**” e “**Mel**” pelo carinho que recebi nas longas madrugadas de trabalho...

E a todas as pessoas que acreditam em uma agricultura socialmente justa, tecnicamente possível, ecologicamente correta e economicamente viável.

**Dedico este trabalho!**

## AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, por ter me concedido a vida e estar presente em todos os momentos.

A **CAPES**, pela concessão da bolsa de estudos.

A **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro** pelos seus mestres, apoio e ensinamentos durante o decorrer do curso.

Ao Curso de Pós-graduação em **Fitotecnia**, em especial aos professores **Antonio Carlos de Souza Abboud** e **Margarida Gorete Ferreira do Carmo**.

A **Embrapa Agrobiologia**, pelo aporte técnico, estrutural, financeiro e pessoal, que possibilitaram a realização deste trabalho.

Ao pesquisador orientador **José Guilherme Marinho Guerra**, pela valorosa orientação técnica e pessoal, contribuindo para a minha formação e conclusão deste trabalho.

A pesquisadora **Maria do Carmo Araújo Fernandes**, pela amizade e valiosas contribuições.

Aos pesquisadores do **CNPAB**: *Segundo, Marcelo Grandi, José Antonio Espíndola, Dejair, Bruno, Janaína, José Ivo, Vera, Eduardo, Rosângela, Sebastião e Robert*, aos professores da **UFRRJ**: *Raul de Lucena, Margarida Gorete, João Araújo, Fujiu Akiba, Aldir, Lúcia Helena, Marcos Gervasio e Daniel*, a pesquisadora da **PESAGRO-RIO** *Maria Luiza*, e ao professor da **UFV** *Ricardo Henrique da Silva Santos*, pelos ensinamentos científicos.

A todos os funcionários de escritório, laboratórios e de campo (*Ernani, Ivana, Flávio, Selmo, Sidnei, Altiberto, Adriana, Claudinho, Serginho, Naldo, Roberto, Paulo, Silas, Silvio, Arlei, Elias, Edilson, Oséas, Samuel, Eugênio, Joãozinho, Helinho, Zezão, Pedro, Antonio, Gilson, Manuel, Zé Maria, Geraldo, Lúcio, Itamar, Jorge, Dorimar, Moacir, “neném” e Nélio*), pois sem eles, seria impossível a realização deste trabalho.

Aos meus amigos da rural: *Eduardo Spitz e Trícia, Maurel, Edson Marcio, Ariane, Luiz Felipe, Marcus Vinícius, Leandro Masao, Cristiane, Rui César, Ana Paula, Edmilson, Rodrigo, Laís, Fábio, Rejane, Nicomedes, Macagnam, Ângelo, Marcio, Wilson, Fernanda, Aderson, Fabio Freire, Gustavo Salmi, Cleiton, Martelleto e Zé Dias*, por terem feito parte da minha história tanto na graduação como na pós-graduação.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

**Arison José Pereira**, nascido em 23 de maio de 1979, em Rio Negro, Paraná, filho de Ari Pereira e Leony de Lourdes Pereira.

Graduou-se em Engenharia Agrônoma, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em maio de 2003. Durante a graduação, estagiou no Departamento de Entomologia e Fitopatologia, durante o ano de 1998, onde obteve seu primeiro contato com a área de pesquisa. De outubro de 1999 a setembro de 2000, foi bolsista de Iniciação Científica no Departamento de Fitotecnia, com bolsa da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). Durante o período de março de 2001 a fevereiro de 2003, foi bolsista de Iniciação Científica na Embrapa Agrobiologia, com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Cursou o Mestrado em Fitotecnia, na área de concentração em Agroecologia, com bolsa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), iniciado em março de 2003 e concluído em agosto de 2004, com a defesa da dissertação intitulada “Produção de biomassa aérea e de sementes de *Crotalaria juncea* a partir de diferentes arranjos populacionais e épocas do ano”.

Iniciou o Doutorado em Fitotecnia, na área de concentração em Agroecologia, com bolsa concedida pela CAPES, em agosto de 2004, defendendo a tese intitulada “Caracterização agrônoma de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto” em março de 2007.

## RESUMO GERAL

PEREIRA, Arison José. **Caracterização agronômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto.** Seropédica: UFRRJ, 2007. 72p. (Tese, Doutorado em Fitotecnia).

O objetivo geral deste trabalho foi caracterizar o desenvolvimento de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e a contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto. Foram conduzidos cinco experimentos: três referentes a avaliação das espécies de *Crotalaria* L., sendo dois no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica-RJ (Baixada Fluminense). O primeiro foi instalado no período de primavera-verão e o segundo no outono-inverno. O terceiro experimento foi conduzido no Campo Experimental de Avelar da PESAGRO-RIO, em Paty do Alferes-RJ (Médio Vale do Paraíba Fluminense), no período de primavera-verão. O delineamento experimental adotado nesses experimentos foi de blocos ao acaso e os tratamentos constaram das espécies *Crotalaria juncea*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca*, e *C. breviflora*. A produção de fitomassa aérea foi determinada por ocasião do florescimento e a quantificação da FBN foi estimada utilizando-se a técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ . No primeiro experimento, foram também realizadas análises funcionais de crescimento e determinadas às taxas de cobertura de solo. No quarto e no quinto experimentos, foram avaliadas as contribuições da adubação verde com *Crotalaria juncea* no cultivo em sistema plantio direto de repolho e couve-flor. O trabalho com a cultura de repolho foi conduzido no Campo Experimental de Avelar da PESAGRO-RIO, sendo formado de oito tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com arranjo fatorial em parcelas subdivididas ( $2 \times 2 \times 2$ ). Os tratamentos foram: pré-cultivo formado a partir de *C. juncea* e pousio com a vegetação espontânea; preparo convencional do solo e plantio direto do repolho; e doses de adubação orgânica de cobertura (equivalente a 0 e  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N total contido na “cama” de aviário). As avaliações constaram da produção e produtividade de cabeças e acumulação de nutrientes na parte aérea do repolho. O quinto experimento foi conduzido na Estação Experimental de Nova Friburgo da PESAGRO-RIO região serrana fluminense, com a cultura da couve-flor cultivado em sistema plantio direto, sendo o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos: pré-cultivo com *C. juncea*; milho; consórcio milho + *C. juncea*; e pousio com vegetação espontânea. As avaliações consistiram do peso médio e produtividade de couve-flor e quantificação da contribuição da palhada de *C. juncea* para a nutrição nitrogenada desta hortaliça, empregando-se a técnica de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$ . Observou-se a partir dos resultados do primeiro experimento que *C. juncea* apresentou maior taxa de crescimento e maior produção de fitomassa aérea do que as demais espécies avaliadas. Aos 15 dias após semeadura, *C. juncea* alcançou 50 % de cobertura do solo. Observou-se que a maior produção de fitomassa aérea seca, acumulação de nitrogênio e quantidade de N proveniente da FBN foram detectados na *C. juncea*, tanto no primeiro quanto no terceiro experimentos, conduzidos na Baixada Fluminense, respectivamente nos períodos de primavera-verão e outono-inverno. No segundo, conduzido no Vale do Paraíba, a maior produção de fitomassa aérea seca, acumulação de nitrogênio e quantidade de N proveniente da FBN foram alcançados com *C. ochroleuca*. Pelos resultados apresentados nos experimentos quatro e cinco, detectou-se que a adubação verde é uma prática promissora para o cultivo de hortaliças orgânicas, porque, no quarto experimento, conduzido no Vale do Paraíba, o plantio direto sob palhada formada por *C. juncea*, dispensou a adubação orgânica suplementar, proporcionando produtividade de cabeças do repolho de até  $56,0 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . E no quinto experimento, conduzido na região Serrana Fluminense, observou-se que 39% do N



contido na couve-flor foi derivado da *C. juncea* e que o cultivo na palhada desta leguminosa resultou aumento de produtividade de até 42% em relação a área mantida sob pousio.

Palavras chave: Leguminosas, Repolho, Couve-flor.

## GENERAL ABSTRACT

PEREIRA, Arison José. **Agronomic evaluation of *Crotalaria* species in different environmental conditions and the contribution of green manuring with *C. juncea* on organic production of cabbage and cauliflower under no-tillage system.** Seropédica: UFRRJ, 2007. 72p. (Thesis, Doctorate in Plant Science).

The objective of this work was to evaluate growth of *Crotalaria* species in different soil and climate conditions and to investigate the contribution of *Crotalaria juncea*, as a cover crop, on organic cultivation of cabbage and cauliflower, under no-tillage system. Five experiments were conducted. Three of them referred to the performance of *Crotalaria* species, evaluated in the spring/summer and fall/winter periods, on the experimental field at Embrapa Agrobiologia, in Seropédica, Rio de Janeiro State, and in the spring/summer period, on the experimental field at Pesagro-Rio, in Paty do Alferes, Rio de Janeiro State. Treatments consisted of the species *Crotalaria juncea*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca* and *C. breviflora* arranged in a randomized blocks design. The aboveground biomass production was determined throughout the flowering period and the biological nitrogen fixation (BNF) was measured by the  $^{15}\text{N}$  natural abundance technique. Functional analysis of growth and soil cover rates were also determined in the first experiment. The fourth experiment evaluated green manuring with sunnhemp (*C. juncea*) on yield, productivity and nutrient accumulation of cabbage heads, on the experimental field at Pesagro-Rio, in Paty do Alferes, Rio de Janeiro State. A complete randomized block design was used and treatments were arranged in a 2x2x2 factorial split-plot: pre-cropped sunnhemp and fallow with spontaneous weeds, conventional tillage and no-tillage planting systems and 0 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of N in a poultry manure. The fifth experiment was carried out on the experimental field at Pesagro-Rio, in Nova Friburgo, Rio de Janeiro State. The effect of green manures sunnhemp, millet, sunnhemp + millet and fallow with spontaneous vegetation, arranged in a complete randomized block design, was evaluated on weight and productivity of cauliflower cropped in no-tillage system. The contribution of sunnhemp mulch to nitrogen nutrition of cauliflower was assessed by isotopic dilution of  $^{15}\text{N}$ . Results from the first experiment showed that *Crotalaria juncea* presented the highest scores of growth rate and biomass production and reached 50% soil coverage at 15 days after seeding. Dry matter production, nitrogen accumulation and nitrogen coming from BNF reached superior rates in *C. juncea*, in the first and in the third experiments, and in *C. ochroleuca* in the second experiment. Trials number four and five showed why green manure can be considered a promising method to cultivate organic vegetables. No-tillage cabbage cropping under sunnhemp mulch discarded additional organic manure as head productivity reached 56 Mg ha<sup>-1</sup>. In the fifth experiment, 39% of cauliflower nitrogen content was originated from sunnhemp and productivity increased 42% in relation to spontaneous vegetation.

Key words: Leguminous, Cabbage, Cauliflower.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2 CAPÍTULO I - Caracterização do comportamento, produção de fitomassa aérea, de sementes e fixação biológica de nitrogênio de espécies de <i>Crotalaria</i> L. em diferentes condições edafoclimáticas e períodos do ano.....	3
Resumo.....	4
Abstract.....	5
2.1 Introdução.....	6
2.2 Material e métodos.....	8
2.2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental.....	8
2.2.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental.....	9
2.2.3 Avaliações.....	10
2.2.3.1 Cobertura do solo e análise de crescimento .....	10
2.2.3.2 Produção de fitomassa aérea, sementes, acumulação de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio.....	11
2.3 Resultados e discussão.....	12
2.3.1 Cobertura do solo e análise de crescimento.....	12
2.3.2 Produção de fitomassa aérea, sementes, acumulação de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio.....	19
2.4 Conclusões.....	29
3 CAPÍTULO II - Contribuição da adubação verde com <i>Crotalaria juncea</i> no cultivo orgânico de repolho e couve-flor em sistema plantio direto.....	30
Resumo.....	31
Abstract.....	32
3.1 Introdução.....	33
3.2 Material e métodos.....	35
3.2.1 Experimento 1 (repolho).....	35
3.2.1.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental.....	35
3.2.1.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental.....	35
3.2.1.3 Avaliações realizadas nos pré-cultivos.....	36
3.2.1.4 Avaliações realizadas na cultura do repolho.....	36
3.2.2 Experimento 2 (couve-flor).....	36
3.2.2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental.....	36
3.2.2.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental.....	37
3.2.2.3 Avaliações realizadas nos pré-cultivos.....	38
3.2.2.4 Avaliações realizadas na cultura da couve-flor.....	38
3.2.3 Análises estatísticas.....	39
3.3 Resultados e discussão.....	40
3.3.1 Experimento 1 (repolho).....	40
3.3.2 Experimento 2 (couve-flor).....	45
3.4 Conclusões.....	51
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	52
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
6 ANEXOS .....	60

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Durante a última metade do século XX o desempenho da agricultura foi bem sucedido, atendendo a demanda crescente por alimentos. Esse impulso na produção de alimentos deveu-se, principalmente, a avanços científicos e inovações tecnológicas, incluindo o desenvolvimento de novas variedades de plantas, o uso de fertilizantes sintéticos concentrados e agrotóxicos, assim como a ampliação de áreas de cultivo irrigadas.

As inovações e políticas que permitiram alcançar aumentos de produtividade muitas vezes acarretaram impactos negativos, como a degradação dos recursos naturais, dos quais depende o solo, as reservas de água e a diversidade genética natural. No Brasil esse conjunto de técnicas e políticas públicas tiveram como consequência a dependência do uso de combustíveis fósseis na agricultura, além de acarretar na exclusão do campo de parte expressiva do segmento que tradicionalmente produz alimentos, os agricultores familiares.

Neste sentido, o fornecimento de alimentos no futuro será dependente da preservação de toda a superfície mundial cultivável, requerendo desta maneira um modelo de produção sustentável o que, para ser alcançado, demandará a geração de práticas agrícolas alternativas, guiadas pelo conhecimento dos processos ecológicos que ocorrem nos agroecossistemas. O que se deseja, então, é uma nova abordagem dos sistemas de produção agrícola, e do desenvolvimento rural, que se baseie nos aspectos de conservação de recursos locais e simultaneamente faça uso dos conhecimentos e métodos ecológicos modernos.

Dentro dessa perspectiva, a agricultura orgânica é um modelo de produção agrícola em expansão, e pode auxiliar o desenvolvimento rural, principalmente em comunidades de agricultores familiares, que devido as suas características de diversificação/ integração de atividades vegetais e animais, e por trabalhar em menores escalas, pode representar o espaço ideal ao desenvolvimento de uma agricultura ambientalmente sustentável. Por outro lado, considerável contingente deste segmento de agricultores dedica-se à produção de hortaliças, que apesar do caráter familiar, faz uso intensivo de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos. Os impactos negativos no ambiente, na qualidade dos alimentos e na saúde dos trabalhadores rurais e dos consumidores, decorrentes do uso destes insumos, têm sido discutidos pela sociedade.

Como a manutenção da capacidade produtiva das unidades orgânicas encontra-se associada ao adequado uso do recurso solo, a adoção de sistemas conservacionistas, que visam à melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo e do ambiente, associados a práticas agrícolas que favoreçam a produção *in situ* de fitomassa e a permanência de resíduos sobre o solo, como o plantio direto, rotações culturais, manutenção de coberturas vivas e a adubação verde, podem conduzir à conservação e o incremento da matéria orgânica dos solos e contribuir para o aumento da biodiversidade funcional, tornando-se importantes instrumentos na construção deste novo modelo de produção agrícola.

As técnicas de adubação verde e plantio direto são fundamentais para o manejo da fertilidade do solo nas unidades orgânicas, porém, de uso ainda restrito nas unidades familiares dedicadas à produção de hortaliças. O cultivo de plantas para adubação verde confere ao agricultor certa autonomia em relação à disponibilidade de matéria orgânica e conquanto espécies de várias famílias botânicas sejam cultivadas para tal fim, destacam-se aquelas da família *Leguminosae*. As leguminosas, além de proporcionarem benefícios similares aos obtidos com espécies de outras famílias, formam associações simbióticas com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> dos gêneros *Rhizobium* spp. e *Bradyrhizobium* spp. Como resultado da simbiose, quantidades expressivas de N tornam-se disponíveis após o corte da leguminosa, acarretando, se adequadamente manejada, auto-suficiência neste nutriente. A gestão do N é um aspecto crítico na sustentação das unidades de produção orgânica, visto que ao contrário de outros nutrientes essenciais, não é permitido o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos,

logo, o ingresso de N no sistema deve vir direta, ou indiretamente, a partir da fixação biológica do N<sub>2</sub> (FBN).

Resultados experimentais com adubação verde têm demonstrado os benefícios desta prática no cultivo orgânico de hortaliças, seja por meio do uso como pré-cultivos, consórcios, cultivos em faixas e coberturas vivas permanentes do solo. Dentre as espécies de leguminosas tropicais usadas para adubação verde, *Crotalaria juncea* tem sido destacada, face às características interessantes que apresenta, como alta taxa de crescimento, de produção de fitomassa e de sementes. Contudo, o conhecimento sobre o potencial de contribuição da FBN da adubação verde para o fornecimento de N em sistemas orgânicos é ainda limitado e restrito a poucas espécies de leguminosas. Neste sentido, o suporte conferido pelo emprego de técnicas isotópicas para quantificação da FBN, são importantes ferramentas para os estudos da adubação verde na produção orgânica.

Face o exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial de adubação verde de espécies do gênero *Crotalaria* L. e a contribuição para o cultivo de repolho e couve-flor em sistema plantio direto, sob manejo orgânico.

## **2 CAPÍTULO I**

**CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO, PRODUÇÃO DE FITOMASSA AÉREA, DE SEMENTES E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO DE ESPÉCIES DE *Crotalaria* L. EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS E PERÍODOS DO ANO.**

## RESUMO

Foram realizados estudos relacionados ao comportamento agrônômico de diferentes espécies de *Crotalaria* L. nas quais foram avaliados diferentes componentes do crescimento e a produção de fitomassa aérea e de sementes, além da fixação biológica de nitrogênio (FBN), em diferentes condições edafoclimáticas e períodos do ano. Experimentos foram conduzidos no Campo da Embrapa Agrobiologia, localizado em Seropédica-RJ (22°45'01'' S e 43°39'59'' W, altitude 38 m), Baixada Fluminense, sendo um no período de outono-inverno e outro na primavera-verão. Um terceiro experimento foi conduzido no Campo de Avelar da PESAGRO-RIO (22°20'51'' S e 43°25'09'' W, altitude 537 m), localizado em Paty do Alferes-RJ (Médio Paraíba Fluminense), no período de primavera-verão. Em todos os experimentos, o delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados, formado de cinco tratamentos constituídos das espécies *Crotalaria juncea*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca*, e *C. breviflora*. O comportamento agrônômico destas espécies foi caracterizado por meio da análise funcional do crescimento, realizada no período de primavera-verão na Baixada Fluminense. Neste experimento, também foram determinadas as taxas de cobertura de solo proporcionadas pelas plantas. Por ocasião do florescimento das plantas, em todos os experimentos foram determinadas as produções de fitomassa aérea e as proporções e quantidades de N derivado da FBN, por meio da técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , e ao final dos ciclos de cultivo, as produções de sementes. Observou-se que as taxas iniciais de crescimento das espécies diferiram de forma marcante e, em consequência, as taxas de cobertura de solo variaram de forma significativa entre as espécies de crotalária. Assim, *C. juncea* suplantou todas as demais espécies, proporcionando 50% do solo coberto já aos 15 dias após a semeadura (DAS), ao passo que *C. spectabilis*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata* e *C. breviflora* cobriram 50% do solo, respectivamente, aos 31, 33, 37 e 39 DAS. Destaque-se a velocidade de crescimento, capacidade de produção de fitomassa aérea e de FBN de *C. juncea* em ambos locais, principalmente, no período primavera-verão. Todavia, *C. mucronata* e *C. ochroleuca*, espécies ainda pouco recomendadas para a adubação verde, mostraram também altos potenciais de produção de fitomassa aérea e de acumulação de N derivado da FBN, porém, necessitando para tanto, intervalos de tempo maiores. Em relação às demais espécies, observou-se que *C. spectabilis* também apresentou bom desempenho, principalmente no período de outono-inverno e *C. breviflora* mostrou com base nos parâmetros avaliados, baixa adaptação às condições edafoclimáticas dos locais e épocas de plantio estudados. Em relação à produção de sementes, os maiores rendimentos foram obtidos no período de outono-inverno, com destaque para *C. juncea* e *C. ochroleuca*. Ressalta-se que quantidades acima de 85% do N presente nas plantas foi derivado do ar, o que acarretou valores de N acumulado superiores à  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  na parte aérea de *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata* e *C. spectabilis* nos cultivos de primavera-verão, em ambos locais de estudo. Isto denota a contribuição potencial destas espécies quanto à fertilização nitrogenada, quando utilizadas como adubos verdes.

Palavras chave: Leguminosas, Adubação verde, Cobertura do solo.

## ABSTRACT

Agronomic behaviour of *Crotalaria* species was evaluated in different soil and climate conditions by determining growth components, aboveground biomass production, seed production and biological nitrogen fixation (BNF). Two experiments were carried out on the experimental field at Embrapa Agrobiologia, in Seropédica-RJ (22°45'01'' S and 43°39'59'' W, and 38 m high), during the spring/summer and fall/winter periods. A third experiment was evaluated on the experimental field at Avelar/PESAGRO-RIO (22°20'51'' S e 43°25'09'' W, and 537 m high), in Paty do Alferes-RJ, during the spring/summer period. Treatments consisted of the species *Crotalaria juncea*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca* and *C. breviflora* arranged in a randomized blocks design. Agronomic performance of the species was characterized by functional analysis of growth and soil cover rates, in the experiment carried out at Seropédica-RJ, during the spring/summer period. In all experiments, throughout the flowering period, the aboveground biomass production was determined and the N derived from the biological nitrogen fixation (BNF) was measured by the <sup>15</sup>N natural abundance technique, and after pod maturation, seed production was determined. Initial growth rates differed among *Crotalaria* species and consequently, soil cover rates presented significant variation also. *Crotalaria juncea* presented the highest scores of growth rate and biomass production and reached 50% soil coverage at 15 days after seeding. *Crotalaria spectabilis*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata* e *C. breviflora* covered 50% of soil, respectively, at 31, 33, 37 and 39 days after seeding. Dry matter production, nitrogen accumulation and nitrogen coming from BNF reached superior rates in *C. juncea*, in the first and in the third experiments, both during the spring/summer period. Although rarely recommended to green manuring, *C. mucronata* e *C. ochroleuca* also showed higher values of aboveground biomass production and of accumulation of N derived from BNF. *Crotalaria spectabilis* also performed well, mainly in the fall/winter period but *C. breviflora* showed low adaptation to the soil and climatic conditions studied. In relation to seed production, higher yields were obtained in the fall/winter period for *C. juncea* and *C. ochroleuca*. Quantities above 85% of N present in plants was provenient from air, which caused values of accumulated N superior to 200 kg ha<sup>-1</sup> in the aboveground part of *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata* e *C. spectabilis* in spring/summer period, at both places, showing the potential contribution of these species as green manure.

Key words: Leguminosae, green manure, soil cover.



## 2.1 INTRODUÇÃO

O uso de plantas de cobertura é uma prática agrícola que contribui para a conservação dos solos tropicais, protegendo-os da exposição direta ao sol e do impacto das chuvas e dos ventos, principais agentes causadores de sua degradação. Além do efeito de proteção, tais plantas podem ser manejadas visando à adubação verde, acarretando impacto positivo sobre as características químicas, físicas e biológicas dos solos (DE-POLLI et al., 1996). O cultivo de plantas para adubação verde pode conduzir à conservação e incremento do teor de matéria orgânica do solo (CANELLAS et al., 2004), conferindo ao agricultor certa autonomia em relação à disponibilidade de matéria orgânica.

Apesar, de várias espécies de famílias botânicas serem cultivadas para tal fim, destacam-se aquelas da família *Leguminosae*. As leguminosas, além de proporcionarem benefícios similares aos obtidos com espécies de outras famílias, formam associações simbióticas com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> dos gêneros *Rhizobium sp.* e *Bradyrhizobium sp.*, resultando em quantidades expressivas de N após o corte, acarretando, se adequadamente manejada, auto-suficiência neste nutriente (GUERRA et al., 2004). Dentro das leguminosas, merece destaque o gênero *Crotalaria* L., que figura entre os cinco maiores gêneros desta família, com cerca de 700 espécies nos trópicos e subtropicais do mundo, principalmente na África, Madagascar e Índia (ROSKOV, et al., 2005). Nos neotrópicos são encontradas cerca de 70 espécies (LEWIS, 1987; POLHILL et al., 2001), sendo o Brasil e México considerados centros de diversidade do gênero no continente americano (PALOMINO & VÁSQUEZ, 1991). As espécies de *Crotalaria* vivem em lugares abertos, muitas ocupando habitats perturbados pelo homem, como margem de estradas e de plantações ou consideradas invasoras de culturas. A maioria está adaptada a lugares quentes, porém algumas espécies se desenvolvem melhor em climas temperados ou são capazes de viver em solos salinos (MATOS, 1978).

No Brasil a principal forma de utilização de *Crotalaria* é como adubo verde, principalmente pela característica marcante das leguminosas em formar associações simbióticas com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, representando uma das principais fontes biológicas de nitrogênio para os solos agrícolas (FREIRE, 1992). Conhecida desde a Antiguidade, essa prática pode ser conceituada como o uso de plantas em rotação ou consórcio com culturas de interesse econômico, tendo seus resíduos incorporados ao solo ou mantidos na superfície (COSTA et al., 1993).

Dentre as espécies de *Crotalaria* L., a maioria dos trabalhos e informações científicas no Brasil reportam-se à *Crotalaria juncea* (COSTA et al., 1993; ESPINDOLA et al., 2005), cujo uso é amplamente preconizado face o seu rápido crescimento, supressão de ervas espontâneas e ao grande potencial de produção de fitomassa e fixação biológica do nitrogênio atmosférico (PEREIRA, 2004).

Todavia, a variabilidade genética existente no gênero *Crotalaria* L., não tem sido adequadamente explorada, tornando-se importante a contínua avaliação e introdução de novas espécies de *Crotalaria* L., para utilização como adubo verde, para as distintas condições edafoclimáticas do Brasil, uma vez que a utilização contínua de poucas espécies, pode representar aumento da vulnerabilidade genética, acarretando possivelmente maior suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, limitando sobremaneira sua adoção. Além disto, o desenvolvimento fenológico é afetado pela interação fotoperíodo x temperatura, e pela época de semeadura e latitude (SPENCE & WILLIAMS, 1972), sendo consideradas geralmente plantas fotoperiódicas de dias curtos (PURSEGLOVE, 1968), o que possibilita adequação de seu uso mediante estratégias agrônomicas, tal como a variação das épocas de semeadura.

Para avaliar o desempenho agrônomo de diferentes espécies de *Crotalaria* L., a análise funcional de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Segundo KVET et al. (1971), a análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como a ligação entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos, podendo ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, a competição interespecífica, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos. PEREIRA & MACHADO (1987) afirmam que a análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Tais informações são a quantidade de material contido na planta toda e em suas partes, e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidas a intervalos de tempo durante o desenvolvimento fenológico da planta.

Face o exposto, os objetivos do presente trabalho foram realizar a caracterização agrônoma, através da análise funcional de crescimento e determinar o potencial de produção de fitomassa aérea e de sementes e quantificar a fixação biológica de nitrogênio, de espécies do gênero *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e épocas do ano.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

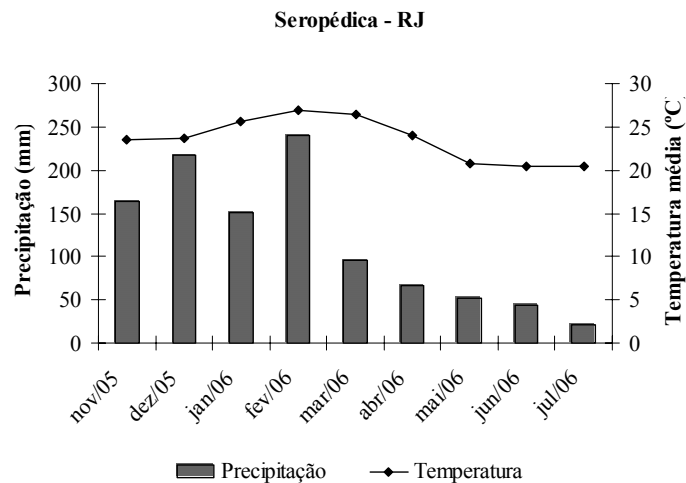
### 2.2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental.

Foram conduzidos dois experimentos no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica-RJ (Baixada Fluminense), sendo o primeiro experimento no período de cultivo de outono-inverno, com semeadura em 30/03/2006 e o segundo no período de primavera-verão, com semeadura em 22/11/2005. Um experimento foi conduzido na Estação Experimental de Avelar da PESAGRO-RIO, em Paty do Alferes-RJ (Médio Paraíba Fluminense), no período de primavera-verão com semeadura em 17/11/2005.

Os experimentos conduzidos no campo experimental da Embrapa Agrobiologia foram implantados em Argissolo vermelho-amarelo, série Itaguaí. A análise química da terra retiradas em amostras da camada de 0-20 cm, na primeira época (outono-inverno), revelou os seguintes resultados:  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,1$ ;  $\text{Al}^{+++} = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{++} = 1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{++} = 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{P} = 4,0 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $\text{K} = 43,2 \text{ mg dm}^{-3}$ , enquanto, na segunda época de cultivo (primavera-verão) a análise revelou os seguintes resultados:  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,4$ ;  $\text{Al}^{+++} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{++} = 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{++} = 1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{P} = 4,0 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $\text{K} = 57,0 \text{ mg dm}^{-3}$ . De acordo com os resultados obtidos nas análises de rotina de fertilidade do solo, realizou-se adubação homogênea com P, na forma de termofosfato “YORIN MASTER 1” (17,5 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total) e K na forma de sulfato de potássio (50% de  $\text{K}_2\text{O}$ ), nas doses equivalentes a, respectivamente,  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  em ambos experimentos.

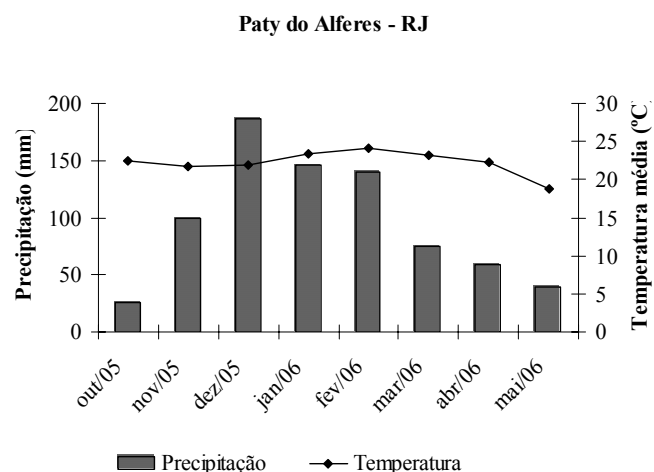
O experimento conduzido no campo experimental de Avelar da PESAGRO-RIO foi implantado em Latossolo, que vem sendo cultivado com hortaliças. A análise química da terra retirada em amostras da camada de 0-20 cm revelou os seguintes resultados:  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,7$ ;  $\text{Al}^{+++} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{++} = 1,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{++} = 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{P} = 25,5 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $\text{K} = 84,5 \text{ mg dm}^{-3}$ . Face os resultados obtidos, realizou-se adubação homogênea com P, na forma de termofosfato “YORIN MASTER 1” (17,5 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total) e K na forma de sulfato de potássio (50% de  $\text{K}_2\text{O}$ ), nas doses equivalentes a, respectivamente,  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

A localização geográfica do campo experimental da Embrapa Agrobiologia, onde foram realizados os experimentos de Seropédica, se situa entre os paralelos  $22^\circ 49'$  e  $22^\circ 45'$  de latitude (Sul) e os meridianos  $43^\circ 23'$  e  $43^\circ 42'$  de longitude oeste (W) de Greenwich, com altitude média de 33 metros, na região da Baixada Fluminense. O clima segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw. A estação chuvosa inicia-se em outubro, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de novembro a fevereiro. Em meados do ano, a precipitação diminui alcançando o mínimo em julho. As temperaturas mais elevadas distribuem-se entre os meses de janeiro a março, enquanto as médias mensais mais baixas ocorrem nos meses de maio a agosto. As temperaturas médias do ar e as taxas de precipitação pluviométrica durante a condução dos experimentos de primavera-verão e de outono-inverno encontram-se na Figura 1.



**Figura 1.** Variação mensal da temperatura média do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm), durante os períodos de cultivo em Seropédica. (Fonte: Posto Agrometeorológico da Estação Experimental de Seropédica, RJ. PESAGRO-RIO/INMET).

A localização geográfica do campo experimental de Avelar da PESAGRO-RIO (Estação Experimental de Seropédica - Município de Paty do Alferes - RJ), se situa a 22° 20' S (latitude) e 43° 25' W (longitude), com uma altitude média de 575 m, na região do médio Paraíba Fluminense. O clima é caracterizado de acordo com o sistema de Köppen como tropical úmido de altitude. A estação chuvosa inicia-se em novembro, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de dezembro a fevereiro. Em meados do ano, a precipitação diminui alcançando o mínimo em julho. As temperaturas mais elevadas distribuem-se entre os meses de janeiro e fevereiro, enquanto as médias mensais mais baixas ocorrem nos meses de maio a agosto. As temperaturas médias do ar e as taxas de precipitação pluviométrica durante a condução dos experimentos de primavera-verão encontram-se na Figura 2.



**Figura 2.** Variação mensal da temperatura média do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm), durante o período de cultivo em Paty do Alferes. (Fonte: Posto Agrometeorológico do Campo Experimental de Avelar, Paty do Alferes-RJ. PESAGRO-RIO/INMET).

### 2.2.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental.

O delineamento experimental adotado, em ambos experimentos, foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, tendo como tratamentos as espécies *Crotalaria juncea*, *C.*

*mucronata*, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca*, e *C. breviflora*. A área total de cada parcela foi de 24,0 m<sup>2</sup>, sendo formada por linhas com 5,0 m de comprimento, definindo-se como área útil, os 9,6 m<sup>2</sup> da região central de cada parcela. A semeadura ocorreu após aração, gradagem e sulcamento.

Na véspera de cada semeadura, mistura de estirpes (BR2001, BR2003 e BR2811), de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp., recomendada pela Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas sementes das cinco espécies. Adotou-se população de 1.000.000 de plantas.ha<sup>-1</sup>, que corresponde a uma densidade de plantio de 30 plantas.m<sup>-1</sup>, com sulcos espaçados de 0,3 m. Na semeadura foi utilizada alta densidade de plantio (aproximadamente o dobro de sementes) para posterior ajuste da população de plantas, por meio de desbaste manual aos 15 dias após a semeadura.

### 2.2.3 Avaliações:

#### 2.2.3.1 Cobertura do solo e análise de crescimento.

Foram efetuadas dez amostragens de plantas, aos 7, 16, 25, 30, 51, 66, 103, 131, 163 e 193 dias após a semeadura (DAS), coletando-se as plantas em quatro amostragens de 0,5 m na segunda e na quarta linha e duas amostragens de 0,5 m na sexta linha de cada parcela. Nestas ocasiões foi determinada a altura média das plantas, obtida a partir da distância entre a base do caule e o meristema apical.

As plantas foram então coletadas e separadas em raízes, caules e folhas e pesadas separadamente para a determinação da produção de fitomassa fresca. Em seguida, a área foliar foi determinada com auxílio de um integrador, modelo “LI-3100 Area Meter” (Li-Cor) e, posteriormente, as partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada, à 65°C, permanecendo por 96 horas, para posterior determinação da produção de fitomassa seca das partes.

A partir das determinações de área foliar e de fitomassa aérea seca, foram calculados os seguintes parâmetros fisiológicos: Índice de área foliar (IAF), determinado pela relação entre a área foliar média de uma planta (m<sup>2</sup>), e a superfície correspondente de terreno; Taxa de crescimento da cultura (TCC), que expressa a variação da fitomassa seca da planta por unidade de tempo, obtida por meio da derivada da equação ajustada da produção de fitomassa aérea seca em relação ao tempo (g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); Taxa de assimilação líquida (TAL), também chamada de taxa de assimilação aparente, que exprime as variações na fitomassa seca formada em relação à área útil para interceptação, ou seja, o aumento da fitomassa da planta por unidade de material assimilatório, no caso a área foliar, determinada pela razão entre a TCC e o IAF, em g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (HUNT, 1982).

Os dados gerados de área foliar e fitomassa aérea seca foram submetidos a testes para a verificação da homogeneidade das variâncias entre as distintas coletas, empregando-se o teste de Bartlett (programa SAEG 9.0, Universidade Federal de Viçosa). Posteriormente, procedeu-se a transformação dos dados em logaritmo natural. Foram testadas quatro funções de crescimentos para ajuste aos dados (Gompertz, Logística, Exponencial polinomial quadrático e Exponencial polinomial cúbico). Entre as funções de crescimento testadas para ajuste dos dados no tempo, os modelos de Gompertz [ $Y = A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$ ], para fitomassa aérea seca e altura média das plantas, e exponencial polinomial quadrático [ $Y = e(A + B \times DAS + C \times DAS^2)$ ] para o IAF foram aqueles que melhor representaram a distribuição dos dados observados, com base nas maiores significâncias dos coeficientes e das funções.

O acompanhamento das taxas de cobertura de solo, deu-se a partir de imagens fotográficas, tomadas aos 7, 17, 23, 30, 36, 43, 52, 59 e 63 dias após a semeadura. A câmera fotográfica foi suspensa em posição perpendicular ao solo, a uma altura de 1,50 m da superfície do terreno, em que cada fotografia abrangia uma área de 0,6 m<sup>2</sup>, sendo tomadas

entre 7:30 e 9:00 h para atenuar efeitos adversos de sombra. As estimativas das taxas de cobertura do solo foram realizadas com auxílio do software SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária. Foram testadas quatro funções matemáticas para ajuste aos dados (Gompertz, Logística, Exponencial polinomial quadrático e Exponencial polinomial cúbico). As curvas das taxas de cobertura do solo, foram ajustadas de acordo com o modelo de Gompertz [ $Y = A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$ ], por apresentar melhor distribuição dos dados observados, com base na maior significância dos coeficientes e da função.

### **2.2.3.2 Produção de fitomassa aérea, sementes, acumulação de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio.**

A produção de fitomassa aérea foi determinada por ocasião do florescimento, quando as plantas apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas, cortando-as a 0,05 m acima da superfície do solo. No início das avaliações as áreas úteis das parcelas foram divididas em duas partes. Enquanto uma serviu para determinar a fitomassa aérea por ocasião do florescimento, a outra foi conservada para avaliação da produção de sementes. Na primeira metade (4,8m<sup>2</sup>), as plantas foram coletadas e pesadas para a determinação da fitomassa aérea fresca. Retiraram-se sub-amostras de cada tratamento, que foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada, à 65°C, permanecendo por 96 horas, para posterior determinação da produção de matéria seca da parte aérea. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com abertura de malha de 20 mesh. Para a determinação do teor de N, o material moído foi submetido à digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl (ALVES et al., 1994), enquanto P, K, Ca e Mg foram determinados a partir da digestão nitro-perclorica (BATAGLIA et al., 1983). O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto da massa de matéria seca com o teor do nutriente no tecido das plantas.

A contribuição da FBN foi estimada utilizando-se a técnica de abundância natural de <sup>15</sup>N ou  $\delta^{15}\text{N}$  (SHEARER & KOHL, 1986), com auxílio de um espectrômetro de massa (Finnigan MAT, modelo Delta Plus). De acordo com esta técnica, a contribuição percentual de nitrogênio derivado da FBN, foi calculada com a utilização da seguinte fórmula: % FBN =  $100(\delta^{15}\text{N planta testemunha} - \delta^{15}\text{N planta fixadora}) / (\delta^{15}\text{N planta testemunha} - B)$ , sendo: B = -1,31, valor este correspondente a discriminação isotópica de <sup>15</sup>N feita pela *Crotalaria juncea*, conforme descrito por OKITO et. al. (2004), adotado como referência para estimativa das demais espécies. Como referência de plantas não fixadoras de N<sub>2</sub> (testemunha), foram utilizados o Capim Colônia (*Panicum maximum*) e o Capim Pé-de-Galinha (*Eleusine indica*), que apresentaram ocorrência e ambos locais e épocas de cultivo.

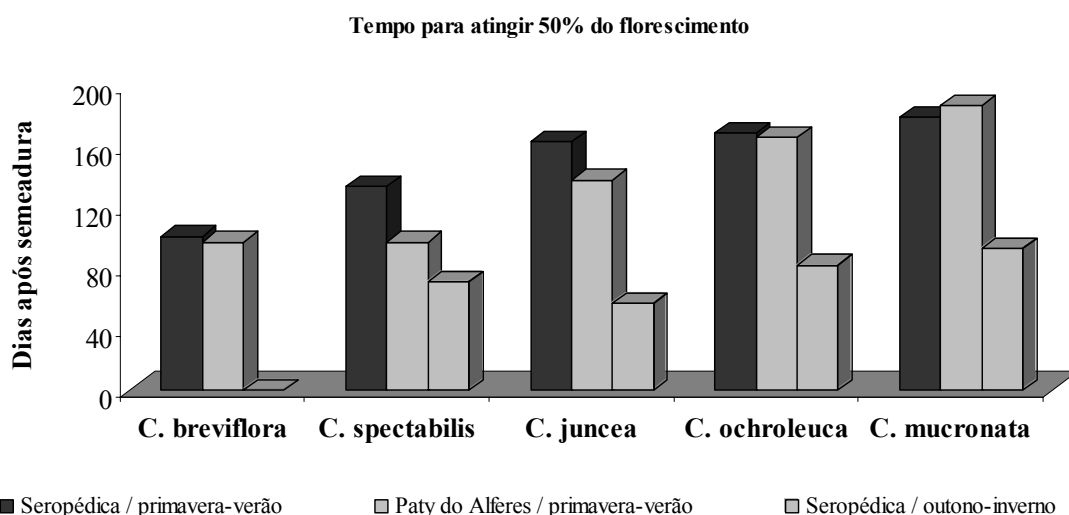
A avaliação da produção de sementes foi realizada quando as plantas apresentavam-se no estágio de maturação completa, com todas as vagens secas, sendo colhida a parte da parcela reservada para tal fim (4,8m<sup>2</sup>). Vagens foram trilhadas e os grãos pesados.

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade da variância dos erros. Atendidas as pressuposições, realizou-se a análise de variância, adotando-se o teste F. As variáveis cujo “teste F” foi significativo ( $p \leq 0,05$ ), foram submetidas à análise de comparação múltipla, adotando-se o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SAEG versão 9.0.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de dias decorridos entre a sementeira e o momento em que as plantas apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas, no cultivo realizado em Seropédica no período de primavera-verão foram de 101, 134, 163, 169, 179 dias, para *C. breviflora*, *C. spectabilis*, *C. juncea*, *C. ochroleuca* e *C. mucronata*, respectivamente. No período de outono-inverno foram de 71, 57, 82 e 93 dias, para *C. spectabilis*, *C. juncea*, *C. ochroleuca* e *C. mucronata*, respectivamente (Figura 3). As parcelas cultivadas com *C. breviflora* no período outono-inverno, foram desconsideradas nas avaliações, devido ao intenso ataque no início do desenvolvimento da cultura, por *Lagria villosa* (vulgarmente conhecido como “idiámin”), coleóptero de origem africana, que se tornou importante praga do cafeeiro e de leguminosas como as plantas de feijão, ervilha e fava (GALLO et al., 2002).

Para o cultivo realizado em Paty do Alferes, no período de primavera-verão, os números de dias decorridos entre o plantio e o momento em que as plantas apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas, foram de 97, 97, 138, 166 e 187 dias, para *C. breviflora*, *C. spectabilis*, *C. juncea*, *C. ochroleuca* e *C. mucronata*, respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** Tempo (dias) decorrido entre a sementeira e o momento em que as plantas apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas. Seropédica – RJ e Paty do Alferes – RJ, 2005/2006.

### 2.3.1 Cobertura do solo e análise de crescimento.

Ao analisar os resultados da avaliação da cobertura de solo promovido pelas diferentes espécies de *Crotalaria* L. (Tabela 1 e Figura 4) verifica-se que diferenças marcantes ocorreram desde a fase inicial de desenvolvimento das espécies. A plena cobertura do solo foi obtida aos 45 DAS no cultivo de *C. juncea*, 62 DAS no cultivo de *C. spectabilis* e aos 66 dias após sementeira nos cultivos de *C. mucronata*, *C. ochroleuca* e *C. breviflora* (Figura 4).

Como a idade crítica quanto à competição com a vegetação espontânea e susceptibilidade a erosão, encontra-se associada à fase inicial de desenvolvimento da cultura, torna-se interessante destacar a importância da determinação do tempo necessário para atingir 50 % de cobertura do solo ( $t_{1/2}$ ). A partir dos parâmetros das equações ajustadas para cobertura do solo (Tabela 1), verificou-se que a *C. juncea* apresentou diferença marcante para velocidade de cobertura do solo, apresentando  $t_{1/2}$  aos 15 DAS, o que representou vantagem

de aproximadamente 53% para o  $t_{1/2}$  gasto por *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* e 61% para o  $t_{1/2}$  gasto por *C. mucronata* e *C. brevisflora*.

As diferenças de tempo necessário para atingir 50 % de cobertura do solo, aproximadamente 17 dias para *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* e 23 dias para *C. mucronata* e *C. brevisflora* (Tabela 1), são de extrema importância pelo fato de as plantas se encontrarem na fase inicial de estabelecimento e de maior competição com a vegetação espontânea. Além disso, a rapidez na cobertura do solo minimiza a erosão, conforme demonstrado nos trabalhos de DECHEN et al. (1981) e AMADO et al. (1987) evidenciando que o aumento da proporção de área coberta reduziu a erosão. Já ALVARENGA et al. (1995) demonstraram que uma cobertura uniforme de 20 % do terreno é capaz de reduzir as perdas de solo em aproximadamente 50 %, quando comparada ao solo descoberto.

A maior velocidade de crescimento inicial observada nas parcelas com *C. juncea* promoveu a rápida cobertura do solo (Figura 4), tornando dispensável o controle da vegetação espontânea. Fato que não foi observado nas parcelas cultivadas com as outras espécies de *Crotalaria* L., onde se verificou necessidade de uma capina, que foi realizada aos 21 dias após semeadura.

Como a adoção da adubação verde por parte dos agricultores, está relacionada a alguns critérios que devem ser atendidos, dentre os quais a espécie a ser utilizada deverá apresentar alta produção de fitomassa aérea, sementes, acumulação de nutrientes e taxas de fixação biológica de nitrogênio, além de proporcionar os menores custos possíveis para implantação e manutenção, a necessidade de controle de ervas espontâneas apresenta-se como um entrave para a adoção desta técnica, onde o uso de espécie que apresente rápido crescimento e estabelecimento apresenta significativa vantagem, merecendo destaque a precocidade observada em *C. juncea*.

**Tabela 1.** Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para as taxas de cobertura do solo proporcionadas por cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após semeadura (DAS). Seropédica – RJ, 2005/2006.

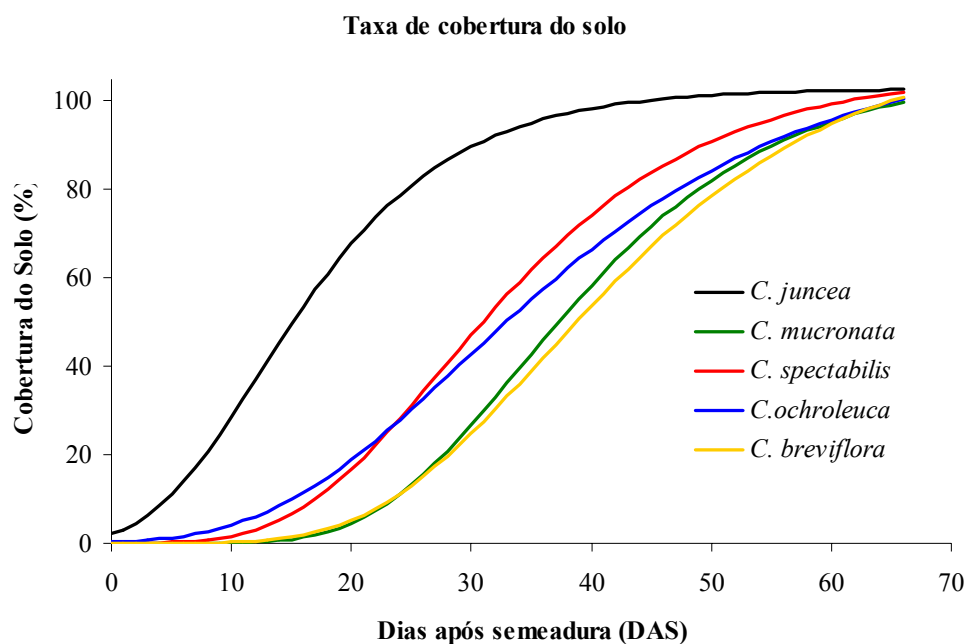
Espécies	Parâmetros da função de Gompertz <sup>1</sup>			R <sup>2</sup>	t $\frac{1}{2}$ dias <sup>2</sup>
	A	B	C		
<i>C. juncea</i>	102,8951**	3,90321**	0,1117**	0,98	15
<i>C. mucronata</i>	107,0831**	16,51818**	0,08263**	0,99	37
<i>C. spectabilis</i>	106,6472**	9,45591**	0,08163**	0,99	31
<i>C. ochroleuca</i>	111,3247**	6,12856**	0,06193**	0,99	33
<i>C. brevisflora</i>	113,8951**	12,61118**	0,0705**	0,99	39

<sup>1</sup>%Cobertura =  $A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$

<sup>2</sup> Tempo necessário para atingir 50 % de cobertura do solo.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.





**Figura 4.** Taxas de cobertura do solo proporcionadas por cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após semeadura (DAS). Seropédica – RJ, 2005/2006.

A função de Gompertz apresentou propriedades desejáveis para descrever a curva de crescimento das espécies de *Crotalaria* L. Ao contrário de outras funções, a fitomassa inicial é sempre superior a zero, o que reflete o fato de que as plantas em estudo já possuem fitomassas iniciais, representadas pelas massas das sementes. Em valores médios de 5 amostragens, as massas foram de 55,0 mg para *C. juncea*, 20,0 mg para *C. breviflora*, 17,0 mg para *C. spectabilis* e 6,0 mg para *C. mucronata* e *C. ochroleuca*. A fitomassa aérea tende a atingir valor máximo, dado pelo parâmetro “A” da função, conforme pode ser observado na Tabela 2. Teoricamente, esse valor somente seria alcançado após um tempo infinito, mas ele pode ser extrapolado a partir de dados experimentais.

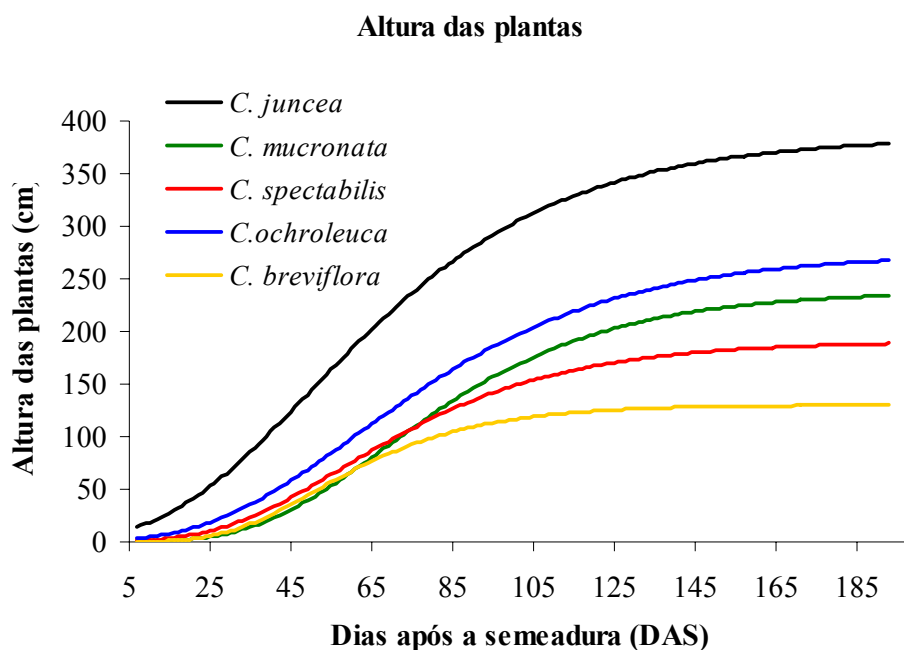
As equações ajustadas para os dados de altura das plantas, descreveram apropriadamente a variação na altura em função do tempo do crescimento das diferentes espécies (Tabela 2), proporcionando ajuste adequado de curvas de crescimento (Figura 5). As alturas das cinco espécies de *Crotalaria* L. apresentaram comportamento diferenciado desde o início do desenvolvimento vegetativo, onde *C. juncea* apresenta maior altura que as demais espécies ao longo do ciclo de cultivo (Figura 5).

**Tabela 2.** Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para as alturas das cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após semeadura (DAS). Seropédica – RJ, 2005/2006.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz <sup>1</sup>			R <sup>2</sup>
	A	B	C	
<i>C. juncea</i>	385,0457**	4,0149**	0,02812**	0,99
<i>C. mucronata</i>	238,5197**	8,60899**	0,03179**	0,99
<i>C. spectabilis</i>	190,7495**	6,51757**	0,03248**	0,99
<i>C. ochroleuca</i>	274,6783**	5,35045**	0,0275**	0,99
<i>C. breviflora</i>	130,1071**	9,6693**	0,04461**	0,99

<sup>1</sup>Altura =  $A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.



**Figura 5.** Alturas das cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após a semeadura. Seropédica – RJ, 2005/2006.

As curvas ajustadas para os dados de fitomassa aérea seca descrevem adequadamente a variação no tempo do crescimento das espécies (Figura 6). As acumulações de fitomassa aérea seca das cinco espécies de crotalaria apresentaram comportamento diferenciado a partir dos 16 dias após a semeadura (DAS) momento em que as curvas começam a se diferenciar, onde *C. juncea* apresenta maior produção de fitomassa que as demais espécies ao longo do ciclo de cultivo (Figura 6).

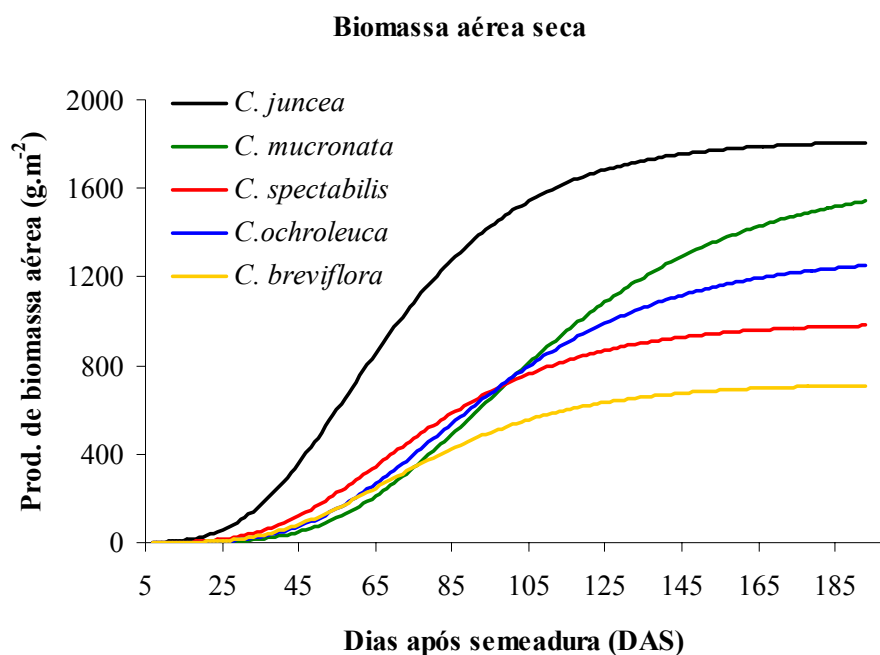
As diferenças na capacidade de produção final de fitomassa verificadas nas espécies (Figura 6), certamente estão relacionadas às características intrínsecas do genótipo de cada espécie associada aos fatores ambientais do período de cultivo.

**Tabela 3.** Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para a acumulação de fitomassa aérea de cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após semeadura (DAS). Seropédica – RJ, 2005/2006.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz <sup>1</sup>			R <sup>2</sup>
	A	B	C	
<i>C. juncea</i>	1818,50285**	9,02692**	0,03813**	0,99
<i>C. mucronata</i>	1650,40896**	11,67322**	0,02664**	0,99
<i>C. spectabilis</i>	993,27060**	9,88420**	0,03440**	0,98
<i>C. ochroleuca</i>	1297,90138**	10,86534**	0,02956**	0,99
<i>C. breviflora</i>	718,63527**	10,74226**	0,03551**	0,98

<sup>1</sup>Fitomassa =  $A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.



**Figura 6.** Produção de fitomassa aérea seca de cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após a semeadura, ajustados ao modelo de crescimento de Gompertz. Seropédica – RJ, 2005/2006.

As equações exponenciais polinomiais de 2º grau, ajustadas para os dados de índice de área foliar (IAF) descreveram adequadamente a variação no tempo (Tabela 4 e Figura 7). O IAF das cinco espécies de crotalaria apresentaram comportamento diferenciado a partir dos 79 dias após a semeadura (DAS) momento em que *C. spectabilis* apresenta maior IAF que as demais espécies até aos 182 DAS (Figura 7).

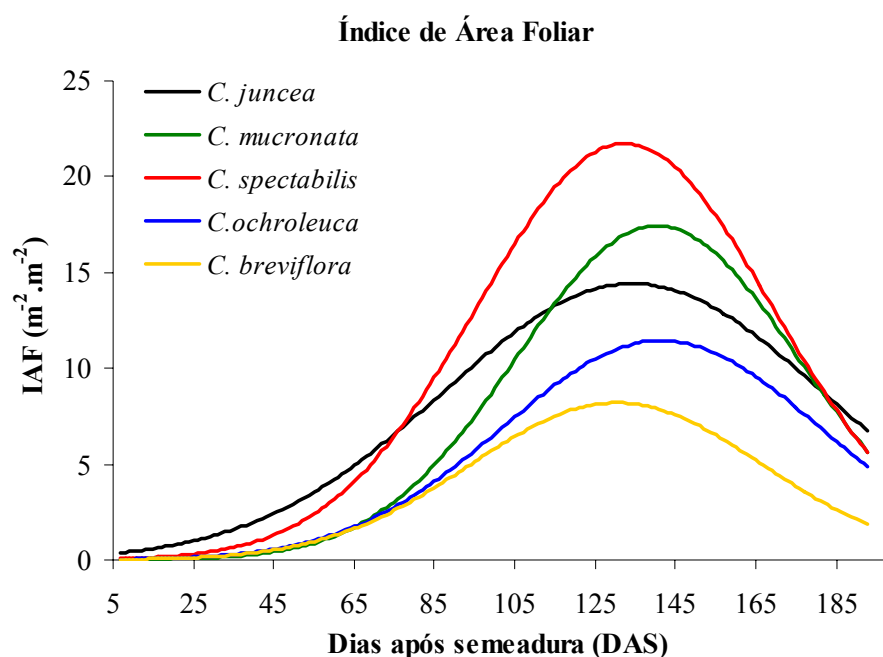
**Tabela 4.** Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial de 2º grau, para o índice de área foliar de cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após semeadura. Seropédica – RJ, 2005/2006.

Espécie	Parâmetros da função exponencial polinomial de 2º grau <sup>1</sup>			R <sup>2</sup>
	A	B	C	
<i>C. juncea</i>	-1,354650**	0,059846**	-0,000223**	0,87
<i>C. mucronata</i>	-5,185510**	0,114542**	-0,000408**	0,95
<i>C. spectabilis</i>	-3,370990**	0,097445**	-0,000368**	0,92
<i>C. ochroleuca</i>	-4,020510**	0,091305**	-0,000323**	0,94
<i>C. breviflora</i>	-4,307320**	0,098434**	-0,000378**	0,88

<sup>1</sup>IAF = e(A + B × DAS + C × DAS<sup>2</sup>)

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.

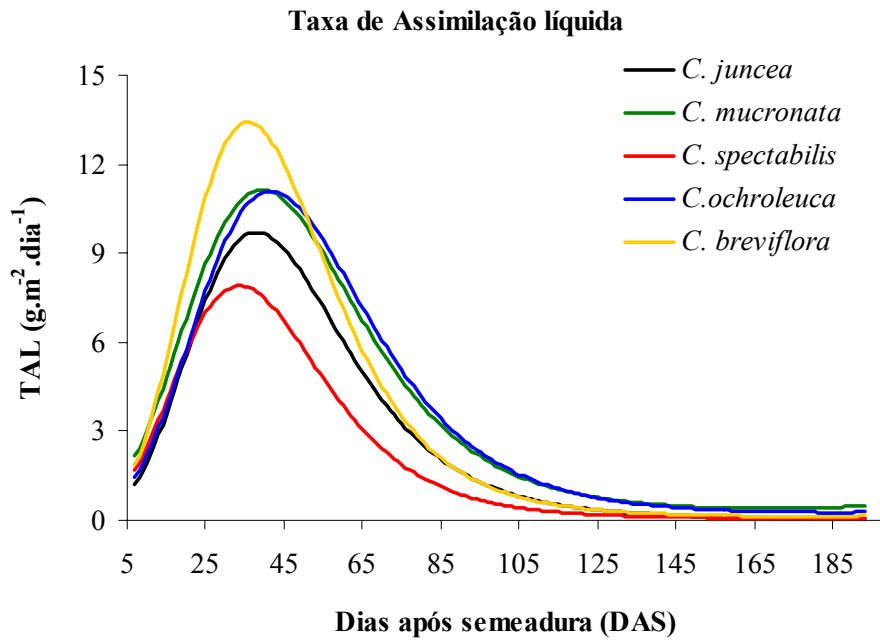
Observou-se, de maneira geral, que as diferentes espécies de *Crotalaria* L. apresentaram rápido aumento inicial, alcançando máximo IAF em período que antecedeu o florescimento, e posteriormente houve declínio na área foliar com a senescência das folhas, fato observado em outras espécies cultivadas (HUNT, 1982). O maior IAF foi obtido com *C. spectabilis*, que apresentou 21,7 m<sup>-2</sup>.m<sup>-2</sup>, aos 132 dias após a semeadura (Figura 7).



**Figura 7.** Índice de área foliar de cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após a semeadura, ajustado ao modelo de crescimento exponencial polinomial de 2º grau. Seropédica – RJ, 2005/2006.

Ao analisar as taxas de assimilação líquida (TAL), também chamada de taxa de assimilação aparente, que revela o aumento da massa seca formada por unidade de material assimilatório, no caso a área foliar, das espécies de *Crotalaria* L., nota-se que máximas TAL (Figura 8) ocorreram em momento que antecedeu o período de maiores taxas de crescimento da cultura (Figura 9). Este expressivo balanço positivo entre a fotossíntese e respiração, demonstram que neste período as plantas apresentaram maior eficiência fotossintética, o que ocasionou sucessivamente em maiores taxas de crescimento da cultura.

A maior TAL foi observada na *C. brevipflora*, alcançando  $13,4 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  aos 36 DAS, fato que possivelmente está associado a maior ramificação observada na arquitetura das plantas nessa espécie, proporcionando um menor auto-sombreamento nas folhas inferiores e também por ter apresentado menor produção de fitomassa (Figura 6) e índice de área foliar (Figura 7), sugerindo que esta maior distribuição espacial e menor quantidade de tecido, proporcionaram balanço positivo entre fotossíntese e respiração superior as demais espécies, que possivelmente devido ao maior crescimento (Figuras 5, 6 e 7) apresentaram um gradiente de auto-sombreamento.



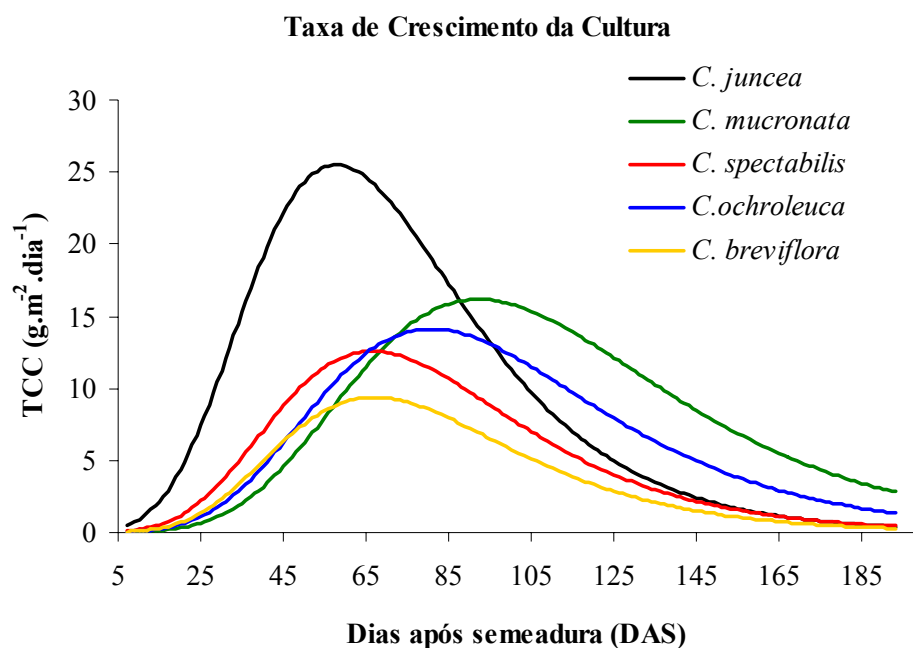
**Figura 8.** Taxa de assimilação líquida de cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após a sementeira. Seropédica – RJ, 2005/2006.

Ao analisar as curvas da taxa de crescimento da cultura (TCC), que representa a capacidade de produção de fitomassa em função do tempo, para as diferentes espécies de *Crotalaria* L., evidencia-se que inicialmente a TCC foi baixa, e aumentou rapidamente até atingir o máximo no período seguinte a ocorrência das máximas TAL (Figura 8), diminuindo posteriormente, quando as plantas iniciaram o período reprodutivo até o final do ciclo (Figura 9), o que corrobora com observações em outras espécies cultivadas (HUNT, 1982), sendo o padrão de crescimento considerado característico de culturas anuais e de espécies de crescimento determinado (PEREIRA & MACHADO, 1987).

Observou-se que o ponto de máxima TCC coincide com o ponto de inflexão das curvas ajustadas para a produção de fitomassa (Figura 6), denotando que a partir da TCC máxima ocorre mudança na fase de desenvolvimento das espécies. Por meio da derivação do modelo (Tabela 3) é possível observar o nível de precocidade das diferentes espécies, onde o menor tempo para atingir a máxima TCC foi obtida na *C. juncea* aos 57,7 DAS (25,5 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), seguida pela *C. spectabilis* aos 66 DAS (12,6 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), *C. breviflora* aos 67 DAS (9,4 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), *C. ochroleuca* aos 80 DAS (14,1 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) e *C. mucronata* aos 92 DAS (16,2 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), como visualizado na Figura 9.

*C. juncea* apresentou estabelecimento mais rápido que as demais espécies, evidenciado pelo menor tempo para atingir a máxima taxa de crescimento da cultura, maior acumulação de fitomassa no início do ciclo (Figuras 6 e 9) e maior altura média das plantas (Figura 5). Esses atributos tornam *C. juncea* vantajosa onde exista competição com plantas invasoras ou em locais com suscetibilidade à erosão, especialmente se associada a uma alta densidade de plantio.

Em trabalho de caracterização do crescimento de leguminosas e gramíneas em solo compactado do Recôncavo Baiano, CARVALHO (2000) verificou que dentre as leguminosas testadas, a *C. juncea* apresentou as maiores taxas de crescimento nos primeiros trinta dias após a emergência, enquanto o calopogônio foi a espécie mais lenta neste aspecto. Este fato também foi observado por GERALDO et al. (2000) ao compararem o comportamento de cultivares de milheto brasileiras e africanas, demonstrando que cultivares brasileiras são mais precoces, conferido pelo maior potencial de crescimento inicial.



**Figura 9.** Taxa de crescimento da cultura de cinco espécies de *Crotalaria* L. em função dos dias após a sementeira. Seropédica – RJ, 2005/2006.

Analisando-se do ponto de vista da estratégia adaptativa das espécies, o uso do modelo de TILMAN (1988), propõe que plantas oriundas de sementes com maior massa apresentam capacidade superior de desenvolvimento e exploração dos recursos disponíveis. Face a esta referência, pode-se hipotetizar que a vantagem competitiva conferida por *C. juncea*, apresentando maior taxa de produção de fitomassa e altura, pode estar relacionada a maior massa da semente desta espécie.

Em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), verificou-se que sementes de maior massa podem propiciar maior crescimento inicial, além de geralmente possuírem melhor qualidade fisiológica, o que pode ser vantajoso sob condições de estresse (WHITE & GONZÁLEZ, 1990). Avaliando o efeito do tamanho da semente na acumulação de fitomassa e nutrientes e no rendimento de grãos de cultivares de feijoeiro, PERIN et al. (2002) e LIMA et al. (2005), verificaram que na fase inicial do desenvolvimento das plantas, as sementes grandes aumentaram a taxa de crescimento da cultura, estimulando o crescimento inicial do cultivo.

Outro fato que merece destaque refere-se às reservas da semente, que para determinados nutrientes de baixa disponibilidade no solo, a reserva contida na semente pode influenciar significativamente o desenvolvimento inicial das plantas. Verificou-se que a produção da fitomassa da parte aérea e da raiz e a acumulação de P em diferentes genótipos de feijoeiro foram correlacionadas com a massa da semente, indicando que a eficiência de utilização de P está associada às reservas da semente (YAN et al., 1995).

### **2.3.2 Produção de fitomassa aérea, sementes, acumulação de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio.**

Ao interpretar o resultado da análise de variância conjunta dos experimentos realizados em Seropédica e em Paty do Alferes, no período de primavera-verão, observa-se interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) para todos os parâmetros analisados, entre os dois locais e as

cinco espécies estudadas (Tabela 5). Desta forma, foram realizadas comparações entre as espécies dentro de cada local por meio de análises individuais dos locais.

**Tabela 5.** Quadrados médios da análise conjunta dos experimentos de Seropédica e Paty do Alferes, no período primavera-verão, com cinco espécies de *Crotalaria* L. Seropédica – RJ e Paty do Alferes – RJ, 2005/2006.

FV	GL	Quadrados médios – Análise conjunta experimentos primavera-verão									
		Produção de Fitomassa (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Produção de sementes (kg.ha <sup>-1</sup> )	Índice de Multiplicação	Acumulação de Nutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )					% FBN <sup>1</sup>	N-FBN <sup>2</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )
					N	P	K	Ca	Mg		
<b>Bloco/Local</b>	6	0,08	4,86	0,11	163,44	0,26	35,60	3,14	0,37	1,70	103,10
<b>Local</b>	1	6,27 <sup>ns</sup>	85855,02 <sup>ns</sup>	481,06 <sup>ns</sup>	6417,14 <sup>ns</sup>	306,71 <sup>ns</sup>	45103,64*	468,10 <sup>ns</sup>	217,17*	25,91 <sup>ns</sup>	8406,34 <sup>ns</sup>
<b>Espécie</b>	4	132,45*	116691,35*	900,79*	87938,29*	47,08 <sup>ns</sup>	25962,47 <sup>ns</sup>	918,38 <sup>ns</sup>	241,45*	37,56 <sup>ns</sup>	76198,67*
<b>Local x Espécie</b>	4	16,07*	16497,51*	132,97*	8866,20*	48,24*	4185,97*	823,11*	21,13*	64,79*	9722,22*
<b>Resíduo</b>	24	0,05	25,47	0,11	55,32	0,07	18,89	2,77	0,51	0,96	64,33
<b>C.V. (%)</b>		2,2	4,3	4,0	3,0	2,4	2,3	3,2	3,5	1,1	3,6

<sup>1</sup>- Contribuição percentual da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para as espécies de *Crotalaria* L.

<sup>2</sup>- Quantidade de nitrogênio nas espécies de *Crotalaria* L. derivado do processo de FBN.

<sup>ns</sup> Não Significativo (p > 0,05)

\* Significativo (p ≤ 0,05)



As produções de fitomassa aérea seca, sementes e o índice de multiplicação de sementes, diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ). As maiores produções de fitomassa aérea seca, no cultivo de primavera-verão em Seropédica e Paty do Alferes, foram obtidas com *C. juncea*, alcançando  $17,6 \text{ Mg.ha}^{-1}$  e  $13,3 \text{ Mg.ha}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 6). Os menores rendimentos foram obtidos no cultivo de *C. breviflora* em ambos locais, com produtividade de fitomassa aérea seca de  $5,5 \text{ Mg.ha}^{-1}$  em Seropédica e  $3,8 \text{ Mg.ha}^{-1}$  em Paty do Alferes. Para o cultivo de outono-inverno, realizado em Seropédica, a maior produção de fitomassa aérea seca foi obtida com *C. ochroleuca* ( $6,5 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) e o menor rendimento no cultivo de *C. spectabilis* ( $4,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ).

Sendo *C. juncea* considerada planta fotoperiódica de dias curtos (PURSEGLOVE, 1968), observou-se comportamento semelhante para as demais espécies abordadas nesse trabalho, onde os resultados obtidos indicam que o crescimento de *C. mucronata*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*, a partir da sementeira feita no período primavera-verão, não foi limitado pelo fotoperíodo, estando a produção de fitomassa aérea expressada plenamente. Estes resultados corroboram com os resultados obtidos por PEREIRA (2004), ao avaliar o desempenho de *C. juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas de sementeira, que obteve produtividade equivalente a  $10,6 \text{ Mg.ha}^{-1}$ , para o cultivo de primavera-verão. Resultados apresentados por AMABILE et. al. (2000), também apresentaram mesma tendência ao avaliarem o crescimento e desenvolvimento de espécies de adubos verdes, dentre eles, *C. juncea* e *C. ochroleuca*, em diferentes épocas de sementeira e espaçamentos na região Centro-Oeste, obtendo maiores rendimentos para *C. juncea* e para *C. ochroleuca* quando a sementeira foi realizada em novembro ( $17,3 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ,  $8,8 \text{ Mg.ha}^{-1}$ , respectivamente).

As maiores produções de sementes foram obtidas ao se cultivar a *C. juncea*, independentemente do local de cultivo (Tabela 6), alcançando produção de  $405,9 \text{ Kg.ha}^{-1}$  para cultivo de primavera-verão e  $1681,0 \text{ Kg.ha}^{-1}$  para cultivo de outono-inverno, ambos em Seropédica e  $182,1 \text{ Kg.ha}^{-1}$  para cultivo de primavera-verão em Paty do Alferes. Merece destacar, que o cultivo no período de outono-inverno representou aumentos na produção de sementes da ordem de 76% para *C. juncea*, 72% para *C. mucronata*, 83% para *C. spectabilis* e 90% para *C. ochroleuca*, quando comparado ao cultivo de primavera-verão, ambos em Seropédica.

Ao avaliar o índice de multiplicação, que representa a quantidade de sementes colhidas por unidade de semente utilizada para o plantio de determinada espécie, observa-se que o maior rendimento de sementes foi obtido com *C. mucronata*, alcançando índice de 36,2 para cultivo em Seropédica e 16,5 para cultivo em Paty do Alferes, ambos no período de primavera-verão. Para o cultivo de outono-inverno em Seropédica, o maior índice de multiplicação foi obtido para *C. ochroleuca*, alcançando índice de 150,1 (Tabela 6).

Índices de multiplicação menores que 1, implicam em gasto de sementes no plantio superiores as quantidades de sementes colhidas. O menor índice de multiplicação no período primavera-verão em Seropédica, foi obtido para *C. spectabilis* (0,8). Em Paty do Alferes, os menores índices foram obtidos para *C. spectabilis* (0,4) e para *C. breviflora* (0,7), também no período primavera-verão (Tabela 6). De maneira geral, observa-se redução da produção de sementes e conseqüentemente do índice de multiplicação quando o cultivo das espécies foi realizado em primavera-verão.

Observou-se que a sementeira realizada no período primavera-verão acarretou menor produção de sementes que no período de outono-inverno (Tabela 6). Desta forma, torna-se importante destacar a inversão no comportamento das espécies considerando as duas épocas de sementeira estudadas. Como discutido anteriormente, o crescimento das plantas, a partir da sementeira feita na primavera-verão, proporcionou que as plantas expressassem as máximas produções de fitomassa aérea. Contudo, observou-se que as espécies estudadas são sensíveis ao fotoperíodo, como já comprovado para *C. juncea*, onde a sementeira realizada no período

de outono-inverno acarretou encurtamento do ciclo das plantas. Analisando-se do ponto de vista evolutivo, pode-se hipotetizar que neste período as plantas estão submetidas há um estresse e, por isso, investem na produção de sementes, em detrimento da produção de fitomassa, como uma estratégia para perpetuação da espécie, priorizando a alocação de fotoassimilados para a manutenção da fase reprodutiva. Essa hipótese está em consonância com a teoria evolucionária e ecológica proposta por GRIME (1977) relacionada às diferentes estratégias primárias de sobrevivência das espécies vegetais.

**Tabela 6.** Produção de fitomassa aérea seca, sementes e índice de multiplicação de sementes em cinco espécies de *Crotalaria* L., cultivadas em dois locais e dois períodos do ano. Seropédica – RJ e Paty do Alferes – RJ, 2005/2006.

Espécies	Fitomassa aérea seca (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Produção de sementes (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Índice de multiplicação
<b>Seropédica / primavera-verão</b>			
<i>C. juncea</i>	17,6 a*	405,9 a	6,8 c
<i>C. mucronata</i>	10,4 b	260,7 b	36,2 a
<i>C. spectabilis</i>	8,7 d	16,7 e	0,8 e
<i>C. ochroleuca</i>	9,8 c	104,8 c	14,6 b
<i>C. breviflora</i>	5,5 e	33,1 d	1,4 d
C.V. (%)	2,3	3,3	2,4
<b>Seropédica / outono-inverno</b>			
<i>C. juncea</i>	5,8 b	1681,0 a	28,0 c
<i>C. mucronata</i>	5,3 c	913,5 c	126,9 b
<i>C. spectabilis</i>	4,7 d	95,2 d	4,7 d
<i>C. ochroleuca</i>	6,5 a	1080,7 b	150,1 a
<i>C. breviflora</i>	nd	nd	nd
C.V. (%)	3,5	2,7	2,5
<b>Paty do Alferes / primavera-verão</b>			
<i>C. juncea</i>	13,3 a	182,1 a	3,0 c
<i>C. mucronata</i>	11,9 c	118,8 b	16,5 a
<i>C. spectabilis</i>	6,6 d	8,8 e	0,4 d
<i>C. ochroleuca</i>	12,5 b	31,7 c	4,4 b
<i>C. breviflora</i>	3,8 e	16,6 d	0,7 d
C.V. (%)	2,0	6,6	7,5

\*em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

nd – não determinado.

Os teores e acumulações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) entre as cinco espécies (Tabela 7). No experimento realizado em Seropédica no período primavera-verão, os maiores teores de N, foram obtidos em *C. juncea* e *C. spectabilis* (2,54 % e 2,60 %, respectivamente), para P, Ca e Mg obtidos em *C. breviflora* (1,44 g.kg<sup>-1</sup>, 9,93 g.kg<sup>-1</sup> e 3,14 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente) e para K, os maiores teores foram obtidos em *C. mucronata* e *C. breviflora* (19,69 g.kg<sup>-1</sup> e 19,59 g.kg<sup>-1</sup>). No cultivo do período outono-inverno, os maiores teores de N, K, Ca e Mg foram obtidas ao se cultivar a *C. spectabilis* (3,06 %, 29,0 g.kg<sup>-1</sup>, 10,84 g.kg<sup>-1</sup> e 2,75 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente) e o maior teor de P obtido no cultivo de *C. juncea* (1,54 g.kg<sup>-1</sup>). Para o experimento realizado em Paty do Alferes no período primavera-verão, o maior teor de N, foi obtido no cultivo de *C. juncea* (2,61 %) e os maiores teores de P, Ca e Mg obtidos no cultivo de *C. breviflora* (1,97

g.kg<sup>-1</sup>, 10,38 g.kg<sup>-1</sup> e 2,85 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente) e o maior teor de K obtido no cultivo de *C. spectabilis* (31,11 g.kg<sup>-1</sup>).

Os resultados dos teores de nutrientes presentes na fitomassa aérea das plantas demonstraram que as cinco espécies apresentam diferentes comportamentos quanto à capacidade em acumular nutrientes na fitomassa aérea. Os teores de nutrientes observados nas cinco espécies apresentam-se próximos ao citados na literatura (COSTA et al., 1993; KULLAYA et al., 1998; HEINRICHS et al., 2005).

No experimento realizado em Seropédica no período primavera-verão, as maiores acumulações para N e Mg, foram obtidas em *C. juncea* (446,5 kg.ha<sup>-1</sup> e 29,6 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), para P e Ca obtidas em *C. spectabilis* (10,4 kg.ha<sup>-1</sup> e 67,7 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e para K, a maior acumulação foi obtida em *C. mucronata* (204,8 kg.ha<sup>-1</sup>). No cultivo do período outono-inverno, as maiores acumulações de N, K e Mg foram obtidas ao se cultivar a *C. ochroleuca* (179,5 kg.ha<sup>-1</sup>, 159,5 kg.ha<sup>-1</sup> e 15,8 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), a maior acumulação de P obtida no cultivo de *C. juncea* (8,9 kg.ha<sup>-1</sup>) e para Ca no cultivo de *C. spectabilis* (51,3 kg.ha<sup>-1</sup>). Para o experimento realizado em Paty do Alferes no período primavera-verão, as maiores acumulações de N e Mg, foram obtidas no cultivo de *C. juncea* (347,1 kg.ha<sup>-1</sup> e 28,3 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e as maiores acumulações de P, K e Ca obtidas no cultivo de *C. mucronata* (18,8 kg.ha<sup>-1</sup>, 311,0 kg.ha<sup>-1</sup> e 77,2 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Um dos efeitos benéficos da adubação verde com leguminosas refere-se à melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo (COSTA et al., 1993; DE-POLLI et al., 1996; ESPINDOLA et al., 2005). A utilização de adubos verdes que expandem seu sistema radicular para horizontes profundos do solo, proporciona aumentos na eficiência de reciclagem de nutrientes, trazendo às camadas superficiais do solo nutrientes perdidos por lixiviação, principalmente potássio, cálcio e magnésio, funcionando também como bons fornecedores de nutrientes de pouca disponibilidade, como é o caso do fósforo. De acordo com os resultados apresentados, observa-se o potencial das espécies de *Crotalaria* L. para o fornecimento de nutrientes na forma de adubos verdes, tornando-os mais disponíveis às culturas subseqüentes após a decomposição do material. Segundo ESPINDOLA et al. (2005), a capacidade de ciclagem de nutrientes deve ser considerada como um critério na seleção de leguminosas para adubação verde.

Outro fato que merece destaque refere-se a grande capacidade de acumulação de nitrogênio observada em determinadas espécies de crotalaria do presente estudo, enfatizando a grande acumulação obtida para o cultivo de *C. juncea* em Seropédica e em Paty do Alferes, no período primavera-verão, que alcançaram valores de 446,5 kg.ha<sup>-1</sup> e 347,1 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Sendo a gestão do N fundamental para a manutenção da capacidade produtiva (URQUIAGA & ZAPATA, 2000), a adubação verde com crotalaria se adequadamente manejada, poderá promover auto-suficiência neste nutriente, principalmente nas unidades de produção orgânica (GUERRA et al., 2004), visto que ao contrário de outros nutrientes essenciais, não é permitido o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos nesses sistemas de produção.

**Tabela 7.** Teor e acumulação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em cinco espécies de *Crotalaria* L., cultivadas em dois locais e dois períodos do ano. Seropédica – RJ e Paty do Alferes – RJ, 2005/2006.

Espécies	Teor de nutrientes					Acumulação de Nutrientes				
	Nitrogênio %	Fósforo g.kg <sup>-1</sup>	Potássio g.kg <sup>-1</sup>	Cálcio g.kg <sup>-1</sup>	Magnésio g.kg <sup>-1</sup>	Nitrogênio kg.ha <sup>-1</sup>	Fósforo kg.ha <sup>-1</sup>	Potássio kg.ha <sup>-1</sup>	Cálcio kg.ha <sup>-1</sup>	Magnésio kg.ha <sup>-1</sup>
<b>Seropédica / primavera-verão</b>										
<i>C. juncea</i>	2,54 a*	0,54 d	9,48 c	2,46 e	1,69 d	446,5 a	9,5 b	166,7 b	43,3 d	29,6 a
<i>C. mucronata</i>	2,45 b	0,75 c	19,69 a	4,73 c	2,27 c	254,9 b	7,8 c	204,8 a	49,2 c	23,6 b
<i>C. spectabilis</i>	2,60 a	1,20 b	15,33 b	7,79 b	2,42 b	226,1 c	10,4 a	133,3 d	67,7 a	21,1 c
<i>C. ochroleuca</i>	2,40 b	0,58 d	15,45 b	2,87 d	2,26 c	236,0 c	5,7 d	152,1 c	28,2 e	22,3 c
<i>C. breviflora</i>	2,46 b	1,44 a	19,59 a	9,93 a	3,14 a	136,2 d	8,0 c	108,6 e	55,0 b	17,4 d
<b>C.V. (%)</b>	2,3	2,7	1,0	1,5	1,7	3,4	3,9	2,3	3,1	3,6
<b>Seropédica / outono-inverno</b>										
<i>C. juncea</i>	2,82 b	1,54 a	24,81 b	7,75 b	2,56 b	162,7 b	8,9 a	142,8 b	44,7 b	14,8 b
<i>C. mucronata</i>	2,71 b	1,26 b	23,77 b	7,36 c	1,96 d	143,2 c	6,6 c	125,2 d	38,8 c	10,3 d
<i>C. spectabilis</i>	3,06 a	1,28 b	29,00 a	10,84 a	2,75 a	144,8 c	6,1 d	137,3 c	51,3 a	13,0 c
<i>C. ochroleuca</i>	2,75 b	1,16 c	24,46 b	4,49 d	2,43 c	179,5 a	7,5 b	159,5 a	29,3 d	15,8 a
<i>C. breviflora</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>C.V. (%)</b>	3,2	2,9	2,1	2,8	3,4	4,7	3,9	2,3	3,8	3,8
<b>Paty do Alferes / primavera-verão</b>										
<i>C. juncea</i>	2,61 a	1,31 d	18,83 d	4,72 d	2,13 c	347,1 a	17,4 b	250,4 b	62,7 b	28,3 a
<i>C. mucronata</i>	2,34 b	1,59 c	26,17 b	6,50 c	1,30 e	277,8 c	18,8 a	311,0 a	77,2 a	15,4 c
<i>C. spectabilis</i>	2,40 b	1,76 b	31,11 a	8,10 b	2,27 b	157,9 d	11,6 d	204,4 d	53,2 c	14,9 c
<i>C. ochroleuca</i>	2,38 b	1,10 e	19,03 d	3,58 e	1,69 d	298,5 b	13,7 c	238,4 c	44,8 d	21,2 b
<i>C. breviflora</i>	2,39 b	1,97 a	25,34 c	10,38 a	2,85 a	91,6 e	7,6 e	97,0 e	39,8 e	10,9 d
<b>C.V. (%)</b>	1,7	1,0	1,3	3,4	3,0	2,4	1,3	2,3	3,3	3,2

\*em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

nd – não determinado.

A proporção e a quantidade de nitrogênio derivado do processo de fixação biológica (FBN), diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) entre as cinco espécies (Tabela 8). Ao avaliar a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (%FBN) para as diferentes espécies de crotalária cultivadas em Seropédica no período primavera-verão, observa-se que *C. juncea* e *C. spectabilis* apresentaram as maiores contribuições, onde 93,8 % e 93,9 % do nitrogênio total contido na fitomassa aérea das plantas foi oriundo da atmosfera, respectivamente. Para o cultivo do período outono-inverno, as maiores contribuições foram alcançadas em *C. spectabilis* (94,6 %) e *C. ochroleuca* (95,5 %). No cultivo realizado em Paty do Alferes durante o período primavera-verão, observou-se que a maior contribuição (90,9 %) da FBN foi na *C. ochroleuca*.

Os valores da contribuição percentual da FBN observados neste trabalho corroboram com os valores encontrados na literatura para a maioria das leguminosas utilizadas como adubos verdes, onde se observam valores variando de 60 a 80% do N proveniente da FBN (GILLER & WILSON, 1991), e estão próximos aos observados por PEREIRA (2004), ao avaliar *C. juncea* sob semelhantes condições de solo e clima. URQUIAGA & ZAPATA (2000), relatam que a FBN pode ser responsável por aproximadamente 90% do nitrogênio total acumulado pelas leguminosas utilizadas como adubos verdes, principalmente em solos pobres em N.

Expressivas quantidades de nitrogênio proveniente do processo de fixação biológica (N-FBN), nos cultivos de Seropédica e Paty do Alferes em primavera-verão, foram obtidas em *C. juncea*, alcançando 418,7 kg.ha<sup>-1</sup> e 304,7 kg.ha<sup>-1</sup> de N derivado da atmosfera, respectivamente. Para o cultivo do período outono-inverno, o maior conteúdo de N proveniente da simbiose, foi obtido em *C. ochroleuca*, com 304,7 kg.ha<sup>-1</sup> de N derivado da FBN.

O ingresso de quantidades significativas de N no sistema a partir da fixação biológica do N<sub>2</sub> (FBN), representa aspecto essencial para a gestão do N e manutenção da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas, especialmente para a agricultura orgânica, logo, o emprego de leguminosas capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) eficientemente pode representar contribuições consideráveis à viabilidade econômica e sustentabilidade dos agroecossistemas (BODDEY et al., 1997; GUERRA et al., 2004).

**Tabela 8.** Abundância natural de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) na parte aérea, contribuição percentual da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e quantidade de nitrogênio proveniente da FBN em cinco espécies de *Crotalaria* L., cultivadas em dois locais e dois períodos do ano. Seropédica – RJ e Paty do Alferes – RJ, 2005/2006.

Espécies	$\delta^{15}\text{N}$ Parte aérea (‰)	% FBN utilizando as testemunhas <sup>1</sup>		% FBN <sup>2</sup> (média)	N-FBN <sup>3</sup> (Kg.ha <sup>-1</sup> )
		Colonião	Pé-de-galinha		
<b>Seropédica / primavera-verão</b>					
<i>C. juncea</i>	1,62	94,5	93,1	93,8 a*	418,7 a
<i>C. mucronata</i>	1,88	89,7	87,1	88,4 c	225,3 b
<i>C. spectabilis</i>	1,61	94,6	93,3	93,9 a	212,4 b
<i>C. ochroleuca</i>	1,79	91,4	89,2	90,3 b	213,0 b
<i>C. breviflora</i>	2,17	84,5	80,6	82,5 d	112,3 c
C.V. (%)	-	-	-	1,4	4,1
<b>Seropédica / outono-inverno</b>					
<i>C. juncea</i>	2,10	89,6	87,9	88,8 c	144,5 b
<i>C. mucronata</i>	1,79	93,8	92,8	93,3 b	133,6 b
<i>C. spectabilis</i>	1,69	95,0	94,2	94,6 a	137,0 b
<i>C. ochroleuca</i>	1,63	95,8	95,1	95,5 a	171,3 a
<i>C. breviflora</i>	nd	nd	nd	nd	nd
C.V. (%)	-	-	-	1,0	4,9
<b>Paty do Alferes / primavera-verão</b>					
<i>C. juncea</i>	2,10	89,3	86,3	87,8 b	304,7 a
<i>C. mucronata</i>	2,09	89,4	86,5	87,9 b	244,2 c
<i>C. spectabilis</i>	2,24	87,4	83,9	85,6 c	135,2 d
<i>C. ochroleuca</i>	1,90	92,0	89,8	90,9 a	271,3 b
<i>C. breviflora</i>	2,04	90,0	87,3	88,6 b	81,2 e
C.V. (%)	-	-	-	0,8	2,9

<sup>1</sup> -  $\delta^{15}\text{N}$  para Colonião e Pé-de-galinha foram: 6,84 e 5,7, respectivamente para o experimento Seropédica / primavera-verão; 8,94 e 7,90 respectivamente para o experimento Seropédica / outono-inverno; e 8,64 e 7,06 respectivamente para o experimento Paty do Alferes / primavera-verão.

<sup>2</sup> - Contribuição percentual da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para as espécies de *Crotalaria* L.

<sup>3</sup> - Quantidade de nitrogênio nas espécies de *Crotalaria* L. derivado do processo de FBN.

\*em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p > 0,05).

nd – não determinado.

De maneira geral, observou-se que o cultivo realizado em primavera-verão proporciona maiores produções de fitomassa aérea seca e acumulação de nitrogênio, onde os melhores rendimentos foram obtidos com *C. juncea*. Destaca-se também o bom desempenho da *C. ochroleuca* na produção de fitomassa e acumulação de N, no período outono-inverno. Como a manutenção da produtividade encontra-se, em grande parte, associada à conservação e ao incremento de matéria orgânica dos solos (CANELLAS et al., 2004; GUERRA et al., 2004; ESPINDOLA et al., 2005), a adoção de sistemas que privilegiem a produção “*in situ*” de fitomassa como é caso da adubação verde com *Crotalaria* L., torna-se importante para o manejo da fertilidade do solo, principalmente em unidades orgânicas. Observou-se que as espécies presentemente avaliadas, com exceção de *C. breviflora*, apresentaram características desejáveis quanto à quantidade de fitomassa recomendada para cobertura de solo (SKORA

NETO, 1998; ALVARENGA et al., 2001; DAROLT & SKORA NETO, 2007; EMBRAPA, 2007).

Apesar dos resultados demonstrados serem bastante promissores, obtendo altas produções de fitomassa aérea, sementes, acumulação de nutrientes e taxas de fixação biológica de nitrogênio, para que a técnica de adubação verde tenha melhor aceitação por parte dos agricultores, deverá proporcionar também os menores custos possíveis. Sendo assim, dentre os custos envolvidos no uso desta técnica, a necessidade de controle de ervas espontâneas apresenta-se como um entrave para sua adoção. Presentemente, observou-se que apenas no cultivo de *C. juncea*, não foi necessário realizar controle de ervas espontâneas, por meio de capina. Este fato está relacionado à maior velocidade de crescimento inicial observada nas parcelas com *C. juncea*, em ambos experimentos realizados. Para as outras espécies, verificou-se necessidade de uma capina, que foi realizada entre 15 a 30 dias após semeadura.

## 2.4 CONCLUSÕES

*C. juncea* apresentou as maiores taxas iniciais de crescimento, o que acarretou a maior velocidade de cobertura do solo.

As maiores produções de fitomassa e quantidades de N provenientes da FBN foram obtidas com *C. juncea*, em ambos locais de estudo no período primavera-verão, seguidas de *C. mucronata* e *C. ochroleuca*. No cultivo de outono-inverno, nas condições da baixada fluminense, *C. ochroleuca* se destacou em relação às demais espécies em relação a estes parâmetros.

Os maiores rendimentos produtivos de sementes foram obtidos quando as diferentes espécies foram cultivadas no período outono-inverno.



### **3 CAPÍTULO II**

## **CONTRIBUIÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE COM *Crotalaria juncea* NO CULTIVO ORGÂNICO DE REPOLHO E COUVE-FLOR EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.**

## RESUMO

Avaliaram-se as contribuições dos cultivos de diferentes plantas de cobertura na formação de palhada para o plantio direto (PD) de repolho e couve-flor sob manejo orgânico. No experimento com repolho, conduzido no Campo de Avelar da PESAGRO-RIO, em Paty do Alferes - RJ, o delineamento experimental constou de oito tratamentos dispostos em blocos casualizados, distribuídos em parcelas subdivididas, com arranjo fatorial na parcela. Os tratamentos foram: plantas de cobertura (*Crotalaria juncea* e *Sorghum bicolor* consorciados e pousio com a vegetação espontânea) e sistema de preparo do solo (convencional e plantio direto); na sub-parcela foi incluída a adubação orgânica aplicada em cobertura nas doses equivalentes à 0 e 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N total contido na “cama” de aviário. Determinaram-se as produções de matéria seca, quantidades de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura e da vegetação espontânea e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) na crotalária. Os parâmetros agronômicos determinados no repolho foram: produção de matéria fresca e seca e a quantidade de nutrientes acumuladas na parte aérea. O experimento com a cultura da couve-flor foi conduzido na Estação da PESAGRO-RIO de Nova Friburgo – RJ, cujo delineamento experimental constou de quatro tratamentos dispostos em blocos casualizados. Os tratamentos consistiram de plantas de cobertura *C. juncea*, *Pennisetum glaucum* (milheto) e do consórcio crotalária-milheto; além destes tratamentos foi incluído outro formado pela vegetação espontânea (pousio). Os parâmetros determinados foram semelhantes aos do experimento anterior. Adicionalmente, determinaram-se as quantidades de N derivadas da FBN, para a cultura da couve-flor. No experimento realizado com repolho, verificou-se que o vigoroso crescimento inicial da crotalária não permitiu um adequado crescimento do sorgo, sendo a palhada produzida predominantemente formada pela leguminosa. Nestas condições, 70% do N acumulado na crotalária foi derivado da FBN. Em relação à produção do repolho, verificou-se a ocorrência de interação tríplice dos fatores, em que apenas no PD na palhada de crotalaria a aplicação de adubação orgânica em cobertura foi desnecessária, denotando a contribuição desta leguminosa. No experimento com couve-flor as produções de biomassa das plantas de cobertura e da vegetação espontânea foram altas, com destaque para a mistura crotalaria-milheto. Ressalta-se que a quantidade de N presente na parte aérea da crotalária foi maior do que nos demais pré-cultivos, com 72% do N sendo derivado da FBN. Verificou-se que o desempenho da couve-flor no PD, na palhada de crotalária, resultou maior produção. O PD na palhada da mistura de crotalaria-milheto resultou produção inferior à obtida na palhada de crotalária, embora também com padrão comercial, e superior a alcançada na palhada de milheto ou da vegetação espontânea. A produção de couve-flor alcançou 56,0 Mg.ha<sup>-1</sup> na palhada de crotalária, o que resultou na acumulação de cerca de 330 kg.N.ha<sup>-1</sup>, na presença da palhada de crotalária, sendo a palhada desta leguminosa capaz de fornecer 39% de todo N contido na parte aérea da hortaliça, enquanto, a quantidade acumulada a partir do plantio na mistura crotalaria-milheto foi inferior a 10%.

Palavras chave: Leguminosa, Adubação Verde, Manejo orgânico, Nitrogênio, Diluição isotópica.

## ABSTRACT

The contribution of cover crops mulch was evaluated on no-tillage production of cabbage and cauliflower under organic cultivation. The experiment with cabbage was carried out on the experimental field at Avelar/PESAGRO-RIO, in Paty do Alferes-RJ. A complete randomized block design was used and eight treatments were arranged in a factorial split-plot. Treatments consisted of cover plants (*Crotalaria juncea* and *Sorghum bicolor* intercropped and fallow with spontaneous weeds) and planting system (conventional tillage and no-tillage); the organic fertilization was applied in the split-plot, consisting of 0 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of N in a poultry manure. Dry matter yield and aboveground nutrient content were determined for cover plants and spontaneous vegetation and biological nitrogen fixation (BNF) was measured in *C. Juncea*. The agronomic parameters evaluated in cabbage were dry and fresh matter yield and nutrient content accumulated in the aboveground structures. The cauliflower experiment was carried out on the experimental field at PESAGRO-RIO, in Nova Friburgo-RJ. The effect of green manures *Crotalaria juncea* (sunhemp), *Pennisetum glaucum* (millet), sunhemp and millet intercropped and fallow with spontaneous vegetation, arranged in a complete randomized block design, was evaluated on yield and nutrient content accumulated on cauliflower cropped in no-tillage system. The contribution of sunhemp mulch to nitrogen nutrition of cauliflower was assessed by isotopic dilution of <sup>15</sup>N. Mulch produced and left in the field before cabbage cropping consisted predominantly by sunhemp, once this leguminous plant had a faster initial growing phase than sorghum. Of total N accumulated in sunhemp, 70% were derived from FBN. No-tillage cabbage cropping under sunhemp mulch discarded additional organic manure as head productivity reached high scores. In the cauliflower experiment, biomass yield of cover plants and of the spontaneous vegetation achieved high values, mainly the intercropping sunhemp-millet. Nitrogen content in the aboveground of sunhemp was higher than in other precropping plants and 72% was derived from BNF. Cauliflower production stood out when cropped in no-tillage system on sunhemp mulch, followed by sunhemp-millet intercropping. In the presence of sunhemp mulch, cauliflower reached 56,0 Mg ha<sup>-1</sup> resulting in N accumulation of 330 kg ha<sup>-1</sup>. Sunhemp mulch provided 39% of total N of aboveground cauliflower, whereas N accumulated in cauliflower cultivated after sunhemp-millet intercropping was less than 10%.

Key words: Leguminosae, green manure, organic cultivation, nitrogen, isotopic dilution.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O aumento do nível de conscientização quanto às relações da agricultura com o ambiente, com os recursos naturais e com a qualidade dos alimentos, tem difundido a adoção de práticas alternativas para a produção de alimentos, como é o caso da agricultura orgânica. A agricultura orgânica é um modelo de produção agrícola em expansão, e pode auxiliar o desenvolvimento rural, principalmente em comunidades de agricultores familiares (NEVES et al., 2001). O mercado orgânico representa 10% do sistema alimentar na Áustria, cerca de 8% na Suíça e cresce anualmente a taxas superiores a 20% nos EUA, na França e no Japão, envolvendo valores entre 23 e 25 bilhões de dólares (FAO, 2003). No Brasil, a área sob cultivo orgânico foi estimada em cerca de 270.000 ha, com aproximadamente 3.000 ha ocupados pelas hortaliças (ORMOND et al., 2002), e uma estimativa de mercado na faixa de 220 a 300 milhões de dólares.

Entre as hortaliças cultivadas convencionalmente, destaquem-se as brássicas, especialmente o repolho e a couve-flor por apresentam grande importância sócio-econômica e alimentar, face a sua excelente composição nutricional e a versatilidade de consumo (FILGUEIRA, 2003). Estas hortaliças são consideradas bem adaptadas ao sistema de produção orgânico (SOUZA, 1998), respondendo positivamente à adubação orgânica (SILVA JUNIOR, 1991; OLIVEIRA, 2001). Contudo, apresentam elevada exigência em nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, o que torna necessário o desenvolvimento de sistemas de produção orgânica que contemplem o manejo conservacionista do solo e o aporte de nutrientes oriundos de fontes renováveis.

Como a manutenção da capacidade produtiva das unidades de produção encontra-se, em grande parte, associada ao adequado uso do recurso solo, a adoção de sistemas conservacionistas que privilegiem a produção, *in situ*, de fitomassa e a permanência dos resíduos vegetais sobre o terreno podem conduzir à conservação e ao incremento de matéria orgânica dos solos (CANELLAS et al., 2004; GUERRA et al., 2004; ESPINDOLA et al., 2005). Desta forma, a associação das técnicas de adubação verde e do sistema plantio direto é promissora no cultivo de hortaliças e pode se tornar importante para o manejo da fertilidade do solo nas unidades orgânicas.

Dentre os aspectos benéficos do sistema plantio direto, merece destaque, o aporte de matéria orgânica, controle da erosão, estímulo à biota no sistema solo-planta e conservação da fertilidade do solo (DERPSCH & CALEGARI, 1992; SÁ, 1993; SEGUY et al., 1997; DAROLT & SKORA NETO, 2007; EMBRAPA, 2007), o que torna válido considerar que, a médio e longo prazos, proporcionam aumentos nos teores de carbono orgânico, CTC e de nutrientes no solo, especialmente de N (CORAZZA et al., 1999), constituindo o principal reservatório deste nutriente para as culturas em sistema plantio direto, sobretudo para aquelas que não fixam N<sub>2</sub> da atmosfera (GONÇALVES et al., 2000).

O cultivo de adubos verdes na entressafra, sobretudo de leguminosas, antecedendo a cultura principal em sistema plantio direto, torna-se alternativa promissora na suplementação nitrogenada (GONÇALVES et al., 2000; CASTRO et al., 2004), principalmente devido ao fato de formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> dos gêneros *Rhizobium* sp. e *Bradyrhizobium* sp.; Como resultado da simbiose, quantidades expressivas de N tornam-se disponíveis após o corte da leguminosa, acarretando, se a adubação verde for manejada adequadamente, auto-suficiência na nutrição nitrogenada das culturas (GUERRA et al., 2004). Trabalhos experimentais associando estas técnicas na produção de hortaliças são recentes e ainda limitados a poucas espécies (SILVA, 2002; OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004; CASTRO et al., 2005, SILVA, 2006).

No entanto, pouco se conhece sobre a eficiência da adubação nitrogenada, expressa pela proporção entre a quantidade de N disponibilizado e o que foi absorvido pela cultura de

interesse, principalmente, relacionado à utilização da adubação verde. Desta forma, estudos que empregam técnicas isotópicas por meio do uso de  $^{15}\text{N}$ , são fundamentais para determinar o destino do N nos sistemas agrícolas, permitindo avaliar a contribuição da adubação verde e indicar manejo apropriado para os adubos verdes após o corte, repercutindo em aumento da produtividade e redução do impacto ambiental (URQUIAGA & ZAPATA, 2000).

Mudanças nas práticas relacionadas ao preparo do solo e ao sistema de plantio requerem o desenvolvimento e a adaptação de métodos inovadores de manejo cultural como o desenvolvimento de sistemas de plantio direto para o cultivo de hortaliças. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição da adubação verde com *Crotalaria juncea* no cultivo orgânico de repolho e couve-flor em sistema plantio direto.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Experimento 1 (repolho).

#### 3.2.1.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental.

O experimento foi instalado no Campo Experimental de Avelar da PESAGRO-RIO (Estação Experimental de Seropédica - Município de Paty do Alferes - RJ), localizado a 22° 20' S (latitude) e 43° 25' W (longitude), com altitude média de 575 m, na Região do Médio Paraíba Fluminense. O clima é caracterizado de acordo com o sistema de Köppen como tropical úmido de altitude. A estação chuvosa inicia-se em outubro, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de novembro a janeiro. Em meados do ano, a precipitação diminui alcançando o mínimo em agosto. As temperaturas mais elevadas distribuem-se entre os meses de dezembro a fevereiro, enquanto as médias mensais mais baixas ocorrem de junho a agosto.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo, e vem sendo cultivado com hortaliças. O resultado da análise química das amostras de terra, coletadas a profundidade de 0 - 20 cm, foram:  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,7$ ;  $\text{Al}^{+++} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{++} = 3,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{++} = 1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{P} = 63,0 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $\text{K} = 192,0 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Na Estação Experimental, não são utilizados fertilizantes sintéticos concentrados e agrotóxicos, de acordo com a Lei nº 10831, de 23 de dezembro de 2003, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

#### 3.2.1.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e oito tratamentos, distribuídos em parcelas subdivididas, com fatorial na parcela (2x2). Os tratamentos constaram de: na parcela, plantas de cobertura utilizadas para formação de palhada (pousio mantendo-se a vegetação de ocorrência espontânea e *Crotalaria juncea* e *Sorghum bicolor* semeados em consórcio) e sistema de preparo de solo (preparo convencional e plantio direto); na sub-parcela, doses de adubação orgânica em cobertura, equivalentes a 0 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N total contido na “cama” de aviário, com duas aplicações divididas em doses de 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N total, aos 30 e 60 dias após o transplântio das mudas.

Cada parcela apresentou área total de 25 m<sup>2</sup>, com sub-parcelas de 12,5 m<sup>2</sup>. Nas parcelas cujo pré-cultivo foi formado por crotalária, a semeadura foi realizada em 17/02/2005, adotando-se o espaçamento de 50 cm entre linhas e uma densidade de 30 plantas.m<sup>-1</sup>. Na véspera da semeadura, estirpe BR2003 de bactérias do gênero *Rhizobium spp.*, recomendada pela Embrapa Agrobiologia, foi inoculada nas sementes de crotalária. Nas parcelas referentes ao tratamento com vegetação espontânea, o pré-cultivo foi estabelecido a partir de sementes e propágulos vegetativos presentes na área, cuja predominância foi das gramíneas Capim braquiária (*Brachiaria sp.*) e Capim colônia (*Panicum maximum*).

Os cortes do pré-cultivo e do pousio foram realizados por ocasião do florescimento das plantas de crotalária, quando apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas (85 dias após a semeadura), o mesmo acontecendo com a vegetação espontânea, por meio de uma roçadeira costal e a fitomassa deixada sobre o solo para as parcelas mantidas sob plantio direto, e com revolvimento para aquelas com preparo convencional.

O repolho (*Brassica oleracea* var *capitata* –cv Fuyotoyo) foi transplântado 20 dias após a semeadura, em espaçamento de 0,5 x 0,5 m, com um total de 100 plantas/parcela e aos 7 dias após o preparo da área (coveamento e adubação com esterco bovino em todos os tratamentos, com dose de 10 Mg.ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido) sendo a mesma mantida sob irrigação suplementar. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 200 “células”, com substrato orgânico formulado no local.

O controle de ervas espontâneas durante o ciclo foi efetuado por meio de uma capina aos 30 dias após transplantio. O inseto praga ocorrido, lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*), foi controlado com pulverizações foliares quinzenais, usando formulação comercial contendo *Bacillus thuringiensis*.

O repolho foi colhido aos 106 dias após o transplantio, época em que a maioria das cabeças havia atingido o grau de compacidade e de desenvolvimento desejados.

### 3.2.1.3 Avaliações realizadas nos pré-cultivos.

Devido ao fato do plantio das espécies de cobertura ter sido realizado tardiamente para as condições climáticas da região, o crescimento inicial do sorgo (*Sorghum bicolor*) foi lento, permitindo que a crotalária (*Crotalaria juncea*) exercesse amplo domínio no consórcio, o que acarretou produção de fitomassa aérea insignificante desta gramínea; logo, a apresentação e discussão dos resultados serão pautadas na contribuição da leguminosa.

A produção de fitomassa da parte aérea dos pré-cultivos foi quantificada em uma área de 1 m<sup>2</sup>, na parte central das parcelas, por ocasião do florescimento da leguminosa. O corte foi realizado 0,05 m acima da superfície do solo. A fitomassa aérea fresca foi pesada em balança. Sub-amostras foram retiradas, pesadas, acondicionadas em sacos de papel e transferidas para estufa de ventilação forçada, à 65°C, permanecendo por 96 horas, para posterior determinação da produção de matéria seca da parte aérea. Após a secagem, as sub-amostras foram processadas em moinho tipo Willey (peneira de 2mm), a fim de proceder-se à análise química de tecido. A determinação do teor de N foi obtida após digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl (ALVES et al., 1994), enquanto P, K, Ca e Mg foram determinados a partir da digestão nitro-perclórica (BATAGLIA et al., 1983).

A contribuição da FBN na crotalária foi estimada utilizando-se a técnica de abundância natural de <sup>15</sup>N ou  $\delta^{15}\text{N}$  (SHEARER & KOHL, 1986), com auxílio de um espectrômetro de massas Finnigan Mat, modelo Delta Plus. A contribuição percentual de nitrogênio derivado da FBN, foi calculada através da seguinte fórmula: %FBN =  $\{(\delta^{15}\text{N planta testemunha} - \delta^{15}\text{N leguminosa})/(\delta^{15}\text{N testemunha} - B)\} \times 100$ . Sendo:  $\delta^{15}\text{N}$  da planta testemunha – Valor de  $\delta^{15}\text{N}$  do solo obtido através de plantas não fixadoras, utilizadas como referência o capim colônio (*Panicum maximum*) e braquiária (*Brachiaria sp.*);  $\delta^{15}\text{N}$  da planta teste - Valor de  $\delta^{15}\text{N}$  da planta fixadora de N<sub>2</sub> (crotalária); B – Valor da discriminação isotópica de <sup>15</sup>N feita pelas leguminosas durante o processo de FBN, sendo utilizado o valor de -1,31, conforme proposto por OKITO et al. (2004).

### 3.2.1.4 Avaliações realizadas na cultura do repolho.

Os parâmetros agrônômicos avaliados na cultura do repolho foram produção e produtividade de massa fresca das cabeças. Foram colhidas 8 plantas de cada sub-parcela, quando as mesmas apresentaram grau de compacidade e de desenvolvimento desejados. As cabeças foram separadas do restante da planta e imediatamente pesadas e colocadas para secar em estufa, com circulação de ar forçado, a 65°C até peso constante, para posterior determinação da produção e produtividade de matéria seca.

Após a secagem das cabeças, sub-amostras foram coletadas e processadas em moinho tipo Willey (peneira de 2mm), a fim de proceder-se à análise química dos tecidos, para determinação dos teores de nutrientes, conforme descrito para os pré-cultivos.

## 3.2.2 Experimento 2 (couve-flor).

### 3.2.2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental.

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Nova Friburgo (EENF), da PESAGRO-RIO, localizada no distrito de Campestre, município de Nova Friburgo-RJ. Esta área foi escolhida por apresentar clima favorável para o desenvolvimento da cultura e apresentar-se como pólo produtor de hortaliças, sendo a principal região produtora de couve-flor no estado do Rio de Janeiro.

Situando-se na Região Serrana Fluminense, entre as coordenadas 42°37'– 42°30'W e 22°15'–22°22'S. Esta região, está inserida no complexo geomorfológico da Serra do Mar, apresentando relevo montanhoso, com altitudes médias de 900 m, altas declividades (entre 3° e 90°), temperatura média mensal de 18,2°C e precipitação média mensal de 104,3 mm.

O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo Háplico, que vem sendo cultivado com hortaliças ao longo do tempo. Os resultados das análises químicas das amostras de terra, coletadas a profundidade de 0 - 20 cm, foram:  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,3$ ;  $\text{Al}^{+++} = 0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{++} = 4,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{++} = 1,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{P} = 153,3 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $\text{K} = 247,5 \text{ mg dm}^{-3}$ . De acordo com os resultados obtidos, realizou-se calagem para correção do alumínio tóxico, utilizando Mineral dolomítico calcinado (PRNT 120%) na dose de  $670 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , aplicados no momento da abertura das covas.

### 3.2.2.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental

O desenho experimental adotado constou do delineamento de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de diferentes tipos de pré-cultivos, sendo: milheto (*Penisetum glaucum*) variedade ENA-1; crotalária (*Crotalaria juncea*); e consórcio milheto + crotalária, comparados com o tratamento formado pela vegetação espontânea, nos quais os pré-cultivos foram apenas roçados e a palhada mantida sob o solo.

Cada parcela apresentou área de  $6 \text{ m}^2$ , definindo-se como área útil, os  $2 \text{ m}^2$  da região central de cada parcela. A semeadura dos pré-cultivos foi realizada em 25/11/2003, adotando-se o espaçamento de 50 cm entre linhas e uma densidade de  $30 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-1}$  para a crotalaria e  $10 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-1}$  para o milheto. Na véspera da semeadura, estirpe BR2003 de bactérias do gênero *Rhizobium spp.*, recomendada pela Embrapa Agrobiologia, foi inoculada nas sementes de crotalária. Nas parcelas referentes ao tratamento com vegetação espontânea, o pré-cultivo foi estabelecido a partir de sementes e propágulos vegetativos presentes na área, cuja predominância foi da gramínea Capim braquiária (*Brachiaria sp.*).

O corte dos pré-cultivos foi realizado com uma roçadeira costal, por ocasião do florescimento das plantas de crotalária, quando apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas (154 dias após a semeadura), o mesmo acontecendo com a vegetação espontânea, e a fitomassa deixada sobre o solo para a formação da palhada do sistema plantio direto.

A couve-flor (*Brassica oleracea* var *botritis* – cultivar Teresópolis Gigante) foi transplantada aos 25 dias após a semeadura, em espaçamento de  $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ , com um total de 24 plantas/parcela e aos 7 dias após o preparo da área (coveamento, calagem e adubação com esterco bovino em todos os tratamentos, com dose de  $10 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de esterco curtido) sendo a mesma mantida sob irrigação suplementar. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 200 “células”, sendo pulverizadas aos 20 dias após a semeadura com soluções contendo ácido bórico na dose de 2,0 g/litro e molibdato de sódio na concentração de 2,0 g/litro. Estas pulverizações foram realizadas novamente aos 20 dias após o transplântio das mudas.

O controle de ervas espontâneas durante o ciclo foi efetuado por meio de uma capina aos 30 dias após transplântio. A presença de lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*), observada até aos 30 dias após o transplântio, foi controlada com 03 pulverizações foliares intercaladas a cada 15 dias, usando formulação comercial contendo *Bacillus thuringiensis*.



A colheita da couve-flor foi realizada em duas etapas, sendo aos 105 e 111 dias após o transplântio, época em que a maioria das inflorescências havia atingido o padrão comercial.

### 3.2.2.3 Avaliações realizadas nos pré-cultivos.

A produção de fitomassa aérea dos pré-cultivos foi determinada por ocasião do florescimento da crotalária, quando as plantas apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas, cortando-as a 0,05 m acima da superfície do solo. Plantas foram coletadas e pesadas para a determinação da fitomassa aérea fresca. Retiraram-se sub-amostras de cada tratamento, que foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada, à 65°C, permanecendo por 96 horas, para posterior determinação da produção de matéria seca da parte aérea. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com abertura de malha de 20 mesh. Para a determinação do teor de N, o material moído foi submetido à digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl (ALVES et al., 1994), enquanto P, K, Ca e Mg foram determinados a partir da digestão nitro-perclorica (BATAGLIA et al., 1983). O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto da massa de matéria seca com o teor do nutriente no tecido das plantas.

A contribuição da FBN foi estimada utilizando-se a técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$  ou  $\delta^{15}\text{N}$  (SHEARER & KOHL, 1986), com auxílio de um espectrômetro de massa (Finnigan MAT, modelo Delta Plus). De acordo com esta técnica, a contribuição percentual de nitrogênio derivado da FBN, foi calculada com a utilização da seguinte fórmula: % FBN =  $100(\delta^{15}\text{N}_{\text{planta testemunha}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{planta fixadora}}) / (\delta^{15}\text{N}_{\text{planta testemunha}} - B)$ , sendo: B = -1,31, valor este correspondente a discriminação isotópica de  $^{15}\text{N}$  feita pela *Crotalaria juncea*, conforme descrito por OKITO et. al. (2004). Como referência de plantas não fixadoras de  $\text{N}_2$  (testemunha), foram utilizados o milheto (*Penisetum glaucum*) e o Capim Braquiária (*Brachiaria sp.*).

### 3.2.2.4 Avaliações realizadas na cultura da couve-flor.

Foram colhidas as 8 plantas da parcela útil, quando as mesmas apresentarem máxima expansão das inflorescências, conforme procedimento adotado para comercialização. As inflorescências foram separadas do restante da planta e imediatamente as partes foram pesadas e colocadas para secar em estufa, com circulação de ar forçado, a 65°C até peso constante, para posterior determinação da produção e produtividade de matéria seca. Após a secagem das partes (folhas + caule e inflorescências), sub-amostras foram coletadas, para serem processadas em moinho tipo Willey (peneira de 2mm), a fim de proceder-se à análise química de tecido, para determinação dos teores de nutrientes conforme descrito anteriormente para os pré-cultivos.

A quantificação da transferência de nitrogênio contido na palhada formada pelos adubos verdes foi realizada por meio do uso da técnica de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  (URQUIAGA & ZAPATA, 2000).

Como a parcela útil foi composta por 8 plantas úteis, no transplântio das mudas de couve-flor, em 4 plantas úteis foi adicionada imediatamente ao lado da muda, uréia altamente enriquecida com  $^{15}\text{N}$  (10 % de átomos de  $^{15}\text{N}$ ), em um pequeno orifício a uma profundidade de aproximadamente 1 cm, em dose baixa (15 kg.ha<sup>-1</sup> de N-Uréia) para que o sistema não fosse influenciado pelo processo de marcação do solo, conforme JENKINSON et al. (1985). Após a colheita das plantas e secagem em estufa a 65°C, amostras foram processadas em moinho, para posterior análise em espectrômetro de massas (Finnigan Mat, modelo Delta Plus), para determinação da proporção de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso.

A contribuição da adubação verde com leguminosa (AV) foi obtida pela equação:

$\% \text{NdAV} = 100 \times (1 - \% \text{ átomos } ^{15}\text{N} \text{ excesso planta em leguminosa} / \% \text{ átomos } ^{15}\text{N} \text{ excesso planta em gramínea})$

Onde:

$\% \text{NdAV}$  = Valor percentual de N derivado da leguminosa;

$\% \text{ átomos } ^{15}\text{N} \text{ excesso planta em leguminosa}$  = Valor percentual de átomos de  $^{15}\text{N}$  contido nas plantas cultivadas sob palhada de crotalária;

$\% \text{ átomos } ^{15}\text{N} \text{ excesso planta em gramínea}$  = Valor percentual de átomos de  $^{15}\text{N}$  contido nas plantas cultivadas sob palhada de milho.

### **3.2.3 Análises estatísticas.**

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade da variância dos erros. Atendidas as pressuposições, realizou-se a análise de variância, adotando-se o teste F. As variáveis cujo “teste F” foi significativo ( $p \leq 0,05$ ), foram submetidas à análise de comparação múltipla, adotando-se o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SAEG versão 9.0 (Universidade Federal de Viçosa).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Experimento 1 (repolho).

A produção de fitomassa aérea seca e a acumulação de nutrientes das plantas utilizadas como pré-cultivos, diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ). A maior acumulação de fitomassa aérea seca, nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, foi obtida no pré-cultivo formado pela crotalária (Tabela 1).

Como a manutenção da capacidade produtiva nas unidades orgânicas encontra-se associada a práticas agrícolas que favoreçam a produção *in situ* de fitomassa e a conservação e incremento de matéria orgânica nos solos (MIELNICZUK, 1999; PERIN et al., 2002; CANELLAS et al., 2004), a produção de fitomassa do pré-cultivo formado pela crotalária, promoveu melhoria da capacidade produtiva do sistema, por disponibilizar quantidades expressivas de matéria seca e nutrientes. Dentre os nutrientes, destaque-se o nitrogênio (N) por representar aspecto crítico na sustentação das unidades de produção orgânica (GUERRA, et al., 2004), logo, a contribuição da fixação biológica (FBN) apresenta relevante função na gestão de N. Neste experimento a contribuição da FBN para a crotalária foi de 71%, o que representou ingresso no sistema de  $118,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N derivado da atmosfera.

A produção de matéria seca da crotalária ( $6,7 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), foi adequada para assegurar uma boa cobertura do solo no sistema plantio direto. Segundo diversos autores (DENARDIN & KOCHHANN, 1993; SKORA NETO, 1998; ALVARENGA et al., 2001), produções acima de  $6,0 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de matéria seca, representam quantidade suficiente para garantir uma boa cobertura do solo nesse sistema.

O peso médio das cabeças e a produtividade do repolho foram influenciados significativamente pela interação tripla entre os níveis de pré-cultivos x sistemas de preparo x doses (Tabela 2). Dentre as diferentes combinações de níveis dos três fatores, os maiores pesos médios de cabeças e as maiores produtividades de repolho, quando aplicada a dose de  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N, via “cama” de aviário, foram obtidas com o pré-cultivo de crotalária, tanto no sistema plantio direto ( $1,44 \text{ kg}$ ,  $57,8 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente) como no preparo convencional do solo ( $1,45 \text{ kg}$ ,  $57,9 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente). Entretanto, rendimentos semelhantes tanto para o peso médio ( $1,40 \text{ kg}$ ) como para a produtividade de cabeças ( $56,0 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), foram obtidos ao se cultivar o repolho no sistema plantio direto sob palhada formada a partir do pré-cultivo com crotalária, sem adubação suplementar de cobertura (Tabela 3), apresentando rendimentos similares aos encontrados no cultivo convencional ( $50,0 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) de repolho (FILGUEIRA, 2003).

Os resultados indicaram que o cultivo orgânico do repolho em sistema plantio direto sob palhada formada por crotalária, sem aplicação de adubação suplementar de N, não apresenta redução do peso médio e produtividade de cabeças em comparação ao sistema convencional de preparo do solo com adubação suplementar de  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N, demonstrando que possivelmente a nutrição nitrogenada da cultura foi suprida pela adubação verde realizada pela crotalária, indicando que a adubação suplementar pode ser substituída pelo pré-cultivo com crotalária, sob plantio direto.

Em experimento cujo objetivo foi avaliar os efeitos da adubação verde, na forma de pré-cultivo com *Crotalaria juncea*, e da aplicação suplementar de doses crescentes de esterco de “cama” de aviário na produtividade do repolho sob manejo orgânico, realizado em um planossolo, os resultados indicaram que o peso médio e a produtividade de cabeças do repolho foram beneficiados pelo pré-cultivo com crotalária ( $1,25 \text{ kg}$  e  $34,7 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente), resultados que superam a média de produção ( $23 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) do estado do Rio de Janeiro (OLIVEIRA, et al., 2003).

**Tabela 1.** Produção de fitomassa aérea seca, fixação biológica de nitrogênio e acumulação de nutrientes dos pré-cultivos. Paty do Alferes – RJ, 2005.

Pré-Cultivo	Fitomassa a seca Mg.ha <sup>-1</sup>	FBN <sup>1</sup> %	N-FBN <sup>2</sup> -----	Acumulação de Nutrientes				
				Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
				kg.ha <sup>-1</sup> -----				
<b>Crotalária</b>	6,7 a	71	118,0	166,3 a	11,7 a	133,2 a	35,5 a	10,7 a
<b>Vegetação Espontânea</b>	1,8 b	-	-	21,6 b	7,8 b	54,1 b	8,3 b	3,8 b
<b>Coef. Variação (%)</b>	8	-	-	7	21	13	24	17

<sup>1</sup>- Contribuição percentual da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para a crotalária, considerando média de  $\delta^{15}\text{N}$  para a crotalaria igual a 4,52 e para as testemunhas igual a 12,31.

<sup>2</sup>- Quantidade de nitrogênio na crotalária derivado do processo de FBN.

a, b – Letras minúsculas iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste “F” (p > 0,05).

**Tabela 2.** Resultados da análise de variância para as determinações: Peso médio (kg.planta<sup>-1</sup>), Produtividade (Mg.ha<sup>-1</sup>), Matéria seca (Mg.ha<sup>-1</sup>) e Acumulação (Kg.ha<sup>-1</sup>) de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio nas cabeças do repolho. Paty do Alferes – RJ, 2005.

FONTES DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		Peso Médio	Produtividade	Matéria Seca	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
<b>Bloco</b>	3	0,0015 <sup>ns</sup>	2,3889 <sup>ns</sup>	0,1206 <sup>ns</sup>	62,5435 <sup>ns</sup>	0,4759 <sup>ns</sup>	366,5227 <sup>ns</sup>	1,6168 <sup>ns</sup>	0,5143 <sup>ns</sup>
<b>Pré-cultivo</b>	1	2,1425 *	3398,589 *	17,1259 *	9614,6845 *	112,425 *	24165,912 *	281,3192 *	33,0891 *
<b>Sistema</b>	1	0,5000 *	815,6761 *	3,7607 *	584,1362 *	25,2050 *	2313,3602 *	35,1961 *	3,1752 *
<b>Pré-cultivo x Sistema</b>	1	0,8845 *	1412,4613 *	8,8726 *	4992,5028 *	60,5550 *	5644,000 *	209,1013 *	24,3253 *
<b>Erro (A)</b>	<b>9</b>	<b>0,0023</b>	<b>3,4195</b>	<b>0,0737</b>	<b>46,7375</b>	<b>0,5907</b>	<b>143,7278</b>	<b>1,4818</b>	<b>0,4342</b>
<b>Dose</b>	1	0,1405 *	223,8728 *	0,8224 *	1610,8488 *	9,9458 *	1185,1146 *	23,1200 *	3,2005 *
<b>Pré-Cultivo x Dose</b>	1	0,0002 <sup>ns</sup>	0,2738 <sup>ns</sup>	0,0872 <sup>ns</sup>	36,2526 <sup>ns</sup>	0,0066 <sup>ns</sup>	13,7813 <sup>ns</sup>	0,0181 <sup>ns</sup>	0,0435 <sup>ns</sup>
<b>Sistema x Dose</b>	1	0,0050 *	7,5078 *	0,1188 <sup>ns</sup>	78,3126 <sup>ns</sup>	4,5085 <sup>ns</sup>	478,4871 <sup>ns</sup>	5,5778 <sup>ns</sup>	0,0018 <sup>ns</sup>
<b>Pré-Cult. x Sist. x Dose</b>	1	0,0288 *	45,4581 *	0,1697 <sup>ns</sup>	16,1312 <sup>ns</sup>	2,8203 <sup>ns</sup>	67,3961 <sup>ns</sup>	6,7345 <sup>ns</sup>	0,0036 <sup>ns</sup>
<b>Erro (B)</b>	<b>12</b>	<b>0,0009</b>	<b>1,4437</b>	<b>0,1002</b>	<b>57,6492</b>	<b>0,9689</b>	<b>109,3014</b>	<b>1,7474</b>	<b>0,4795</b>
<b>Coefic. de Variação (%)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>16</b>

<sup>ns</sup> Não Significativo (p > 0,05)

\* Significativo (p ≤ 0,05)

**Tabela 3.** Peso médio (kg) e Produtividade (Mg.ha<sup>-1</sup>) de cabeças do repolho. Paty do Alferes – RJ, 2005.

Pré-Cultivos	Crotalaria		Vegetação espontânea	
	Sistemas	Plantio Direto	Plantio Convencional	Plantio Direto
<b>Doses</b>				
<b>Peso médio da cabeça (kg)</b>				
0 kg.ha <sup>-1</sup> de N	1,40 aAα	1,24 aBβ	0,49 bBβ	1,11 bAβ
200 kg.ha <sup>-1</sup> de N	1,44 aAα	1,45 aAα	0,66 bBα	1,21 bAα
<b>Produtividade de cabeças (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>				
0 kg.ha <sup>-1</sup> de N	56,0 aAα	49,5 aBβ	19,5 bBβ	44,3 bAβ
200 kg.ha <sup>-1</sup> de N	57,8 aAα	57,9 aAα	26,4 bBα	48,4 bAα

a, b – em cada linha, médias dos Pré-cultivos seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

A, B – em cada linha, médias dos Sistemas de cultivos seguidos de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

α, β – em cada coluna, médias das Doses de adubação seguidas de mesma letra grega, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

A acumulação de matéria seca nas cabeças do repolho foi influenciada significativamente pelo efeito simples da dose de adubação suplementar e pela interação dupla entre os níveis de pré-cultivos x sistemas de preparo (Tabela 2). Dentre os dois níveis de adubação suplementar, a dose de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N via “cama” de aviário, promoveu contribuição média de 9% no acúmulo de matéria seca (3,4 Mg.ha<sup>-1</sup>), quando comparada a ausência de adubação cobertura (3,1 Mg.ha<sup>-1</sup>). Ao desdobrar a interação entre as diferentes combinações de níveis dos fatores pré-cultivos x sistemas de preparo foi verificado maior acumulação de matéria seca de cabeças do repolho, ao se cultivar o repolho em plantio direto na palhada formada por crotalária, alcançando valores médios de 4,1 Mg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 4), fato que reforça o efeito observado para peso médio e produtividade de cabeças, demonstrando que o cultivo do repolho em plantio direto sob palhada de crotalária, torna-se possibilidade concreta de adoção, sem prejuízo da produção comercial, corroborando com resultados para brócolos (SILVA, 2002), Inhame (OLIVEIRA et al., 2004) e berinjela (CASTRO et al., 2005), em sistema plantio direto sob palhada de crotalária.

**Tabela 4.** Acumulação de matéria seca nas cabeças do repolho. Paty do Alferes – RJ, 2005.

Pré-cultivos	Matéria seca de cabeças (Mg.ha <sup>-1</sup> )		
	Sistemas		
	PD	PC	Médias
Crotalária	4,1 aA	3,8 bA	4,0
Veg. espontânea	1,6 bB	3,4 aB	2,5
<b>Médias</b>	2,9	3,6	3,2

a, b – em cada linha, médias dos Sistemas de cultivos seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

A, B – em cada coluna, médias dos Pré-cultivos seguidos de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

As acumulações de nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas cabeças do repolho, seguiram tendência semelhante à observada para matéria seca, sendo influenciadas significativamente pelo efeito simples da dose de adubação suplementar e pela interação dupla entre os níveis de pré-cultivos x sistemas de preparo (Tabela 2).

As acumulações de nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas cabeças foram diferentes em média, entre os dois níveis de adubação suplementar. A dose de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N via “cama” de aviário, promoveu aumentos médios de 17% na acumulação de nitrogênio total, 12% na acumulação de fósforo e de potássio, 13% na acumulação de cálcio e 15% na acumulação de magnésio (81,1 kg.ha<sup>-1</sup>, 9,8 kg.ha<sup>-1</sup>, 105,6 kg.ha<sup>-1</sup>, 13,1 kg.ha<sup>-1</sup>, 4,8 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente) quando comparada à ausência de adubação cobertura (67,0 kg.ha<sup>-1</sup>, 8,6 kg.ha<sup>-1</sup>, 93,4 kg.ha<sup>-1</sup>, 11,4 kg.ha<sup>-1</sup>, 4,1 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Ao desdobrar as interações entre as diferentes combinações de níveis dos fatores pré-cultivos x sistemas de preparo foram verificadas maiores acumulações de nitrogênio total, fósforo, cálcio e magnésio nas cabeças do repolho, ao se cultivar o repolho sob plantio direto na palhada formada por crotalária, alcançando valores médios de 99,6 kg.ha<sup>-1</sup>, 11,6 kg.ha<sup>-1</sup>, 16,7 kg.ha<sup>-1</sup> e 6,0 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 5). Para a acumulação de potássio, o desdobramento da interação revelou maiores acumulações de potássio nas cabeças do repolho, ao se cultivar o repolho nas parcelas que receberam o pré-cultivo com crotalária, independentemente, do sistema de preparo do solo (acumulação média de 127,0 kg.ha<sup>-1</sup>). Este fato possivelmente está relacionado com a maior disponibilidade de potássio promovido pela adição da fitomassa aérea de crotalária (133,0 kg.ha<sup>-1</sup> de potássio), e sendo um elemento que se encontra em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas, é rapidamente liberado logo após o manejo das plantas de cobertura (GIACOMINI et al., 2003), com pequena dependência dos processos microbianos (MARSCHNER, 1995).

De maneira geral, os resultados obtidos para a acumulação de nutrientes nas cabeças do repolho, reforçam os efeitos observados nos parâmetros fitotécnicos, demonstrando que o cultivo do repolho em plantio direto sob palhada de crotalária, apresenta-se como alternativa viável para o manejo nutricional da cultura, representando sobremaneira vantagens para a sustentação das unidades de produção orgânica, principalmente no que se refere à gestão do nitrogênio (GUERRA et al., 2004). No entanto, há que se considerar o aporte desses nutrientes pela adição do esterco bovino no plantio, o que não foi determinado. Sabe-se, porém, que a eficiência relativa de absorção e aproveitamento de nutrientes contidos nesses adubos, normalmente é baixa em hortaliças (ALMEIDA, 1991).

Outro fato que merece destaque, diz respeito aos aspectos benéficos do sistema plantio direto, com referência ao aporte de matéria orgânica, controle da erosão, estímulo à biota no sistema solo-planta e conservação da fertilidade do solo (DERPSCH & CALEGARI, 1992; SÁ, 1993; SEGUY et al., 1997; DAROLT & SKORA NETO, 2007; EMBRAPA, 2007), o que torna válido considerar que, a médio e longo prazos, poderá proporcionar benefícios expressivos ao sistema de produção.

**Tabela 5.** Acumulação de Nitrogênio total, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio (kg.ha<sup>-1</sup>) nas cabeças do repolho. Paty do Alferes – RJ, 2005.

	Nitrogênio total (kg.ha <sup>-1</sup> )			Fósforo (kg.ha <sup>-1</sup> )			Potássio (kg.ha <sup>-1</sup> )			Cálcio (kg.ha <sup>-1</sup> )			Magnésio (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	Sistemas			Sistemas			Sistemas			Sistemas			Sistemas		
Pré-cultivos	PD	PC	Médias	PD	PC	Médias	PD	PC	Médias	PD	PC	Médias	PD	PC	Médias
<b>Crotalária</b>	99,6 aA	83,2 bA	91,4	11,6 aA	10,6 bA	11,1	131,8 aA	122,2 aA	127,0	16,7 aA	13,7 bA	15,2	6,0 aA	4,9 bA	5,4
<b>Veg. espontânea</b>	39,9 bB	73,5 aB	56,7	5,1 bB	9,6 aB	7,3	50,2 bB	93,8 aB	72,0	5,7 bB	12,9 aA	9,3	2,2 bB	4,6 aA	3,4
<b>Médias</b>	69,8	78,3	74,0	8,3	10,1	9,2	91,0	108,0	99,5	11,2	13,3	12,3	4,1	4,7	4,4

a, b – em cada linha, médias dos Sistemas de cultivos seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

A, B – em cada coluna, médias dos Pré-cultivos seguidos de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

### 3.3.2 Experimento 2 (couve-flor).

A produção de fitomassa aérea seca e a acumulação de nutrientes das plantas utilizadas como pré-cultivos, diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ). A maior produção de fitomassa aérea seca, foi obtida com o pré-cultivo formado pelo consórcio crotalária-milheto, alcançando  $10,1 \text{ Mg.ha}^{-1}$  (Tabela 1). Contudo, as produções de fitomassa aérea seca dos cultivos solteiros de crotalária ( $6,6 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) e de milho ( $7,4 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) e da vegetação espontânea ( $6,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ), foram suficientes para assegurar uma boa cobertura do solo para o sistema plantio direto, enquadrando-se no critério proposto por DENARDIN & KOCHHANN (1993), SKORA NETO (1998) e ALVARENGA et al. (2001), que recomenda quantidades acima de  $6,0 \text{ Mg.ha}^{-1}$  de matéria seca, para garantir uma boa cobertura do solo nesse sistema.

O maior conteúdo de nitrogênio total acumulado ( $168,0 \text{ Kg.ha}^{-1}$ ), foi obtido no pré-cultivo formado pela crotalária (Tabela 1). A crotalária apresenta grande capacidade de acumular N na fitomassa aérea, incorporando quantidades expressivas de  $\text{N}_2$  atmosférico pela fixação simbiótica (PEREIRA et al., 2005).

A maior acumulação de potássio, foi obtida no pré-cultivo formado pelo consórcio crotalaria-milheto ( $210,6 \text{ kg.ha}^{-1}$ ). Este fato possivelmente está relacionado com a maior produção de fitomassa aérea seca desse consórcio (Tabela 1), associado à característica que o milho apresenta em acumular grandes quantidades de potássio em sua fitomassa (BRAZ et al., 2004). Para fósforo, cálcio e magnésio as maiores acumulações foram obtidas na fitomassa aérea do pré-cultivo formado pela vegetação espontânea, alcançando valores médios de  $21,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ ,  $43,2 \text{ kg.ha}^{-1}$  e  $21,4 \text{ kg.ha}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produção de fitomassa aérea e acumulo de nutrientes nos pré-cultivos. Nova Friburgo – RJ, 2003/2004.

Pré-Cultivo	Fitomassa aérea seca $\text{Mg.ha}^{-1}$	Acumulação de Nutrientes				
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
		$\text{Kg.ha}^{-1}$				
<b>Crotalária</b>	6,6 c	168,0 a	10,3 c	137,5 c	25,5 c	9,8 d
<b>Crotalária + Milheto</b>	10,1 a	154,7 b	17,2 b	210,6 a	34,7 b	16,8 b
<b>Milheto</b>	7,4 b	84,3 c	18,0 b	157,7 b	16,2 d	11,8 c
<b>Veg. Espontânea</b>	6,7 c	73,6 c	21,2 a	143,3 c	43,2 a	21,4 a
<b>Coef. Variação (%)</b>	4	5	3	4,2	4	4

a, b – Letras minúsculas iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

A quantificação da contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para o pré-cultivo de crotalária revelou que 72% do nitrogênio total acumulado foi proveniente da simbiose, promovendo ingresso no sistema de  $121,6 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N derivado da atmosfera (Tabela 2), o que representa cerca de 41% da necessidade média da cultura da couve-flor (FILGUEIRA, 2003). Para o pré-cultivo composto do consórcio crotalária-milheto, a acumulação de N total foi de  $154,7 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N, sendo que 42% da acumulação foi proveniente da FBN realizada pela crotalaria, o que equivale a  $64,0 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N derivado da atmosfera (Tabela 2).



**Tabela 2.** Contribuição percentual e quantidade de N derivado da FBN nos pré-cultivos com presença de crotalaria. Nova Friburgo – RJ, 2003/2004.

Pré-Cultivo	$\delta^{15}\text{N}$ (‰) Parte aérea	% N-FBN utilizando como testemunhas <sup>1</sup>		% FBN <sup>2</sup> média	N-FBN <sup>3</sup> (Kg.ha <sup>-1</sup> )
		Milheto	Braquiária		
<b>Crotalaria</b>	5,09 b	74	70	72	121,6
<b>Crotalaria + Milheto</b>	9,33 a	46	37	42	64,0
<b>Coef. Variação (%)</b>	6	-	-	-	-

<sup>1</sup> -  $\delta^{15}\text{N}$  para Milheto e Braquiária foram 16,09 e 14,04, respectivamente.

<sup>2</sup> - Contribuição percentual da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para a crotalaria.

<sup>3</sup> - Quantidade de nitrogênio na crotalaria derivado do processo de FBN.

a, b – Letras minúsculas iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste “F” (p > 0,05).

O peso médio, diâmetro e produtividade de inflorescências e as acumulações de matéria seca total das plantas e das inflorescências de couve-flor apresentaram diferenças significativas (p ≤ 0,05) em função do plantio direto nos diferentes pré-cultivos (Tabela 3).

Os maiores pesos médios e produtividades de inflorescências foram obtidos quando se cultivou a couve-flor sob palhada formada a partir do pré-cultivo com crotalaria (1,40 kg, 56,0 Mg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), o que representou aumento médio de produtividade em torno de 41% quando comparado ao plantio sob palhada formada pelo milho e pela vegetação espontânea, que foi formada basicamente por espécies de gramíneas (Tabela 3).

As acumulações de matéria seca total das plantas, inflorescências e o diâmetro das inflorescências, foram maiores quando o cultivo de couve-flor ocorreu sob as palhadas formadas a partir dos pré-cultivos com crotalaria e com consórcio crotalaria-milho (Tabela 3), alcançando valores médios de 10,2 Mg.ha<sup>-1</sup>, 3,9 Mg.ha<sup>-1</sup> e 20 cm, respectivamente. Estes resultados reforçam os efeitos observados para peso médio e produtividade de inflorescências, demonstrando que o cultivo de couve-flor em plantio direto na palhada com presença de crotalaria, torna-se viável, proporcionando benefícios para a produtividade. Estes resultados corroboram com os apresentados para outras brássicas, como é caso para o cultivo do repolho demonstrado no experimento 1 e no trabalho de OLIVEIRA et al. (2003), brócolos (SILVA, 2002) e couve (SILVA, 2006), ambos em sistema plantio direto.

**Tabela 3.** Peso médio, produtividade e diâmetro de inflorescências e acumulação de matéria seca das plantas e inflorescências de couve-flor. Nova Friburgo – RJ, 2003/2004.

Pré-Cultivo	Inflorescência			Matéria seca	
	Peso médio	Produtividade	Diâmetro	planta	inflorescência
	kg	Mg.ha <sup>-1</sup>	cm	----- Mg.ha <sup>-1</sup> -----	
<b>Crotalaria</b>	1,40 a	56,0 a	20,5 a	10,2 a	4,0 a
<b>Crotalaria + Milheto</b>	0,99 b	39,6 b	19,5 a	10,1 a	3,8 a
<b>Milheto</b>	0,83 c	33,3 c	18,0 b	8,7 b	3,1 b
<b>Veg. Espontânea</b>	0,82 c	32,7 c	18,5 b	7,7 c	3,1 b
<b>Coef. Variação (%)</b>	1,9	2,1	3,8	4,2	4,7

a, b – Letras minúsculas iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p > 0,05).

Os teores e as acumulações de nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas plantas de couve-flor, diferiram significativamente (p ≤ 0,05) quando cultivadas em plantio direto sob os diferentes pré-cultivos (Tabelas 4 e 5), com exceção para o teor de fósforo no tecido das plantas. Esses resultados seguiram tendência

semelhante à observada para peso médio e produtividade de inflorescências de couve-flor, com maiores valores obtidos quando a couve-flor foi cultivada sob palhada de crotalária.

O cultivo de couve-flor sob palhada de crotalária promoveu acréscimo nos teores de N, K, Ca e Mg no tecido das plantas, da ordem de 27% no teor de nitrogênio total, 15% no teor de potássio e 25% nos teores de cálcio e magnésio (3,24%, 42,10 g.Kg<sup>-1</sup>, 20,48 g.Kg<sup>-1</sup>, 3,23 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente) quando comparado ao cultivo sob palhada formada por vegetação espontânea (2,36%, 35,77 g.Kg<sup>-1</sup>, 15,34 g.Kg<sup>-1</sup>, 2,42 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente), conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Teores de nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas plantas de couve-flor. Nova Friburgo – RJ, 2003/2004.

Pré-Cultivo	Teores de nutrientes nas plantas				
	Nitrogênio %	Fósforo g.kg <sup>-1</sup>	Potássio g.kg <sup>-1</sup>	Cálcio g.kg <sup>-1</sup>	Magnésio g.kg <sup>-1</sup>
<b>Crotalária</b>	3,24 a	4,87 a	42,10 a	20,48 a	3,23 a
<b>Crotalária + Milheto</b>	2,84 b	4,82 a	39,38 b	16,39 b	2,69 b
<b>Milheto</b>	2,37 c	4,85 a	38,00 c	16,23 b	2,46 c
<b>Veg. Espontânea</b>	2,36 c	5,01 a	35,77 d	15,34 b	2,42 c
<b>Coef. Variação (%)</b>	2,1	10,6	2,7	5,0	5,1

a, b – Letras minúsculas iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

Os teores de nutrientes das plantas, segundo RAIJ et al. (1996), atuam como indicadores do estado nutricional, sendo considerados como ideais para a máximas produtividades as faixas de 4 a 6% para nitrogênio, 4 a 8 g.Kg<sup>-1</sup> para fósforo, 25 a 50 g.Kg<sup>-1</sup> para potássio, 20 a 35 g.Kg<sup>-1</sup> para cálcio e 2,5 a 5 g.Kg<sup>-1</sup> para magnésio, nas folhas de couve-flor. Comparando os valores da Tabela 4, que representam os teores nas plantas, com os teores apontados pela literatura (RAIJ et al., 1996), infere-se que os teores de P, K, Ca e Mg no tratamento com pré-cultivo de crotalaria encontram-se próximos às faixas consideradas ideais para máximas produtividades, demonstrando que não houve restrição do rendimento em detrimento das quantidades de fósforo, potássio, cálcio e magnésio disponíveis para as plantas em todos tratamentos, visto as adubações homogêneas que todos os tratamentos receberam, desde que considerada ressalva, pois os teores apresentados na tabela 4, referem-se a proporções médias de nutrientes na planta inteira no período de colheita, e não na parte da planta e época de coleta convencionalizada como indicadora (folha índice).

Em relação aos teores de N encontrados nas plantas, torna-se evidente a restrição no rendimento da cultura ocasionada em função dos teores de N presente nas plantas cultivadas sob diferentes pré-cultivos, principalmente, ao observar a correlação linear altamente significativa ( $r = 0,96^{**}$ ) com a produtividade de inflorescências, alcançando maior produtividade de inflorescências onde se obteve maior teor de N total, encontrado quando as plantas foram cultivadas sob palhada de crotalária (Tabela 4).

Ao avaliar a acumulação de nutrientes das plantas de couve-flor, verificou-se que maiores acumulações de nitrogênio total, potássio, cálcio e magnésio, foram obtidos com cultivo de couve-flor realizado sob plantio direto na palhada formada por crotalária, alcançando valores médios de 330,7 kg.ha<sup>-1</sup>, 429,8 kg.ha<sup>-1</sup>, 209,1 kg.ha<sup>-1</sup> e 33,0 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 5). Para a acumulação de fósforo, o cultivo de couve-flor realizado sob plantio direto nas palhadas formadas por crotalária e consórcio crotalaria-milheto, não diferiram, promovendo acúmulo médio nos dois pré-cultivos de 49,2 kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo (Tabela 5).

**Tabela 5.** Acumulação de nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas plantas de couve-flor. Nova Friburgo – RJ, 2003/2004.

Pré-Cultivo	Acumulação de nutrientes nas plantas				
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	----- Kg.ha <sup>-1</sup> -----				
<b>Crotalária</b>	330,7 a	49,8 a	429,8 a	209,1 a	33,0 a
<b>Crotalária + Milheto</b>	285,8 b	48,5 a	396,2 b	165,0 b	27,1 b
<b>Milheto</b>	205,7 c	42,3 b	330,6 c	141,2 c	21,4 c
<b>Veg. Espontânea</b>	181,7 d	38,8 b	275,7 d	118,3 d	18,7 c
<b>Coef. Variação (%)</b>	4,0	12,5	5,7	5,8	7,4

a, b – Letras minúsculas iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

Os resultados de teor e acumulação de nutrientes nas plantas de couve-flor, confirmam a tendência observada na avaliação da produtividade de inflorescências de couve-flor, demonstrando que o cultivo de couve-flor em plantio direto na palhada formada por crotalária, apresenta benefício no rendimento da cultura e em seu estado nutricional, principalmente em relação à exigência por nitrogênio. Este fato pode ser observado, quando se verifica que a quantidade de nitrogênio total acumulado na parte aérea dos pré-cultivos apresenta correlação altamente significativa ( $r = 0,96^{**}$ ) com o teor de N presente na couve-flor.

Ao avaliar a proporção de átomos de <sup>15</sup>N em excesso no tecido da couve-flor, a eficiência de recuperação da uréia enriquecida e a contribuição da adubação verde para a nutrição nitrogenada da couve-flor, por meio da técnica de diluição isotópica de <sup>15</sup>N, observa-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), quando a couve-flor foi cultivada em plantio direto sob os diferentes pré-cultivos (Tabela 6).

A maior eficiência de recuperação da uréia enriquecida (Tabela 6), foi de 61,6% para couve-flor cultivada sob palhada do consórcio crotalária-milheto. Os cultivos de couve-flor sob palhadas formadas por milho, crotalária e vegetação espontânea, apresentaram eficiência de recuperação de 47,8%, 47,2% e 42,4%, respectivamente. Apesar da diferença da eficiência de recuperação entre os cultivos sob diferentes pré-cultivos, os valores apresentaram-se baixos conforme URQUIAGA E ZAPATA (2000). Contudo, foram suficientes para evidenciar a diluição proporcionada pela presença dos diferentes pré-cultivos (Tabela 6).

A maior eficiência de recuperação de N-Uréia por couve-flor no pré-cultivo composto pelo consórcio crotalária-milheto, provavelmente está relacionado a maior quantidade de palhada obtida nesse pré-cultivo (Tabela 1), o que representou maior cobertura do solo e proteção inicial das mudas cultivadas, presumindo que estes fatores podem ter melhorado as condições de proteção e umidade do solo e reduzido à amplitude térmica do solo, aumentando o crescimento inicial das mudas e diminuindo as perdas de N-Uréia. Embora o consórcio crotalária-milheto possa apresentar menor velocidade de decomposição dos resíduos, observa-se que a contribuição para a nutrição da couve-flor foi inferior a observada com crotalária solteira, o que provavelmente está relacionado a menor mineralização do N contido na palhada do consórcio.

Para a determinação da contribuição nitrogenada da adubação verde, foram considerados para os cálculos, os valores encontrados nas plantas sob palhada de milho e de crotalária, por terem apresentados valores de eficiência de recuperação de N-Uréia similares, demonstrando que a quantidade de N-Uréia absorvida pelas plantas destes tratamentos foram semelhantes (Tabela 6) e desta forma a diluição observada só poderia dever-se ao nitrogênio proveniente da decomposição e mineralização do N presente na crotalária.

A proporção de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso (Tabela 6), ou seja, descontado o valor da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  (0,3663%), foi de 0,2065% para couve-flor cultivada sob palhada de crotalária, o que representou maior diluição, quando comparada ao cultivo sob palhada formada por milho (0,3358%) e por vegetação espontânea (0,3376%). Admitindo-se que as plantas de couve-flor cresceram sob idênticas condições de solo fertilizado, a diluição isotópica observada pode ser explicada em grande parte pela utilização de N derivado da adubação verde com crotalária. Estes resultados indicam que a contribuição da adubação verde para a nutrição nitrogenada da couve-flor foi de aproximadamente 39%, o que equivale a 128,9 kg.ha<sup>-1</sup> de N proveniente da crotalaria (Tabela 6). Representando aproximadamente 92,8 kg.ha<sup>-1</sup> de N proveniente da atmosfera, ao considerar que do N total acumulado pela crotalaria, 72% de foi proveniente da FBN.

**Tabela 6.** Átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso nas plantas de couve-flor, Eficiência de recuperação de N-uréia e Contribuição percentual e Quantidade de N derivado da adubação verde presente na couve-flor. Nova Friburgo – RJ, 2003/2004.

Pré-Cultivo	Átomos de $^{15}\text{N}$ em excesso	Eficiência de Recuperação do $^{15}\text{N}$	NdAV <sup>1</sup>	NdAV <sup>2</sup>
	----- (%) -----	----- (%) -----	(%)	(Kg.ha <sup>-1</sup> )
<b>Crotalária</b>	0,2065 a	47,2 b	39	128,9
<b>Crotalária + Milheto</b>	0,3114 b	61,6 a	7	20,0
<b>Milheto</b>	0,3358 c	47,8 b	0	0
<b>Veg. Espontânea</b>	0,3376 c	42,4 c	0	0
<b>Coef. Variação (%)</b>	1,1	4,8	-	-

<sup>1</sup>- Contribuição percentual da adubação verde (% NdAV) para a couve-flor.

<sup>2</sup>- Quantidade de nitrogênio derivado da adubação verde (NdAV) presente na couve-flor.

a, b – Letras minúsculas iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p > 0,05).

A interpretação da alta correlação entre o conteúdo total de N nos pré-cultivos e o teor de N nas plantas de couve-flor, e por sua vez, a correlação negativa altamente significativa (r = -0,93\*\*) entre o teor de N no tecido da couve-flor e a diluição isotópica dos átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso, auxilia a explicação, permitindo ratificar os resultados da contribuição da adubação verde com crotalaria na nutrição nitrogenada da couve-flor.

Outro fato que merece destaque é a diferença de 125,0 kg.ha<sup>-1</sup> de N total, observada entre a quantidade de N acumulado nas plantas de couve-flor cultivadas sob palhada de crotalaria (330,7 kg.ha<sup>-1</sup> de N total) e a quantidade acumulada nas plantas cultivadas sob palhada de milho (205,7 kg.ha<sup>-1</sup> de N total), valor que se aproxima da quantidade de N derivado da crotalaria para a couve-flor (128,9 kg.ha<sup>-1</sup> de N total), indicando que esta diferença possivelmente se deve a contribuição da adubação verde com crotalaria.

Estes resultados demonstram que o sistema plantio direto com palhada formada a partir da crotalaria, proporciona maior disponibilidade de nitrogênio, contribuindo significativamente para a nutrição nitrogenada, o que representou aumento de produtividade da couve-flor. Resultados apresentados por CASTRO et al. (2004), ao avaliarem a contribuição da adubação verde com crotalaria para a nutrição nitrogenada de berinjela, demonstram que a leguminosa em pré-cultivo e em consórcio contribui significativamente para o fornecimento de N para a cultura, introduzindo quantidade de N proveniente da FBN, suficiente para compensar o N exportado pela colheita de frutos de berinjela.

Em trabalho onde o objetivo foi avaliar a eficiência de utilização do N da crotalária, marcada com o isótopo  $^{15}\text{N}$ , pelo milho cultivado sob diferentes doses de N-uréia em plantio direto, SILVA et al. (2006) verificaram que a crotalaria apresentou produção média  $9,2 \text{ Mg.ha}^{-1}$  de fitomassa aérea seca, acumulando aproximadamente  $179,0 \text{ Kg.ha}^{-1}$  de N, o que proporcionou ao milho cultivado sem a aplicação de N, um efeito equivalente à aplicação de  $56,0$  e  $73,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-uréia, comparado ao do milho cultivado no solo em pousio e em sucessão ao milheto, respectivamente.

Apesar de ter detectado baixa contribuição residual da adubação verde com crotalária na sucessão crotalária/milho/brócolo, PERIN et al. (2004) verificaram que a presença da crotalária elevou o teor e acúmulo de N nas folhas e inflorescências do brócolo, tanto na ausência quanto na presença de  $150 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N-Sulfato de Amônio, mesmo após o cultivo intermediário do milho.

Embora o uso de adubação suplementar com “cama” de aviário neste experimento, possa ter contribuído para a nutrição nitrogenada, infere-se que somente parte do N do adubo orgânico tenha ficado disponível para as plantas. Segundo ALMEIDA (1991), a adubação orgânica com esterco apresenta baixa eficiência relativa no fornecimento de N para as hortaliças, sendo importante, todavia, como condicionador do solo e como uma reserva de nutrientes em médio prazo. Entretanto, o aumento na dose de N do adubo verde contribuiu para acréscimo de N mineral na solução do solo, favorecendo a atividade biológica e resultando em maior absorção de N pela couve-flor, condicionando um maior crescimento das plantas e conseqüentemente melhor aproveitamento do N da adubação orgânica.

Resultados nesse sentido foram observados por AITA et al. (2001), verificando efeito positivo de fertilizante inorgânico sobre a utilização do N de resíduos de leguminosas por milho. Além disso, não foi considerado o N contido no sistema radicular da couve-flor, portanto, a contribuição pode ser superior à observada neste estudo, visto que parte do N do adubo verde pode ter como destino as raízes da couve-flor.

Ressalta-se ainda que a porção de N dos pré-cultivos que foi incorporada ao sistema deve ser superior à observada, por não estar sendo considerado o N contido no sistema radicular dos adubos verdes e que os teores e as quantidades acumuladas de todos nutrientes analisados, com exceção do P, na parte aérea da couve-flor são maiores quando esta hortaliça se desenvolveu na palhada de crotalária em comparação com os demais tratamentos, o que corrobora com a hipótese ora apresentada.

### 3.4 CONCLUSÕES

O cultivo de repolho, sob manejo orgânico, em sistema plantio direto na palhada da leguminosa *C. juncea* acarretou produção similar a alcançada com preparo de solo convencional.

O cultivo de repolho sob plantio direto na palhada de *C. juncea*, dispensa a adubação orgânica suplementar feita em cobertura com 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N via “cama” de aviário.

O cultivo de couve-flor, sob manejo orgânico, em sistema de plantio direto na palhada da leguminosa *C. juncea* resultou aumento da produção desta hortaliça em relação a área com preparo de solo convencional e mantida anteriormente em pousio.

A palhada da *C. juncea* contribuiu com 39% de todo o N acumulado na parte aérea da couve-flor em sistema de plantio direto, sob manejo orgânico.

Cultivos tanto de repolho quanto de couve-flor em sistema plantio direto sob manejo orgânico, mostraram-se promissores, principalmente quando o pré-cultivo utilizado para a formação da palhada foi realizado com a leguminosa *C. juncea*.

#### 4 CONCLUSÕES GERAIS

*C. juncea* apresentou as maiores taxas iniciais de crescimento, o que acarretou a maior velocidade de cobertura do solo.

As maiores produções de fitomassa e quantidades de N provenientes da FBN foram obtidas com *C. juncea*, em ambos locais de estudo no período primavera-verão, seguidas de *C. mucronata* e *C. ochroleuca*. No cultivo de outono-inverno, nas condições da baixada fluminense, *C. ochroleuca* se destacou em relação às demais espécies em relação a estes parâmetros.

Os maiores rendimentos produtivos de sementes foram obtidos quando as diferentes espécies foram cultivadas no período outono-inverno.

O cultivo de repolho, sob manejo orgânico, em sistema plantio direto na palhada da leguminosa *C. juncea* acarretou produção similar a alcançada com preparo de solo convencional e dispensa a adubação orgânica suplementar feita em cobertura com 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N via “cama” de aviário.

O cultivo de couve-flor, sob manejo orgânico, em sistema de plantio direto na palhada da leguminosa *C. juncea* aumentou a produção desta hortaliça em relação a área com preparo de solo convencional e mantida anteriormente em pousio e contribuiu com 39% de todo o N acumulado na parte aérea da couve-flor.

Cultivos tanto de repolho quanto de couve-flor em sistema plantio direto sob manejo orgânico, mostraram-se promissores, principalmente quando o pré-cultivo utilizado para a formação da palhada foi realizado com a leguminosa *C. juncea*.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 157-165, 2001.
- ALMEIDA, D.L de. **Contribuição da adubação orgânica para a fertilidade do solo**. 1991. 192p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas para cobertura do solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W. & REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 30:175-185, 1995.
- ALVES, B.J.R.; SANTOS, J.C.F.dos; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S., (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1994. p. 449-4 67.
- AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. de; Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, jan. 2000.
- AMADO, T.J.C.; ALMEIDA, E.X.; DALL'AGNOL, I. & MATOS, A.T. Determinação da cobertura do solo por adubos verdes. Florianópolis, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina, 1987. 6p. (EMPASC. **Pesquisa em Andamento**, 78)
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. n. p. (Instituto Agrônomo de Campinas. Boletim, 78).
- BODDEY, R.M.; SÁ, J.C.D.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, n.5/6, p.787- 799, 1997.
- BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 34 (2): 83-87, 2004.
- CANELLAS, L. P.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; REZENDE, C. E.; CAMARGO, P. B.de; ZANDOMADI, D. B.; RUMJANEK, V. M.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; BRAZ-FILHO, R. Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 53-61, jan./fev., 2004.
- CASTRO, C.M. de; ALVES, B.J.R.; ALMEIDA, D.L. de; RIBEIRO, R. de L.D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.8, p.779-785, ago. 2004.



CASTRO, C.M.; ALMEIDA, D.J.; RIBEIRO, R.L.D.; CARVALHO, J.F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.5, p.495-502, maio 2005.

CASTRO, C. M. de. **Plantio direto e aporte de nitrogênio na produção orgânica de berinjela (*Solanum melongena* L.)**. 2004. 107p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

CARVALHO, S. R. L. de. **Identificação, caracterização e cinética de crescimento de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes (PRPR), em solo coeso dos tabuleiros costeiros do Recôncavo Baiano**. 2000. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

CESAR, M. N. Z. **Desempenho de duas cultivares de pimentão (*Capsicum annum* L.) em sistema orgânico de produção, submetidas a desbaste de ramos e consorciadas com *Crotalaria juncea***. 2004. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:425-432, 1999.

COSTA, M. B. B. da; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISSANI, E.A; WILDNER, L.P.; ALCANTARA, P.B.; MYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS - PTA, 1993. 346 p.

DAROLT, M.R. **As dimensões da sustentabilidade: um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba-PR**. 2000. 310p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DAROLT, M.R.; SKORA NETO, F. **Sistema de plantio direto em agricultura orgânica**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/daroltsist.htm>>. Acesso em: fevereiro de 2007.

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F. & CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle de erosão em Latossolo Roxo. **R. Bras. Ci. Solo**, 5:133-137, 1981.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT; Fecotrigo; Fundação ABC; Aldeia Norte, 1993. p.19-27.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 1992. 80p. (Iapar. Circular, 7).

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

EMBRAPA. **Plantio direto**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/plantiodireto>>. Acesso em: fevereiro de 2007.

ESPINDOLA, J. A. A; GUERRA, J. G. M; ALMEIDA, D. L. de. Uso de Leguminosas Herbáceas para Adubação Verde. In: Adriana Maria de Aquino; Renato Linhares de Assis. (Org.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, v. 2, p. 435-451.

FAO. **World agriculture: towards 2015/2030** FAO perspective. Disponível em: <http://www.fao.org/organicag>>. Acesso em: agosto de 2003.

FILGUEIRA F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2003. 2ª ed. Viçosa: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. 412p.

FREIRE, J.R.J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.121-140.

GALLO, D; O. NAKANO; S. SILVEIRA NETO; R.P.L. CARVALHO; G.C. BAPTISTA; E. BERTI FILHO; J.R.P. PARRA; R.A. ZUCCHI; S.B. ALVES; J.D. VENDRAMIM; L. C. MARCHINI; J.R.S. LOPES & C. OMOTO. **Entomologia Agrícola**. São Paulo, Brasil, Universidade de São Paulo, Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 2002. 920p.

GERALDO, J.; ROSSIELLO, R.O.P; ARAÚJO, A.P; PIMENTEL, C. Diferenças em crescimento e produção de grãos entre quatro cultivares de milho pérola. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.7, p.1367-1376, jul. 2000

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B.do. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.** v.38 n.9 Brasília set. 2003.

GILLER K.E. & WILSON K.J. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. Wallingford: CAB International, 1991. 313p.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. & BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:153-159, 2000.

GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **Amer. Natur.**, Vol. 111, p. 1169-1194, 1977.

GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. de. Managing carbon and nitrogen in tropical organic farming through green manuring. In: ADETOLA BADEJO, M.; TOGUN, A.

O. (Ed.). **Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics (STASAT)**. Ibadan: College Press, v.2, p.125-140, 2004.

HEINRICHS, R; VITTI, G.C; MOREIRA, A; FIGUEIREDO, P.A.M; FANCELLI, A.L; CORAZZA, E.J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Jan./Feb. 2005, vol.29, nº 1, p.71-79.

HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London : E. Arnold, 1982. 248p.

JENKINSON D.S., FOX R.H., RAYNER J.H. Interactions between fertilizer and soil nitrogen – the so-called 'priming' effect. **J. Soil Sci.** 36:425-444, 1985.

KULLAYA, I.K; KILASARA, M; AUNE, J.B. The potential of marejea (*Crotalaria ochroleuca*) as green manure in maize production in the Kilimanjaro region of Tanzania. *Soil Use and Management*, 1998. 14 (2), 117–118.

KVET, J.; ONDOK, J.P.; NECAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P.G. (Eds.). **Plant photosynthetic production: manual of methods**. The Hague : W. Junk, 1971. p.343-391.

LEWIS, G. P. **Legumes of Bahia**. Kew: Royal Botanic Gardens. 1987. p. 309 - 314.

LIMA, E. R.; SANTIAGO, A.S.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Effects of the size of sown seed on growth and yield of common bean cultivars of different seed sizes. **Braz. J. Plant Physiol.**, Sept 2005, vol.17, no.3, p.273-281.

LEWIS, G. P. **Legumes of Bahia**. Kew: Royal Botanic Gardens. 1987. p. 309 - 314.

MATOS, F. G.. El genero *Crotalaria* en Venezuela. **Acta Botanica Venezuelica**, 1978. v.13, p. 81-108.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Academic, 1995. p. 229-312.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O., (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 1- 8.

NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; ASSIS, R. L. de; DE-POLLI, H. A dimensão ecológica: Comprovada a eficiência da agricultura orgânica, falta aumentar a oferta de insumos e tecnologias apropriadas. **Agroanalysis**; Revista de Agronegócios da FGV, Rio de Janeiro, v. 21, n. 5, p. 55-57, maio/jun. 2001.

OKITO, A.; ALVES, B.R.J.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Isotopic fractionation during N<sub>2</sub> fixation by four tropical legumes. **Soil Biology & Biochemistry** 36 (2004) 1179–1190.

OLIVEIRA, F. L. de; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria*

*juncea* e doses crescentes de cama de aviário na produção de repolho sob manejo orgânico. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, p. 60-66, 2003.

OLIVEIRA, F. L. de; RIBEIRO, R. de L. D.; SILVA, V. V.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 472-475, 2004.

OLIVEIRA, F.L. de. **Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*): Adubação orgânica, adubação verde e consorciação**. 2001. 87 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

ORMOND, J.G.P.; PAULA, S.R.L. de; FAVERET FILHO, P.; ROCHA, L.T.M. da. **Agricultura orgânica: quando o passado é futuro**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002. 35p.

PALOMINO, G. & VÁSQUEZ, R. Cytogenetic studies in Mexican populations of species of *Crotalaria* L. (Leguminosae-Papilionoideae). **Cytologia**, 1991. v. 56, p. 343-351.

PEREIRA, A. J. **Produção de fitomassa aérea e sementes de *Crotalaria juncea* a partir de diferentes arranjos populacionais e épocas do ano**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; MOREIRA, V. F.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J. C.; ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho agrônômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano. Seropédica - RJ: Embrapa Agrobiologia, 2005. (**Comunicado Técnico 82**).

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas : IAC, 1987. 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).

PERIN, A.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Efeito do tamanho da semente na acumulação de biomassa e nutrientes e na produtividade do feijoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Dez 2002, vol.37, no.12, p.1711-1718.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) cultivado em sucessão ao milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, 1739-1745, 2004.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 713-720, 2002.

POLHILL, R. M., TOZZI, A.M.G.A. & FLORES, A.S. *Crotalariaeae*. In: BISBY, F.A. et al (eds.). **International Legume Database & Information Service (ILDIS) Legumes or the world** - CD-Rom e <http://www.ildis.org>. 2001.

POLHILL, R. M.; RAVEN, P. H. (Ed.). **Advances in legume systematics**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1981. Part 1 e 2.

PONTES, K.L.M. **Avaliação da produção orgânica de tomateiro rasteiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em dois sistemas de plantio após pré-cultivo de sorgo consorciado com**

**girassol**. 2001. 165p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PURSEGLOVE, J.W. *Crotalaria juncea* L. In: PURSEGLOVE, J. W. **Tropical crops: dicotyledons**. London : Longman, 1968. v.1, p.250-254.

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

RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L. de; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; ALVES, B. J. R.; RIBEIRO, R. de L. D. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, p. 80-84, 2003.

ROSKOV Y.R., BISBY F.A., ZARUCCHI J.L., SCHRIRE B.D., WHITE R.J., eds. (2005). **ILDIS World Database of Legumes: draft checklist, version 10** (November 2005). CD-ROM. ILDIS: Reading, U.K.

SÁ, J.C.M. de. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 96p.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CORTES, N. de A. Gestão da fertilidade de culturas mecanizadas nos trópicos úmidos: o caso das frentes pioneiras nos cerrados e florestas úmidas no centro norte do Mato Grosso. In: PEIXOTO, R.T. dos G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.). **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Iapar, 1997. p.125-157.

SHEARER, G. & KOHL, D.H. N<sub>2</sub> fixation in field settings: estimations based on natural <sup>15</sup>N abundance. **Aust. J. Plant Physiol.**, 13, 699-756, 1986.

SILVA JUNIOR AA. 1991. Efeitos da adubação mineral e orgânica em repolho. **Agropecuária Catarinense** 4: 53-56.

SILVA, E.C. da; MURAOKA, T; BUZETTI, S; VELOSO, M.E. da C; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (<sup>15</sup>N) da crotalaria e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p. 739 - 746 mai-jun, 2006.

SILVA, V.V. **Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica de brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) em sistema de plantio direto**. 2002. 86p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, E. E. da. **Manejo orgânico da cultura da couve em rotação com milho, consorciados com leguminosas para adubação verde intercalar em plantio direto**. 2006. 57p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SOUZA JL. **Agricultura Orgânica**. Vitória: EMCAPA. 1998, 176p.

SPENCE, J.A.; WILLIAMS, S.J.A. Use of photoperiod response to change plant design. **Crop Science**, v.12, p.121-122, 1972.

SKORA NETO, F. Manejo de plantas daninhas. In: IAPAR. **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Ponta Grossa, PR: Iapar, 1998. p.125-157. (Iapar. Circular, 101).

TILMAN, D. **Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 1988, 362 p.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2000. 110 p.

WHITE, J. W.; GONZÁLEZ, A. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 23, p. 159-175, 1990.

YAN, X.; LYNCH, J. P.; BEEBE, S. E. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types - I: vegetative response. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1086-1093, 1995.

## 6 ANEXOS

### - CAPÍTULO I.



Visão geral do experimento de Seropédica / primavera-verão aos 30 DAS.  
(Campo experimental da Embrapa Agrobiologia)



Detalhe da cobertura de solo em plantio de  
*C. juncea* aos 17 DAS.



Detalhe da cobertura de solo em plantio de  
*C. mucronata* aos 17 DAS.



Detalhe da cobertura de solo em plantio de *C. spectabilis* aos 17 DAS.



Detalhe da cobertura de solo em plantio de *C. ochroleuca* aos 17 DAS.



Detalhe da cobertura de solo em plantio de *C. breviflora* aos 17 DAS.



**a) Resumo dos resultados das análises estatísticas (análise funcional de crescimento e taxa de cobertura de solo).**

**- C. juncea**

Dependentes = **LN IAF**

Independentes = DAP

Parâmetros da Regressão

Nome	Coefficiente	Desvio-Padrão	Valor de T	Coef. Beta	Probab.
Constante	-0.135465E+01				
DAP	0.598459E-01	0.129671E-01	4.615203	3.062995	0.0018
DAP <sup>2</sup>	-0.222567E-03	0.628211E-04	-3.542861	-2.351308	0.0061
R2	0.868745				
R2 ajustado	0.824993				

Análise de Variância

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Probab.
Devido a Regressão	2	10.96810	5.484052	19.86	0.0023
Independente	6	1.657124	0.2761874		

Variável Dependente = **LN FITOMASSA**

Iterações Executadas = 11

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coefficientes	Desvios	T	Signif.
A	1818.50285	207.41425	8.767	0.00006
B	9.02692	0.72774	12.404	0.00001
C	0.03813	0.00398	9.587	0.00004

Soma de quadrados da regressão = 26.28331

Soma de quadrados do resíduo = 0.2489791

Coef. de Determinação = 0.991

Variável Dependente = **ALTURA JUNCEA**

Iterações Executadas = 9

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coefficientes	Desvios	T	Signif.
A	385.04567	10.09634	38.137	0.00000
B	4.01490	0.36695	10.941	0.00000
C	0.02812	0.00227	12.410	0.00000

Soma de quadrados da regressão = 215664.4

Soma de quadrados do resíduo = 1109.760

Coef. de Determinação = 0.995

Variável Dependente = **TAXA DE COBERTURA DE SOLO JUNCEA**

Iterações Executadas = 8

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coefficientes	Desvios	T	Signif.
A	102.89506	3.25715	31.590	0.00000
B	3.90321	1.00952	3.866	0.00308
C	0.11170	0.01737	6.432	0.00018

Soma de quadrados da regressão = 12361.01

Soma de quadrados do resíduo = 243.7676

Coef. de Determinação = 0.981

**- C. mucronata**

Dependente = **LN IAF**

Independente DAP

Parâmetros da Regressão

Nome	Coeficiente	Desvio-Padrão	Valor de T	Coef. Beta	Probab.
Constante	-0.518551E+01				
DAP	0.114542E+00	0.159604E-01	7.176622	2.973901	0.0002
DAP <sup>2</sup>	-0.407759E-03	0.773228E-04	-5.273468	-2.185258	0.0009
R2	0.948830				
R2 ajustado	0.931773				

Análise de Variância

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Probab.
Devido a Regressão	2	46.55098	23.27549	55.63	0.0001
Independente	6	2.510488	0.4184147		

Variável Dependente = **LN FITOMASSA**

Iterações Executadas = 22

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	1650.40896	332.56796	4.963	0.00127
B	11.67322	0.64376	18.133	0.00000
C	0.02664	0.00272	9.801	0.00003

Soma de quadrados da regressão = 64.78261

Soma de quadrados do resíduo = 0.4919824

Coef. de Determinação = 0.992

Variável Dependente = **ALTURA MUCRONATA**

Iterações Executadas = 15

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	238.51974	2.70896	88.048	0.00000
B	8.60899	0.60113	14.321	0.00000
C	0.03179	0.00114	27.904	0.00000

Soma de quadrados da regressão = 97201.92

Soma de quadrados do resíduo = 70.62708

Coef. de Determinação = 0.999

Variável Dependente = **TAXA DE COBERTURA DE SOLO MUCRONATA**

Iterações Executadas = 21

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	107.08305	2.80187	38.218	0.00000
B	16.51818	2.76356	5.977	0.00028
C	0.08263	0.00556	14.862	0.00000

Soma de quadrados da regressão = 14743.20

Soma de quadrados do resíduo = 23.83849

Coef. de Determinação = 0.999

**- C. spectabilis**

Dependente = **LN IAF**

Independente DAP

Parâmetros da Regressão

Nome	Coefficiente	Desvio-Padrão	Valor de T	Coef. Beta	Probab.
Constante	-0.337099E+01				
DAP	0.974446E-01	0.158231E-01	6.158389	3.233842	0.0004
DAP <sup>2</sup>	-0.368065E-03	0.766572E-04	-4.801437	-2.521291	0.0015
R2	0.917831				
R2 ajustado	0.890441				

Análise de Variância

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Probab.
Devido a Regressão	2	27.56159	13.78079	33.51	0.0006
Independente	6	2.467458	0.4112429		

Variável Dependente = **LN FITOMASSA**

Iterações Executadas = 15

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coefficientes	Desvios	T	Signif.
A	993.27060	181.14905	5.483	0.00077
B	9.88420	0.95907	10.306	0.00002
C	0.03440	0.00475	7.242	0.00018

Soma de quadrados da regressão = 35.90763

Soma de quadrados do resíduo = 0.5727414

Coef. de Determinação = 0.984

Variável Dependente = **ALTURA SPECTABILIS**

Iterações Executadas = 10

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coefficientes	Desvios	T	Signif.
A	190.74946	1.61142	118.374	0.00000
B	6.51757	0.29391	22.176	0.00000
C	0.03248	0.00089	36.418	0.00000

Soma de quadrados da regressão = 61160.54

Soma de quadrados do resíduo = 31.81598

Coef. de Determinação = 1.000

Variável Dependente = **TAXA DE COBERTURA DE SOLO SPECTABILIS**

Iterações Executadas = 9

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coefficientes	Desvios	T	Signif.
A	106.64720	3.91002	27.275	0.00000
B	9.45591	2.13492	4.429	0.00152
C	0.08163	0.00891	9.166	0.00002

Soma de quadrados da regressão = 14910.15

Soma de quadrados do resíduo = 82.07702

Coef. de Determinação = 0.995

**- C. ochroleuca**

Dependente = **LN IAF**

Independente DAP

Parâmetros da Regressão

Nome	Coeficiente	Desvio-Padrão	Valor de T	Coef. Beta	Probab.
Constante	-0.402051E+01				
DAP	0.913050E-01	0.135094E-01	6.758648	2.931331	0.0003
DAP <sup>2</sup>	-0.322695E-03	0.654481E-04	-4.930547	-2.138456	0.0013
R2	0.943945				
R2 ajustado	0.925260				

Análise de Variância

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Probab.
Devido a Regressão	2	30.28789	15.14395	50.52	0.0002
Independente	6	1.798611	0.2997686		

Variável Dependente = **LN FITOMASSA**

Iterações Executadas = 11

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	1297.90138	158.98891	8.163	0.00009
B	10.86534	0.48164	22.559	0.00000
C	0.02956	0.00217	13.641	0.00000

Soma de quadrados da regressão = 51.11640

Soma de quadrados do resíduo = 0.2134222

Coef. de Determinação = 0.996

Variável Dependente = **ALTURA OCHROLEUCA**

Iterações Executadas = 10

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	274.67830	6.02285	45.606	0.00000
B	5.35045	0.45087	11.867	0.00000
C	0.02750	0.00169	16.285	0.00000

Soma de quadrados da regressão = 116442.7

Soma de quadrados do resíduo = 307.3328

Coef. de Determinação = 0.997

Variável Dependente = **TAXA DE COBERTURA DE SOLO OCHROLEUCA**

Iterações Executadas = 20

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	111.32465	4.70062	23.683	0.00000
B	6.12856	0.83711	7.321	0.00008
C	0.06193	0.00585	10.584	0.00001

Soma de quadrados da regressão = 13269.53

Soma de quadrados do resíduo = 46.81221

Coef. de Determinação = 0.996

**- C. breviflora**

Dependente = **LN IAF**

Independente DAP

Parâmetros da Regressão

Nome	Coeficiente	Desvio-Padrão	Valor de T	Coef. Beta	Probab.
Constante	-0.430732E+01				
DAP	0.984339E-01	0.192960E-01	5.101267	3.252938	0.0011
DAP <sup>2</sup>	-0.377749E-03	0.934823E-04	-4.040866	-2.576749	0.0034
R2	0.878829				
R2 ajustado	0.838438				

Análise de Variância

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Probab.
Devido a Regressão	2	26.61372	13.30686	21.76	0.0018
Independente	6	3.669457	0.6115761		

Variável Dependente = **LN FITOMASSA**

Iterações Executadas = 72

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	718.63527	156.03014	4.606	0.00183
B	10.74226	1.21197	8.863	0.00006
C	0.03551	0.00553	6.416	0.00034

Soma de quadrados da regressão = 40.81117

Soma de quadrados do resíduo = 0.8401454

Coef. de Determinação = 0.980

Variável Dependente = **ALTURA BREVIFLORA**

Iterações Executadas = 10

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	130.10711	1.86463	69.777	0.00000
B	9.66930	1.22696	7.881	0.00002
C	0.04461	0.00266	16.769	0.00000

Soma de quadrados da regressão = 31707.91

Soma de quadrados do resíduo = 71.47010

Coef. de Determinação = 0.998

Variável Dependente = **TAXA DE COBERTURA DE SOLO BREVIFLORA**

Iterações Executadas = 17

Parâmetros da Regressão

Parâmetros	Coeficientes	Desvios	T	Signif.
A	113.89513	5.54214	20.551	0.00000
B	12.61118	2.64874	4.761	0.00103
C	0.07050	0.00716	9.844	0.00001

Soma de quadrados da regressão = 14288.46

Soma de quadrados do resíduo = 47.57335

Coef. de Determinação = 0.997

**b) Resumo dos resultados das análises estatísticas (comparações dentro de cada local/época).**

**b.1 - Experimento Seropédica / primavera-verão**

Parâmetros	Quadrado Médio	
	Tratamento	Bloco
Produtividade de fitomassa aérea seca	2,307012*	0,03052031 <sup>ns</sup>
Teor de nitrogênio total	0,0257175*	0,00209333 <sup>ns</sup>
Acumulação de N total	51862,01*	170,4072 <sup>ns</sup>
Teor de fósforo	0,6390918*	0,00106646 <sup>ns</sup>
Acumulação de fósforo	13,08878*	0,1159966 <sup>ns</sup>
Teor de potássio	69,75066*	0,06455173 <sup>ns</sup>
Acumulação de potássio	5236,852*	17,68187 <sup>ns</sup>
Teor de cálcio	41,60747*	0,0142850 <sup>ns</sup>
Acumulação de cálcio	850,9241*	4,151761*
Teor de magnésio	1,085032*	0,0024316*
Acumulação de magnésio	79,95029*	0,5463270*
Produção de sementes	110196,0*	7,529960*
Índice de multiplicação de sementes	857,9576*	0,1178153*
Delta 15N	0,2128231*	0,006821595*
Taxa de FBN média	88,28910*	2,829920*
Quantidade de N derivado da FBN	49867,40*	75,62620*

<sup>ns</sup> Não Significativo ( $p > 0,05$ )

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ )

**b.2 - Experimento Seropédica / outono-inverno**

Parâmetros	Quadrado Médio	
	Tratamento	Bloco
Produtividade de fitomassa aérea seca	2,307012*	0,03052031 <sup>ns</sup>
Teor de nitrogênio total	0,0962098*	0,004976937 <sup>ns</sup>
Acumulação de N total	1167,659*	70,41220 <sup>ns</sup>
Teor de fósforo	0,1086959*	0,00081359 <sup>ns</sup>
Acumulação de fósforo	6,070660*	0,0944963 <sup>ns</sup>
Teor de potássio	22,36085*	0,5650495 <sup>ns</sup>
Acumulação de potássio	810,1237*	1,743919 <sup>ns</sup>
Teor de cálcio	26,99969*	0,03890838 <sup>ns</sup>
Acumulação de cálcio	350,3196*	0,9753359 <sup>ns</sup>
Teor de magnésio	0,4512563*	0,00453958 <sup>ns</sup>
Acumulação de magnésio	23,09020*	0,2752384 <sup>ns</sup>
Produção de sementes	1711078,0*	561,8590 <sup>ns</sup>
Índice de multiplicação de sementes	20616,63*	2,675367 <sup>ns</sup>
Delta 15N	0,1773088*	0,00900139 <sup>ns</sup>
Taxa de FBN média	35,45281*	1,799824 <sup>ns</sup>
Quantidade de N derivado da FBN	1171,342*	58,29788 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não Significativo ( $p > 0,05$ )

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ )

### b.3 - Experimento Paty do Alferes / primavera-verão

Parâmetros	Quadrado Médio	
	Tratamento	Bloco
Produtividade de fitomassa aérea seca	69,96019*	0,03592838 <sup>ns</sup>
Teor de nitrogênio total	0,04525*	0,009180*
Acumulação de N total	44942,48*	156,4738*
Teor de fósforo	0,4911752*	0,002258*
Acumulação de fósforo	82,22345*	0,3999168*
Teor de potássio	108,4706*	0,1156539 <sup>ns</sup>
Acumulação de potássio	24911,59*	53,51009 <sup>ns</sup>
Teor de cálcio	29,26067*	0,0263205 <sup>ns</sup>
Acumulação de cálcio	890,5654*	2,122037 <sup>ns</sup>
Teor de magnésio	1,390893*	0,0039799 <sup>ns</sup>
Acumulação de magnésio	182,6218*	0,1865729 <sup>ns</sup>
Produção de sementes	22992,81*	2,192940 <sup>ns</sup>
Índice de multiplicação de sementes	175,806*	0,1041461 <sup>ns</sup>
Delta 15N	0,05839078*	0,002386167 <sup>ns</sup>
Taxa de FBN média	14,05414*	0,5743293 <sup>ns</sup>
Quantidade de n derivado da FBN	36053,49*	132,3647*

<sup>ns</sup> Não Significativo ( $p > 0,05$ )

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ )

## - CAPÍTULO II.



Visão geral do experimento de repolho aos 60 dias após transplântio (momento da realização da 2ª adubação suplementar com “cama” de aviário).  
(Estação Experimental de Avelar – PESAGRO-RIO)



Visão geral do experimento de couve-flor: detalhe dos pré-cultivos no momento do corte.  
(Estação Experimental de Nova Friburgo – PESAGRO-RIO)





Visão geral do experimento de couve-flor: detalhe da palhada formada nos diferentes pré-cultivos.  
(Estação Experimental de Nova Friburgo – PESAGRO-RIO)



Detalhe da aplicação de N-Uréia enriquecida com  $^{15}\text{N}$ .  
(Estação Experimental de Nova Friburgo – PESAGRO-RIO)



Detalhe da inflorescência de couve-flor cultivar Teresópolis gigante, no momento da colheita. (Estação Experimental de Nova Friburgo – PESAGRO-RIO)

**- Resumo dos resultados das análises estatísticas.**

**a) Análise de Variância dos pré-cultivos (Experimento Repolho).**

Parâmetros	Quadrado Médio	
	Tratamento	Bloco
Produtividade de fitomassa aérea seca	95,160025*	0,183342 <sup>ns</sup>
Acumulação de N total	51234,3225*	51,200833 <sup>ns</sup>
Acumulação de fósforo	61,348056*	15,686656*
Acumulação de potássio	25029,613056*	689,642223*
Acumulação de cálcio	2978,9764*	5,305583 <sup>ns</sup>
Acumulação de magnésio	192,515625*	1,228958 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não Significativo ( $p > 0,05$ )

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ )

**b) Análise de Variância do experimento de repolho.**

Parâmetros	Quadrado Médio							
	Peso Médio	Produtividade	Matéria Seca	Acumulo de Nitrogênio	Acumulo de Fósforo	Acumulo de Potássio	Acumulo de Cálcio	Acumulo de Magnésio
<b>Bloco</b>	0,0015 <sup>ns</sup>	2,3889 <sup>ns</sup>	0,1206 <sup>ns</sup>	62,5435 <sup>ns</sup>	0,4759 <sup>ns</sup>	366,5227 <sup>ns</sup>	1,6168 <sup>ns</sup>	0,5143 <sup>ns</sup>
<b>Pré-cultivo</b>	2,1425*	3398,589*	17,1259*	9614,6845*	112,425*	24165,912*	281,3192*	33,0891*
<b>Sistema</b>	0,5000*	815,6761*	3,7607*	584,1362*	25,2050*	2313,3602*	35,1961*	3,1752*
<b>Pré-cultivo x Sistema</b>	0,8845*	1412,4613*	8,8726*	4992,5028*	60,5550*	5644,000*	209,1013*	24,3253*
<b>Erro (A)</b>	0,0023	3,4195	0,0737	46,7375	0,5907	143,7278	1,4818	0,4342
<b>Dose</b>	0,1405*	223,8728*	0,8224*	1610,8488*	9,9458*	1185,1146*	23,1200*	3,2005*
<b>Pré-Cultivo x Dose</b>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,2738 <sup>ns</sup>	0,0872 <sup>ns</sup>	36,2526 <sup>ns</sup>	0,0066 <sup>ns</sup>	13,7813 <sup>ns</sup>	0,0181 <sup>ns</sup>	0,0435 <sup>ns</sup>
<b>Sistema x Dose</b>	0,0050*	7,5078*	0,1188 <sup>ns</sup>	78,3126 <sup>ns</sup>	4,5085 <sup>ns</sup>	478,4871 <sup>ns</sup>	5,5778 <sup>ns</sup>	0,0018 <sup>ns</sup>
<b>Pré-Cult. x Sist. x Dose</b>	0,0288*	45,4581*	0,1697 <sup>ns</sup>	16,1312 <sup>ns</sup>	2,8203 <sup>ns</sup>	67,3961 <sup>ns</sup>	6,7345 <sup>ns</sup>	0,0036 <sup>ns</sup>
<b>Erro (B)</b>	0,0009	1,4437	0,1002	57,6492	0,9689	109,3014	1,7474	0,4795

<sup>ns</sup> Não Significativo ( $p > 0,05$ )

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ )

**c) Análise de Variância dos pré-cultivos (Experimento Couve-Flor).**

Parâmetros	Quadrado Médio	
	Tratamento	Bloco
Produtividade de fitomassa aérea seca	10,69727*	0,03363245 <sup>ns</sup>
Acumulação de N total	9256,399*	8,395302 <sup>ns</sup>
Delta 15N	97,10877*	0,4548729 <sup>ns</sup>
Acumulação de fósforo	84,10954*	0,0465266 <sup>ns</sup>
Acumulação de potássio	3815,404*	7,077617 <sup>ns</sup>
Acumulação de cálcio	540,5741*	0,5419125 <sup>ns</sup>
Acumulação de magnésio	108,5713*	0,1919928 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não Significativo ( $p > 0,05$ )

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ )

**d) Análise de Variância do experimento de couve-flor.**

Parâmetros	Quadrado Médio	
	Tratamento	Bloco
Peso médio da inflorescência	0,299840*	0,001473*
Produtividade de inflorescências	470,47*	2,163333 <sup>ns</sup>
Diâmetro inflorescência	4,916667*	0,083333 <sup>ns</sup>
% Átomos 15N excesso	0,015389*	0,000034 <sup>ns</sup>
Teor de N total	0,718742*	0,010892 <sup>ns</sup>
Acumulação de N total	19209,2475*	388,4625*
Eficiência de recuperação 15N	272,041667*	11,595 <sup>ns</sup>
Teor de fósforo	0,027206 <sup>ns</sup>	0,195423 <sup>ns</sup>
Acumulação de fósforo	107,15138 <sup>ns</sup>	39,20215 <sup>ns</sup>
Teor de potássio	28,032773*	2,07279 <sup>ns</sup>
Acumulação de potássio	18848,465175*	556,482608 <sup>ns</sup>
Teor de cálcio	21,087375*	0,892675 <sup>ns</sup>
Acumulação de cálcio	6027,392356*	287,09989 <sup>ns</sup>
Teor de magnésio	0,559823*	0,021873 <sup>ns</sup>
Acumulação de magnésio	161,458273*	1,997256 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não Significativo ( $p > 0,05$ )

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ )