

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

T E S E

POSSIBILIDADES DA ADUBAÇÃO VERDE DE INVERNO NA REGIÃO

SERRANA FLUMINENSE

CARLOS ANTONIO ALMEIDA BARRADAS

1992

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

POSSIBILIDADES DA ADUBAÇÃO VERDE DE INVERNO NA REGIÃO
SERRANA FLUMINENSE

CARLOS ANTONIO ALMEIDA BARRADAS

SOB ORIENTAÇÃO DOS PROFESSORES:

HELVÉCIO DE-POLLI

DEJAIR LOPES DE ALMEIDA

LUIS RODRIGUES FREIRE

Tese submetida como requisito
parcial para a obtenção do
grau de Magister Science,
área de concentração em
Ciência do solo.

ITAGUAÍ, RIO DE JANEIRO

OUTUBRO DE 1992

T E S E

**POSSIBILIDADES DA ADUBAÇÃO VERDE DE INVERNO NA REGIÃO
SERRANA FLUMINENSE**

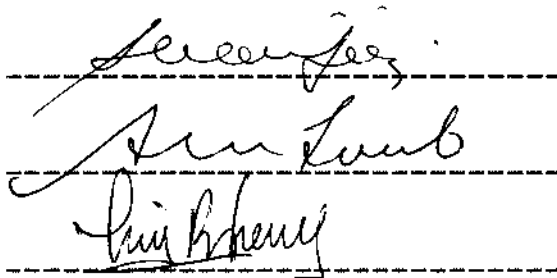
CARLOS ANTONIO ALMEIDA BARRADAS

Aprovado em: 16, 10, 92

Helvécio De-Polli

Sebastião Manhães Souto

Luis Rodrigues Freire



BIOGRAFIA DO AUTOR

Carlos Antonio Almeida Barradas, nascido em Nova Friburgo, Rio de Janeiro, cursou o 1º grau na Escola Municipal Odette Penna Muniz e o 2º grau no Colégio Estadual Jamil El-Jaick. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 1988.

Antes de iniciar o Curso de Mestrado em Ciência do Solo foi bolsista do CNPq nas modalidades de iniciação científica e aperfeiçoamento, trabalhando em microbiologia do solo no CNPq/EMBRAPA, sob orientação da Dra. Mariângela Hungria.

Atualmente, é Engenheiro Agrônomo da Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Rural de Teresópolis, Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Mariângela Hungria e à Dra. Maria Cristina Prata Neves pela orientação durante minha fase de iniciação científica e aperfeiçoamento técnico.

Aos Drs. Helvécio De-Polli, Dejair Lopes de Almeida e Luis Rodrigues Freire pela confiança e orientação proporcionada.

À EMBRAPA pelo apoio institucional e a seu pessoal, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Departamento de solos, seus professores e funcionários e à Clementina Moreira Alves por seu auxílio durante a realização das análises nos laboratórios.

À Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Nova Friburgo, pela cessão de sua área experimental.

Ao Marcelo de Freitas Lourenço e à Dorimar dos Santos Felix pela revisão bibliográfica.

À UFRRJ pela oportunidade de concluir os cursos de Agronomia e Mestrado em Ciência do Solo e ao CNPq pelo custeio deste projeto.

Aos amigos que de algumas forma contribuíram para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Conceito e histórico da prática da adubação verde.....	7
2.2. Adubação verde como fonte de matéria orgânica para o solo.....	9
2.2.1. Dinâmica da matéria orgânica.....	9
2.2.2. Balanço de carbono no solo.....	11
2.3. Importância da adubação verde nas propriedades do solo.....	12
2.3.1. Propriedades físicas.....	13
2.3.2. Propriedades químicas.....	17
2.3.2.1. Relação C/N e mineralização de nitrogênio.....	22
2.3.3. Atividade biológica.....	26
2.4. Proteção do solo e controle de plantas concorrentes.....	28
2.5. Características desejáveis em espécies de adubos verdes.....	30
2.6. Espécies utilizadas como adubos verdes.....	33
2.6.1. Leguminosas.....	33
2.6.2. Gramíneas.....	37

2.6.3. Outras espécies.....	39
2.7. Descrição morfológica e características agronômicas das espécies de adubos verdes selecionadas para o trabalho.....	40
2.7.1. Tremoços (<i>Lupinus sp</i>).....	41
2.7.1.1. Tremoço branco (<i>Lupinus albus</i>).....	41
2.7.1.2. Tremoço amarelo (<i>Lupinus luteus</i>).....	41
2.7.1.3. Tremoço azul (<i>Lupinus angustifolium</i>)....	42
2.7.2. Ervilhaca comum (<i>Vicia sativa</i>).....	43
2.7.3. Ervilhaca peluda (<i>Vicia villosa</i>).....	44
2.7.4. Chicaro (<i>Lathyrus sativus</i>).....	45
2.7.5. Azevém anual (<i>Lolium multiflorum</i>).....	46
2.7.6. Aveia-preta (<i>Avena strigosa</i>).....	46
2.7.7. Serradela flor rosa (<i>Ornithopus sativus</i>)....	47
2.7.8. Trevo vesiculoso (<i>Trifolium vesiculosum</i>)....	48
2.7.9. Trevo branco (<i>Trifolium repens</i>).....	49
2.7.10. Trevo branco comum (<i>Trifolium pratense</i>).....	50
2.7.11. Alfafa comum (<i>Medicago sativa</i>).....	51
2.7.12. Alfafa crioula (<i>Medicago sativa</i>).....	52
2.8. Uso de algumas espécies de adubos verdes de inverno para outras finalidades.....	52
2.9. Algumas considerações sobre o plantio e o manejo de adubos verdes.....	53
2.10. Alguns aspectos sobre a economicidade da prática da adubação verde.....	56

2.11. Problemas ambientais e toxicológicos atuais decorrentes do sistema de produção adotado na Região Serrana fluminense.....	59
2.12. A adoção da prática da adubação verde pelos agricultores da Região Serrana fluminense.....	61
3. LITERATURA CITADA.....	63
4. Comportamento de alguns adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....	83
4.1. Introdução.....	83
4.2. Material e métodos.....	85
4.3. Resultados e discussão.....	89
4.4. Conclusões.....	110
4.5. Literatura citada.....	111
5. Influência da incorporação de alguns adubos verdes de inverno e três doses de N na produção de alface "cv. Regina".....	131
5.1. Introdução.....	131
5.2. Material e métodos.....	133
5.3. Resultados e discussão.....	136
5.4. Conclusões.....	149
5.5. Literatura citada.....	150
6. Apêndice.....	160

ÍNDICE DE QUADROS

pg

QUADRO 01: Produção de matéria fresca e seca da parte aérea de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....	115
QUADRO 02: Produção de matéria fresca e seca de raízes de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....	116
QUADRO 03: Produção de matéria fresca e seca total (parte aérea + raiz) de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....	117
QUADRO 04: Nodulação e relação parte aérea/raiz de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....	118
QUADRO 05: Nitrogênio total acumulado na parte aérea e raiz de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....	119
QUADRO 06: Produção de matéria fresca e seca da parte aérea de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	122
QUADRO 07: Produção de matéria fresca e seca de raízes de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	123

QUADRO 08: Produção de matéria fresca e seca total (parte aérea + raiz) de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	124
QUADRO 09: índice de cobertura do solo e altura da parte aérea de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	125
QUADRO 10: Modulação e relação parte aérea/raiz de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	126
QUADRO 11: Nitrogênio total acumulado na parte aérea e raízes de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	127

- QUADRO 12: Acúmulo de matéria fresca, seca, nitrogênio total e porcentagem desse elemento na matéria seca da parte aérea de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea na época em que foram cortados e incorporados antes do cultivo da alface "cv. Regina"..... 153
- QUADRO 13: Número de folhas da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Avaliação realizada aos 30 dias após o transplântio das mudas..... 154
- QUADRO 14: Diâmetro médio (cm) da cabeça da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Avaliação realizada aos 30 dias O após o transplântio dasmudas..... 155
- QUADRO 15: Número de plantas invasoras/dm² nas subparcelas da alface "cv. Regina" após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Avaliação realizada aos 30 dias após o transplântio as mudas..... 156

- QUADRO 16: Diâmetro médio (cm) da cabeça da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas..... 157
- QUADRO 17: Peso fresco da cabeça da alface "cv.Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas..... 158
- QUADRO 18: Produtividade da matéria fresca da alface "cv.Regina" (kg/ha) após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas..... 159
- QUADRO 19: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 79 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense..... 160

QUADRO 20: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 119 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....	161
QUADRO 21: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 51 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	162
QUADRO 22: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 93 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	163
QUADRO 23: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 138 dias após a semeadura de 13 adubos verde de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	164
QUADRO 24: Análise da variância dos resultados do primeiro experimento do Capítulo 3.....	165

QUADRO 25: Análise da variância dos resultados do segundo experimento do Capítulo 3.....	166
QUADRO 26: Análise da variância dos resultados do segundo experimento do Capítulo 3.....	167
QUADRO 27: Porcentagem de cabeças da alface "cv. Regina" com diâmetro maior que 20cm cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas.....	168
QUADRO 28: Peso da matéria seca da cabeça da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas.....	169
QUADRO 29: Produtividade da matéria seca da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea com três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas.....	170
QUADRO 30: Análise de variância dos resultados do Capítulo 4.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 01: Nitrogênio Total acumulado (parte aérea + raiz) aos 79 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....120
- FIGURA 02: Nitrogênio Total acumulado (parte aérea + raiz) aos 119 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.....121
- FIGURA 03: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 51 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....128
- FIGURA 04: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 93 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....129

FIGURA 05: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 138 dias após a semeadura em 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense.....	130
---	-----

RESUMO

No período de junho/1989 a janeiro/1991 foram conduzidos na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Nova Friburgo-RJ, três experimentos de campo, onde foram avaliados o comportamento de 13 adubos verdes de inverno e a contribuição de alguns deles na produção de alface (*Lactuca sativa*) "cv. Regina".

O primeiro experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho-Amarelo com boas condições de fertilidade do solo e constou dos seguintes tratamentos: tremoço branco (*Lupinus albus*) "cvs. TRM 881, Multo Lupa Doce e Comum", tremoço amarelo (*Lupinus luteus*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), chícharo (*Lathyrus sativus*), serradela flor rosa (*Ornithopus sativus*), azevém anual (*Lolium multiflorum*), aveia-preta (*Avena strigosa*), trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*) "cv. Jacui 52", trevo branco (*Trifolium repens*) e trevo vermelho (*Trifolium pratense*) "cv. Achylesmariun".

O segundo experimento foi instalado em fins de maio no ano seguinte, constando dos adubos verdes cultivados no anterior mais ervilhaca peluda (*Vicia villosa*). Este experimento foi também instalado num Latossolo Vermelho-Amarelo, porém em outro local, com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio.

O delineamento experimental utilizado para os dois experimentos foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas tendo nas parcelas os adubos verdes e nas subparcelas, duas épocas de coleta para o primeiro experimento e três épocas, para o segundo. As dimensões de cada parcela foram de 2,0 X 2,5m, sendo usadas três repetições para cada tratamento.

Os adubos verdes que mais se destacaram, em condições de boa fertilidade do solo, foram as três cultivares de tremoço branco, o tremoço amarelo, a ervilhaca comum, a aveia-preta e o trevo vermelho. Em condições de níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio no solo, os que mais se destacaram foram as três cultivares de tremoço branco e a aveia-preta.

O terceiro experimento foi instalado num Latossolo Vermelho-Amarelo de boa fertilidade usando-se o delineamento experimental blocos ao acaso com parcela subdivididas, com seis repetições, constando da incorporação de tremoço amarelo (*Lupinus albus*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), aveia-preta (*Avena strigosa*) com e sem a remoção da parte aérea e vegetação espontânea nas parcelas e três doses de N: zero, 40 e 80 kg de N/ha, sob a forma de uréia, nas subparcelas. Os adubos verdes foram cortados aos 142 dias após sua semeadura bem como a vegetação espontânea e incorporados um mês a seguir, procedendo-se o preparo das subparcelas, de dimensões de 1,0 X 3,0m.

A alface (*Lactuca sativa*) "cv. Regina" foi transplantada para as subparcelas aos 20 dias após sua semeadura recebendo irrigação 4 a 5 vezes por semana. Os adubos verdes proporcionaram redução no nível de infestação de plantas concorrentes nas subparcelas e a alface não respondeu à aplicação de até 80kgN/ha.

O adubo verde que proporcionou os maiores ganhos na produtividade da alface foi a aveia-preta, provavelmente por ter sido o tratamento que mais alterou a relação do nitrogênio do solo com os demais nutrientes. A incorporação das raízes desta gramínea proporcionou tão bons resultados quanto sua parte aérea, mostrando que o papel deste órgão em sistemas de adubação verde certamente ultrapassa o valor da simples incorporação de sua massa.

ABSTRACT

Three field experiments were conducted at PESAGRO-RIO Experimental Station in Nova Friburgo-RJ, from June/1989 to January/1991, to evaluate the behavior of 13 winter green manure plants and its effects on the growth and production of lettuce "cv. Regina".

The first experiment was conducted in a Red Yellow Latossol (RYL) soil with a good fertility status having the following plant treatments: *Lupinus albus* "cvs. TRM 881, Multo Lupa Doce and Comum", *Lupinus luteus*, *Vicia sativa*, *Lathyrus sativus*, *Ornithopus sativus*, *Lolium multiflorum*, *Avena strigosa*, *Trifolium vesiculosum* "cv. Jacui 52", *Trifolium pratense* and *Trifolium repens*.

The second experiment was conducted in May/1990, having the same types of green manures listed above plus *Vicia villosa*. This experiment was conducted also on a RYL but in another place with low levels of phosphorus, calcium and magnesium.

In these two experiments it was used the split plot design, with three replication of 2.0 X 2.5m each plot.

The green manure plants with better performance in a good fertility soil were *Lupinus albus* (all cultivars), *Lupinus luteus*, *Vicia sativa*, *Avena strigosa* and *Trifolium pratense*. In a low level phosphorus, calcium and magnesium soil, the best green manure plants growth were for the three cultivars of *Lupinus albus* and *Avena strigosa*.

The third experiment was conducted in October/1990 also on RYL and used the split plot design with six replications of 3.0 X 1.0m in each plot. The treatments were *Lupinus luteus*, *Vicia sativa*, *Avena strigosa*, *Avena strigosa*, with the aerial plant removed and spontaneous weed all combined with three N fertilizer levels (0, 40 and 80kg/ha), as urea source, in a split plot. The green manure plants were cut with 142 days after sowing and plough down one month latter.

Lettuce seedling "cv. Regina" were transplanted to the permanent plots with twenty days old. Irrigation was provided 4 to 5 times a week. The best response to lettuce production was for the treatments with *Avena strigosa* even for the root alone incorporation. The lettuce plants did not show response to nitrogen fertilization up to the level of 80kg/ha when green manure and spontaneous weed were incorporated lower weed problems was observed in the green manured plots.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos algumas descobertas científicas acerca das alterações no meio ambiente causadas pela ação do homem, como é o caso da ruptura da camada de ozônio que protege a terra da emissão dos raios ultravioletas e o efeito estufa, que é o aquecimento global do planeta, têm reforçado o alerta à humanidade quanto à necessidade de se buscar um novo modelo de desenvolvimento econômico e social que esteja integrado com a proteção do meio-ambiente. A exploração das fontes usuais de energia, como o petróleo e o carvão mineral, e a perda de matéria orgânica dos solos têm causado aumento no nível de CO_2 e outros poluentes na atmosfera e que são responsáveis pelos problemas ambientais mais preocupantes de nossa época.

A agricultura moderna possui um papel relevante na alteração do meio ambiente por estar associada diretamente com a exploração dos recursos naturais e inclusão, pelo agrossistema, de insumos que interferem em seu equilíbrio. Visando minimizar este problema, algumas correntes têm defendido a adoção de técnicas de produção alternativas, sem a utilização de insumos que agredam diretamente o ambiente, mas que têm encontrado muita resistência não só devido ao

baixo nível de informação do agricultor e à facilidade de acesso aos insumos usados na agricultura convencional, como por outros entraves entre os quais pode ser mencionado a falta de dados experimentais regionalmente obtidos.

O desmatamento em regiões tropicais úmidas e subtropicais, associado à introdução de cultivos, é suficiente para que ocorra uma situação de desequilíbrio com aceleração da decomposição da matéria orgânica e a deterioração da estrutura do solo, provocando erosão e aumento da lixiviação de nutrientes, resultando numa rápida exaustão da fertilidade do solo (Ichiki *et al.* 1982).

Em algumas regiões do Estado do Rio de Janeiro, de colonização mais antiga, onde não se teve a preocupação de adoção de práticas agrícolas com a finalidade de manter a matéria orgânica do solo, tem sido verificado a exaustão da capacidade produtiva dos mesmos, com o raleamento da vegetação de cobertura e o afloramento de horizontes sub-superficiais. Nestas regiões ainda é bastante comum o produtor utilizar queimadas na época mais seca do ano a fim de promover novas brotações em pastagens, favorecendo o empobrecimento do solo. Dados recentes da EMATER-RJ indicam que só nas áreas agricultáveis do Estado são perdidos anualmente 13 milhões de toneladas de solo da camada mais superficial, o equivalente a 6400 ha, considerando-se 15cm de perda na camada mais fértil (Mueller, 1991).

A perda da matéria orgânica do solo provoca uma diminuição na disponibilidade de nutrientes, principalmente

de nitrogênio, que possui grande importância para a produção das culturas de interesse agrônomo por ser o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas e facilmente lixiviável. Estudos realizados por Jenny e colaboradores e citado por Stevenson (1982) sobre o efeito do clima nos níveis de matéria orgânica e nitrogênio do solo nos USA mostraram que o aumento da temperatura faz decrescer a quantidade de N no solo, o que explica a pobreza deste elemento nos solos tropicais.

Embora a recomendação de adubos orgânicos na agricultura brasileira seja uma prática antiga, a intensidade de sua utilização foi relativamente pequena até o início da elevação dos preços do petróleo, devido a intensificação da adubação mineral, através do incentivo governamental (Igue & Pavan, 1984). Num levantamento realizado no Estado do Rio de Janeiro, Almeida *et al* (1985) demonstraram que o uso de leguminosas pelos agricultores é incipiente e apontam que a falta de conscientização da sua importância, a pouca disponibilidade de sementes e a falta de divulgação dos resultados de pesquisa são as principais causas desse quadro.

A fixação biológica do nitrogênio na soja é um bom exemplo da capacidade das leguminosas em enriquecer o solo com esse elemento. No Brasil, anualmente são economizados cerca de 1,5 bilhão de dólares em adubos nitrogenados (EMBRAPA, s.d). Outras leguminosas têm demonstrado potencial de fixação de elevadas quantidades de nitrogênio, através da

simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, potencializando seu uso como adubo verde.

A inclusão do cultivo de leguminosas de inverno nos sistemas de produção agrícola com a incorporação da massa vegetal produzida antecedendo o cultivo de espécies não leguminosas, tem trazido inúmeros benefícios no ganho de produtividade dessas culturas, além de promover a conservação do solo e seu enriquecimento com nitrogênio (Lyon & Bizzel, 1934; Gallaher, 1977).

A Região Serrana fluminense responde por 83% da produção de olericultura do Estado do Rio de Janeiro (Fórum etc, 1992). Esta região, compreende os municípios de Duas Barras, Carmo, Cantagalo, Cordeiro, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Teresópolis, Nova Friburgo, Bom Jardim, Trajano de Moraes, Santa Maria Madalena e Sumidouro. O clima favorece o cultivo de espécies olerícolas que têm mercado garantido na região do Grande-Rio.

Embora a olericultura apresente bons níveis de rentabilidade para o produtor, os custos envolvidos na atividade são em geral bastante elevados devido a utilização intensiva de mão-de-obra, insumos e a necessidade de solos férteis e ricos em matéria orgânica para se atingir produções em quantidade e qualidade exigidos pelo mercado.

O fornecimento de nutrientes às plantas e carbono orgânico à atividade da biomassa microbiana assume um papel importante, neste sistema de exploração agrícola, já que

constituem-se no sustentáculo para torná-lo eficiente. A principal fonte externa de matéria orgânica utilizada pelos agricultores da região tem sido a cama de aviário. No entanto, a elevação dos preços deste insumo, motivada pela procura quase sempre superior à oferta e as dificuldades de transporte e distribuição nas áreas de produção, representam desestimulos a sua utilização.

A cama de aviário é uma importante fonte de nutrientes para as plantas (Miele & Milan, 1983). No entanto, seu uso abusivo tem merecido críticas pois, pode ser veículo de sementes de plantas concorrentes não digeridas pelo trato digestivo das aves e antibióticos e hormônios adicionados às rações comerciais, que podem ser absorvidos pelas plantas e cujos efeitos no organismo humano ainda permanecem desconhecidos. Além disso, as perdas de nitrogênio por volatilização são bastantes elevadas, o que pode ser facilmente verificado pelo forte cheiro de amônia nas zonas próximas onde há acúmulo desse insumo.

A adubação mineral é feita com frequência, usando-se os adubos formulados de plantio e cobertura, sem análise prévia da fertilidade do solo. A consequência é a geração de um desequilíbrio na disponibilidade dos nutrientes no solo e o aumento dos gastos com o tratamento fitossanitário das plantas, aumentando o nível de desequilíbrio do meio-ambiente (Chaboussou, 1987). Outro problema relacionado com o uso de formulados de cobertura e adubos nitrogenados simples é a elevação do nível de N do solo que pode causar

contaminação do lençol freático e de fontes de água usadas pelas comunidades, devido ao rápido movimento do N-NO_3^- no solo (Salcedo & Sampaio, 1984) e a contaminação de algumas hortaliças, principalmente as de folhas e raízes (Araújo & Midio, 1989) que são os principais produtos cultivados na região.

O cultivo de leguminosas e outras espécies com potencial de uso como adubos verdes constitui-se excelente alternativa para a geração de matéria orgânica, fornecimento de nitrogênio através da fixação biológica do nitrogênio e reciclagem de nutrientes de camadas mais profundas (Inforzato, 1947). A decomposição dos resíduos provenientes dos adubos verdes promove a liberação de N que se torna mais gradualmente disponível para as plantas que o proveniente do adubo mineral (Groffman *et al.*, 1987), podendo aumentar seu aproveitamento pelas plantas e evitar o consumo de luxo e o acúmulo de teores elevados de NO_3^- -N nas hortaliças, bem como reduzir o risco de contaminação dos corpos de água, através da lixiviação do nutriente.

Desta forma, torna-se importante estudar as espécies de adubos verdes, selecionar aquelas que apresentem maior capacidade de produção de massa vegetal e acumulação de nitrogênio nas condições de clima e solo da Região Serrana fluminense e avaliar o potencial de contribuição desta prática na produção das principais espécies olerícolas cultivadas pelos agricultores locais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceito e histórico da prática da adubação verde

Entende-se por adubação verde como sendo a prática de se incorporar ou deixar na superfície do solo uma massa vegetal produzida para este fim no próprio local ou em outro, sendo posteriormente transportada.

As referências mais antigas sobre a utilização desta prática são da China, na dinastia de Chou (1134-247 a.C). Os gregos e os romanos também fizeram referências ao emprego das leguminosas a vários séculos antes de Cristo (Miyasaka *et al*, 1983).

O início da compreensão científica sobre a eficiência dos adubos verdes como fertilizantes se deve a Hellriegel & Wilfath, através do isolamento e cultivo das bactérias presentes nas nodosidades das raízes das leguminosas (Kiehl & Galli, 1951; Kiehl, 1959). No entanto, o perfeito entendimento sobre a contribuição de nitrogênio por plantas desta família para as culturas subsequentes,

viria mais tarde, em 1900 (Fred et al, 1932). A partir de então a utilização de adubos verdes foi intensificada atingindo em 1940, 13 milhões de acres nos Estados Unidos (Roger & Giddens, 1957).

As primeiras recomendações de adubos verdes no Brasil foram feitas por D'Utra (1919), em seu trabalho: "Adubos Verdes: sua produção e modo de emprego". Neste trabalho, que foi publicado em 1919, D'Utra afirmava que o uso de plantas verdes para adubar o solo por meio de enterrio era um fato universalmente admitido, dependendo o êxito e a sua importância prática somente do estudo e da escolha das plantas a utilizar para tal fim, em cada região, segundo a natureza da cultura que se quer beneficiar e das diversas circunstâncias naturais e econômicas em que se opera."

Três décadas após a divulgação deste trabalho, o assunto voltou a merecer atenção de vários pesquisadores no Instituto Agrônomo de Campinas, destacando-se os trabalhos, na determinação de algumas leguminosas para uso como adubos verdes em várias localidades do estado de São Paulo (Neme, 1956).

O novo método de produção de nitrogênio, aperfeiçoado durante a Segunda Guerra Mundial, proporcionou uma eficiente e econômica fonte do fertilizante. A partir de então o interesse pelas leguminosas como adubos verdes declinou (Martin & Touchton, 1983). Entretanto, a produção de fertilizante nitrogenado requer grande quantidade de energia, cerca de 4,3 m³ de gás natural por quilograma de

nitrogênio amoniacal (Olson, 1977).

Nas duas últimas décadas, devido ao aumento no custo da energia, o interesse pelo uso das leguminosas como adubos verdes voltou a crescer. Muitos avanços foram realizados desde então, incluindo a introdução de novas cultivares de plantas e seleção de estirpes de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* mais eficientes na fixação biológica do N_2 para as diversas leguminosas usadas como adubos verdes.

2.2. Adubação verde como fonte de matéria orgânica para o solo

O material vegetal produzido pelo adubo verde, incorporado ou deixado em superfície, sofre uma série de transformações de caráter químico, físico, físico-químico e biológico, através do assédio e atividade dos organismos do solo. Como resultado, esse material transformado assume características e propriedades distintas daquele que o originou.

2.2.1. Dinâmica da matéria orgânica

A matéria orgânica nos solos consiste em uma mistura de resíduos de plantas e animais em vários estádios

de transformação, de substâncias sintetizadas química e biologicamente dos produtos da destruição, e de microorganismos e pequenos animais e seus restos decompostos (Demétrio, 1988). As plantas são a principal fonte de matéria orgânica no solo pois, entram em proporção mais elevada em sua formação.

Na decomposição do adubo verde pela ação dos microorganismos do solo ocorre perda substancial de carbono, em sua forma mais oxidada, CO_2 . A biomassa do solo imobiliza parte desse carbono sob a forma de carboidratos (Knap *et al*, 1983) mas que volta ao solo após o estabelecimento do equilíbrio biológico do mesmo.

Após o processo de decomposição da matéria orgânica, ocorre uma fase de estabilização, com a formação do húmus, compostos formados por polímeros acídicos, com estrutura central cíclica, peso e volumes moleculares variáveis (Demétrio, 1988).

O húmus pode ser definido como uma mistura complexa e muito resistente, constituído de substâncias amorfas, de coloração castanho ou castanho escuro, que foram modificadas bioquimicamente a partir dos tecidos originais ou sintetizados pelos diversos organismos do solo (Miyasaka *et al*, 1983). É relativamente estável ao ataque da microflora e microfauna autóctes e sua taxa de mineralização é da ordem de 1 a 3% por ano em solos minerais de regiões de clima temperado (Rosell & Miglierina, 1982). Para condições tropicais Dabin (1980), encontrou uma taxa de humificação

média dos materiais vegetais de 10 a 20%, e a taxa anual de mineralização variou de 1,7 a 4,0% em floresta e 0,5 a 1,3% em savana.

Os processos de humificação e mineralização ocorrem simultaneamente e dependem de uma série de fatores, como atividade microbiológica, qualidade e quantidade de matéria orgânica no solo, clima e vegetação de cobertura. O aporte constante de material vegetal no solo proporciona a manutenção destes dois processos, garantindo a oferta de nutrientes às plantas e os benefícios que o húmus proporciona ao solo como aumento do poder tampão e da capacidade de troca catiônica.

2.2.2. Balanço de carbono no solo

A quantidade de CO_2 que passa à atmosfera vindo da respiração vegetal, animal e microbiológica, é avaliada em 20 a 100 kg/dia por hectare (Miyasaka et al, 1983). Considerando-se um valor médio para esses números, cerca de 40 kg de CO_2 /dia por hectare, temos em um ano, uma respiração equivalente a 21,9 t de CO_2 , ou aproximadamente 6 t/ha de carbono.

Um adubo verde que produza 10 t/ha de matéria seca pode fornecer ao solo aproximadamente 6 t/ha de carbono. Assim, a utilização de adubos verdes a cada dois anos bem como o aproveitamento dos restos das culturas e das plantas

concorrentes, através de sua incorporação ao solo, neste período, garantem um aporte de material vegetal elevado e talvez suficiente para manter uma quantidade apreciável de matéria orgânica no solo.

Entretanto, é necessário ressaltar que uma série de fatores ligados ao clima e ao solo influenciam diretamente os processos envolvidos não só nas transformações que sofrem a matéria orgânica como na produção de massa vegetal a ser incorporada e, que devem ser consideradas, durante o manejo, a fim de se obter a maximização da eficiência desta prática.

2.3. Importância da adubação verde nas propriedades do solo

A prática da adubação verde consiste na produção da massa vegetal através do cultivo de uma espécie apropriada e, a seguir, pelo corte e adição desse material ao solo. Na fase de crescimento vegetal, as plantas promovem uma troca constante entre suas raízes e o solo, com absorção de água e nutrientes e a exsudação de substâncias orgânicas. Assim, além do efeito físico estruturador das raízes das plantas, as áreas próximas a estas ao receberem esses exsudatos sofrem alterações de caráter químico, físico, físico-químico e biológico.

2.3.1. Propriedades físicas

O manejo pode promover uma série de modificações nas propriedades físicas do solo, com exceção da textura que é bastante estável (Fernandes Medina & Leite, 1985).

A matéria orgânica humificada pode reter 4 a 6 vezes mais água que seu próprio peso (Miyasaka *et al*, 1983). Miyasaka *et al* (1966a) verificaram que a incorporação de capim gordura contribuiu para o aumento da retenção de água no solo. Resck e Pereira (1981) encontraram correlação positiva entre as produções de matéria seca da parte aérea e a capacidade de retenção de água no solo em diversos tratamentos com incorporação de adubos verdes, enquanto Resck *et al* (1982) obtiveram aumentos na capacidade de retenção de água num Latossolo até sete meses após a incorporação de diversos adubos verdes.

Estudos realizados por Kemper (1979) e Derpsch (1980) em Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo da região norte do Paraná revelaram aumentos dos índices de infiltração da água das chuvas após o uso de cobertura verde, demonstrando que a prática reduz a erodibilidade do solo.

O impacto das gotas das chuvas desestrutura a superfície do solo, deslocando as partículas do qual este é formado. Como consequência, ocorre a obstrução dos poros da superfície, com a redução da infiltração e aumento do

escoimento superficial. Assim, a simples dissipação da energia cinética das gotas das chuvas protege o solo da formação desta crosta superficial. A infiltração de água no solo também é aumentada pelo aumento do teor de matéria orgânica no solo (Wischmeier & Manering, 1969). Khatibu *et al* (1984) mediram perda de solo de 10,2% no tratamento sem cobertura e 0,01% nos tratamentos com "mulch".

Outro efeito importante da cobertura vegetal é a diminuição da amplitude térmica diária. Lazzarini *et al* (1967) demonstraram que num solo exposto, a oscilação da temperatura pode chegar a 30°C, a 5cm de profundidade, enquanto que em parcela dispostas ao lado e que receberam matéria orgânica, a oscilação da temperatura não passou em média de 10°C. Khatibu *et al* (1984) comparando o "mulch" com o tratamento sem cobertura, obteve para o primeiro máxima temperatura cerca de 6°C inferior na profundidade de 5cm.

Os resíduos orgânicos apresentam menor relação massa/volume do que a matriz do solo. Assim, a adição desse material determina prontamente a redução da densidade global da zona onde foi aplicado (De-Polli *et al*, 1990).

Os resultados obtidos sobre densidade do solo após a incorporação de massa vegetal tem confirmado essa afirmação. Ogbonna e Habbayad (1983) observaram uma diminuição da densidade volumétrica após a incorporação de massa vegetal, quando comparado com os valores obtidos antes do plantio nas estações seca e chuvosa.

Abboud & Duque (1986) obtiveram uma redução da densidade global num Podzólico Vermelho-Amarelo até 8 meses após a incorporação de mucuna-preta e *Crotalaria juncea*. Estes resultados foram mais pronunciados nos tratamentos com incorporação que naqueles onde as leguminosas foram mantidas na forma de cobertura morta. Wade & Sanchez (1983) após a incorporação de *Pueraria* e capim colônia observaram uma redução da densidade global de cerca de $0,09 \text{ g cm}^{-3}$, quando comparadas com o controle sem incorporação de resíduos. Estes autores também obtiveram redução na compactação do solo após a incorporação de 8 t/ha de *Pueraria* e capim colônia em um Podzólico com uma sequência de cultivo.

Assim, os resultados de pesquisa têm demonstrado que a incorporação de material vegetal reduz a densidade global do solo, através de um melhor arranjo das partículas do mesmo com os espaços vazios existentes, proporcionando melhores condições para o desenvolvimento das plantas com diminuição da compactação e da resistência do solo ao desenvolvimento das raízes, tubérculos e bulbos. Reeve et al (1973) estudaram várias propriedades físicas de 158 solos da Inglaterra e encontraram, através da análise de correlação, que a densidade global exerceu uma profunda influência sobre uma série de parâmetros estudados.

A cobertura vegetal incluindo a mata virgem mantém os agregados estáveis do solo (Leite & Fernandes Medina, 1984). Através de estudos de diferentes solos, tomando o Chernozem como padrão de comparação, pedologistas têm

pressuposto que a estabilidade da estrutura do solo não é afetada de maneira apreciável pela parte aérea dos vegetais e sim pela atividade de suas raízes (Joffe, 1955). Stevenson (1982) estudou a capacidade dos constituintes orgânicos em influenciar a agregação do solo enquanto Benoit *et al* (1962) observaram que o efeito agregador da incorporação de centeio, em um solo cultivado após o primeiro ano com uma rotação milho-feijão, dependeu de um bom desenvolvimento radicular, já que a incorporação somente da parte aérea não promoveu alteração neste parâmetro até o sexto ano de cultivo.

Embora o volume do sistema radicular das espécies de adubos verdes seja reduzido quando comparado com a parte aérea, é preciso atentar para o fato de o órgão atuar diretamente no solo durante todo o ciclo da cultura, sendo o veículo das trocas que ocorrem entre este e a parte aérea. As raízes das leguminosas são bastante profundas enquanto as das gramíneas são mais volumosas e concentradas na superfície. Segundo Inforzato (1947), o sistema radicular de *Leffrosia candida* alcançou 35t/ha, aos 5 anos de idade, sendo que 99% estavam nos primeiros 50 centímetros do solo. Kumar Rao *et al* (1983) verificaram efeito positivo, com aumento na produção de milho de 57% após plantio de guandu e posterior retirada de toda a parte aérea, atestando o importante efeito das raízes das plantas em sistemas de adubos verdes.

2.3.2. Propriedades químicas

O cultivo de espécies de adubos verdes pode aumentar a disponibilidade dos nutrientes no solo, através da redistribuição dos elementos no perfil, mineralização e solubilização pelo aumento da atividade microbiológica e fixação de nitrogênio por bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, *Acetobacter* e outras que estão presentes no sistema solo-planta. Ganhos de matéria orgânica e aumento na capacidade de troca catiônica têm sido frequentemente verificado após o uso de adubos verdes (Vitti *et al*, 1979).

O húmus atua como micelas coloidais complexas apresentando cargas negativas resultantes da exposição dos grupos COOH^- e OH^- . Devido a essas cargas e sua grande superfície específica, em estado amorfo, a matéria orgânica humificada possui uma elevada capacidade de troca catiônica. O poder tampão dos solos é função desta grandeza e solos mais ricos em matéria orgânica são mais resistentes à mudança de pH (Miyasaka *et al*, 1983).

Certos compostos orgânicos se ligam a íon metálicos, complexando-os. Este fenômeno é chamado de quelação e além de se constituir num processo importante de proteção contra a perda desses íons através da lixiviação, em determinadas condições podem torná-los disponíveis às plantas (Campbell, 1978).

Embora o cultivo de adubos verdes e a incorporação da massa vegetal produzida não altere em sua totalidade a quantidade dos nutrientes no solo, com exceção do N fixado e incorporado através dos resíduos das leguminosas, ocorre um estímulo à atividade da biomassa microbiana que tem um papel fundamental na disponibilidade dos nutrientes para as plantas. No entanto, sabe-se que os processos envolvidos na oferta de nutrientes no solo são bastantes complexos e responsáveis pelos resultados muitas vezes contraditórios existentes na literatura. Medcalf (1956) estudando a aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos, encontrou para cobertura com capim colonião (*Panicum maximum* L.) no decorrer do tempo, uma elevação do potássio, cálcio e fósforo na superfície do solo. Queda no teor de fósforo, após 3 anos de cultivo com leguminosas e um aumento significativo nos teores de potássio na superfície e diminuição nas camadas mais profundas, indicando uma redistribuição deste elemento no perfil foi observado por Hargrove (1986).

Miyasaka et al (1966b) verificaram, nos primeiros 20cm do solo, aumentos significativos em torno de 65% no teor de potássio, após a incorporação de sorgo. A incorporação de leguminosas também proporcionou considerável elevação dos teores desse elemento no solo de cerca de 35 e 24% para crotalaria e lab-lab, respectivamente. Segundo Aslander & Armolik (1965) a matéria orgânica proveniente de

gramínea pode favorecer a solubilidade do potássio e assimilação pela planta desse elemento.

Aumentos nos teores de Ca + Mg aos 90 dias após a incorporação de *Crotalaria juncea* L. foram obtidos por Andrade *et al* (1984). Chagas *et al* (1987) entretanto, não observou alteração do pH, Al, Ca + Mg, P e K do solo durante o desenvolvimento da cultura do feijão, cultivado após a incorporação dessa mesma leguminosa. Resultados contraditórios, com relação ao aumento na disponibilidade de nutrientes, após a incorporação de adubos verdes cultivados no próprio local, têm sido comuns na literatura. Isto se deve a complexidade dos fatores que estão envolvidos na dinâmica destes elementos no solo e à baixa sensibilidade dos métodos usados em sua determinação.

Alguns resultados de pesquisa têm demonstrado que o uso de adubos verdes pode aumentar a disponibilidade do fósforo nos primeiros centímetros do solo (Pacheco *et al*, 1975), ou aumentar o aproveitamento do elemento de fontes pouco solúveis, como o fosfato de rocha, devido a acidificação da rizosfera proporcionada pelo cultivo de leguminosas (Silva *et al*, 1985). A utilização de espécies de adubos verdes com elevada capacidade de formar associações com fungos micorrízicos pode não só contribuir para aumentar o potencial de inóculo desses fungos no solo como também proporcionar à cultura comercial maior disponibilidade do elemento, através da decomposição do material vegetal mais rico.

Gallo & Rodrigues (1960) observaram que a cobertura morta com leguminosas e gramíneas aumentou de modo sensível o teor de P nas folhas de citros, elevando a produção dos laranjais.

Em plantas deficiente de P ocorre acúmulo do elemento nas raízes. Isto é explicado pela hipótese de que as necessidades dos tecidos mais próximos das fontes supridoras de um dado metabólito escasso tendem a ser satisfeitos preferencialmente aos tecidos distantes dessa fonte (Brouner, 1962; Loneragan & Asher, 1969). Desta forma, as raízes podem conter apreciáveis quantidades dos nutrientes deficientes no solo.

Com relação ao pH, os resultados de pesquisas são muito contraditórios. Nyatsanga & Pierre (1973) em cultivo intensivo e sob condições controladas, calcularam que para compensar a acidez proporcionada pela fixação biológica do N₂ na alfafa ou soja, ambas próximas ao final do ciclo, seria necessário fornecer a um solo com baixo poder tampão o equivalente a 600 kg de CaCO₃/ha.

Miyasawa *et al* (1987) estudaram os efeitos da adição de resíduos de diversos adubos verdes de inverno, capim colônia e casca de café na reação de um Latossolo Roxo distrófico com pH original de 4,4. Todos os resíduos causaram elevação no pH, havendo maior destaque para os de leguminosas que para os de gramíneas. Os autores chegaram a conclusão de que a associação dos ácidos orgânicos solúveis com pK maior que o pH do solo, liberados dos tecidos

vegetais constitui-se em um processo importante que determina a capacidade dos resíduos das plantas em alterar o pH do solo.

O pH, além de estar relacionado com a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, controla os níveis do Al no solo. Hue & Amien (1989) observaram a capacidade de certas espécies de adubos verdes em diminuir o alumínio trocável na solução do solo. Hansen *et al* (1988) também verificaram que a adição de caupi proporcionou uma diminuição da atividade do alumínio na solução do solo e no aumento de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, enquanto que Hue *et al* (1986), citando outros autores, concluíram que dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular, o cítrico e o oxálico, são os mais fortes complexantes enquanto o málico e o malônico são moderados e o láctico e o succínico são fracos.

A maioria dos solos tropicais apresentam valores baixos de pH. A alteração do pH, através da incorporação de adubos verdes, parece depender principalmente da espécie a ser utilizada nesta prática e a capacidade tampão do solo.

A acidificação do solo é normalmente maior quando se cultiva leguminosas que gramíneas, devido a maior capacidade de fixação biológica do N_2 atmosférico, que resulta para a planta NH_3 , fazendo com que ocorra extrusão de prótons pelas raízes, para manter o equilíbrio de cargas. Da mesma forma, os adubos verdes de inverno, por terem originados em regiões de clima temperado e conseqüentemente,

terem sofrido uma seleção natural em solos menos ácidos e de maior fertilidade, parecem promover maior acidificação que as espécies tropicais. Entretanto, é necessário ressaltar, que os trabalhos com adubos verdes de inverno têm sido normalmente conduzidos em solos com valores de pH mais elevados que aqueles usados em ensaios com espécies tropicais e que tendem a apresentar menor capacidade tampão.

2.3.2.1. Relação C/N e mineralização de nitrogênio

A relação C/N de um material dá idéia de sua resistência à decomposição, ou seja, quanto mais alta mais resistente será esse material (Fassbender, 1975). Esta relação é elevada no material fresco e vai diminuindo à medida que esta se decompõe, estabilizando-se em torno do valor 10 para o húmus (Trocme & Grass, 1979).

A disponibilidade de nitrogênio para as culturas é em geral governada pela relação C/N do solo e do material incorporado. A mineralização e a imobilização ocorrem simultaneamente, normalmente com o predomínio de um processo sobre o outro. Segundo Broadbent (1973), se a relação C/N for maior que 20-30, é maior a imobilização do elemento. Se esta relação for menor, ocorre predominância da mineralização e, conseqüentemente, disponibilidade de N para as plantas.

A porcentagem de nitrogênio do material incorporado também pode indicar a capacidade deste de promover maior imobilização ou liberação do elemento para as culturas. Frankenberger & Abdelmagid (1985), encontraram uma correlação maior entre a quantidade de N liberada no solo com a porcentagem de N da planta que com a relação C/N. Segundo Miyasaka (1984) se a matéria orgânica adicionada ao solo tiver menos de 1,5% de N, o amônio liberado é incorporado à biomassa microbiana, não havendo portanto, liberação do elemento para as plantas.

Pinck *et al* (1945), trabalhando em casa-de-vegetação, observaram que a aplicação de adubos verdes com relação C/N menor que 13,2 aumentou a porcentagem de recuperação do adubo nitrogenado em relação à testemunha e aos adubos verdes com C/N entre 35 e 60. Estes autores também observaram aumento na matéria orgânica no solo após seis cultivos, sendo este ainda maior onde N mineral foi aplicado, devido a uma maior produção de biomassa nesses tratamentos. Os adubos verdes de menor relação C/N contribuíram para maior acúmulo de carbono no solo.

Azam *et al* (1985), utilizando ^{15}N , verificaram que o N da parte aérea do adubo verde é preferencialmente retido na biomassa microbiana e nas frações húmicas do solo.

A rápida decomposição dos resíduos das leguminosas proporciona à cultura subsequente maior disponibilidade de nitrogênio, o que explica em muitos casos, o ganho na produtividade destas culturas. Ahlawat *et al* (1981)

estudaram o efeito do plantio anterior de leguminosas de grãos de inverno sobre a produção de milho e obtiveram aumento de produtividade em todos os tratamentos com relação ao pousio e o plantio de trigo.

Alguns resultados de pesquisa no sul dos Estados Unidos mostraram que o cultivo de leguminosas de inverno pode substituir parte ou todo o nitrogênio para a cultura do milho. Aumentos de até 318% na produção foram obtidos com o uso de trevo durante o inverno (Fleming *et al*, 1981).

Muzilli *et al* (1983) concluíram que a adubação verde com tremoço (*Lupinus albus* L.) foi boa alternativa para a recuperação da capacidade produtiva do solo e redução dos gastos com fertilizantes nitrogenados para o milho. Segundo Palaniappan *et al* (1979), *Lupinus arboreus* foi capaz de acumular 180 kg de N/ha em solos desgastados, promovendo crescimento vigoroso de espécies associadas após o quarto ano de cultivo. Quantidades de até 400 kg/ha de nitrogênio podem ser fixados por leucena, através da fixação biológica (Kluthcouski, 1980).

Resultados preliminares obtidos por Abboud e Duque (1986) indicaram que quantidades de até 11 toneladas de matéria seca e 285 kg de N/ha podem ser acumulados por feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*). Araújo & Almeida (1987) relataram que a adubação verde supriu as necessidades de N em quantidades equivalente à aplicação de até 80 kg de N/ha à cultura do milho na forma de uréia. Ebelhar *et al* (1984) também citam a diminuição da quantidade

de fertilizante nitrogenado requerida pelo milho após a incorporação de *Vicia villosa*, enquanto Kroontje & Kehr (1956) estimaram que essa leguminosa adicionou ao solo o equivalente a 100 kg de N/ha, aumentando significativamente a produção da cevada.

As leguminosas incorporam elevadas quantidades de nitrogênio ao solo, devido a fixação biológica do N_2 . Kumar Rao *et al* (1980) estimaram que 52% do N acumulado em guandu provém desta fonte, enquanto Groffman e colaboradores (1987) constataram disponibilidade mais gradual do N proveniente das leguminosas que o proveniente do fertilizante mineral, o que é favorável a uma boa nutrição das plantas, ao longo de seu ciclo.

Algumas gramíneas são capazes de estimular a atividade de microorganismos diazotróficos, que contribuem com parte do nitrogênio requerido por estas plantas. Urquiaga *et al* (1992), trabalhando com ^{15}N em cana-de-açúcar, estimaram que mais de 60% do N da planta poderia provir da fixação biológica, através da atividade desses microorganismos. Embora a constatação sobre a contribuição desses sistemas fixadores de N_2 atmosférico seja recente, as perspectivas de aperfeiçoamento dessas associações são promissoras e já apontam para a médio/longo prazo serem capazes de transformarem-se na principal fonte do nutriente para essas plantas.

2.3.3. Atividade biológica

O sistema radicular das plantas tem um papel importante na atividade da biomassa microbiana do solo. No período de crescimento e acumulação de massa vegetal, as raízes funcionam como agente de trocas entre a parte aérea e o solo, com a absorção de água e nutrientes e exsudação de compostos orgânicos elaborados pela planta.

A concentração de microorganismos na zona da raiz é muito mais elevada que a média do solo, devido a ação de substâncias liberadas por estas e sua própria decomposição (Martin, 1977). Demétrio (1988) encontrou em condições controladas e em casa-de-vegetação, aumento da biomassa microbiana ao adicionar adubo verde num Podzólico Vermelho-Amarelo série Itaguaí enquanto Fabrício *et al* (1984) observaram aumento no número de actinomicetos e bactérias no solo com a incorporação de leguminosas como adubos verde.

A atividade biológica aumenta a dinâmica dos nutrientes no solo. Alexander (1971) estimou a biomassa microbiana nos solos agrícolas em cerca de 0,24 a 2,4 g/kg de solo para fungos e 0,15 a 1,5 g/kg para bactérias. Segundo Freire *et al* (1987), as espécies de adubos verdes influenciam na quantidade de coprólitos no solo. Estes autores encontraram para feijão-de-porco 991 g/m² e para *Crotalaria spectabilis*, 77 g/m² de coprólitos.

A maior diversidade de microorganismos no solo é benéfica pois aumenta a competição com aqueles responsáveis pelas doenças das plantas cultivadas. Ferraz (1964) e Ferraz *et al* (1977) estudando o efeito da rotação de culturas e a adubação verde constatou aumento maior na tolerância do algodoeiro à fusariose após o primeiro ano de rotação com mucuna e amendoim.

Algumas espécies de adubos verdes têm mostrado efeitos sobre a população de nematóides fitopatogênicos do solo. Sharma *et al* (1984) e Sharma & Scolari (1984) verificaram uma diminuição da população de nematóides e agentes de fitomoléstias após o uso de adubos verdes. As crotalárias, mucunas e o guandu são os adubos verdes de verão que apresentam o melhor controle desses vermes no solo. Entre as de inverno, as gramíneas aveia-preta, centeio, azevém anual e cevada; as leguminosas alfafa e serradela flor rosa e a cariofilácea espérgula são as que têm sido mais promissoras (Calegari *et al*, 1992).

A adição da massa vegetal proveniente da parte aérea influencia a atividade biológica do solo. Young *et al* (1980) verificaram que a adição de *Hemathria altissima* e *Desmodium* estimulou a atividade de várias enzimas como a amilase, celulase e de nitrogenase e respiração. A atividade das enzimas do solo tem papel importante na decomposição das substâncias orgânicas usadas na agricultura convencional, como herbicidas, inseticidas, fungicidas e bactericidas. A incorporação de *Gliricidia sepium* diminuiu a

persistência e o período de toxicidade do DDT no solo (Mitra & Raghu, 1988). A adição de adubos verdes no solo promove ainda um aumento da capacidade de adsorção dos agrotóxicos podendo atuar também no aumento da velocidade de decomposição desses compostos (Edwards, 1975).

A adubação verde pode ser uma ferramenta importante, ao alcance do agricultor, contra a perda da capacidade produtiva dos solos de áreas onde se pratica agricultura intensiva, podendo contribuir para que esta atividade torne-se duradoura, alterando assim o caráter itinerante que têm marcado a atividade de exploração agrícola em muitas regiões do país.

2.4. Proteção do solo e controle de plantas concorrentes

A cobertura do solo pelo cultivo de espécies de adubos verdes e pelo "mulch" formado após o corte da massa vegetal o protege dos efeitos diretos da precipitação e insolação. A cobertura morta possibilita uma maior amenização da temperatura que a incorporação (Miyasaka *et al*, 1966a). Resultados obtidos por Derpsch & Calegari (1985) demonstraram que a massa vegetal deixada após o corte de aveia-preta na superfície do solo promoveu uma diminuição sensível na temperatura do mesmo, principalmente nos períodos de maior insolação. Walker (1969) e Hatfield & Egli

(1974) verificaram efeitos marcantes da temperatura do solo na atividade dos microorganismos.

Lombardi Neto *et al* (1975) verificaram que as práticas vegetativas chegam a controlar 77% das perdas de solo que podem chegar, segundo Souza (1984), a até 100 t/ha de solo no período das águas. Lombardi Neto *et al* (1987) num trabalho avaliando o efeito da quantidade de resíduos culturais nas perdas de solo e água em Latossolo Roxo encontraram que, para controlar cerca de 50% das perdas, foi necessária uma quantidade de resíduos de 2t/ha ou 46% de cobertura.

As espécies utilizadas como adubos verdes são normalmente rústicas e de crescimento rápido. Estas características as credenciam a competirem em água, nutrientes e luminosidade com as plantas concorrentes. A introdução da cultura do adubo verde promove ainda a quebra do ciclo das várias espécies que formam a vegetação espontânea impedindo-as de produzir e lançar sementes e propágulos vegetativos no solo, ao mesmo tempo em que parte do material de propagação existente no solo, perde sua viabilidade devido ao impedimento à sua germinação e desenvolvimento. Como consequência, tem-se uma menor infestação de plantas concorrentes no plantio da cultura subsequente.

As espécies de adubos verdes também exercem ação alelopática sobre as plantas concorrentes. Alelopatia é a inibição química exercida por uma planta (viva ou morta)

sobre a germinação ou desenvolvimento de outras (Lorenzi, 1984). Segundo Overland (1966) a ação alelopática é mais ou menos específica, cada planta tanto viva ou em decomposição, exerce inibição apenas sobre determinadas espécies de plantas concorrentes. Alguns adubos verdes apresentam ação alelopática sobre diversas invasoras comuns às lavouras da Região Serrana fluminense. O feijão-de-porco, as mucunas e a *Crotalaria juncea* apresentam efeito alelopático sobre a tiririca enquanto o picão preto, o picão branco e o capim carrapicho são mais controlados pelas mucunas preta e cinza (Callegari *et al*, 1992).

O conhecimento sobre a ação alelopática das espécies de adubos verdes sobre o desenvolvimento de plantas concorrentes deve se ampliar a curto prazo, visto ser uma área que apresenta grandes perspectivas quanto à geração de conhecimento e à crescente insatisfação da comunidade agrônômica pela inclusão no agrossistema de substâncias orgânicas com efeito herbicida.

2.5. Características desejáveis em espécies de adubos verdes

As espécies utilizadas como adubos verdes, como o próprio nome sugere, devem promover melhorias no solo, elevando a produtividade das culturas comerciais subsequentes, sem exigir maiores tratos por parte do

agricultor. Embora seja difícil uma espécie que reúna todas as características desejáveis, é importante salientar que esta prática bem como o estudo do potencial das espécies nela utilizada, somente na última década foi retomada e que, portanto, ainda apresenta excelentes perspectivas quanto ao emprego dos recentes avanços do melhoramento vegetal.

Embora o número de espécies vegetais na natureza seja muito grande, apenas algumas possuem potencial para serem utilizadas como adubo verde. Isto se deve à necessidade destas espécies se destacarem com relação a uma série de características agronômicas de interesse a execução desta prática, tais como:

- maior acumulação de massa seca no menor espaço de tempo;
- germinação de semente e crescimento acelerado;
- tolerância à acidez, presença de alumínio e baixa fertilidade do solo;
- resistência à pragas e doenças;
- facilidade no corte e incorporação;
- capacidade de associação com microorganismos fixadores de N_2 e fungos micorrízicos;
- sistema radicular desenvolvido;
- facilidade de plantio e manejo na fase vegetativa;
- disponibilidade e custo baixo das sementes;
- capacidade de competição com a vegetação espontânea;

- efeitos positivos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo;
- capacidade de influir positivamente na produtividade das culturas comerciais subsequentes;
- possibilidade de outros usos, principalmente na alimentação humana e animal.

A escolha da espécie do adubo verde usualmente é função de suas características agronômicas, bem como das condições de solo e clima da região e dos objetivos a serem alcançados através da utilização desta prática. Alguns autores têm dado ênfase à produção de massa verde, como parâmetro principal a ser considerado na escolha de uma dada espécie de adubo verde. Segundo Faria *et al* (1981), este parâmetro nem sempre é o melhor para selecionar o adubo verde. Outros fatores como clima, solo, adaptação das espécies e capacidade de implementar melhorias no sistema agrícola devem ser consideradas.

A familiaridade do agricultor com relação às condições de sua propriedade é de grande importância na escolha da espécie de adubo verde. Aspectos relacionados a ecologia devem ser considerados. Freire *et al* (1987) recomendam que a escolha da leguminosa deve também considerar o seu efeito na atividade de oligoquetas terrestres, já que a presença destes organismos está intimamente relacionada com a atividade biológica do solo. De qualquer forma cabe à pesquisa colocar à disposição dos agricultores o máximo de informações sobre as técnicas

relacionadas com a adubação verde, fornecendo subsídios para que estes definam a espécie e o tipo de manejo mais adequados para seu caso.

2.6. Espécies utilizadas como adubos verdes

Atualmente uma série de espécies já foram estudadas quanto seu valor como adubos verdes. Dentre as famílias mais importantes, destacam-se:

2.6.1. Leguminosas

A família das leguminosas têm sido preferidas para adubação verde devido à capacidade destas de se associarem simbioticamente com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* que fixam o nitrogênio atmosférico. Nesta simbiose ocorre uma integração das mais perfeitas e elaboradas entre os simbiossiontes. No entanto, o potencial de fixação do N_2 é substancialmente maior que as taxas de fixação realmente observadas (Dobereiner, 1978), abrindo perspectivas quanto ao seu aperfeiçoamento e aumento de sua eficiência, objetivando o aumento da participação desta fonte na nutrição nitrogenada das leguminosas.

A nodulação das leguminosas e o perfeito funcionamento da fixação biológica do N_2 são dependentes de uma boa nutrição das plantas. Franco & Munns (1982)

verificaram uma diminuição apreciável da nodulação de *Phaseolus vulgaris* L. quando diminuíram o pH de 5,5 para 5,0 e que em, solução nutritiva, a iniciação nodular foi severamente inibida em pH abaixo de 5,4, havendo uma diminuição no tamanho dos pêlos radiculares e na colonização das bactérias embora isto não tenha explicado a inibição da nodulação.

A nodulação da maioria das leguminosas tropicais utilizadas como adubos verdes é normalmente espontânea nos nossos solos (Franco, 1985 e Chada e De-Polli, 1985). No entanto, dados obtidos no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (1980/1981), indicam que, no primeiro ano de cultivo, a nodulação foi menor do que o segundo plantio para uma série de espécies, devido à baixa população do *Rizóbio* específico no solo, indicando uma possível necessidade de inoculação em condições de primeiro cultivo no cerrado. Donawa & Quilt (1981) verificaram resposta à inoculação em guandu em solo pobre em nutrientes e concluíram que a falta de fertilidade do solo pode comprometer a nodulação espontânea.

A nodulação e o crescimento de *Trifolium repens* foi mais sensível à acidez do solo que as leguminosas tropicais *Centrosema* sp e *Vigna unguiculata* (Munns, 1977). A presença de nitrogênio mineral em médias a altas concentrações no solo também afeta a fixação biológica do N₂. Entretanto, em pequenas concentrações, 0,5 a 1,0 mg de N/planta/dia, pode estimular a nodulação (Franco & Souto,

1984). Desta forma, uma pequena dose de arranque pode ser recomendada no plantio da leguminosa, para evitar que ocorra falta de N no período após o final das reservas cotiledonares e início efetivo da fixação biológica do elemento.

Andrew & Norris (1961) estudaram cinco leguminosas tropicais e quatro temperadas e observaram que as segundas são menos eficientes em absorver cálcio de um solo deficiente desse elemento. *Desmodium uncinatum*, extraiu 5,5 vezes mais cálcio que a leguminosa temperada mais eficiente, *Trifolium repens*. Estes autores também observaram que a nodulação nas espécies tropicais foi mais abundante e eficiente.

Em outro estudo com leguminosas tropicais e temperadas, Andrew (1976) observou a capacidade de *Macroptilum lathyroides* e *Stylosanthes humilis*, em nodular bem em pH em torno de 4,0 ao passo que as temperadas *Medicago sativa*, *M. trunculata*, *M. scutellata* e a tropical *Glycine wightii* obtiveram nodulação máxima em torno de 6,0.

Andrew (1978) classificou algumas espécies de leguminosas forrageiras quanto à sua tolerância aos fatores ligados à acidez, como baixo pH, baixo cálcio e excesso de Al. A espécie subtropical *Lotononis bainesii* e a tropical *Stylosanthes humilis* foram as que apresentaram maior tolerância a esses fatores enquanto a temperada *Medicago sativa* se mostrou menos tolerante. No entanto, tolerâncias intermediárias foram obtidas em ambos os grupos, tropicais e

temperadas.

Baligar *et al* (1985) obtiveram índices de tolerância (peso da matéria seca sem calagem X 100/peso da matéria seca com calagem) para várias espécies temperadas e encontraram como muito sensíveis os trevos branco e vermelho (entre 25 e 49) e tolerantes a soja var. Essex e *Lotus corniculatus* (entre 75 e 100). Resultados obtidos por Jessop & Mahoney (1982) mostraram que a faixa de pH entre 7 e 8 foi a que se mostrou mais favorável à nodulação e produção de matéria seca nas leguminosas *Vicia faba*, *Pisum sativum*, *Lupinus angustifolium* e *Cicer arietinum*. Islam *et al* (1980) encontraram que o pH 5,5 foi favorável a uma absorção equilibrada de todos os nutrientes para uma faixa grande de plantas enquanto Carvalho *et al* (1980) comparando seis espécies de *Stylosanthes* observaram que o maior rendimento esteve associado à redução da saturação de Al para menos de 5% da CTC em três solos ácidos da Austrália.

Embora a acidez do solo afete diretamente a fixação biológica do N₂ nas leguminosas, os resultados de pesquisa até aqui levantados parecem indicar que as temperadas sentem mais esta condição do solo que as tropicais. Isto pode estar relacionado à adaptação natural que estas espécies sofreram com as condições de solo e clima em seus respectivos lugares de origem. Munns & Fox (1977) demonstraram a tendência das leguminosas tropicais em responder mais a doses baixas ou serem afetadas em doses elevadas de calcário. Entretanto, esse comportamento não

deve ser generalizado para todas as espécies dos grupos tropical e temperado, havendo diferenças dentro de cada grupo.

O pH está relacionado com a disponibilidade dos nutrientes do solo e a solubilidade de elementos tóxicos, que inibem o crescimento das plantas. Dentre esses nutrientes, o fósforo, por estar associado aos processos que envolvem transferência de energia, mais especificamente ATP e na atividade da nitrogenase, sugere uma maior demanda em plantas dependentes da fixação biológica que as dependentes de N mineral (Franco, 1977).

Durante muito tempo, a prática da adubação verde esteve limitada ao uso de leguminosas devido a maior capacidade de fixação biológica do N_2 . Entretanto, a evolução do conhecimento do sistema solo-planta e suas inter-relações com o meio ambiente fez crescer o interesse pelo uso de espécies de outras famílias de plantas, que por suas características próprias, apresentam elevado potencial de uso como adubos verdes.

2.6.2. Gramíneas

Nos últimos anos o cultivo destas espécies para uso como adubos verdes tem merecido destaque devido à crescente conscientização dos técnicos quanto a importância da matéria orgânica no solo.

Embora estas espécies não apresentem a vantagem da fixação de elevadas quantidades de nitrogênio e, por isso, apresentem em sua matéria seca uma porcentagem mais baixa deste elemento podem contribuir com ganhos elevados de matéria orgânica no solo.

As principais vantagens do uso de gramíneas consiste na elevada acumulação de fitomassa em curto espaço de tempo e a capacidade de rebrota, fazendo com que estas espécies sejam recomendadas para produção de fitomassa para ser transportada e utilizada em outro local. Heinzmann (1985) trabalhando com culturas de inverno, concluiu que as coberturas não leguminosas podem deixar nos resíduos quantidades de N total iguais ou superiores às leguminosas, devido à sua elevada capacidade de absorção desse nutriente.

A decomposição das gramíneas no solo normalmente é mais lenta que as leguminosas, devido ao menor teor de N na planta. No entanto, em determinadas situações, isto pode ser desejável podendo aumentar o período de residência da matéria orgânica no solo. Em solos excessivamente adubados com nitrogênio, como é o caso de áreas onde ocorre a produção de hortaliças, a decomposição da massa vegetal adicionada pelas gramíneas pode ocorrer de forma mais rápida, já que a atividade microbiológica será estimulada pela abundância desse elemento.

Almeida (1991), trabalhando com a incubação de um horizonte A de um Latossolo Vermelho-Amarelo com materiais orgânicos e calcário por 103 dias, verificou que a adição de

cana-de-açúcar em dose equivalente a 70t/ha aumentou em 62,3% o C-total, 1935% a matéria orgânica leve, 16,6% os ácidos fúlvicos livres, 29,0% os ácidos fúlvicos ligados, 77,1% os ácidos húmicos e 54,3% a fração humina, em relação ao controle.

6.3. Outras espécies

Algumas espécies representantes de outras famílias de plantas também têm sido utilizadas como adubos verdes. Dentre essas destacam-se o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e a colza (*Brassica napus* L.) da família das crucíferas; o girassol (*Helianthus annuus* L.) da família *Compositae* e a espérgula (*Spergula arvensis* L.) da família das cariofiláceas (Derpsch & Calegari, 1985). No entanto, estas espécies têm se mostrado mais exigentes em fertilidade do solo, o que vem limitando seu cultivo em algumas regiões do País.

2.7. Descrição morfológica e características agronômicas das espécies de adubos verdes selecionadas para o trabalho

Um dos maiores problemas relacionados com o estudo da adubação verde é a difícil comparação entre os diversos parâmetros de produção avaliados, e que devem ou não, credenciar uma espécie como apta para ser utilizada em determinada região.

O potencial de produção de fitomassa depende de uma série de características intrínsecas da espécie utilizada e que foram desenvolvidas ao longo da evolução natural dos vegetais bem como via melhoramento vegetal com a obtenção de cultivares mais adaptadas. Desta forma, antes da escolha da espécie de adubo verde a ser utilizada, tais características devem ser apreciadas e constatadas com o agrossistema que se quer beneficiar, a fim de se obter o máximo de eficiência da prática e o esperado benefício após a introdução da cultura comercial.

2.7.1. Tremoços (*Lupinus sp*)

O tremoço é uma leguminosa herbácea anual de crescimento ereto. Apresentam folhas digitadas e as inflorescências em racemo multiflores terminais; flores hermafroditas bilabiadas, com dez estames originando um tubo

que engloba um estilete curvo. Frutos em forma de vagem ou legúmen, com duas a sete sementes ovais a subquadradas (Calegari *et al*, 1992).

2.7.1.1. Tremoço branco (*Lupinus albus*)

O tremoço branco apresenta flores brancas e, algumas vezes, com tonalidade azulada. As sementes são branco-amareladas, de forma circular e achatadas. O peso de mil sementes varia de 350 a 400g e seu ciclo médio é de 170 dias, da semeadura até a colheita. Produtividades de até 6,72 t/ha de matéria seca têm sido obtidas nos cultivos em Chapecó-SC (Monegat, 1991).

2.7.1.2. Tremoço amarelo (*Lupinus luteus*)

O tremoço amarelo apresenta flores amarelas e sementes menores que as do tremoço branco, sendo de formato arredondada e com pontos pretos e marrons contra um fundo branco-amarelado. O peso de mil sementes varia de 120 a 150g e apresenta um ciclo médio de 190 dias (Scherer, 1982). O rendimento de matéria seca pode ultrapassar a 8,0 t/ha, caso o plantio seja feito em abril (IAPAR, 1980; citado por Calegari *et al*, 1992).

2.7.1.3. Tremoço azul (*Lupinus angustifolium*)

O tremoço azul caracteriza-se por apresentar cotilédones azulados e folíolos afinados, podendo apresentar flores azuis, branco-azuladas, branco-róseas ou violáceas. Dentre as espécies de tremoço é a que apresenta maior resistência ao frio, suportando até -8°C. Normalmente, a diferenciação floral é bastante tardia, com ciclo mais longo que os tremoços branco e amarelo. As sementes são normalmente arredondadas, ovaladas, pesando de 0,13 a 0,18g em média (Calegari *et al*, 1992).

A floração pode se dar a partir dos 100 dias após o plantio, prolongando-se por mais de um mês de acordo com as condições edafo-climáticas. Produtividades de até 8,3 t/ha de matéria seca foram obtidas por Dal Bo & Becker (1987), na Estação Experimental da EMPASC, em Videira-SC.

Os tremoços são espécies com excelente potencial de produção de fitomassa, devido ao seu rápido crescimento e porte elevado. Apresentam uma elevada capacidade de fixar nitrogênio e também de reciclar fósforo (Loneragan & Asher, 1969; Gardner *et al*, 1981).

A semeadura deve ser feita de março a junho, preferencialmente em linhas espaçadas de 25 a 35cm para adubação verde e 50cm para produção de sementes, com 10 a 12 plantas por metro linear.

As restrições quanto à implementação do cultivo do tremoço para adubação verde estão ligadas a questões sanitárias. No Brasil, as principais doenças da cultura são a antracnose (*Glomerella cingulata*), a fusariose (*Fusarium oxysporum*), rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) e a pleugueta (*Phliochaeta setosa*). Desta forma, deve-se evitar o cultivo do tremoço para adubação verde antecedendo culturas comerciais que apresentam suscetibilidade a esses agentes patogênicos.

2.7.2. Ervilhaca comum (*Vicia sativa*)

A ervilhaca comum é uma leguminosa herbácea, glabra, de talos finos, angulosos, flexíveis, mais ou menos prismáticos; caules quadrangulares, decumbentes e trepadores, com até 1m de comprimento; folhas alternas compostas, com numerosos folíolos e gavinha terminal. Possui flores geralmente pareadas nas axilas das folhas, em forma de rácemo, com número variável de flores, subsésseis, com 1,8 a 3cm de comprimento, de cor violeta-purpúrea ou, raramente brancas. As vagens são quase cilíndricas, pouco comprimidas, com 2,5 a 7,0cm de comprimento e 5 a 8mm de largura, marrons, com 4 a 12 sementes globosas, lisas e de cor verde acinzentadas (Calegari *et al*, 1992).

Apresenta um ciclo médio normalmente superior a 200 dias (Amado *et al*, 1987), hábito de crescimento prostrado e boa cobertura do solo; produz forrageira de alto valor nutritivo e excelente palatabilidade, sendo recomendado seu uso na alimentação animal, combinado com outras espécies, principalmente gramíneas (Derpsch & Calegari, 1985). Rendimentos médios de até 5,5 t/ha de matéria seca foram obtidos em diferentes áreas e glebas na Estação Experimental da EMPASC, em Chapecó-SC (Monegat, 1991).

2.7.3. Ervilhaca peluda (*Vicia villosa*)

A ervilhaca peluda é uma leguminosa mais ou menos pilosa, de talos trepadores que podem alcançar mais de 1m de comprimento; folhas ramificadas geralmente com 8 a 10 pares de folíolos; estípulas pequenas; inflorescências com inúmeras flores dispostas de um só lado, de coloração mais ou menos violácea; vagens achatadas, lisas, de cor escura ou preta, pouco arredondadas com 3,5 a 4mm de diâmetro (Calegari *et al*, 1992).

Esta leguminosa apresenta produtividade e características agronômicas bem próximas à ervilhaca comum, apresentando porém um ciclo um pouco mais longo.

2.7.3 Chicharo (*Lathyrus sativus*)

O chicharo é uma planta anual da família das leguminosas, glabra, trepadora ou prostrada, com caules largos-alados bastante compridos, folhas alado pecioladas, compostas de um par de folíolos linear lanceoladas até 8cm de comprimento, terminando em gavinhas. Flores grandes, brancas, algumas vezes variegadas de vermelho, rosa, roxo ou azul. O fruto é uma vagem ovalada, comprida, glabra, contendo de 1 a 4 sementes globosas brancas ou branca-amareladas (Derpsch & Calegari, 1985).

O ciclo completo da cultura depende da variedade e condições climáticas, variando em torno de 180 dias (Dal Bo & Becker, 1987). Além da adubação verde, pode ser utilizado para alimentação animal pois possui uma composição muito rica em proteínas e conteúdo de graxas aceitáveis (Calegari *et al*, 1992). Entretanto, para isto há necessidade de se fazer um tratamento dos grãos por lixiviação para extrair as substâncias tóxicas (Aykroyd & Dugthy, 1982; citados por Monegat, 1991).

Os rendimentos de matéria seca normalmente obtidos nos cultivos no Sul do País estão entre 4 a 6 t/ha (Monegat, 1991 & Calegari *et al*, 1992).

2.7.5. Azevém anual (*Lolium multiflorum*)

O azevém anual é uma planta da família das gramíneas, de hábito cespitoso, com crescimento próximo de 75cm, podendo chegar até 1m de altura, colmos cilíndricos, finos e glabros, com bainha estriada, lígula curta e esbranquiçadas e lâminas estreitas de 2 a 4mm de largura, glabras, de ápice agudo e cor verde lustrosa. Inflorescência com 15 a 20cm de comprimento, em espigas eretas, comprimidas e espículas aristadas (Calegari *et al*, 1992).

O cultivo do azevém é bastante utilizado na Região Sul do Brasil, visando a cobertura do solo e a alimentação do gado. Em comparação com a aveia, apresenta um crescimento inicial mais lento, apresentando, porém, um pastejo mais prolongado (Derpsch & Calegari, 1985).

O ciclo do azevém é pouco mais longo que o da aveia-preta, podendo chegar, em condições adversas, a até 250 dias após a semeadura (Amado *et al*, 1987). Estes autores obtiveram rendimentos de até 4,8 t/ha de matéria seca, em cultivos na Estação Experimental da EMPASC, em Ituporanga-SC.

2.7.6. Aveia-preta (*Avena strigosa*)

A aveia-preta é uma gramínea anual, cespitosa, de colmos cilíndricos, eretos e glabros. Apresenta

inflorescências em panícula com glumas aristadas, sendo o grão uma cariopse indeiscente, encoberto pela lema e páleas (Calegari *et al*, 1992).

Esta gramínea é largamente cultivada no Sul do País, podendo ser utilizada com o objetivo de produção de forragem, cobertura verde, morta e produção de grãos. A aveia-preta é uma espécie bastante rústica, com grande capacidade de perfilhamento e bastante precoce, apresentando um ciclo em torno de 180 dias.

A aveia-preta é bastante produtiva, podendo atingir rendimentos superiores a 8,5 t/ha de matéria seca (Monegat, 1991).

2.7.7. Serradela flor rosa (*Ornithopus sativus*)

Leguminosa de talos prostrados e pubescentes, atingindo até 1m de comprimento; folhas superiores sésseis, todas com 6 a 15 pares de folíolos oblongo-lanceolados e estipulados; flores em número de 3 a 5 sobre pedúnculos axilares mais compridos que as folhas, de coloração róseo-pálida, com estandarte estriado de violeta, folha bracteal igualando os cálices de dentes tão compridos quanto o tubo; legumes em lomentos geralmente encurvados, glabros, contendo de 2 a 3 sementes (Calegari *et al*, 1992).

A serradela flor rosa é uma planta anual bastante resistente ao frio, de desenvolvimento inicial bastante lento e ciclo em torno de 220 dias (Dal Bo & Becker, 1987). Pode ser utilizada para alimentação animal, apresentando uma forragem altamente nutritiva e palatável. Em função de seu ciclo demasiadamente longo, como adubo verde a serradela precisa ser semeada mais cedo para produzir suficiente fitomassa sem causar atrasos no plantio das culturas comerciais subsequentes (Calegari *et al*, 1992).

A produtividade da serradela flor rosa em Santa Catarina tem variado bastante. Dal Bo & Becker (1987) obtiveram 5,0t/ha de matéria seca em Ituporanga; enquanto Fischer & Dall'agnol (1985) apenas 3,2 t/ha. Entretanto, em Chapecó, a serradela flor rosa foi cultivada de 1985 a 1989, obtendo rendimento médio de 6,55 t/ha de matéria seca (Monegat, 1991).

2.7.8. Trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*)

O trevo vesiculoso é uma leguminosa anual, estolonífera com até 40cm de altura, de hastes simples ou ramificadas, eretas ou inclinadas; de raiz pivotante e profunda, cilíndrica, pubescente; pecíolos basais longos, cilíndricos e glabros; folhas trifoliadas com folíolos glabros, lanceolados e bordos serrilhado-dentados; flores numerosas, lanceoladas e acuminadas, corola rosa pálida ou

quase púrpura, ovário sésil, com 2 a 3 óvulos, com longos ponteiros; sementes arredondadas de diâmetro de 0,8 a 2mm. O trevo vesiculoso é uma planta não rasteira, com talos erguidos ou decumbentes, podendo apresentar raízes adventícias ao lado da pivotante (Duke, 1981).

O trevo vesiculoso normalmente produz de 6 a 8 t/ha de matéria seca, podendo ser efetuado mais de um corte. Apresenta um crescimento inicial lento e excelente capacidade de ressemeadura.

2.7.9. Trevo branco (*Trifolium repens*)

O trevo branco é uma leguminosa rasteira, estolonífera, com raízes pouco profundas; folhas compostas com folíolos ovais glabros, com bordo serrilhado e sem pilosidade, com manchas esbranquiçadas em forma de "V", erguidas, largamente pecioladas, trifoliadas; pecíolos de 1,5 a 2,5cm; estípulas membráceas, lanceoladas de até 1,5cm de comprimento; pedúnculos axilares solitários normalmente superando as folhas, de 5 a 30cm de comprimento, estriados. Inflorescências globosas ou em cabeças axilares sobre pedúnculos tão largos ou mais que as folhas. Flores pediceladas, brancas ou rosadas, com 8 a 12mm, delgadas. As inflorescências em capítulos, quando fecundadas, voltam-se para baixo, tornam-se róseas e vão escurecendo. Vagem linear, sésil, glabra e membrácea; sementes muito

pequenas de cor geralmente limão-pálido ou amarelas, com 1 a 1,5mm de comprimento e 0,9 a 1,3mm de largura (Calegari *et al*, 1992).

É a espécie de trevo mais cultivada em todo mundo, devido ao excelente comportamento sob condições de pastejo. É extremamente agressivo, tendendo a dominar a pastagem quando as condições edafo-climáticas são favoráveis. O trevo branco além de ser perene, é rasteiro, resistindo a altas lotações e pastoreio baixos, o que inclusive lhe é favorável em relação às gramíneas consorciadas. Normalmente produz de 3 a 4 t/ha de matéria seca.

2.7.10. Trevo vermelho (*Trifolium pratense*)

O trevo vermelho é uma leguminosa com até 70cm de altura, de raiz pivotante e profunda; hastes eretas ou inclinadas, cilíndricas, pubescentes; estípulas triangulares, acuminadas, ligadas ao pecíolo que são longos, cilíndricos e glabros; folhas trifoliadas com folíolos grandes, ovais ou elípticos, pouco pubescentes, com mancha clara no centro de forma variável; inflorescência em lindos capítulos terminais, ovóides de cor vermelha ou violeta; corola vermelha, com um tubo de 9 a 10mm formado pela soldadura de 5 pétalas e dos filetes com 8 estames inferiores; grãos ovóides, de cor amarela ou violeta (Calegari *et al*, 1992).

é uma planta geralmente de ciclo bianual, sendo menos exigente em fósforo que o trevo branco. O trevo vermelho produz elevada quantidade de fitomassa, podendo ser utilizada também como forrageira. Normalmente em cultivo associado com outras espécies apresenta boa capacidade de estabelecimento, devido sua boa ressemeadura natural. Entretanto, seu crescimento inicial é bastante lento. Sua produção de matéria seca está em torno de 5 a 7 t/ha.

2.7.11. Mucuna-preta (*Mucuna aterrimum*)

A mucuna-preta é uma leguminosa de crescimento rasteiro e indeterminado, ramos trepadores, folhas trifoliadas, de folíolos grandes e membranosos; inflorescências em ráceros axilares, compostas por flores grandes e brácteas caducas; cálice com quatro lóbulos, campanulado, corola violácea ou branca, estames diadelfos; vagem alargada, com 3 a 6 sementes globosas ou elípticas e comprimidas, exalbuminadas, duras, de coloração preta, com hilo branco, deiscentes após a completa maturação (Calegari *et al*, 1992).

É uma planta anual resistente à seca, à sombra e às temperaturas elevadas. Sua produção de matéria seca está em torno de 7 t/ha.

2.7.12. Alfafa crioula (*Medicago sativa*)

A alfafa crioula é uma leguminosa perene, de caules eretos ou às vezes decumbentes de até 1m, muito ramificados, glabros, com a parte superior piloso; rizoma vigoroso, com profunda penetração no solo; estípulas livres, com porções triangular-lanceoladas; folhas pinadas trifoliadas, folíolos obvalados e oblongos, oval ou linear; rácemo oval ou esférico, de 1 a 2,5cm de comprimento e 1 a 2cm de largura, axilares com 5 a 40 flores; pedúnculos delgados e firmes, corola amarela ou azul a púrpura ou violeta, com 6 a 15mm de comprimento (Duke, 1981).

A alfafa crioula é uma planta de elevado valor forrageiro, extensivamente cultivada em regiões temperadas e sub-tropicais. A produção de matéria fresca pode chegar a 75 t/ha/ano, obtidas através de 8 a 12 cortes (Duke, 1981).

2.8. Uso de algumas espécies de adubos verdes de inverno para outras finalidades

Algumas espécies de adubos verdes podem ser usadas na alimentação animal. As leguminosas utilizadas para essa finalidade são ricas em proteínas, fósforo e cálcio, devido a capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico e de reciclagem de nutrientes do solo (Calegari *et al.*, 1992). No entanto, as gramíneas têm sido preferidas devido

sua melhor palatabilidade, resistência ao pastejo direto e a menor exigência quanto às condições do solo.

As leguminosas temperadas mais usadas na alimentação animal são as ervilhacas comum e peluda, a alfafa, a serradela flor rosa, o trevo branco e o trevo vermelho. Dentre as gramíneas destacam-se a aveia-preta, o azevém anual e o centeio. O nabo forrageiro e a espérgula também podem ser usados com essa finalidade.

A maioria das espécies usadas como adubos verdes são melíferas. Dentre as de inverno, destacam-se os tremocos, as ervilhacas comum e peluda, a serradela flor rosa e os trevos, devido à maior quantidade de flores emitidas e à atração de abelhas.

Algumas leguminosas, como o tremoco branco e o chicharo também pode ser usada na alimentação humana, entretanto, apenas cultivares melhoradas para essa finalidade devem ser empregadas.

2.9. Algumas considerações sobre o plantio e o manejo de adubos verdes

A adubação verde poderá assumir um papel importante como prática agrícola para manutenção da matéria orgânica e fertilidade do solo. No entanto, para se obter máximo rendimento desta prática, há necessidade de se

atentar para algumas considerações acerca do manejo das espécies.

Quando se pretende cultivar exclusivamente adubos verdes, a época de plantio deve obedecer ao período de entressafra da cultura comercial e as características das espécies escolhidas para essa finalidade devem ser compatíveis com as peculiaridades da cultura de interesse comercial. As espécies tropicais quando semeadas de outubro a janeiro e as temperadas de março a junho acumulam elevadas quantidades de fitomassa. No entanto, algumas espécies podem ser semeadas de fevereiro a abril, nesse caso visando a incorporação do adubo verde antes do plantio da cultura comercial de verão. Devido a inúmeras vantagens, esse tipo de prática é atualmente bastante empregada na região sul do Brasil (Calegari *et al*, 1992).

As sementes das leguminosas devem ser inoculadas com o grupo de estirpes indicadas para cada espécie. A inoculação é uma prática simples e eficiente de se levar o *Rhizobium* ou *Bradyrhizobium* específico junto à semente (De-Polli & Franco, 1985) e não representa um ônus financeiro elevado para o agricultor. Kiehl & Galli (1951) demonstraram que o tremoço chega a dobrar sua produção de massa vegetal devido à inoculação das sementes.

O número de plantas/ha varia em função da capacidade de crescimento, cobertura do solo, tamanho, qualidade e disponibilidade das sementes a serem utilizadas no plantio. Derpsch & Calegari (1985) em seu trabalho "Guia

de plantas para adubação verde de inverno" recomendam a utilização de uma quantidade de sementes elevada a fim de se obter uma rápida cobertura do solo.

A época de corte deve ser aquela no qual se obtenha máxima acumulação de matéria seca. Segundo Franco & Souto (1984) a melhor época para realizar esta operação é a floração plena pois, nesta fase ocorre maior concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio. A incorporação de sementes de adubos verdes e propágulos vegetativos pode ser de interesse desde que não traga problemas de competição com a cultura comercial a ser posteriormente estabelecida.

A decomposição da massa vegetal depende além dos fatores de clima e solo, da quantidade e qualidade desse material. A *Crotalaria juncea* e o guandu são bastante lenhosos, contendo elevados teores de lignina e celulose em sua estrutura sendo, por isso, de decomposição mais lenta. A mucuna-preta e o lab-lab, por sua vez, decompõe-se mais rapidamente no solo, por serem mais ricas em nitrogênio (Campo *et al*, 1979). Segundo De-Polli & Chada (1989), o fornecimento de nitrogênio para o milho variou segundo o manejo adotado. Enquanto a mucuna-preta não apresentou diferença quando incorporada ou em cobertura, o feijão-de-porco e a crotalária foram melhores quando foi adotado o primeiro tipo de manejo.

O cultivo associado de várias espécies de adubos verdes pode trazer uma série de benefícios como melhor aproveitamento do solo e extensão do período de proteção da

cobertura vegetal para o caso de plantio não simultâneo de espécies de ciclos diferentes. Neste tipo de cultivo, é mais comum a utilização do consórcio entre leguminosas e gramíneas devido à transferência de N pelas leguminosas. Em sistemas de pastagens com trevo, esta leguminosa foi capaz de proporcionar incrementos de até 76 kg de N/ha em dois anos de experimento (Jefferies *et al*, 1981).

Num experimento para avaliar a interação entre *Paspalum dilatatum* e *Trifolium repens*, Pradhan & Tripathi (1985) verificaram que o crescimento da gramínea sem adubação com N mineral foi melhor quando consorciada com a leguminosa que quando sozinha, indicando que parte do N fixado nos nódulos foi transferida para a gramínea, provavelmente devido ao processo de senescência destes. Alguns dados de produção do CIAT (1983 e 1985) demonstram aumentos de até 44% no peso de animais em pastagens consorciadas em relação a pastagens com gramíneas exclusivamente. No entanto, a obtenção de um bom rendimento dos cultivos associados depende da perfeita interação entre as características agronômicas das espécies envolvidas.

2.10. Alguns Aspectos sobre economicidade da prática da adubação verde

A adubação verde tem sido recomendada para melhoria das condições químicas, físicas, físico-químicas e

biológicas do solo. No entanto, sua implementação apresenta um custo extra para o agricultor, devido ao plantio de uma determinada espécie, tratos culturais, seu corte e incorporação da massa vegetal produzida e, às vezes, perda de uma safra da cultura comercial, devido a ocupação da área pelo adubo verde.

Os problemas relacionados com a instabilidade de nossa economia, no que se refere a preços de insumos e dos produtos agrícolas, estes agravados ainda mais por suas características de sazonalidade, têm desestimulado os estudos sobre a economicidade da prática da adubação verde. Assim, poucos trabalhos enfocando o assunto estão a disposição na literatura científica agrônômica.

Numa análise econômica da utilização da adubação verde em São Paulo, nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim, Martin *et al* (1984) demonstraram que os agricultores da região estudada que utilizaram rotação de culturas e adubação verde com mucuna obtiveram mais do dobro de retornos obtidos que aqueles que não adotaram a mesma prática e que, em condições de clima desfavorável, aqueles produtores ainda obtiveram melhores resultados econômicos que estes, diminuindo o uso de insumos com a adoção da prática.

O retorno econômico já na cultura posterior à utilização da adubação verde normalmente depende da capacidade desta prática em modificar aqueles fatores que poderão limitar a obtenção de uma maior produtividade da

cultura econômica. Se estes fatores estiverem relacionados com as condições do solo e, particularmente com a matéria orgânica deste, tanto mais provável será o retorno econômico.

Por outro lado, a adubação verde proporciona uma série de benefícios ao solo que não podem ser medidos apenas pelo ganho de produção da cultura subsequente. Na avaliação do uso econômico dos adubos verdes, estes resultados não têm como serem relacionados, devido à complexidade dos fatores envolvidos, o que tem tornado incompleto os estudos desta natureza.

Em algumas regiões, nas quais as dificuldades de acesso dificultam a obtenção de insumos, como os adubos nitrogenados, a utilização da prática da adubação verde com leguminosas pode viabilizar a atividade agrícola, contribuindo para a obtenção de maiores produtividades nas culturas de subsistência.

Há de se acrescentar ainda que a adubação verde bem como as práticas agrícolas que visam manter a matéria orgânica no solo, estão em harmonia com o manejo ecológico do agrossistema, enquanto que o uso de insumos industriais usados na agricultura convencional apresentam um custo ecológico que não está embutido no preço final, o que quase nunca é considerado.

2.11. Problemas ambientais e toxicológicos atuais relativos do sistema de produção adotado na Região Serrana fluminense

O uso indiscriminado da cama de aviário e adubos minerais formulados como 04/14/08, 10/06/10 e 15/05/10 sem análise prévia da fertilidade do solo pode criar condições de desequilíbrio na oferta de nutrientes às plantas, tornando estas mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças (Chaboussou, 1987). Em lavouras de hortaliças, é comum a aplicação de elevadas quantidades de N em cobertura, devido à melhoria do aspecto externo dos produtos colhidos. No entanto, especula-se que esta prática seja a principal responsável pelo elevado requerimento do uso de agrotóxicos em determinadas culturas.

O acúmulo de elevadas quantidades de N no solo também merece outras preocupantes considerações já que pode provocar a poluição do lençol freático (Krishnappa & Shinde, 1980) devido a seu rápido movimento vertical (Salcedo & Sampaio, 1984) ou através da drenagem (Likens *et al*, 1970) e possibilidade de acumulação de níveis tóxicos em alimentos (Olmedo & Bosch, 1988a). Segundo Araújo & Midio (1989) espinafre, beterraba, rabanete, berinjela, aipo, alface, nabo, cenoura e couve estão entre os vegetais que geralmente têm problemas de acumulação de $N-NO_3$ em níveis que podem causar toxicidade.

O problema de acumulação deste íon devido ao uso intensivo de fertilizantes nitrogenados muito tem preocupado aos técnicos diretamente envolvido com o assunto. Em alguns países como a França e Suíça são fixados limites máximos de NO_3^- em alguns produtos, principalmente para aqueles usados pela indústria de alimentos infantis (Olmedo & Bosch, 1988b).

Embora a adubação orgânica e, em particular a adubação verde contribuam com elevadas quantidades de N para as culturas, a mineralização deste na forma orgânica, ocorre em função da atividade da biomassa microbiana, sendo acompanhada pela mineralização dos demais nutrientes essenciais. Além disso, o N proveniente dos adubos orgânicos e da adubação verde torna-se disponível mais lentamente que o fertilizante nitrogenado que está prontamente disponível (Groffman *et al*, 1987). Assim, a possibilidade de acúmulo de NO_3^- nos produtos comerciais de consumo *in natura* cultivados após a incorporação de adubos verdes e ou adubação orgânica fica bastante reduzida, não devendo, entretanto, ser excluída essa possibilidade.

A Região Serrana é a principal produtora de hortaliças do estado do Rio de Janeiro. Práticas agrícolas como a adubação verde e a adubação orgânica que visem recuperar o equilíbrio dinâmico entre os fatores químicos, físicos, físico-químicos e biológicos do solo, certamente contribuirão para que haja uma melhoria da qualidade dos produtos consumidos pela população.

2.12. A adoção da prática da adubação verde pelos agricultores da Região Serrana fluminense

A Região Serrana apresenta condições climáticas diferentes em relação ao restante do Estado do Rio de Janeiro, com temperaturas mais amenas e pluviosidade mais elevada. Estas características possibilitam a esta região manter a produção da maioria das espécies olerícolas durante os meses mais quentes, enquanto que nas áreas mais baixas, as temperaturas elevadas do verão inviabilizam o cultivo de algumas destas.

Inúmeros trabalhos têm demonstrado a contribuição da adubação verde com espécies tropicais em cultivos nas regiões mais baixas do estado. A Região Serrana além de apresentar condições de cultivo destas, o uso de espécies temperadas também se mostra promissor devido às temperaturas mais baixas durante os meses de inverno.

No sistema de produção agrícola da Região Serrana, talvez a adubação verde de inverno seja de maior interesse pois nesta época, os preços das hortaliças estão baixos, devido a maior participação da produção das demais regiões do estado, o que pode estimular sua utilização.

Desta forma, o estudo das espécies de adubos verdes de inverno com potencial de utilização na Região Serrana assume grande importância. A geração de conhecimento

nesta área pode vir a se constituir num elemento importante a adoção de técnicas de manejo mais racional pelos agricultores, contribuindo para que a atividade agrícola se torne menos agressiva do ponto de vista ecológico e toxicológico, ao mesmo tempo em que coloca a disposição dos agricultores um meio eficiente de legar matéria orgânica e nitrogênio ao solo.

3.LITERATURA CITADA

- ABBOUD, A.C. de S.; DUQUE, F.F. Efeitos da aplicação ao solo de materiais orgânicos e vermiculita sobre a sequência cultural milho-feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, p.227-236, 1986.
- AHLAWAT, I.P.S., SINGH, A.; SARAF, C.S. Effects of winter legumes on the nitrogen economy and productivity of succeeding cereals. **Experimental Agriculture**, London, v.17, p.57-62, 1981.
- ALEXANDER, M., Principles of soil microbiology wiley, 472p. 1971.
- ALMEIDA, D.L. Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. 186p. (Tese de doutorado).
- ALMEIDA, D.L., DUQUE, F.F., DE-POLLI, H.; SOUTO, S.M. Avaliação sócio-econômica da contribuição das leguminosas nos sistemas agrícolas do Estado do Rio de Janeiro. Documento n. 1. EMBRAPA-CNPBS, 1985.
- AMADO, T.J.C., ALMEIDA, E.X. de.; MATOS, A.T. Determinação da cobertura do solo por adubos verdes. Florianópolis, EMPASC, 6p. 1987.

- ANDRADE, L.A.B., ABRAHÃO, J.T.M.; GODOY, O.P. Efeitos da incorporação de *Crotalaria juncea* L. sobre algumas características do solo e do desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). In: **Adubação Verde no Brasil**. Fundação Cargill, Campinas. p.46-47, 1984.
- ANDREW, C.S.; NORRIS, D.O. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pasture legume species. **Australian Journal of Agriculture Research**, Victoria, v.12, p. 40-55, 1961.
- ANDREW, C.S. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Nodulation and growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Res., 27:611-623, 1976.
- ANDREW, C.S. **Legumes and acids soils**. In: DOBEREINER, J., BURRIS, R.H., HOLLAENDER, A., FRANCO, A.A., NEYRA, C.A. & SCOTT, D.B. eds. Limitation and potentials for nitrogen fixation in the tropics. Plenum Press, New York. p. 135-160, 1978.
- ARAÚJO, A.C.P.; MÍDIO, A.F. Nitratos, nitritos e compostos nitrosos em alimentos: onde esta o problema? **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.41, n.10, p.947-956, 1989.
- ARAÚJO, A.P. de.; ALMEIDA, D.L. de. Efeito da adubação verde associada à adubação com fosfato natural na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1987. Resumos. Campinas, SBCS. p.62, 1987.

- ASLANDER, A.; ARMOLIK, N. Influencia que ejercen los materiales organicos sobre la fijacion del potasio en suelo. **Revista de la Potasa**, Berna, Sec. 16. Ago. 1965. p.1-2. (Separata de transactions of the Royal Institute of Technology, Stockholm, n. 236).
- AZAM, F., MALIK, K.A.; SAJJAD, M.I. Transformation in soil and availability to plants of ^{15}N applied as inorganic fertilizer and legume residues. **Plant and Soil**, The Hague, v.86, p.3-13, 1985.
- BALIGAR, V.C., WRIGHT, R.J., BENNET, O.L., HERN, J.L., PERRY, H.D.; SMEDLEY, M.D. Lime effect on forage legume growth and mineral composition in an acid subsoil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.16, p.1079-1093, 1985.
- BENOIT, R.E., WILLITS, N.A.; HANNA, W.J. Effect rye winter cover crop on soil structure. **Agronomy Journal**, Madison, v.54, p.419-420, 1962.
- BROADBENT, F.E. Sources and sinks of nitrate in soils. Proc. of 1st annual trace contaminants conference. N.S.F. RANN p.108-119, 1973.
- BROUNER, R. Distribution of dry matter in the plant. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.10, p.361-376, 1962.
- CALEGARI, A., MONDARDO, A., BULISANI, E.A., WILDNER, L. do P., COSTA, M.B.B. da, ALCÂNTARA, P.B., MIYASAKA, S., AMADO, T.J.C. **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346p.

- CAMPBELL, C.A. **Soil organic carbon, nitrogen and fertility.**
In: SCHNITZER, M. & KHAN, S.V., ed. **Soil organic matter.**
Amsterdam, Elsevier, p.173-271, 1978.
- CAMPO, R.J., CORDEIRO, D.S., SFREDO, G.J., BORKERT, C.M.,
PALHANO, J.B. Algumas leguminosas de verão indicadas para
adubação verde. Comunicado técnico (1):1-4, 1979.
- CARVALHO, M.M., ANDREW, C.S. EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J.
Comparative performance of six *Stylosanthes* species in
three acid soils. **Australian Journal of Agricultural
Research**, Victoria, v.31, p.61-76, 1980.
- CPAC - CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO CERRADO. Relatório
técnico anual. 1980/1981 p.73-74.
- CIAT - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Annual
report 1983. 122p.
- CIAT - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Annual
report. 1985. 100p.
- CHABOUSSOU, F. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos-A
teoria da trofobiose. Tradução de Maria José Guazzelli.
Porto Alegre. L&PM, 256p., 1987.
- CHADA, S. de S.; DE-POLLI, H. **Efeito da adubação verde
sobre a biomassa microbiana e a fertilidade de um solo
Podzólico Vermelho-Amarelo série Itaguai.** In: CONGRESSO
NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS,
5... Lavras, 1985.

- CHAGAS, J.M., VIEIRA, R.F., ARAÚJO, G.A. de A.; ARAÚJO, J.P.F. de. Efeitos da incorporação da *Crotalaria juncea* sobre a cultura do feijão no cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.192, p.152-161, 1987.
- DABIN, B. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. **Cah. ORSTOM**, sér. Pedol., Paris, v.18, n.4, p.197-215, 1980.
- DAL BO, M.A.; BECKER, M. Avaliação de leguminosas de inverno para cobertura verde do solo em parreiras. Florianópolis, EMPASC. 5p., 1987.
- DEMÉTRIO, R. Efeitos de aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa-C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.). Itaguai, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1988. 95p. (Tese de mestrado).
- DE-POLLI, H.; FRANCO, A.A. Inoculação de sementes de Leguminosas. Seropédica-RJ., EMBRAPA/CNPBS, 1985 (Circular técnica).
- DE-POLLI, H.; CHADA, de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, 1989.
- DE-POLLI, H., GUERRA, J.G.M., ALMEIDA, D.L. de.; FRANCO, A.A. Adubação verde-parâmetros para avaliação de sua eficiência. Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo, Londrina-PR, Jul. 1990.

- DERPSCH, R. Informações sobre tremçoço (*Lupinus* sp). Informe de pesquisa 19, 20p., IAPAR, Londrina, 1980.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Guia de plantas para adubação verde de inverno. Londrina, IAPAR, 1985. 6p. (Documentos-IAPAR, 9).
- DOBEREINER, J. Potential for nitrogen fixation in tropical legumes and grasses. In: DOBEREINER, J., BURRIS, R., HOLLAENDER, A., FRANCO, A.A., NEYRA, C.A. & SCOTT, D.B. eds. Limitations on potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. Plenum Press. New York. 1978 p.13-14.
- DONAWA, A.L.; QUILT, P. Response of pigeon peas (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp) to inoculation in a nutrient deficient soil. *Tropical Agriculture*, London, v.58, p.307-312, 1981.
- DUKE, J.A. Handbook of Legumes of World Economic Importance. New York. Plenum Press. 345p, 1981.
- D'UTRA, G.R.D. Adubos Verdes: sua produção e modo de emprego. Relatório do Instituto Agrônômico de Campinas. S.A., 76p., 1919.
- EBELHAR, S.A., FRYE, W.W.; BLEVINS, R.L. Nitrogen from legume cover crops for no tillage corn. *Agronomy of Journal*, Madison, v.76, p.51-57, 1984.
- EDWARDS, C.A. Factors that affect the persistence of pesticides in plants and soils. *Pure and Applied Chemistry*, London, v.42, p.39-56, 1975.

- EMBRAPA. Pesquisa para o desenvolvimento sustentado. Brasília: Assessoria de Comunicação Social, s.d. 19p.
- FABRÍCIO, A.C., BARBO, C.V.S.; NAKAYAMA, L.H.I. Efeito da adubação verde sobre o rendimento de grãos das culturas de trigo e soja. In: **Adubação verde no Brasil**. Fundação Cargill. Campinas., p.49, 1984.
- FARIA, E.A., LACA-BUENDIA, S.P. del C., CASTRO, E. da M., BARROS, A. Efeito da adubação verde no algodoeiro em solos de baixa fertilidade. In: **Projeto Algodão, relatório 1976/1978**, Belo Horizonte. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais., p.151-154, 1981.
- FASSBENDER, H.W. Componentes orgânicos de la fase solida del suelo. In: **Química de Suelos**. Turrialba, Editorial IICA, p.66-104, 1975.
- FERNANDEZ MEDINA, B.; LEITE, J.A. Influência de três sistemas de manejo e duas coberturas vegetais na infiltração de água num latossolo amarelo em manaus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, 20: 1323-1331, 1985.
- FERRAZ, C.A.M. Nematoides do algodoeiro. DATE/SIR CATI, série nº 5, 1964.
- FERRAZ, C.A.M., CIA, E.; SABINO, N.P. Efeito da mucuna e amendoim em rotação com algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.36, p.1-9, 1977.
- FISCHER, R.G.; DALL'AGNOL, M. Novas leguminosas introduzidas no planalto catarinense. Florianópolis, EMPASC, 4p. 1985.

- FLEMING, A.A., GIDDENS, J.E.; BEATY, E.R. Corn Yields as related to legumes and inorganic nitrogen. *Crop Science*, Madison, v.21, p.977-980, 1981.
- FÓRUM para o desenvolvimento da Região Serrana; subsídios para debates e informações gerais. Rio de Janeiro: BANERJ/Jornal do Brasil, 75p. 1992.
- FRANCO, A.A. Nutritional restraints for tropical grain legumes symbiosis. In: VINCENT, J.M., WHITNEY, A.S. & BOSE, J. Exploiting the legume - *Rhizobium*. Symbiosis in tropical agriculture university of Hawai. Coll. Trop. Agric. Misc. Publ. 145, 1977. p.237-252.
- FRANCO, A.A.; MUNNS, D.N. Acidity and aluminum restraints on nodulation, nitrogen fixation and growth of *Phaseolus vulgaris* in solution culture. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.46, p.296-301, 1982.
- FRANCO, A.A.; SOUTO, S.M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: Adubação verde no Brasil. Campinas. Fundação Cargill, 1984 p.199-215.
- FRANCO, A.A. Contribution of biologically-fixed nitrogen to food crop production in Brasil. In: Nitrogen management in farming systems in humid and subhumid tropics. (Kang, B.T. & Van Der Heide, J.). Institute for Soil Fertility, the Netherland.: 147-166, 1985.
- FRANKENBERGER, W.T.; ABDELMAGID, H.M. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. *Plant and Soil*, The Hague, v.87, p.257-271, 1985.

- FRED, E.B., BALDWIN, I.L.; MCCOY. Root nodule bacteria and leguminous plants. Wisc. Univ. Studies in Sci., vol. 5. Madison, 1932.
- FREIRE, L.R., AMARAL SOBRINHO, N.M.B., NASCIMENTO, R.A.M., BERBARA, R.L.L.; SOARES, C.S. **Efeitos do cultivo de leguminosas usadas como adubos verdes na produção e composição de cuprólitos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1987. Resumos. Campinas, SBOS, 1987. p.152.
- GALLAHER, R.N. Soil moisture conservation and yield of crops no-till planted in rye. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, p.145-147, 1977.
- GALLO, J.R.; RODRIGUEZ, O. Efeitos de algumas práticas de cultivo do solo na nutrição mineral dos citros. **Bragantia**, Campinas, v.19, p.345-360, 1960.
- GARDNER, W.K., PARBERY, D.G.; BARBER, D.A. Proteoid root morphology and function in *Lupinus albus*. **Plant and Soil**, 60, 143-147, 1981.
- GROFFMAN, P.M., HENDRIX, P.F.; CROSSLEY, Jr. D.A. Nitrogen dynamics in conventional and no-tillage agroecosystems with inorganic fertilizer or legume nitrogen inputs. **Plant and Soil**, The Hague, v.97, p.315-332, 1987.
- HANSEN, J.W., YOST, R.S.; HUE, N.V. **Influence of decomposing organic material on soil solution aluminum activity and phytotoxicity.** In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Annual meeting 80. Anaheim, CA, ASA, 1988. Agronomy Abstracts. Madison, wi, p. 198, 1988.

- HARGROVE, W. L. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. **Agronomy of Journal**, Madison, v.78, p.70-74, 1986.
- HATFIELD, J.L.; EGLI, D.B. Effect of temperature on the rate of soybean hypocotyl elongation and field emergence. **Crop Science**, Madison, v.14, p.423-426, 1974.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.9, p.1021-1030, set. 1985.
- HUE, N.V.; GRADDOCK, G.R.; ADANES. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.50, p.28-34, 1986.
- HUE, N.V.; AMIEN, I. Aluminum detoxication with green manures. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.20, p.1499-1511, 1989.
- ICHIKI, H.; ISHIHARA, A.; HAKOISHI, T. Soil management in the subtropical region. **Tropical Agriculture Research**, n.15, p.387-405, 1982.
- IGUE, K.; PAVAN, M.A. **Uso eficiente de adubos orgânicos**. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.383-418 (EMBRAPA-DEP. Documentos, 14).
- INFORZATO, R. Estudos dos sistemas radiculares de *Isthrosia candida* D.C. **Bragantia**, Campinas, v.7, p.49-54, 1947.

- ISLAM, A.K.M.S., EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. pH otima for crop growth. Results of a flowing solution culture experiment with species. **Plant and Soil**, The Hague, v.54, p.339-357, 1980.
- JEFFERIES, R.A., BRADSHAW, A.D.; PUTMAIN, P.D. Growth, nitrogen accumulation and nitrogen accumulation and nitrogen transfer by legume species established on mine spoils. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.18, p.945-956, 1981.
- JESSOP, R.S.; MAHONEY, J. Effects of lime on the growth and nodulation of four grain legumes. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v.20, p.265-268, 1982.
- JOFFE, J.S. **Green Manuring Viewed by a Pedologist**. In: **Advances in Agronomy**, Academic Press Inc., New York. NY, USA, 1955.
- KEMPER, B. Relatório final de estudos edafoclimáticos. Convênio IAPAR/GTZ, 127p. Londrina. IAPAR, 1979 (mimeografado).
- KHATIBU, A.I., LAL, R.; JANA, R.K. Effect of tillage methods and mulching on erosion and physical properties of a sandy clay loam in a equatorial worm humid region. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.8, n.4, p.239-254, 1984.
- KIEHL, E.J.; GALLI, F. Adubação verde com tremoço. O solo, Piracicaba, 43:19-23, 1951.

- KIEHL, E.J. Consorciação de leguminosas II- Nova disposição das linhas de plantas suportes. Trabalho apresentado no VII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Piracicaba, SP, 1959.
- KLUTHCOUSKI, J.C. Leucena: alternativa para a pequena e média agricultura. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 23p., (Circular técnica), 1980.
- KNAP, E.B., ELLIOT, L.F.; CAMPBELL, G.S. Carbon, nitrogen and microbial biomass interrelationships during the decomposition of wheat straw, a mechanistic simulation model. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.15, p.447-454, 1983.
- KRISHNAPPA, A.M.; SHINDE, J.E. Fate of ^{15}N labelled urea fertilizer under conditions of tropical flooded-rice culture. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Austria. Soil nitrogen as fertilizer or pollutant. Viena, 1980. p.127-44.
- KROONTJE, W.; KEHR, W.R. Legume top and root yields in the year of seeding and subsequent barley yields. *Agronomy of Journal*, Madison, v.48, p.127-131, 1956.
- KUMAR-RAO, J.V.D.K., DART, P.J., MATSUMOTO, T.; DAY, J. Nitrogen fixation by pigeon pea. Interworkshop on pigeon peas. ICRISAT. 15-19. Dec. 1980. vol. I, Proceedings. p. 190-199, 1980.

- KUMAR-RAO, J.V.D.K., DART, P.J.; SASTRY, V.S.S. Residual effect of pidgeon pea (*Cajanus cajan*) on yield and nitrogen response of maize. **Experimental Agriculture**, v.19, p.131-141, 1983.
- LAZZARINI, S., MORAES, F.F. de., MORAES, M.V. de., TOLEDO, S.V. de.; FIGUEIREDO, J.I. de. Experimentação cafeeira- Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo. Instituto Agronômico, 1967.
- LEITE, J.A.; FERNANDEZ MEDINA, B. Efeito do sistema de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.1417-1422, 1984.
- LIKENS, G.E.; BORMANN, H.F.; JOHNSON, N.M.; FISHER, D.W.; PIERRE, R.S. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the hubbard brook watershed-ecosystem. *Ecol. Monog.*, 40:23-47. 1970.
- LOMBARDI NETO, F., BERTONI, J.; BENATTI, Jr., R. **Prática conservacionista em cafezal e as perdas por erosão em solos podzolizados**. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 559-562, 1975.
- LOMBARDI NETO, F., DE MARIA, I.C., DE CASTRO, O.M., DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais nas perdas de solo e água em Latossolo Roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21. Campinas, SBCS, p.161-2, 1987.

- LONERAGAN, J.F.; ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II- Rate of phosphate absorption and its relation to growth. **Soil Science**, Baltimore, v.103, n.5, p.311-318, 1969.
- LORENZI, H. Inibição Alelopática de plantas daninhas. In: Adubação Verde no Brasil, Fundação Cargill, Campinas, p.183-198, 1984.
- LYON, T.L.; BIZZEL, J.A. A comparison of several legumes with repeat to nitrogen accretion, **Journal of American Society Agriculture**, v.26, p.651-656, 1934.
- MARTIN, J.K. Factors influencing the loss organic-carbon from wheat roots. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.9, p.1-7, 1977.
- MARTIN, G.H.; TOUCHTON, J.T. Legumes as a cover crop and source of nitrogen. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.38, n.3, p.214-216, 1983.
- MARTIN, N.B., SANTOS, Z.A.P.S.; ASSUMPCÃO, R. Análise econômica da utilização da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. In: Fundação Cargill. Adubação verde no Brasil, p.133-160, 1984.
- MEDCALF, J.C. Estudos preliminares sobre aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos do Brasil (Boletim n. 12). IBEC Research Institute. 1956.

- MIELE, A.; MILAN, P.A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.7, p.729-733, 1983.
- MITRA, J.; RAGHU, K. Influence of green manuring on the persistence of DDT in soil. *don*, 9:847-852, 1988. **Soil & Fertilizer**, Oxon, v.52, n.10, p.1426, 1988.
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, A.P.; INFORZATO, R.; IGUE, T. Efeitos da cobertura e da incorporação ao solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.25, p.349-363, 1966a.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; NERY, C.; CAMPANA, M.; SORDI, G. Efeito da adubação verde com uma gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro "da seca" em terra roxa misturada. **Bragantia**, Campinas, v.25, p.277-289, 1966b.
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A. de.; CAVALERI, P.A.; GODOY, I.J. de.; WERNER, J.C.; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; SILVA CERVELLINI, G. da.; Bulisani, E.A. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. Fundação Cargill, Campinas 138p, 1983.
- MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **Adubação verde no Brasil**. Fundação Cargill. Campinas-SP, 1984. p.64-123.

- MIYASAWA, M., PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Alterações no pH do solo após adições de resíduos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, Campinas, 1987. Resumos. Campinas, SBCS, 1987. p.90-91.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo. Características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó-SC. 337p., 1991.
- MUELLER, K.E.K. Informe ENATER-RJ. Secretaria de Agricultura e Abastecimento e Pesca n. 44. out/nov, 1991
- MUNNS, D.N. Mineral nutrition and the legumes symbiosis. In: HARDY, R.W.F. & GIBSON, A.H. eds. A treatise on dinitrogen fixation. Seaction IV **Agronomy and Ecology**. Wiley, New York. 1977, p.353-392.
- MUNNS, D.N.; FOX, R.L. Comparative lime requeriments of tropical and temperate legumes. **Plant and Soil**, The Hague, v.46, p.533-548, 1977.
- MUZILLI, O., OLIVEIRA, E.L., GERADE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Estado do Paraná. III- Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno na resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.1, p.23-27, 1983.
- NEME, N.A. Leguminosas para adubos verdes e forragens. Campinas. Instituto Agronômico. 12p. (Boletim 77). 1956.
- NYATSANGA, T.; PIERRE, W.H. Effect of nitrogen fixation by legume on soil acidity. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.936-940, 1973.

- OGBONNA, C.K.C.; MABBAYAD, B.B. Effect of the incorporation of 90-day old as green manure on the yield of corn (*Zea mays*) and on some soil properties. **Philipp. Journal Crop Science**, v.8, n.3, p.129-132, 1983.
- OLMEDO, R.G.; BOSCH, N.B. Aspectos toxicológicos de la presencia de nitratos y nitritos en los productos hortícolas cocidos y en su agua de cocción. **Alimentaria**, Madrid, v.25, p.71-75, 1988a.
- OLMEDO, R.G.; BOSCH, N.B. Ingestión de nitratos procedentes de productos hortícolas y su incidencia toxicológica. **Alimentaria**, Madrid, v.25, p.76-78, 1988b.
- OLSON, R.A. Fertilizers for food production vs. energy needs and environmental quality. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 1:311-326, 1977.
- OVERLAND, L. "The role of allelopathic substances in the smother crop". **American Journal of Botany**, Bronx, 53, p.423-432, 1966.
- PACHECO, E.B.; SILVA, T.C.A. da.; SANTOS, H.L. dos.; FELDMANN, R. de O.; TEIXEIRA, S.L. Efeito do manejo de um Latossolo Vermelho Amarelo, fase cerrado, sobre o crescimento e produção da laranjeira (*Citrus sinensis* Osbeck cv. "Baianinha"). **Experientiae**, Viçosa, v.19, p.211-238, 1975.
- PALANIAPPAN, V.M.; MARRS, R.H.; BRADSHAW, A.D. The effect of *Lupinus arboreus* on the nitrogen status of china clay wastes. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.16, p.825-831, 1979.

- PINCK, L.A., ALLISSON, F.E.; GADDY, V.L. Greenhouse experiments on the effect on green manures upon nitrogen recovery and soil carbon content. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.10, p.230-234, 1945.
- PRADHAN, P.; TRIPATHI, S. The effect of nitrogen on interaction between *Paspalum dilatatum* P. and *Trifolium repens* L. **Ecology Plantarum**, v.6, n.20, p.277-288. 1985.
- REEVE, M.J., SMITH, P.D.; THOMASSON, A.J. The effect of density on water retention properties of field soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.24, p.355-367, 1973.
- RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J. Efeitos da incorporação de restos culturais e adubo verde nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo fase cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.6, p.801-807, nov/dez. 1981.
- RESCK, D.V.S., SHARMA, R.J.; PEREIRA, J. Efeito de 15 espécies de adubos verdes na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides, em Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 17:459-467, 1982.
- ROGER, T.H.; GIDDENS, J.E. Green manure and cover crops. In: STEFFERRUND, A. (ed.) Soil the Yearbook of agriculture U.S. Dept. Agr., Washington, D.C. p.252-257, 1957.
- ROSELL, R.A.; MIGLIERINA, A.M. Estudio potenciométrico del humus en solventes acuo-organicos. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, USP, CENA, 1982. p.19-28.

- SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. II. Deslocamento vertical e horizontal de $\text{NO}_3\text{-N}$ e $\text{NH}_4\text{-N}$ no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.9, p.1103-1108, 1984.
- SCHERER, E.E. O tremço e seu cultivo em Santa Catarina. Florianópolis. EMPASC. 20p. 1982.
- SHARMA, R.D.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S. Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados. In: **Adubação verde no Brasil**. Fundação Cargill. Campinas-SP., p.42-43, 1984.
- SHARMA, R.D.; SCOLARI, D.D.G. Eficiência do adubo verde e rotação no controle dos nematóides fitoparasitos e seus efeitos na produção do feijão e milho sob condições de cerrados. In: **Adubação Verde no Brasil**. Fundação Cargill. Campinas-SP., p.44-45, 1984.
- SILVA, E.M.R. da, ALMEIDA, D.L. de, FRANCO, A.A.; DOBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas-SP, v.9, p.85-88, 1985.
- SOUZA, R.L.P. de. Pesquisas com adubação verde em realização no campo experimental do SNLCS/EMBRAPA no município de Itaguaí-RJ. In: **Adubação verde no Brasil**, Fundação Cargill. Campinas-SP., p.218-221, 1984.
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York, John Wiley, 1982. 443p.

- TROCNE, S.; GRASS, R. *Matéria orgânica*. In: **Suelo y fertilization en fruticultura**. 2.ed. Madrid, Ediciones Mundis-prensa, 1979. p.133-140.
- URGUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.V.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugarcane. Nitrogen¹⁵ and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Proceedings.**, 56(1):105-114, 1992.
- VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; PERECIN, D.; ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossola Vermelho-amarelo fase arenosa (LVa). **Científica**, Jaboticabal, v.7, n.3, p.431-435, 1979.
- WADE, M.K.; SANCHEZ, P.A. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. **Agronomy of Journal**, Madison, v.75, p.39-45, 1983.
- WALKER, J.M. One-degree increments in soil temperature affect maize seedling behavior. **Soil Science Society of America**, Madison, v.33, p.729-36, 1969.
- WISCHEMEIER, W.H.; MANERING, J.V. Relations of soil properties and erodibility. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.33, p.131-137, 1969.
- YOUNG, C.C.; BOHLOOL, B.B.; BARTOLOMEW, P. Soil microbial populations and enzymes associated with the decomposition of roots of a legume and a grass species in a tropical soil. **Soil Fertility**, Taiwan, 1980, p.41-50.

CAPÍTULO 4. Comportamento de alguns adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense.

4. Introdução

A adubação verde é prática comprovadamente eficiente na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo, proporcionando ganho de matéria orgânica e aumento na capacidade de troca catiônica (Vitti et al, 1979), reciclagem dos nutrientes das camadas mais profundas para a superfície (Inforzato, 1947), proteção do solo e redução das perdas por erosão (Kemper, 1979 e Derpsch, 1980), manutenção da estrutura natural do solo, amenizando os problemas de compactação através da redução da densidade global (De-Polli et al, 1990), diminuição da população de nematóides e agentes de fitomoléstias no solo, pelo uso de espécies apropriadas (Sharma & Scolari, 1984; Sharma et al, 1984; Ferraz et al, 1977), controle de plantas concorrentes pela cobertura do solo e alelopatia (Lorenzi, 1984), incrementos na produção de culturas subsequentes (Derpsch et

al, 1985) e aumento no aproveitamento de adubos de baixa solubilidade, como o fosfato de rocha (Silva et al, 1985).

Um grande número de autores tem reportado sobre o aporte de nitrogênio no solo, proveniente da fixação biológica por bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* quando se cultivam leguminosas como adubos verdes. Kluthcouski (1980) informou que a leucena é capaz de fixar cerca de 400 kg/ha de nitrogênio por ano, através da fixação biológica do N₂. Abboud & Duque (1986) concluíram que a incorporação de feijão bravo do Ceará pode proporcionar ao solo quase 300 kg de N/ha enquanto que Ebelhar (1984) constatou que *Vicia villosa*, no pico de produção, continha cerca de 200 kg/ha de nitrogênio, sendo capaz de repassar para o milho o equivalente a 90 ou 100 kg/ha do nutriente.

Na Região Serrana fluminense, além do cultivo de adubos verdes tropicais no verão, as baixas temperaturas obtidas no inverno possibilitam o plantio das espécies de clima temperado. O cultivo destas, além de aumentar o leque de opções no manejo do solo, pode ser de maior interesse para o agricultor já que no verão as altas temperaturas dificultam a produção de algumas hortaliças nas regiões baixas do Estado, fazendo com que os preços destes produtos se elevem, aumentando a rentabilidade dos produtores.

Este trabalho propõe estudar algumas espécies de plantas utilizadas como adubo verde de inverno, selecionar as que apresentam maior capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas da Região Serrana fluminense e avaliar o

potencial na geração de matéria orgânica e fornecimento de N no próprio local, colocando assim à disposição dos agricultores da região essa tecnologia eficiente de enriquecimento do solo.

4.2. Material e métodos

No período de Junho/1989 a Outubro/1991 foram conduzidos na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Nova Friburgo-RJ, dois experimentos de campo, para avaliar o comportamento de algumas espécies de adubos verdes de inverno na região.

O primeiro experimento foi instalado em fins de junho/1989, constando dos seguintes tratamentos, sendo os dois primeiros, espécies da família das gramíneas, e as demais, das leguminosas:

1. Aveia-preta (*Avena strigosa*)
2. Azevém anual (*Lolium multiflorum*)
3. Chicharo (*Lathyrus sativus*)
4. Ervilhaca comum (*Vicia sativa*)
5. Mucuna-preta (*Mucuna aterrimum*)
6. Serradela flor rosa (*Ornithopus sativus*)
7. Tremoço amarelo (*Lupinus luteus*)
8. Tremoço azul (*Lupinus angustifolium*)
9. Tremoço branco "cv. Comum" (*Lupinus albus*)

10. Tremoço branco "cv. MLDoce" (*Lupinus albus*)
11. Tremoço branco "cv. TRM 881" (*Lupinus albus*)
12. Trevo branco (*Trifolium repens*)
13. Trevo vermelho (*Trifolium pratense*)
14. Trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*)

Este experimento foi implantado num Latossolo Vermelho-Amarelo com o seguinte nível de fertilidade, determinado através de análise feita pelo método descrito em EMBRAPA (1979) de uma amostra de solo composta por 12 amostragens simples retiradas de 0-30cm de profundidade:

----meq/100g----					-ppm-		--- % ---		
pH(H ₂ O)	pH(KCl)	H+A1	Ca	Mg	Al	P	K	M.O	N-total
5,5	4,6	11,2	1,4	1,0	0,2	33	124	2,4	0,16

O segundo experimento foi instalado em maio do ano seguinte, constando dos tratamentos utilizados no anterior menos tremoço azul e mucuna-preta que foram substituídas pela ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) e alfafa crioula (*Medicago sativa*).

Este experimento foi implantado num Latossolo Vermelho-Amarelo com baixo nível de fósforo, cálcio e magnésio, conforme demonstra a análise feita pelo método

descrito em EMBRAPA (1979), de uma amostra de solo composta por 12 amostragens simples, retiradas de 0-30cm de profundidade:

		-----meq/100g-----				-ppm-		----- X -----	
pH(H ₂ O)	pH(KCl)	H+Al	Ca	Mg	Al	P	K	M.O	N-total
5,5	4,4	11,7	0,3	0,3	0,2	3	74	1,3	0,08

O delineamento experimental utilizado para os dois experimentos foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com os adubos verdes na parcela principal e as coletas nas subparcelas, com três repetições, totalizando 42 parcelas de dimensões de 2,0 X 2,5m cada. O espaçamento utilizado foi de 0,25cm entre linhas com aproximadamente 10 plantas por metro linear. As leguminosas foram inoculadas segundo De-Polli & Franco (1985), com as respectivas estirpes de Rizóbio recomendadas pelo CNPDS/EMBRAPA.

No primeiro experimento foi realizada uma capina manual aos 58 dias após a semeadura e, no segundo duas: aos 35 e 50 dias após a semeadura.

Durante a condução do primeiro experimento foram realizadas duas coletas de materiais da parte aérea e raízes: aos 79 e 119 dias após a semeadura dos adubos verdes e, no segundo três: aos 51, 93 e 138 dias após a semeadura. Na última coleta de cada experimento, a maioria das plantas de todas as espécies de adubos verdes estavam em floração.

Nas coletas, as plantas das duas linhas centrais de cada subparcela, numa extensão de 0,80m, foram cortadas rente ao solo e pesadas para determinação do peso fresco. As raízes das mesmas plantas, até a profundidade de 25cm, foram arrancadas, lavadas e após o escoamento do excesso de água, também foram pesadas. Os nódulos das leguminosas foram coletados das raízes das cinco primeiras plantas colhidas.

Uma amostra da parte aérea e raízes, colhidas de cada subparcela, foi então separada e junto com os nódulos coletados, colocados para secar em estufa com circulação de ar a 65°C, até atingir peso constante, para obtenção do peso da matéria seca. Este material foi então moído e usado para se determinar o N-total da parte aérea e raízes.

A altura das plantas foi determinada pela medição das seis plantas dispostas no centro das duas linhas de coleta e o índice de cobertura do solo, delimitando-se a área ocupada pelo sombreamento das plantas na subparcela, com o auxílio de duas ripas de madeira e medindo-se a distância entre elas, para posterior multiplicação desse resultado pelo quociente entre o comprimento da subparcela e a metade da área total da mesma.

4.3. Resultados e discussão

No primeiro experimento, as espécies de adubos verdes de inverno foram avaliadas num solo com boas condições de fertilidade. As parcelas de mucuna-preta e tremoço azul foram perdidas pois não houve emergência das plantas.

Na primeira coleta, aos 79 dias após a semeadura, as espécies de adubos verdes apresentaram desenvolvimento da parte aérea bastante diferentes, destacando-se na produção de matéria fresca, as cultivares de tremoço branco e o tremoço amarelo (Quadro 1). Entretanto, a maior unidade deste último (Apêndice-Quadro 19), deixou-o no grupo de espécies com destaque intermediário, quanto à produção de matéria seca, junto com a ervilhaca comum, o azevém anual e a aveia-preta.

Os demais adubos verdes tiveram um menor acúmulo de matéria vegetal na parte aérea aos 79 dias após a semeadura. Esta espécie apresentaram um crescimento inicial bastante lento. As plantas de trevo apresentaram um emergência lenta e paulatina, refletindo também no desempenho dessas espécies.

O crescimento inicial dos adubos verdes na Região Serrana fluminense não diferiu muito com o obtido pela Estação Experimental da EMPASC, em Campos Novos-SC (Calegari et al, 1992). Naquela Estação, o chicharo foi mais agressivo que a ervilhaca; enquanto que na Região Serrana fluminense,

o oposto aconteceu. A agressividade inicial dos demais adubos verdes foram semelhantes nas duas localidades.

O contraste observado entre as espécies, já na primeira coleta, era esperado pois foram avaliadas espécies com características agronômicas como porte, hábito, velocidade de crescimento e ciclo completamente diferentes. Entretanto, ainda não se tinha, até então, nenhum resultado de pesquisa sobre a performance dessas espécies de adubos verdes na Região Serrana fluminense.

Aos 119 dias após a semeadura, as que mais se destacaram quanto à produção de matéria seca da parte aérea foram as três cultivares de tremoço branco, o tremoço amarelo, a ervilhaca comum e a aveia-preta. As demais espécies acumularam menor quantidade de matéria seca na parte aérea.

Quanto à produção de matéria fresca da parte aérea se destacaram, além destas, o azevém anual e o trevo vermelho com 30508 e 32093 kg/ha, respectivamente. O chícharo apresentou um desempenho intermediário enquanto que a serradela flor rosa e os trevos vesiculoso e branco apresentaram menor produção. O trevo vesiculoso é uma leguminosa anual com grande emissão de inflorescência a partir da metade de seu ciclo, o que refletiu numa maior porcentagem de matéria seca em sua parte aérea, em relação aos demais trevos (Quadro 20).

Os níveis de produção de matéria vegetal alcançados pelas três cultivares de tremoço branco na Região Serrana fluminense foram tão bons quanto aos obtidos por Derpsch (1980), no Estado do Paraná, utilizando um plantio mais adensado. Da mesma forma, as produções da aveia-preta, azevém anual, chícharo e ervilhaca comum são compatíveis com dados de produção destas espécies no sul do Brasil (Amado *et al*, 1987; Gonçalves, 1979). A produção da serradela flor rosa na Região Serrana fluminense foi menos da metade das obtidas por Fischer & Dall'agnol (1985) e Dal Bo & Becker (1987), no Estado de Santa Catarina. Esta leguminosa apresentou um crescimento muito lento durante todo seu ciclo, podendo ser resultado de suas características intrínsecas ou então, dos fatores relacionados com o clima.

Uma apreciação acerca das diferenças climáticas entre a Região Serrana fluminense e algumas localidades do sul do Brasil, onde está amplamente difundido o uso de adubos verdes de inverno certamente poderia trazer alguns esclarecimentos. Entretanto, devido a inexistência de tais dados na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Nova Friburgo, e à baixa confiabilidade e falta de frequência dos existentes dos municípios vizinhos, optou-se por não se fazer tal comparação.

A melhor época para incorporação dos adubos verdes é a floração plena, já que nessa época se verifica uma elevada concentração de nutrientes, principalmente

nitrogênio (Franco & Souto, 1984) e ainda não ocorre o risco da incorporação de sementes das espécies em questão.

A coleta aos 119 dias após a semeadura objetivou verificar a capacidade de acúmulo de massa vegetal e a quantidade de N dos adubos verdes, na época em que é recomendada sua incorporação. Entretanto, como o objetivo principal do trabalho era verificar o potencial de produção de fitomassa no menor espaço de tempo, a última coleta foi realizada exatamente após as espécies que mais se destacaram atingirem seu maior estágio de desenvolvimento. Desta forma, como os adubos verdes cultivados na Região Serrana são espécies de características diferentes, aqueles que possuem ciclo mais longo, como é o caso dos trevos e da serradela flor rosa não tiveram tempo suficiente para expressar seu potencial total de produção de matéria seca, o que foi verificado, a partir da segunda coleta, através do maior desenvolvimento vegetativo desses adubos verdes (observação visual).

O azevém anual e a aveia-preta foram as espécies que acumularam maior quantidade de massa fresca de raízes aos 79 dias após a semeadura (Quadro 2). No entanto, somente o primeiro despontou com relação à massa seca acumulada nesta época, com 638 kg/ha enquanto aveia-preta e trevo vermelho produziram 351 e 257 kg/ha, respectivamente.

Aos 119 dias após a semeadura o azevém anual, a aveia-preta, o trevo vermelho e o tremoço branco "cv. Multo Lupa Doce" foram os adubos verdes que produziram maior

quantidade de matéria seca de raízes. O azevém anual acumulou mais matéria seca em suas raízes que em sua parte aérea, com 5145 e 4298 kg/ha, respectivamente, revelando sua elevada capacidade de explorar os primeiros 25cm da camada mais fértil do solo. Os demais adubos verdes se igualaram com relação a produção de matéria seca nas raízes.

Embora a amostragem do peso de raízes tenha sido realizada somente até os 25cm de profundidade e apresente limitações como a perda de raízes esparsas e radículas e a possibilidade de pesagem de torrões que podem estar fortemente aderidos, optou-se por fazer esta determinação devido ao consenso sobre a importância do órgão em sistemas de adubação verde.

Fazendo-se a adição entre as produções da parte aérea e raízes das espécies de adubos verdes (Quadro 3), obtém-se os maiores destaques para produção de matéria fresca, aos 79 dias após a semeadura, para as cultivares de tremoço branco, o tremoço amarelo, o azevém anual e a aveia-preta. Com relação a produção de matéria seca total, destacou-se também a ervilhaca comum, com 1128 kg/ha. Aos 119 dias após a semeadura, além destas, houve destaque para a produção de matéria fresca total de chícharo e trevo vermelho, com 27069 e 45500 kg/ha, respectivamente. Quanto à produção de matéria seca total, destacaram-se também o tremoço amarelo e o trevo vermelho com 7958 e 6153 kg/ha, respectivamente. As cultivares de tremoço branco TRM 881 e Comum, a ervilhaca comum, a aveia-preta e o azevém anual

obtiveram produções de matéria fresca superior a 50 t/ha. Entretanto, o tremoço amarelo, o chícharo e o trevo vermelho também se destacaram com produções estatisticamente semelhantes.

A nodulação das cultivares de tremoço branco e tremoço amarelo foi bastante superior à das demais espécies, nas duas épocas de coleta (Quadro 4). O tremoço amarelo produziu 460 mg de nódulos secos/planta aos 119 dias após a semeadura. Esta leguminosa apresenta uma nodulação em forma de colar, "encapando" toda a parte superior de sua raiz principal, o que refletiu no elevado peso encontrado para seus nódulos.

A nodulação das demais leguminosas foi bastante inferior à obtida pelos tremoços. Entretanto, estes resultados devem ser analisados com cuidado pois estas espécies possuem nódulos pequenos e leves quando comparadas com os tremoços. Além disso, a nodulação do chícharo e ervilhaca comum estão dentro da faixa normalmente obtida nos Estados do sul (Voss & Calegari, 1985; citados por Calegari et al, 1992).

A relação parte aérea/raiz das espécies também variou bastante, acompanhando a tendência dos demais parâmetros (Quadro 4). Aos 79 dias após a semeadura, os destaques couberam às cultivares de tremoço branco "Muito Lupa Doce" e "Comum" e o tremoço amarelo, enquanto que a cultivar de tremoço branco "TRM 881" e a ervilhaca comum apresentaram valores intermediários, em torno de 6,90. Aos

119 dias após a semeadura, destacou-se a ervilhaca comum com 14,18, tendo sido constatado nesta leguminosa uma grande quantidade de raízes além dos primeiros 25cm da superfície do solo. Resultados intermediários foram obtidos pelo tremoço amarelo e chícharo, nesta coleta.

De uma forma geral, as leguminosas por apresentarem sistema radicular axial ou pivotante bem característico, com menor presença de raízes secundárias, apresentaram uma relação parte aérea/raiz mais elevada, enquanto que, as gramíneas que apresentam raízes fasciculadas e os trevos e a serradela flor rosa com raízes axial ou pivotante pouco caracterizada, com presença de maior quantidade de radículas secundárias e terciárias, apresentaram menores valores para essa relação. Pastana *et al* (1965) calcularam as relações parte aérea/raiz para quatro gramíneas e quatro leguminosas e obtiveram para as primeiras valores menores dessa relação. A determinação deste parâmetro em espécies de adubos verdes é de grande importância pois, determina a resistência da planta ao acamamento, bem como sua possibilidade de uso para contenção de encostas, o que é importante em áreas em declives acentuados.

Os adubos verdes que mais acumularam nitrogênio na parte aérea aos 79 dias após a semeadura foram as três cultivares de tremoço branco (Quadro 5). No entanto, aos 119 dias após a semeadura devido ao rápido crescimento do tremoço amarelo e da ervilhaca comum após a primeira coleta,

estas espécies se equipararam estatisticamente às três cultivares de tremoço branco. Quantidades de N na parte aérea das plantas acima de 220 kg/ha foram obtidas por tremoço branco cv. Comum, tremoço amarelo e ervilhaca comum, ao 119 dias após a semeadura.

Os trevos vermelho e vesiculoso acumularam na parte aérea quantidades intermediária de N, em torno de 112 kg/ha. A aveia-preta acumulou pouco mais de 100 kg de N/ha na parte aérea, confirmando resultados obtidos por Heinzmann (1985) sobre a elevada capacidade desta gramínea de produzir fitomassa e absorver N do solo.

O azevém anual e o trevo vermelho foram as espécies que mais acumularam nitrogênio nas raízes aos 79 dias após a semeadura, cerca de 7,5 e 5,3 kg/ha. Na segunda coleta estas espécies chegaram a acumular 37,1 e 38,8 kg de N/ha em suas raízes, respectivamente. Estes resultados refletem para o primeiro caso a elevada produção de massa e para o segundo uma maior porcentagem de N nas raízes. As três cultivares de tremoço branco, o tremoço amarelo, a aveia-preta, a serradela flor rosa e o trevo vesiculoso também se destacaram com relação ao N acumulado nas raízes. Entretanto, estes resultados apresentaram um elevado coeficiente de variação devido às diferenças de comportamento dos adubos verdes quanto aos fatores envolvidos com a capacidade de absorção e fixação biológica e partição do elemento entre os órgãos da planta(Quadro 24).

Os adubos verdes que mais acumulam N-total (parte aérea + raízes) aos 79 dias após a semeadura foram as cultivares de tremoço branco (Figura 1). Estas espécies apresentaram um crescimento inicial bastante acelerado, destacando-se das demais. Aos 119 dias após a semeadura, além destas destacaram-se o tremoço amarelo e a ervilhaca comum. A aveia-preta, o trevo vesiculoso e o trevo vermelho obtiveram acúmulo de N-total semelhante estatisticamente às três cultivares de tremoço branco. Os valores mais elevados de acúmulo de N-total foram obtidos pela cultivar de tremoço branco Comum e tremoço amarelo com 251,6 e 247,7 kg de N/ha, respectivamente. A ervilhaca comum acumulou 228 kg de N/ha, valor duas vezes superior ao obtido por Amado *et al* (1987), na Estação Experimental da EMPASC, em Ituporanga-SC.

Os resultados obtidos pelo azevém, aveia-preta e ervilhaca comum também mostram o potencial destas espécies na Região Serrana fluminense com relação ao uso como forrageiras para formação de pastagens solteiras, consorciadas, capineiras e ou legumineiras e banco de proteína. Aliás, o uso destas espécies tem sido mais recomendada nos Estados do Sul para este fim, obtendo grande reconhecimento dos agricultores. (Calegari *et al*, 1992).

Das espécies que não se destacaram neste trabalho, quanto aos vários parâmetros de produção estudados, apenas a serradela flor rosa obteve uma performance inferior quando comparadas com as produções alcançadas por diversos autores no sul do Brasil. Entretanto, esta leguminosa apresenta um

ciclo médio de 240 dias (Calegari et al, 1992); contra 170 e 190 do tremoco branco e amarelo, respectivamente (Scherer, 1982). Desta forma, a serradela flor rosa poderia apresentar melhores produções caso a coleta fosse realizada mais tardiamente.

Alguns parâmetros avaliados aos 119 dias após a semeadura, obtiveram um coeficiente de variação elevado. Entretanto, isto pode ser explicado pelas dificuldades encontradas devido às diferenças de características agrônômicas das espécies escolhidas para o trabalho. A comparação entre espécies de plantas, tão diferentes entre si, é de difícil realização e devem ser consideradas a fim de evitar serem feitos julgamentos equivocados, acerca do valor de cada uma.

No segundo experimento, os adubos verdes foram cultivados num solo com nível baixo de fósforo, cálcio e magnésio. Este experimento foi implantado no final de maio do ano seguinte a implantação do primeiro experimento, sendo portanto, uma época mais apropriada para o cultivo dos adubos verdes. As parcelas com alfafa crioula foram perdidas devido a não emergência das plantas.

Aos 51 dias após a semeadura as espécies de adubos verdes que mais se destacaram com relação a produção de matéria seca foram as três cultivares de tremoco branco e a aveia-preta (Quadro 6).

Resultados semelhantes foram obtidos por estas espécies aos 93 dias após a semeadura. Com relação à produção de matéria fresca da parte aérea, aos 138 dias após a semeadura, houve destaque apenas para as três cultivares de tremoço branco, com produções acima de 56459 kg/ha. Quanto à produção de matéria seca, destacou-se, além destas, a aveia-preta, com 7444 kg/ha.

Estes resultados confirmam os obtidos por vários autores sobre a elevada capacidade do tremoço branco em absorver fósforo em condições de baixa disponibilidade (Gardner *et al*, 1981; Clarkson, 1985;). A excelente performance da aveia-preta em condições de baixo fósforo, cálcio e magnésio também era esperada pois, se trata de uma espécie não muito exigente em relação a solos (Calegari *et al*, 1992), e que apresenta um sistema radicular bastante volumoso e concentrado na superfície, onde ocorre maior concentração deste nutrientes. Os benefícios oriundos da atividade de fungos micorrízicos também devem ser considerados.

O tremoço amarelo, a ervilhaca comum e o trevo vermelho não conseguiram repetir a performance que tiveram no primeiro experimento, mostrando portanto, serem mais exigentes em fertilidade do solo. Entretanto, as demais espécies foram as que mais sentiram a deficiência de fósforo, cálcio e magnésio no solo.

Segundo Alcântara & Bufarah (1980) o trevo vermelho é uma leguminosa bastante exigente em fertilidade do solo. Da mesma forma, a ervilhaca comum não se desenvolve bem em solos ácidos ou com baixos teores de nutrientes, principalmente fósforo e cálcio (Calegari et al, 1992). Entretanto, a performance do tremço amarelo num solo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense não confirmaram Scherer (1982), que obteve melhores resultados para essa leguminosa que para o tremço branco em cultivo no Planalto Catarinense em um Latossolo Roxo Distrófico com baixo nível de fertilidade e disponibilidade de fósforo, mostrando que uma série de outros fatores pode influenciar o comportamento das espécies vegetais.

Com relação à produção de raízes aos 51 dias após a semeadura (Quadro 7), a análise estatística dos dados mostrou diferenças significativas entre as espécies, refletindo principalmente a velocidade inicial de crescimento que foi bastante diferenciado para os diversos adubos verdes testados. Assim, as espécies que acumularam menos matéria fresca nas raízes, os trevos e a serradela flor rosa foram as que tiveram maior dificuldade de estabelecimento nas parcelas experimentais. Aos 93 dias após a semeadura, aumentou as diferenças na matéria seca acumulada nas raízes dessas espécies com relação às demais, mostrando as dificuldades destas de se estabelecerem em condições de baixa fertilidade.

Os adubos verdes que acumularam maior quantidade de matéria fresca nas raízes aos 138 dias após a semeadura foram as três cultivares de tremoço branco, a aveia-preta e o azevém anual. Este último, confirmando os resultados obtidos no primeiro experimento como espécie que mais acumula rizomassa, obtendo 14422 e 3247 kg/ha de matéria fresca e seca, respectivamente. Com relação a matéria seca de raízes, aos 138 dias após a semeadura, a cultivar de tremoço branco "Muldo Lupa Doce" e a aveia-preta não se destacaram. Entretanto, este resultado parece estar mais relacionado ao efeito estatístico provocado pela maior porcentagem de matéria seca das raízes do azevém anual (Apêndice-Quadro 23).

Considerando-se a soma da massa da parte aérea e raízes (Quadro 8), pode-se observar que os adubos verdes que acumularam mais matéria seca total aos 51 dias após a semeadura foram as cultivares de tremoço branco e a aveia-preta. Aos 93 dias após a semeadura, além destas, destacou-se o azevém anual, contribuindo para este resultado o grande acúmulo de material vegetal em suas raízes (Quadro 7). Aos 138 dias após a semeadura, o azevém anual também chegou a se destacar com as cultivares de tremoço branco e a aveia-preta com relação à matéria seca total acumulada, tornando a refletir o elevado peso de suas raízes que chegou a representar mais da metade da massa acumulada por sua parte aérea.

Os resultados obtidos neste segundo experimento mostram que os adubos verdes que não se destacaram, tiveram um crescimento inicial bastante lento, sentindo as condições de deficiência de fósforo, cálcio e magnésio. Os trevos no primeiro experimento, onde havia melhores condições de fertilidade no solo, também apresentaram crescimento inicial lento, devido à demora na emergência das plantas. Entretanto, a partir da formação das estruturas de propagação vegetativa, as plantas de trevo apresentaram um crescimento acelerado e excelente capacidade de estabelecimento e concorrência com a vegetação espontânea.

Neste segundo experimento, a performance dos trevos após a última coleta não se repetiu indicando a necessidade de uma melhor condição de solo para o cultivo destas espécies na Região Serrana fluminense.

Embora o tremoço amarelo tenha produzido menos, neste segundo experimento, sentindo as condições de baixa fertilidade no solo, sua matéria seca atingiu na parte aérea 3,48 t/ha (Quadro 6), sendo bastante semelhante aos resultados obtidos pela Estação Experimental da EMPASC, em Ituporanga-SC (Amado *et al.*, 1987).

A ervilhaca comum apresentou um desenvolvimento inferior em condições de baixo fósforo, cálcio e magnésio no solo. No primeiro experimento acumulou, aos 119 dias após a semeadura, 45973 kg/ha de matéria fresca na parte aérea (Quadro 1) enquanto no segundo, aos 136 dias após a semeadura, caiu para 13625 kg/ha (Quadro 6). A ervilhaca

peluda produziu 20993 kg/ha no segundo experimento, resultado semelhante estatisticamente com o obtido pela ervilhaca comum. Assim, é possível que a ervilhaca peluda tivesse produzido tanto quanto a comum, caso fosse testada em boas condições de fertilidade do solo, como aconteceu no primeiro experimento.

As cultivares de tremçoço branco e a aveia-preta sentiram menos a baixa fertilidade do solo. Loneragan & Asher (1969) estudaram 8 espécies de plantas e destacaram que os tremçoços foram as espécies mais eficientes em absorver fósforo em várias concentrações testadas. A possibilidade de que estas espécies possam ter sido beneficiadas pela atividade de fungos micorrízicos também deve ser considerada. A aveia-preta tem sido bastante utilizada por agricultores do Sul do Brasil que utilizam o sistema de plantio direto, devido sua rusticidade, precocidade, resistência à seca, eficiência na reciclagem de nutrientes e boa cobertura do solo (Calegari *et al.*, 1992).

O tremçoço branco e a aveia-preta mostraram ser capazes de acumular elevadas quantidades de fitomassa em boas e más condições de fertilidade do solo, podendo ser recomendado seu cultivo em solos com baixos níveis de fósforo, cálcio e magnésio.

O índice de cobertura do solo (Quadro 9) foi maior para as cultivares de tremçoço branco e aveia-preta aos 51 dias após a semeadura. Estas espécies aos 93 dias após a semeadura praticamente já cobriam o solo, não permitindo o

crescimento de plantas concorrentes. Aos 138 dias após a semeadura não houve diferença significativa entre as espécies de adubos verdes em relação a este parâmetro, devido ao crescimento das demais espécies. Entretanto, após a cobertura total do solo, o índice de área foliar continua a crescer, refletindo na capacidade de aproveitamento da luminosidade e CO_2 do ambiente, o que não pode ser considerado através da determinação do índice de cobertura do solo.

O tremoço amarelo e o azevém anual só atingiram uma boa cobertura do solo aos 138 dias após a semeadura obtendo índice de 0,97 e 0,93, respectivamente.

As demais espécies, tiveram um crescimento inicial lento e dificultado durante todo o ciclo devido às condições de baixa fertilidade do solo. Na última coleta, embora os índices de cobertura do solo destas espécies não diferissem significativamente de 1,0, que representa a cobertura total do solo, estes valores ficaram em torno de 0,5 e 0,8 não conseguindo portanto, a cobertura plena do solo.

As cultivares de tremoço branco apresentaram maior altura aos 51 e 93 dias após a semeadura. A aveia-preta apresentou um crescimento mais acelerado em torno de 93 dias após a semeadura, destacando-se junto com as cultivares de tremoço branco na última coleta. A comparação entre as alturas dos adubos verdes cultivados é de difícil interpretação devido às diferenças entre porte e hábito de crescimento. Os tremoços por exemplo, são eretos e de altura

elevada; o chícharo, a serradela flor rosa e as ervilhacas são prostradas, sendo as últimas trepadoras; os trevos são rasteiros, estoloníferos e com hastes eretas e inclinadas enquanto a aveia-preta e o azevém anual são cespitosos (Dalegari et al, 1992).

Aos 51 dias após a semeadura as três cultivares de tremoço branco foram as que obtiveram o maior número de nódulos por planta (Quadro 10). Aos 93 dias após a semeadura, destacaram-se as cultivares de tremoço branco "TRM 881" e "Comum", com 72 e 91 nódulos/planta, vindo a seguir a cultivar "Muito Lupa Doce", com 68 nódulos/planta. Devido ao processo de senescência nodular que se intensifica com as proximidades do final do ciclo (Barradas et al, 1989), o número de nódulos caiu para cerca da metade aos 138 dias após a semeadura enquanto que o número de nódulos nas demais leguminosas (com exceção da ervilhaca peluda) aumentou consideravelmente a ponto de a nodulação de serradela flor rosa, trevo vesiculoso e trevo branco não diferir estatisticamente da obtida pelas cultivares de tremoço branco. Estes resultados estão provavelmente ligados ao ciclo mais longo dessas culturas em relação aos tremoços.

Os tremoços apresentaram boa parte de seus nódulos em profundidade, enquanto os demais adubos verdes tiveram sua nodulação mais limitada aos primeiros centímetros do solo. A importância da nodulação mais profunda está ligada à maior estabilidade da fixação biológica do nitrogênio,

quanto a perdas de água e temperaturas elevadas no solo (Voss & Sidiras, 1985; citados por Calegari et al, 1992).

O tremoço amarelo, possui seu principal nódulo recobrendo o eixo principal de sua raiz axial e como este nódulo, representa mais da metade de sua nodulação em peso e foi contado como sendo apenas um, esta espécie foi prejudicada na avaliação deste parâmetro. No entanto, em peso esta leguminosa nodulou tanto quanto as cultivares de tremoço branco.

A relação parte aérea/raiz (Quadro 10) variou menos quando comparada com os resultados obtidos no primeiro experimento. Aos 51 dias após a semeadura, as ervilhacas apresentaram menor acúmulo de massa na parte aérea que nas raízes. O azevém anual e o trevo branco apresentaram para esta relação valores reduzidos para as três coletas; esses números confirmam a tendência do azevém anual em acumular grandes quantidades de matéria seca nas raízes.

Os adubos verdes tiveram um comportamento bastante diferenciado quanto à variação da relação parte aérea/raiz ao longo do tempo. Assim, enquanto as ervilhacas apresentaram valores crescentes para esse parâmetro, a aveia-preta e o trevo vesiculososo obtiveram um menor valor para essa relação, na segunda coleta. Este comportamento diferenciado provavelmente reflete os níveis de tolerância das espécies quanto às condições aos quais estão submetidas, já que a relação parte aérea/raiz está ligada à estratégia de sobrevivência da planta. Assim, as espécies que

apresentam menores valores para essa relação proporcionam melhor fixação da planta e maior exploração do solo e, que em condições de deficiência no solo, parece um fator de grande importância.

Aos 51 dias após a semeadura, o nitrogênio acumulado na parte aérea dos adubos verdes (quadro 11) foi maior para as cultivares de tremoço branco e aveia-preta. Aos 93 dias após a semeadura apenas as primeiras se mantiveram como destaque em relação a este parâmetro. No, entanto, na terceira coleta, aos 138 dias após a semeadura, a aveia preta voltou a figurar no grupo de espécies que mais acumularam nitrogênio na parte aérea, expressando sua elevada capacidade em absorver o N do solo, mesmo em condições de baixos níveis de fósforo, cálcio e magnésio.

As três cultivares de tremoço branco acumularam aos 138 dias após a semeadura em solo com baixo nível de fósforo, cálcio e magnésio, uma média de 159,1 kg de N/ha. A média acumulada por estas plantas no primeiro experimento foi de 193,7 kg de N/ha, o que mostra que, nas condições do segundo experimento, estas plantas deixaram de acumular mais de 30 kg de N/ha, em média. No entanto, as leguminosas que mais sentiram as condições do solo do segundo experimento foram o tremoço amarelo, a ervilhaca comum e o trevo vermelho que deixaram de acumular na parte aérea 193,7, 130,2 e 83,0 kg de N/ha, respectivamente.

A comparação entre os resultados obtidos nos dois experimentos torna-se importante devido às diferenças encontradas. Entretanto, é necessário ressaltar que, além das diferenças quanto à fertilidade do solo, os experimentos foram implantados em épocas distintas, tendo sido, os adubos verdes do segundo experimento, semeados numa época mais apropriada.

As espécies que acumularam maior quantidade de N nas raízes aos 51 dias após a semeadura foram as três cultivares de tremoço branco, a ervilhaca comum, a ervilhaca peluda e o azevém anual. Destas, apenas a ervilhaca comum não produziu bem na segunda coleta, destacando-se também, nesta época, a aveia-preta e o tremoço amarelo. Na segunda coleta além destas, a aveia preta e o tremoço amarelo também se destacaram. Aos 138 dias após a semeadura, além das cultivares de tremoço branco, o tremoço amarelo, a ervilhaca peluda, o azevém anual e a aveia-preta se destacaram também os trevos, que acumularam em média de 8,56 kg de N/ha. Os trevos apresentaram um crescimento expressivo do N acumulado nas raízes a partir da segunda coleta, apesar destas leguminosas terem tido dificuldades de se estabelecer em condições de baixos níveis de fósforo, cálcio e magnésio no solo.

O somatório do N acumulado na parte aérea e raízes aos 51 dias após a semeadura (Figura 3) mostra que apenas as três cultivares de tremoço branco e a aveia-preta se destacaram. Aos 79 e 138 dias após a semeadura, destacaram-

se apenas as três cultivares de tremoço branco (Figuras 4 e 5). Este resultado, provavelmente está relacionado com a maior capacidade de fixação biológica do N_2 .

4.4. Conclusões

As espécies que mais se destacaram, em condições de boa fertilidade no solo foram as três cultivares de tremoço branco, o tremoço amarelo, a ervilhaca comum, a aveia-preta e o trevo vermelho. Em condições de baixo fósforo, cálcio e magnésio no solo, as que mais se destacaram foram as três cultivares de tremoço branco e a aveia-preta. Os resultados mostram que estes adubos verdes quando bem conduzidos podem trazer contribuição apreciável no aporte de matéria orgânica e nitrogênio ao solo.

Das demais espécies de adubos verdes cultivadas na Região Serrana fluminense, apenas a serradela flor rosa obteve produção de matéria seca inferior às obtidas no sul do Brasil. Entretanto, esses resultados devem estar ligados ao crescimento mais lento da espécie, devido ser seu ciclo bem mais longo que as demais.

Desta forma, mesmo as espécies que não se destacaram como melhores adubos verde, em condições de boa fertilidade no solo, não apresentaram qualquer impedimento em seu crescimento na Região Serrana fluminense. Assim, estas espécies podem ser recomendadas para diversos outros

usos como por exemplo formação de pastagens, legumineira, banco de proteína e outros, desde que não se tenha problemas de fertilidade do solo.

4.5. Literatura citada

- ABBOUD, A.C. de S.; DUQUE, F.F. Efeitos da aplicação ao solo de materiais orgânicos e vermiculita sobre a sequência cultural milho-feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, 21:227-236, 1986.
- ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. Plantas forrageiras; gramíneas e leguminosas. São Paulo. Ed. Nobel, 1980.
- AMADO, T.J.C., ALMEIDA, E.X. de., MATOS, A.T. de. Determinação da cobertura do solo por adubos verdes. Florianópolis, EMPASO, 6p. 1987.
- BARRADAS, C.A.A.; BODDEY, L.H.; HUNGRIA, M. Seleção de cultivares de feijão e estirpes de *Rhizobium* para nodulação precoce e senescência tardia dos nódulos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:169-179, 1989.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDER, L. do P.; COSTA, M.B.B. da; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro. AS-PTA, 346p. 1992.
- CLARKSON, D.T. **Adaptações morfológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade**. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS. Anais. Ilhéus, s. ed.p.45-47. 1985.

- DAL BO, M.A., BECKER, M. Avaliação de leguminosas de inverno para cobertura verde do solo em parreiras. Florianópolis, EMPASO. 5p, 1987.
- DE-POLLI, H.; FRANCO, A.A. Inoculação de sementes de leguminosas. Seropédica-RJ., EMBRAPA/CNPBS, 1985.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M., ALMEIDA, D.L. de.; FRANCO, A.A. Adubação verde-parâmetros para avaliação de sua eficiência. Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo, Londrina-PR. jul. 1990.
- DERPSCH, R. Informações sobre tremoco (*Lupinus sp*). Informe de pesquisa 19, 20p., IAPAR, Londrina. 1980.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília 20(7):761-773, 1985.
- EBELHAR, S.A., FRYE, W.W., BLEVINS, R.L. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. **Agronomy Journal**, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1979.
- FERRAZ, C.A.M., CIA, E.; SABINO, N.P. Efeito da mucuna e amendoim em rotação com algodoeiro. **Bragantia**, 36:1-9, 1977.

- FISCHER, R.G.; DALL'AGNOL, M. Novas leguminosas introduzidas no planalto catarinense. Florianópolis, EMPASC, 4p. 1985.
- FRANCO, A.A.; SOUTO, S.M. Contribuição da fixação biológica de N² na adubação verde. In: **Adubação verde no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill, p.199-215, 1984.
- GARDNER, W.K.; PARBERY, D.G.; BARBER, D.A. Proteoid root morphology and function in *Lupinus albus*. **Plant and Soil** 60, 143-147, 1981.
- BONÇALVES, J.D.N. Nitrogênio e produção de matéria seca do azevém. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 14(01):47-51, 1979.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20(9):1021-1030, 1985.
- INFORZATO, R. Estudos dos sistemas radiculares de *Tephrosia candida* D.C. **Bragantia**, 7:49-54, 1947a.
- KEMPER, B. Relatório final de estudos edafoclimáticos. Convênio IAPAR/GTZ, 127p. Londrina. IAPAR, 1979 (mimeografado).
- KLUTHCOUSKI, J.C. Leucena: alternativa para a pequena e média agricultura. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 23p., 1980 (Circular técnica).
- LONERAGAN, J.F.; ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II- Rate of phosphate absorption and its relation to growth. **Soil Sci.**, 103(5)311-318, 1969.

- LORENZI, H. Inibição Alelopática. In: **Adubação verde no Brasil**. Fundação Cargill, Campinas p.183-198, 1984.
- PASTANA, F.I.; SCARANARI, H.; ROCHA, T.R. Travamento do solo. Estudo envolvendo algumas plantas forrageiras. **Bragantia**., 24(s/n), 81-83, 1965.
- SCHERER, E.E. O tremoço e seu cultivo em Santa Catarina. Florianópolis. EMPASC. 20p. 1982.
- SHARMA, R.D.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S. Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados. In: **Adubação verde no Brasil** p.42-43, 1984.
- SHARMA, R.D.; SCOLARI, D.D.G. Eficiência do adubo verde e rotação no controle dos nematóides fitoparasitos e seus efeitos na produção do feijão e milho sob condições de cerrados. **Adubação Verde no Brasil**. Fundação Cargill p.44-45, 1984.
- SILVA, E.M.R. da; ALMEIDA, D.L. de; FRANCO, A.A.; DOBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento de fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 9:85- 88, 1985.
- VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; PERECIN, D.; ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho-amarelo fase arenosa (LVa). **Científica**, 7(3):431-435, 1979.

QUADRO 01: Produção de matéria fresca e seca da parte aérea de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Produção da parte aérea (kg/ha)			
	79das		119das ¹	
	matéria		matéria	
	fresca	seca	fresca	seca
Tremoço branco "cv. TRM 881"	12516a	1445a	49199a	7867a
Tremoço branco "cv. MLDoce"	11805ab	1437a	37761abc	6338abc
Tremoço branco "cv. Comum"	8705abc	1158ab	44578ab	7735a
Tremoço amarelo	8829abc	872bc	38072abc	7054ab
Ervilhaca comum	7328bcd	984b	45970a	6314abc
Chicharo	2505e	328e	23680bcd	2736de
Azevém anual	6154cde	786bce	30508abcd	4298bcde
Aveia-preta	7710bc	787bcd	37744abc	5317abcd
Serradela flor rosa	4302cde	495cde	10653d	1429e
Trevo vesiculoso	4229cde	362de	16427cd	3360cde
Trevo branco	2774de	275e	11777d	1526e
Trevo vermelho	5289cde	508cde	32093abcd	3805cde

¹ dias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 02: Produção de matéria fresca e seca de raízes de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Produção de raízes (kg/ha)			
	79das		119das ¹	
	matéria fresca	matéria seca	matéria fresca	matéria seca
Tremoco branco "cv. TRM 881"	1495b	208cd	3994d	1622b
Tremoco branco "cv. ML Doce"	745bc	170cde	6182bcd	2097ab
Tremoco branco "cv. Comum"	691bc	142de	6639bcd	1772b
Tremoco amarelo	750bc	94e	3162d	904b
Ervilhaca comum	789bc	144de	5224bcd	453b
Chicharo	305c	93e	3389d	553b
Azevém anual	4477a	638a	21514a	5145a
Aveia-preta	3804a	351b	12442bc	2722ab
Serradela flor rosa	960bc	119de	5449bcd	950b
Trevo vesiculoso	817bc	189cde	4281cd	856b
Trevo branco	556bc	180cde	3571d	345b
Trevo vermelho	1408b	257bc	13457ab	2348ab

¹ dias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 03: Produção de matéria fresca e seca total (parte aérea + raiz) de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Produção de matéria total (kg/ha)			
	79das		119das ⁺	
	matéria		matéria	
	fresca	seca	fresca	seca
Tremoço branco "cv. TRM 881"	14010a	1652a	53192a	9488a
Tremoço branco "cv. ML Doce"	12550ab	1606a	43943ab	8435ab
Tremoço branco "cv. Comum"	9396abcd	1300ab	51217a	9506a
Tremoço amarelo	9579abcd	966bcd	41234abc	7958abc
Ervilhaca comum	8117bcde	1128abc	51197a	6767abc
Chícharo	2811e	421e	27069abc	3288cd
Azevém anual	10631abc	1424ab	52022a	9443a
Aveia-preta	11514abc	1138abc	50186a	8039abc
Serradela flor rosa	5261de	614cd	16102c	2379d
Trevo vesiculoso	5046de	551de	20708bc	4216bcd
Trevo branco	3330e	454de	15348c	1870d
Trevo vermelho	6697cde	765cde	45500ab	6153abcd

⁺ dias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferam entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 04: Modulação e relação parte aérea/raiz de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Peso seco de nódulos (mg/pl)		Relação Pa/raiz	
	79das	119das	79das	119das ¹
Tremoço branco "cv. TRM 881"	210a	285b	6,95b	4,85cd
Tremoço branco "cv. ML Doce"	119b	161bc	8,46ab	3,04cdefg
Tremoço branco "cv. Comum"	125ab	189b	8,15ab	4,26cde
Tremoço amarelo	158ab	460a	9,22a	8,02b
Ervilhaca comum	8c	12c	6,88b	14,10a
Chicharo	15c	25c	3,98c	5,44bc
Azevém anual	(=)	(=)	1,25d	1,46f
Aveia-preta	(=)	(=)	2,24d	1,96defg
Serradela flor rosa	1c	5c	4,16c	1,50ef
Trévo vesiculoso	1c	6c	1,89d	3,93cdef
Trévo branco	1c	3c	1,54d	4,43cde
Trévo vermelho	1c	6c	1,97d	1,70ef

¹ dias após a semeadura

(=) não se aplica

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

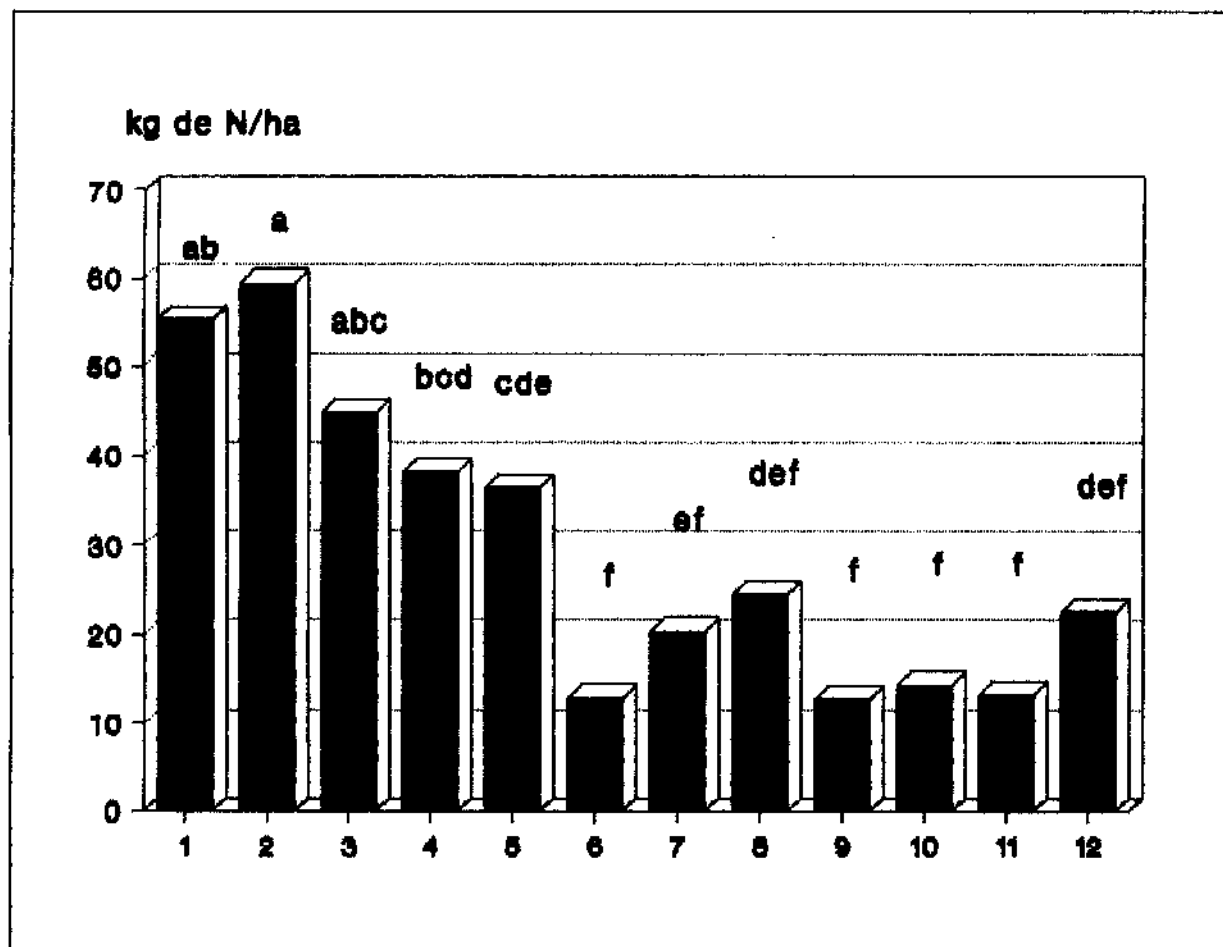
QUADRO 05: Nitrogênio total acumulado na parte aérea e raízes de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Parte aérea(kgN/ha)		Raízes(kgN/ha)	
	79das	119das	79das	119das ¹
Tremoço branco "cv. TRM 881"	51,8a	187,6abc	3,5bcde	18,2abc
Tremoço branco "cv. HL Doce"	56,5a	166,8abcd	2,9bcde	26,6abc
Tremoço branco "cv. Comum"	42,4ab	236,6a	2,4cde	15,0abc
Tremoço amarelo	35,6bc	231,3ab	2,5cde	16,4abc
Ervilhaca comum	33,9bc	222,6ab	2,6cde	5,5c
Chicharo	11,3d	74,3cde	1,5de	9,7bc
Azevém anual	12,8d	52,5de	7,5a	37,1ab
Aveia-preta	20,4cd	100,3cde	4,1bcd	21,5abc
Serradela flor rosa	11,0d	25,6e	1,7de	12,4abc
Trevo vesiculoso	9,9d	112,5bcde	4,4bc	15,6abc
Trevo branco	9,0d	55,2de	4,2bcd	7,2c
Trevo vermelho	17,2d	112,3bcde	5,3ab	38,8a

¹ dias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferam entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

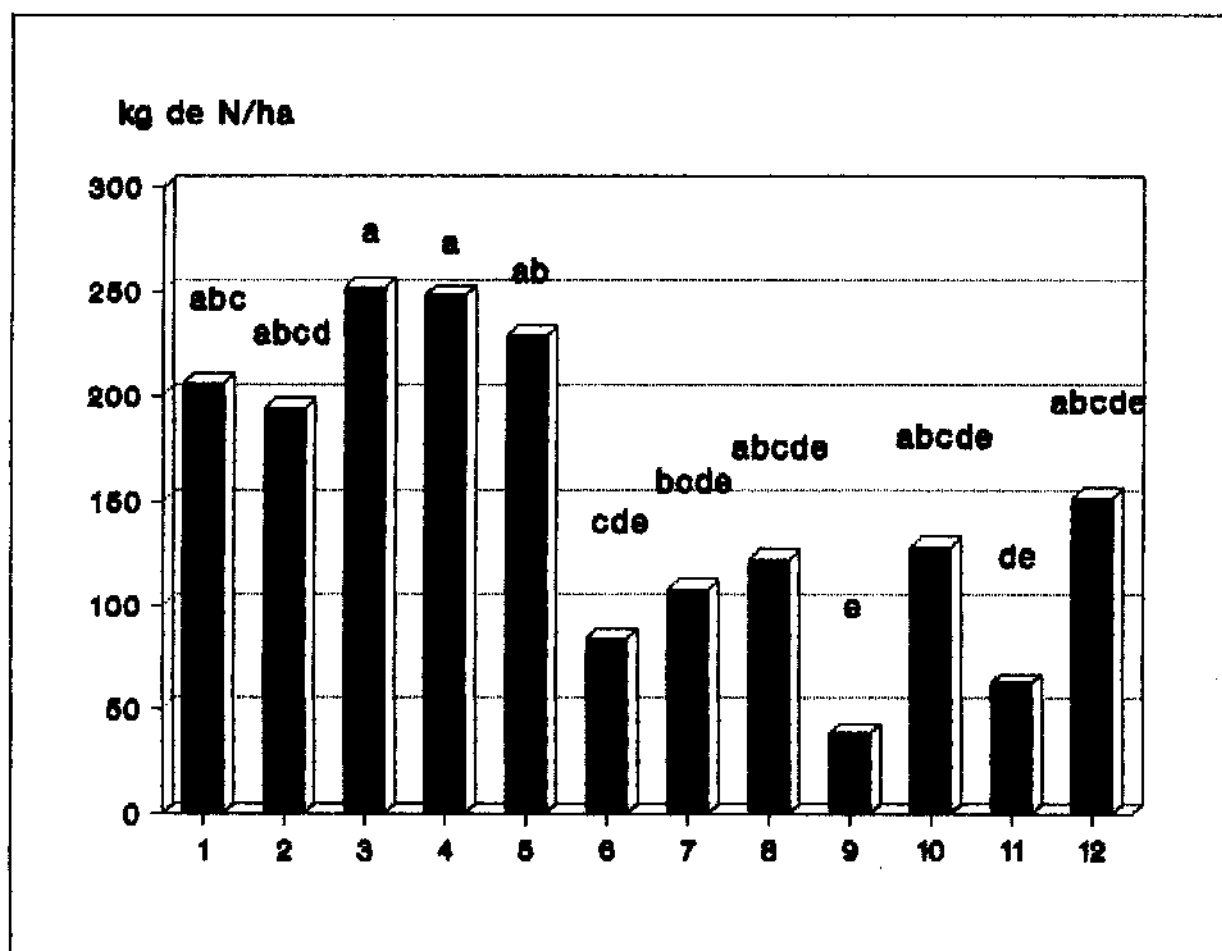
FIGURA 1: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 79 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.



1. tremoço branco "cv. TRM 881"
2. tremoço branco "cv. MLDoce"
3. tremoço branco "cv. Comum"
4. tremoço amarelo
5. ervilhaca comum
6. chícharo
7. azevém anual
8. aveia-preta
10. trevo vesiculoso
11. trevo branco
12. trevo vermelho

Obs: valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

FIGURA 2: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 119 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.



1. tremoço branco "cv. TRM 881"
2. tremoço branco "cv. MLDoce"
3. tremoço branco "cv. Comum"
4. tremoço amarelo
5. ervilhaca comum
6. chícharo
7. azevém anual
8. aveia-preta
9. serradela flor rosa
10. trevo vesiculoso
11. trevo branco
12. trevo vermelho

Obs: valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 06: Produção de matéria fresca e seca da parte aérea de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Produção da parte aérea (kg/ha)					
	5idas		93das		138das	
	matéria		matéria		matéria	
	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca
Tremoço branco "cv. TRM 881"	13447a	1399a	41311a	4539a	68293a	9539a
Tremoço branco "cv. ML Doce"	8229abc	1008a	30263abc	3463abc	56459ab	8690ab
Tremoço branco "cv. Comum"	10598ab	1162a	36378ab	4158ab	56500ab	9495a
Tremoço amarelo	3788cde	466bc	15596bcd	1598cd	28677cd	3483cd
Ervilhaca comum	1216de	232c	4611d	659d	13625cd	1875d
Ervilhaca peluda	1304de	270c	5732d	647d	20983cd	1756d
Chicharo	1177de	188c	9805cd	943d	16885cd	2581d
Azevém anual	2627cde	439bc	12847cd	1871bcd	25590cd	4899bcd
Aveia-preta	6413bcd	882ab	29321abc	3299abc	34038bc	7444abc
Serradela flor rosa	520e	92c	3791d	465d	14004cd	2315d
Trevo vesiculoso	497e	85c	3396d	344d	19681cd	2077d
Trevo branco	250e	31c	521d	86d	7435d	825d
Trevo vermelho	272e	44c	639d	89d	11292cd	1437d

ídias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 07: Produção de matéria fresca e seca de raízes de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Produção de raízes (kg/ha)					
	51das		93das		138das1	
	matéria		matéria		matéria	
	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca
Tremoço branco "cv. TRM 881"	2963a	383a	7189a	1066a	11255ab	2188ab
Tremoço branco "cv. ML Doce"	2134abc	296ab	5237abc	875abc	8904abc	1945b
Tremoço branco "cv. Comun"	2500ab	314ab	5333abc	861abc	8365abcd	2063ab
Tremoço amarelo	760abc	108ab	2261bcd	464abc	5106bcde	708cd
Ervilhaca comum	2815ab	291ab	2352bcd	317bc	2355de	341d
Ervilhaca peluda	2513ab	324ab	3197abcd	466abc	3089cde	505cd
Chicharo	594bc	48ab	1086cd	129c	1650e	213d
Azevém anual	1717abc	358ab	5813ab	1187a	14422a	3247a
Aveia-preta	1829abc	219ab	6401ab	882abc	8051abcde	1537bc
Serradela flor rosa	99c	20b	768cd	61c	3313cde	551cd
Trevo vesiculoso	101c	18b	1111cd	132c	4107cde	485cd
Trevo branco	160c	23b	379d	80c	4297cde	604cd
Trevo vermelho	186c	22b	425d	48c	2626cde	367cd

1dias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

QUADRO 08: Produção de matéria fresca e seca total (parte aérea + raiz) de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubo verde de inverno	matéria total (kg/ha)					
	5idas		93das		138das1	
	matéria		matéria		matéria	
	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca
Tremço branco "cv. TRM 881"	16410a	1782a	48500a	5604a	79548a	11727a
Tremço branco "cv. ML Doce"	10363abc	1304abc	35501abc	4338ab	65363ab	10635a
Tremço branco "cv. Comum"	13098ab	1476ab	41711ab	5019a	64865ab	11558a
Tremço amarelo	4548cde	574cd	17857bcd	2062bcd	33783cd	4191bc
Ervilhaca comum	4031cde	523cd	6963d	976cd	15980cd	2216c
Ervilhaca peluda	3817cde	594cd	8929d	1113cd	24072cd	2261c
Chicharo	1771de	236d	10892cd	1072cd	18535cd	2794c
Azevém anual	4344cde	797bcd	18660bcd	3058abc	40012bcd	8146ab
Aveia-preta	8242bcd	1101abc	35722abc	4181ab	42089bc	8981a
Serradela flor rosa	619e	112d	4559d	526cd	17317cd	2866c
Trevo vesiculoso	598e	103d	4507d	476cd	23788cd	2562c
Trevo branco	410e	54d	899d	166d	11732d	1429c
Trevo vermelho	458e	66d	1064d	137d	13918cd	1804c

1 dias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 09: índice de cobertura do solo e altura da parte aérea de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	índice de cobertura do solo			Altura da parte aérea(cm)		
	5idas	93das	138das	5idas	93das	138das
Tremoço branco "cv. TRM 881"	0,46a	1,00a	1,00a	27,0a	68,0ab	132,0a
Tremoço branco "cv. ML Doce"	0,39a	0,97a	1,00a	25,0ab	64,0ab	122,0a
Tremoço branco "cv. Comum"	0,43a	1,00a	1,00a	28,0a	75,0a	129,0a
Tremoço amarelo	0,22bc	0,56b	0,97a	13,0cd	29,0c	62,0bc
Ervilhaca comum	0,13c	0,27c	0,68a	10,0cd	23,0cd	43,0cd
Ervilhaca peluda	0,13c	0,27c	0,62a	7,0cd	17,0cd	39,0cd
Chicharo	0,12c	0,33bc	0,72a	10,0cd	22,0cd	39,0cd
Azevém anual	0,18c	0,39bc	0,93a	9,0cd	19,0cd	72,0b
Aveia-preta	0,38ab	0,85a	1,00a	16,0bc	54,0b	127,0a
Serradela flor rosa	0,09c	0,27c	0,65a	6,0cd	14,0cd	41,0cd
Trevo vesiculoso	0,07c	0,22c	0,58a	5,0d	10,0d	38,0cd
Trevo branco	0,08c	0,22c	0,52a	6,0cd	10,0d	23,0d
Trevo vermelho	0,09c	0,18c	0,57a	7,0cd	13,0cd	22,0d

ídias após a emergência

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 10: Modulação e relação parte aérea/raiz de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	No de nódulos/planta			Relação parte aérea/raiz		
	51das	93das	138das	51das	93das	138das
Tremoço branco "cv. TRM 881"	37a	72ab	40a	3,65abcd	4,23ab	4,33ab
Tremoço branco "cv. ML Doce"	41a	68b	35ab	3,37abcd	3,99ab	4,33ab
Tremoço branco "cv. Comum"	43a	91a	34ab	4,37ab	4,81a	4,45ab
Tremoço amarelo	5b	8c	9cd	4,44ab	4,25ab	5,04ab
Ervilhaca comum	10b	13c	10bcd	0,99cd	2,20ab	4,76ab
Ervilhaca peluda	3b	4c	17bcd	0,89d	1,60ab	4,20ab
Chicharo	5b	4c	8cd	3,82abcd	4,01ab	7,10a
Azevém anual	(2)	(2)	(2)	1,16bcd	1,46ab	1,55b
Aveia-preta	(2)	(2)	(2)	4,88a	3,44ab	4,89ab
Serradela flor rosa	14b	19c	40a	4,32abc	4,81a	4,51ab
Trevo vesiculoso	5b	7c	22abc	3,77abcd	2,20ab	3,00ab
Trevo branco	4b	9c	22abc	1,64abcd	1,10b	1,45b
Trevo vermelho	5b	10c	13bcd	2,15abcd	2,10ab	3,35ab

1dias após a semeadura

2não se aplica

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

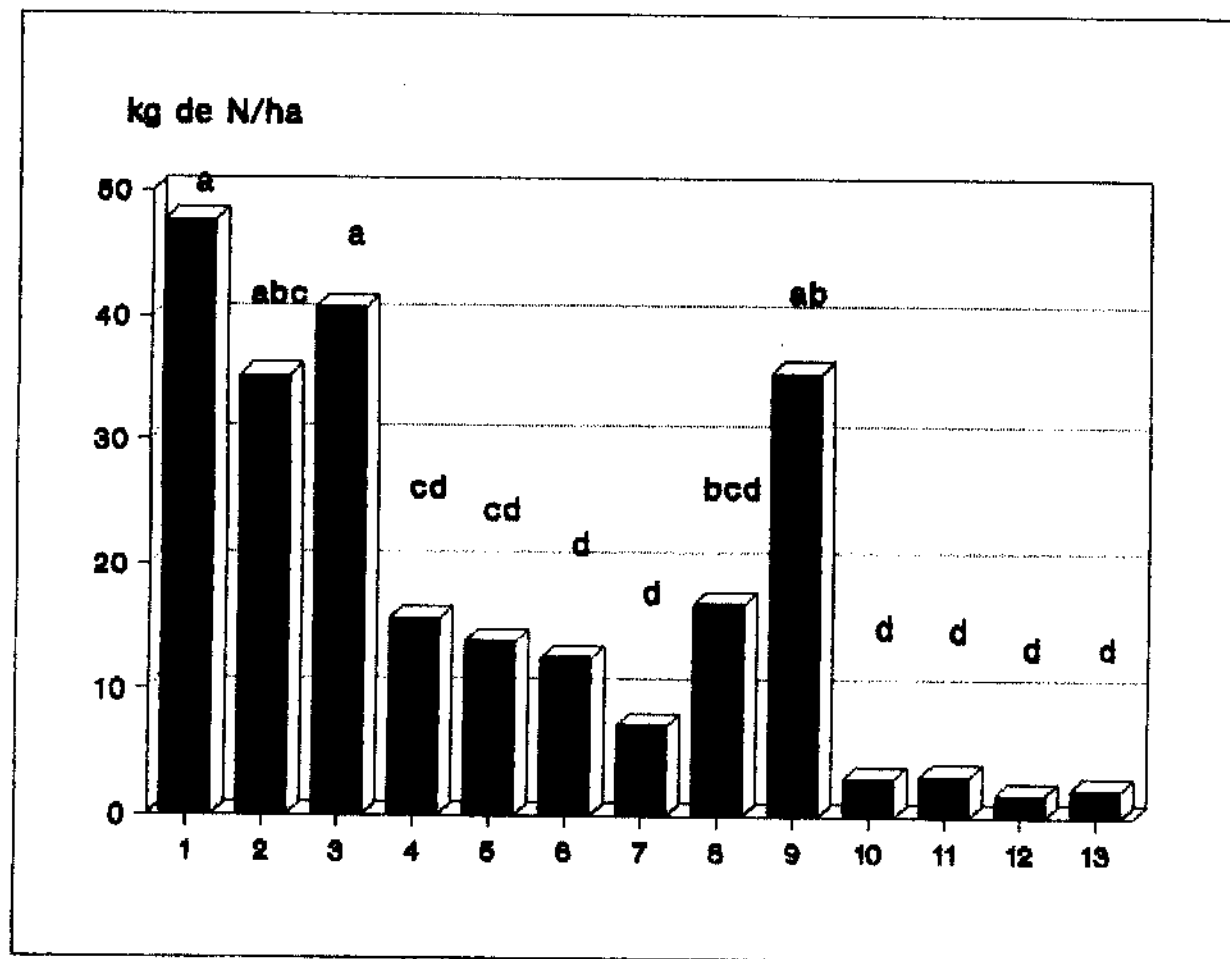
QUADRO 11: Nitrogênio total acumulado na parte aérea e raízes de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	Parte aérea (kgN/ha)			Raízes		
	51das	93das	138das	51das	93das	138das
Tremoço branco "cv. TRM 881"	40,0a	119,7a	168,5a	7,67a	9,07ab	18,53a
Tremoço branco "cv. ML Doce"	30ab	102,8ab	147,3abc	5,13abc	8,70ab	12,53ab
Tremoço branco "cv. Comum"	36,1a	117,4a	161,4ab	4,63abcd	14,86a	25,80a
Tremoço amarelo	14,2bc	31,4c	76,4cd	1,60bcd	6,10ab	8,60ab
Ervilhaca comum	7,4c	16,5c	50,6d	5,20abc	5,73b	4,93b
Ervilhaca peluda	8,5c	16,4c	36,9d	5,47ab	6,50ab	9,83ab
Chicharo	6,3c	32,0c	75,0bcd	0,93cd	2,90b	4,03b
Azevém anual	13,0bc	34,1c	52,4d	3,90abcd	9,27ab	17,83ab
Aveia-preta	32,8a	53,3c	88,0abcd	2,73bcd	7,80ab	10,13ab
Serradela flor rosa	2,8c	11,1c	31,2d	0,33d	1,37b	5,23b
Trevo vesiculoso	2,8c	12,3c	58,3cd	0,37d	2,40b	8,50ab
Trevo branco	1,2c	2,3c	18,5d	0,57d	1,47b	9,90ab
Trevo vermelho	1,7c	2,9c	39,6d	0,47d	1,40b	7,27ab

idias após a semeadura

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

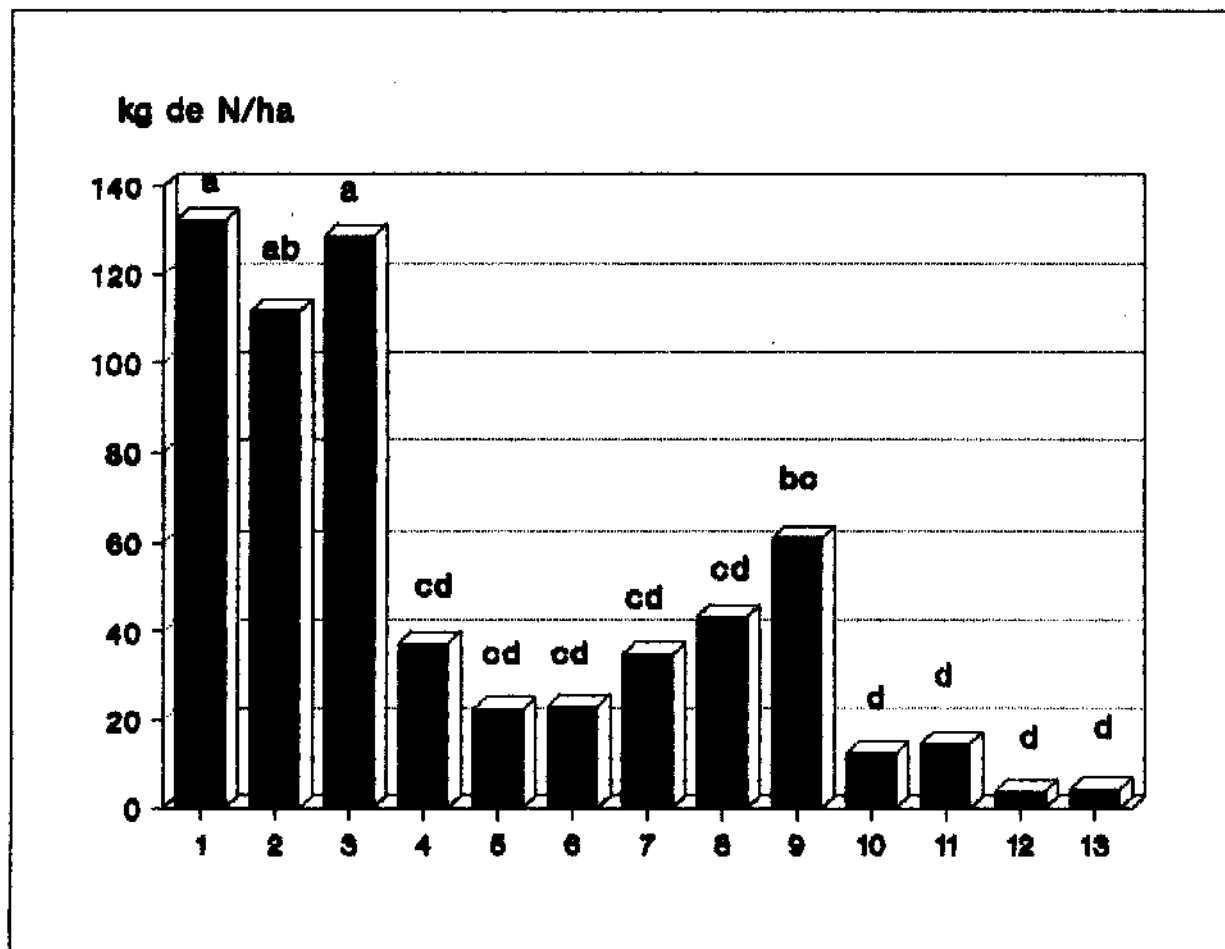
FIGURA 3: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 51 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.



1. tremoço branco "cv. TRM 881"
2. tremoço branco "cv. MLDoce"
3. tremoço branco "cv. Comum"
4. tremoço amarelo
5. ervilhaca comum
6. ervilhaca peluda
7. chicharo
8. azevém anual
9. aveia-preta
10. serradela flor rosa
11. trevo vesiculoso
12. trevo branco
13. trevo vermelho

Obs: valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

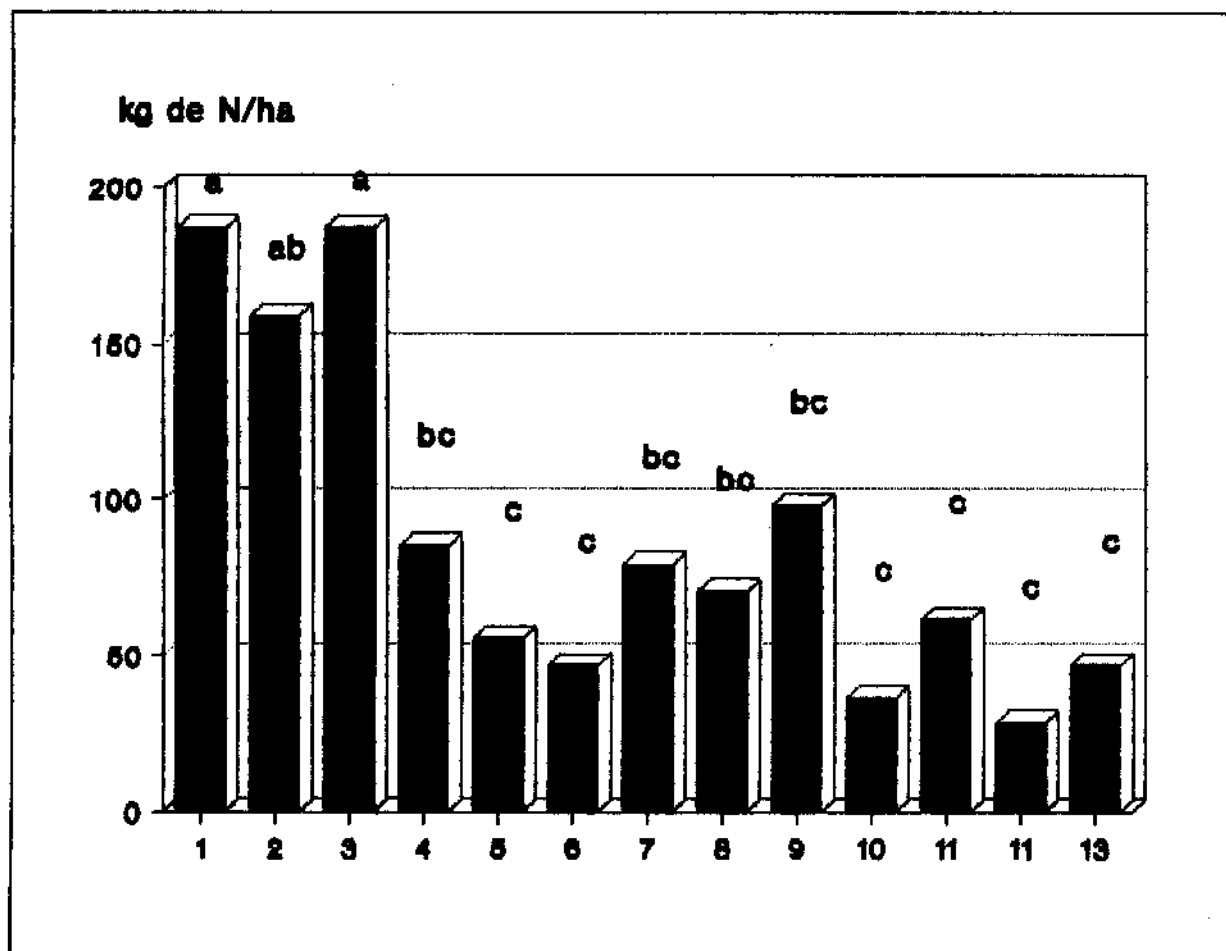
FIGURA 4: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 93 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.



1. tremoço branco "cv. TRM 881"
2. tremoço branco "cv. MLDoce"
3. tremoço branco "cv. Comum"
4. tremoço amarelo
5. ervilhaca comum
6. ervilhaca peluda
7. chícharo
8. azevém anual
9. aveia-preta
10. serradela flor rosa
11. trevo vesiculoso
12. trevo branco
13. trevo vermelho

Obs: valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

FIGURA 5: Nitrogênio total acumulado (parte aérea + raiz) aos 138 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.



1. tremoço branco "cv. TRM 881"
2. tremoço branco "cv. MLDoce"
3. tremoço branco "cv. Comum"
4. tremoço amarelo
5. ervilhaca comum
6. ervilhaca peluda
7. chícharo
8. azevém anual
9. aveia-preta
10. serradela flor rosa
11. trevo vesiculoso
12. trevo branco
13. trevo vermelho

Obs: valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

5. Influência da incorporação de alguns adubos verdes de inverno e três doses de N na produção da alface "cv. Regina".

5.1. Introdução

A região serrana responde por cerca de 83% da produção de olericultura do Estado do Rio de Janeiro (Fórum etc, 1992). Embora esta atividade apresente bons níveis de rentabilidade para o produtor, os custos de instalação e condução das culturas são em geral bastante elevados devido a utilização intensiva de mão-de-obra, insumos e a necessidade de solos férteis e ricos em matéria orgânica para se atingir produções em quantidade e qualidade exigidos pelo mercado.

No sistema de produção utilizado, verifica-se o uso intensivo de adubos formulados, sem prévia análise da fertilidade do solo, o que pode resultar num desequilíbrio na oferta de nutrientes com consequências no desenvolvimento das plantas (Chaboussou, 1987). Por outro lado, alguns extensionistas têm sustentado que, devido o ciclo curto das hortaliças e o processo de melhoramento visando a alta produtividade das cultivares atualmente no mercado, as recomendações de fertilizantes preconizadas pela pesquisa,

baseadas na análise da fertilidade do solo, têm ficado aquém das necessidades das plantas, com prejuízo de sua produtividade.

A adubação verde com leguminosas é prática recomendada para a geração de matéria orgânica e fornecimento de nitrogênio para as plantas, através da fixação biológica do N_2 (Vitti et al, 1979 e Araújo & Almeida, 1987). Adições ao solo de até 285 kg de N/ha foram obtidos por Abboud & Duque (1986), através da incorporação de feijão bravo do Ceará em áreas mais baixas do Estado. No entanto, não tem sido muito utilizada por produtores de hortaliças, devido à carência de resultados de pesquisa que comprovem a eficiência desta prática nos sistemas de produção das olerícolas.

Como foi mostrado no Capítulo 3, a possibilidade do cultivo de espécies de adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense é uma realidade. No entanto, a recomendação da adubação verde antecedendo o cultivo de hortaliças ainda depende de um melhor conhecimento sobre a capacidade destas em aproveitar os benefícios oriundos da adubação verde já no plantio subsequente.

Neste trabalho, é verificada a resposta da alface (*Lactuca sativa*) à incorporação de alguns adubos verdes de inverno, avaliando o potencial desta prática na contribuição para o sistema de cultivo da hortaliça na Região Serrana fluminense e a aplicação de um excesso de adubo nitrogenado a fim de verificar o seu efeito na produtividade da cultura.

5.2. Material e métodos

Os adubos verdes foram semeados em fins de maio de 1990, em parcelas com dimensões de 2,5 x 3,0m, dispostas em blocos ao acaso. Os tratamentos utilizados foram incorporação da vegetação espontânea, tremoço amarelo, ervilhaca comum e aveia-preta com e sem a remoção da parte aérea, este último tratamento simulando o aproveitamento da gramínea para a alimentação animal e também verificando a importância do sistema radicular na prática da adubação verde, totalizando cinco tratamentos com seis repetições. As leguminosas foram inoculadas de acordo com De-Polli & Franco (1985), com suas respectivas estirpes de Rizóbio, recomendadas pelo CNPDS/EMBRAPA.

O experimento foi instalado num Latossolo Vermelho-Amarelo e, em função das boas condições de fertilidade, indicada através da análise, pelo método descrito em EMBRAPA (1979) de uma amostra composta por doze amostras simples retiradas de 0-20cm de profundidade da área experimental, não se efetuou adubação. Os resultados dessa análise foram o seguinte:

		-meq /100g-			-ppm-		-- % --	
PH(H ₂ O)	PH(KCl)	Ca	Mg	Al	P	K	M.O	N-total
5,5	4,5	1,5	1,0	0,1	35	133	2,8	0,42

A caracterização da vegetação espontânea foi feita aos 101 dias após a semeadura dos adubos verdes através da delimitação de duas áreas de $0,6m^2$ dentro das parcelas do tratamento e a determinação do número e frequência de ocorrência das espécies.

Os adubos verdes foram cortados aos 122 dias após a semeadura, em plena floração das espécies. A massa vegetal foi então pesada, recolocada e distribuída sobre as parcelas originais, procurando-se transferir para as parcelas que produziram menos parte aérea do material vegetal das que produziram mais, uniformizando-se as quantidades recebidas dentro de um mesmo tratamento. A parte aérea de seis parcelas das doze de aveia-preta foi removida, a fim de simular o tratamento em que o produtor a utiliza para a alimentação animal e que testa a importância do sistema radicular na prática da adubação verde. A produção dos adubos verdes e da vegetação espontânea estão no quadro 12.

O peso da matéria seca foi calculado pela determinação da umidade em amostras de material vegetal que foram retiradas dentro de cada parcela.

Aos quinze dias após o corte procedeu-se uma pré-incorporação da massa vegetal deixada na superfície das parcelas, através de uma passagem completa de um microtrator equipado com uma enxada rotativa, com o objetivo de apressar sua decomposição. Uma segunda incorporação foi realizada

duas semanas a seguir, procedendo-se o preparo das subparcelas.

O delineamento experimental utilizado foi um fatorial em parcelas subdivididas, com os materiais incorporados nas parcelas e, nas subparcelas, três doses de N, sob a forma de uréia: zero, 40 e 80 kg de N/ha, sendo as duas últimas parcelados em três épocas distintas, sendo $1/4$ do total no plantio mais $3/8$ aos 10 e os outros $3/8$ aos 15 dias após o transplântio das mudas. A distribuição do N nas subparcelas foi feita através de uma solução preparada com 20l de água.

No plantio da alface foram utilizadas mudas da cultivar Regina com 20 dias após a semeadura. Em cada subparcela foram plantadas 3 linhas com 10 mudas de alface cada, obedecendo o espaçamento de 25 x 35cm.

O experimento foi irrigado de 4 a 5 vezes por semana e aos 30 dias após o transplântio das mudas foi realizada uma avaliação no desenvolvimento das alfaces e no nível de infestação de plantas concorrentes nas subparcelas. Os parâmetros avaliados nesta época foram diâmetro médio e número de folhas da cabeça da alface, utilizando as quatro plantas centrais de cada canteiro e número de ervas invasoras pela contagem do número de plantas numa área delimitada por um retângulo de madeira previamente construído com 1,25 X 0,40cm, em torno das quatro plantas centrais de cada subparcela.

Aos 42 dias após o plantio, as oito plantas centrais de cada subparcela foram colhidas avaliando-se o peso fresco e o diâmetro de cada uma. De cada canteiro foram separadas duas cabeças que foram colocadas numa estufa para determinação da matéria seca.

5.3. Resultados e discussão

Com exceção do tratamento onde houve a remoção da parte aérea da aveia-preta, onde houve apenas incorporação das raízes da gramínea, os demais adubos verdes incorporaram ao solo diferentes quantidades de massa fresca, seca e N-total (Quadro 12). A espécie que acumulou maior quantidade de matéria fresca na parte aérea aos 142 dias após a semeadura foi o tremoço amarelo, com 54638 kg/ha. A ervilhaca comum produziu 33064 e a aveia-preta 36803 e 40532 kg/ha, sendo que neste último, toda a parte aérea da gramínea foi removida das parcelas, constituindo o tratamento de simulação do uso da parte aérea da gramínea para alimentação animal e também para testar a importância do sistema radicular na prática da adubação verde.

Quanto à produção equivalente em matéria seca, sobressaíram-se o tremoço amarelo com 7131 e a aveia-preta que produziu 7992 e 8094 kg/ha, para os tratamentos com e sem incorporação da parte aérea, respectivamente. A ervilhaca comum acumulou 5089 kg/ha. No entanto, a concentração de N na matéria seca desta leguminosa foi de

4,75%, sendo bastante superior às das demais espécies e da vegetação espontânea, com 1,86%.

A concentração de N na parte aérea do tremoço amarelo foi de 2,57%, sendo superior ao teor do elemento nos tecidos da parte aérea da aveia-preta, porém semelhante ao obtido pela vegetação espontânea.

No total, o tremoço amarelo e as parcelas de aveia-preta sem a remoção da parte aérea, incorporaram 182,2 e 122,2 kg de N/ha, respectivamente. A ervilhaca comum foi o adubo verde que incorporou a maior quantidade de N/ha, cerca de 241,5 kg. Como a velocidade de decomposição dos adubos verdes depende, dentre outros fatores, da concentração de nitrogênio do material, a ervilhaca comum e o tremoço amarelo foram os adubos verdes que apresentaram a maior capacidade de fornecimento de N à cultura da alface.

As produções obtidas pelos adubos verdes utilizados neste experimento, se equivaleram aos resultados de produção das mesmas espécies obtidas no experimento 1 do Capítulo 3, confirmando o potencial destas espécies na geração de matéria orgânica e incorporação de N ao solo.

A vegetação espontânea incorporou uma quantidade de massa fresca de 16533 kg/ha, equivalente a 1840 kg de massa seca. O nitrogênio incorporado alcançou 34,1 kg/ha. As principais espécies encontradas nas parcelas deste tratamento foram: Losna branca (*Parthenium hysterophorus*) com 63% do número total de plantas; Gorga (*Spergula arvensis*) com 5%; Erva-de-bicho (*Polygonum punctatum*) com

3%; Capim jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), Língua-de-vaca (*Rumex crispus*), Serralha (*Sonchus oleraceus*) com 2%, Trevo azedo (*Oxalis corniculata*) e Dente-de-leão (*Taraxacum officinale*) com 1%.

Aos 30 dias após o transplante das mudas para os canteiros já houve diferenças significativas dos diferentes materiais vegetais incorporados com relação aos três parâmetros avaliados nas subparcelas com alface (Quadros 13, 14 e 15).

O número de folhas/cabeça de alface foi maior após a incorporação da aveia-preta, atingindo para os tratamentos com e sem incorporação da parte aérea da gramínea 8,9 e 7,9 folhas por cabeça, respectivamente (Quadro 13). A incorporação de tremoço amarelo, ervilhaca comum e a vegetação espontânea proporcionou valores semelhantes entre si para este parâmetro. Os resultados obtidos deste parâmetro não foram estatisticamente diferentes para as doses aplicadas de N mineral.

A análise da variância revelou diferenças significativas na interação entre materiais incorporados e níveis de N aplicados. A incorporação da parte aérea da aveia-preta nas subparcelas que não receberam N mineral proporcionou a obtenção de 9,8 folhas/planta, média superior às obtidas pelas alfaces cultivadas após a incorporação de tremoço amarelo, ervilhaca comum e vegetação espontânea com menos de 6,6 folhas/cabeça de alface. As alfaces cultivadas nessas subparcelas que receberam apenas a incorporação de

raízes de aveia-preta obtiveram média de 7,6 folhas/planta, resultado superior estatisticamente ao obtido pelas que receberam a incorporação de ervilhaca comum e vegetação espontânea, cerca de 4,7 e 5,5, respectivamente.

Quando se aplicou 40 e 80kg de N/ha, foram obtidos resultados parecidos. As melhores médias no número de folhas/planta foram alcançadas pelas alfaces cultivadas após a incorporação da aveia-preta, não discriminada a remoção ou a incorporação da parte aérea da gramínea.

O tratamento com incorporação da parte aérea da aveia-preta proporcionou a maior média para o diâmetro da cabeça da alface, atingindo 17,3cm, aos 30 dias após o transplântio das mudas. Os demais tratamentos foram equivalentes entre si (Quadro 14).

O cultivo dos adubos verdes proporcionou uma redução do número de plantas invasoras (Quadro 15). Nas parcelas onde a vegetação espontânea cresceu livremente, o número de plantas invasoras atingiu a 13/dm², enquanto que nos demais a média foi de 4,8 plantas/dm². Comparando com a vegetação espontânea, a incorporação da parte aérea da aveia-preta proporcionou uma redução de 83% no número de plantas concorrentes/dm² nas subparcelas, enquanto a ervilhaca e o tremço amarelo proporcionaram reduções de 66 e 56%, respectivamente. Esses resultados concordam com Almeida (1988) e IAPAR (1984); citados por Calegari *et al* (1992), que mostraram dados sobre a redução do nível de infestantes após o cultivo de adubos verdes. Estes autores

também destacaram a aveia-preta como melhor controladora do nível de infestação de plantas invasoras.

Não houve diferenças significativas para o diâmetro médio da cabeça da alface e número de ervas invasoras dentro de cada nível de N aplicado e material incorporado aos 30 dias após o transplântio das mudas da alface. Da mesma forma, a alface não respondeu com relação a estes parâmetros, à aplicação de até 80 kg de N/ha.

A indiferença da alface às doses de N aplicadas e a resposta ao cultivo anterior de aveia-preta, com ou sem a incorporação da parte aérea da gramínea, indica que a cultura foi prejudicada pelo excesso de N no solo e, neste caso, o papel da aveia-preta, foi retirar parcela importante do N disponível e/ou então, melhorar o equilíbrio entre esse nutriente e os demais no solo, pelo trabalho mais eficiente de seu sistema radicular.

Os resultados da análise do solo demonstram que além de um excesso de N, os teores de fósforo e potássio foram elevados, provavelmente pelo uso intensivo de adubos formulados N/P/K, já que em anos anteriores a área experimental fora usada para produção intensiva de hortaliças. Por outro lado, os teores de cálcio e magnésio do solo bem como o pH indicam que provavelmente não houve uso de calcário ou outra fonte dessas bases. Assim, pressupõe-se que o uso único e constante de adubos formulados N/P/K, sem análise prévia da fertilidade do solo, em áreas de produção intensiva, rompa o equilíbrio entre

esses macronutrientes e os demais, principalmente quando se tem cultivo de hortaliças, devido ao ciclo curto das espécies e a obtenção de várias safras em curto espaço de tempo, empobrecendo o solo com relação aos nutrientes não repostos através da adubação.

Assim, nas condições do experimento, onde se tinha elevado teor de N no solo, com uma relação C/N de 3,87, a aveia-preta foi provavelmente o adubo verde que proporcionou a maior redução na disponibilidade do elemento, seja através da retirada de parte do N através da remoção da parte aérea da gramínea das subparcelas, seja pela imobilização de parte do N na fitomassa da gramínea, e/ou então pela maior atividade do seu sistema radicular que normalmente apresenta maior volume e melhor exploração dos primeiros centímetros do solo, quando comparado com as leguminosas.

O papel do sistema radicular das plantas, como foi discutido na revisão deste trabalho, é de grande relevância em sistemas de adubação verde, já que ao estimular a atividade da biomassa microbiana, aumenta a dinâmica dos nutrientes, alterando a relação imobilização/mineralização destes.

Durante muito tempo a prática da adubação verde esteve limitada apenas à utilização de leguminosas, devido à maior capacidade de fixação biológica do N_2 . Entretanto, muitos outros benefícios podem ser relacionados, decorrentes do uso de outras espécies que não possuem elevada capacidade de fixação biológica do N_2 , mas que por suas características

próprias permitem que sejam implementadas melhorias nos sistema agrícola. Com relação às gramíneas podem ser citados a elevada produção de fitomassa em curto espaço de tempo e o trabalho mais efetivo de seu sistema radicular.

Em áreas de cultivo intensivo de hortaliças, como é comum se proceder adubações periódicas, principalmente com adubos formulados contendo nitrogênio, os teores do nutriente no solo são elevados. Desta forma, a implementação da adubação verde visando melhorar o equilíbrio entre os nutrientes do solo pode ser mais importante que o ganho de N para o sistema e, neste caso, as gramíneas são mais indicadas, devido à decomposição mais lenta e à maior imobilização de nutrientes, principalmente nitrogênio, pela biomassa microbiana, responsável por esse processo de transformação do material vegetal.

A colheita da alface aos 42 dias após o transplântio das mudas, confirmou os resultados obtidos na avaliação das plantas durante seu ciclo. A incorporação da parte aérea de aveia-preta proporcionou a colheita de plantas com um diâmetro de 26,0cm, resultado superior aos obtidos pela incorporação de tremço amarelo, ervilhaca comum e vegetação espontânea, com menos de 20cm de diâmetro/cabeça (Quadro 16). O tratamento onde apenas foi incorporado as raízes da aveia-preta obteve resultado um pouco mais baixo (23,9cm), sendo semelhante aos obtidos pela

incorporação da parte aérea da gramínea e demais tratamentos.

A análise da variância não mostrou diferenças significativas com relação aos diferentes materiais incorporados, doses de N aplicadas e a interação desses dois fatores na porcentagem de cabeças de alface com diâmetro maior que 20cm (Apêndice-Quadro 27).

O peso fresco da alface foi influenciado pelos diferentes materiais incorporados (Quadro 17). A incorporação da aveia-preta proporcionou a colheita de alfaces com peso médio por cabeça de 124,7g, resultado superior às obtidas pelas alfaces cultivadas após a incorporação de tremço amarelo, ervilhaca comum e vegetação espontânea, que não alcançaram 73g/cabeça. Esses valores estão bem abaixo do peso ideal de comercialização da alface. Almeida (1991) chegou a obter peso fresco acima de 300g/cabeça em cultivo num Planossolo adubado com 120 kg de ureia mais a incorporação de esterco de bovino ou galinha.

A produtividade da alface fresca (Quadro 18) acompanhou os resultados obtidos de peso fresco da cabeça de alface (Quadro 17). Esses valores foram bastante baixos quando comparados com a produtividade média de 25 a 30 t/ha obtidos em Teresópolis, maior produtor fluminense da hortaliçada (EMATER, 1989). Entretanto, isto se deveu às condições de precocidade em que a maioria das alfaces foram colhidas. A incorporação dos diferentes adubos verdes proporcionou na época de colheita uma elevada

desuniformidade no tamanho das plantas, tornando-se necessária a realização da coleta assim que as primeiras cabeças atingiram o tamanho comercial, já que a possibilidade de se proceder mais de uma colheita complicaria a discussão dos resultados obtidos.

Em lavouras de alface que apresentam desuniformidade de tamanho em seu estande é comum os agricultores fazer mais de uma colheita, retirando apenas as cabeças que atingiram diâmetro comercial, normalmente estimulados por variações para cima do preço do produto.

As diferenças não se expressaram com relação ao peso seco, provavelmente devido ao maior teor de umidade das alfaces colhidas após o cultivo e incorporação da aveia-preta, indicando que a menor velocidade de decomposição da gramínea também proporcionou uma proteção da superfície do solo mais duradoura favorecendo a retenção de umidade nas subparcelas, melhorando assim, o suprimento de água para a cultura da alface, que por apresentar baixo teor de matéria seca e sistema radicular pouco desenvolvido (Figueira, 1982; Vigliola, 1986), é bastante exigente em umidade do solo. Wade & Sanchez (1983) e Derpsch *et al* (1985), comparando o efeito da incorporação de gramíneas e leguminosas verificaram que as primeiras são mais eficientes na manutenção do status hídrico do solo.

O efeito do cultivo e incorporação das raízes da aveia-preta foi bastante positivo à cultura da alface. O papel do sistema radicular do adubo verde, sua interação com

o solo e particularmente seu efeito sobre a disponibilidade dos nutrientes, nos primeiros centímetros do mesmo, durante o período em que a planta está em atividade fotossintética parece ser de fundamental importância, principalmente quando se trabalha com gramíneas. O maior volume do sistema radicular, a elevada capacidade fotossintética e a possibilidade de formar associações mutualísticas com fungos micorrízicos, que contribuem para melhorar a absorção de nutrientes, destacadamente o fósforo são vantagens que devem ser consideradas em sistemas de adubação verde.

A ausência de resposta à aplicação de N mineral e à incorporação de adubos verdes mais ricos nesse nutriente, como são os casos do tremoço amarelo e da ervilhaca comum, provavelmente está relacionada à abundância desse nutriente no solo, que apresentou 0,42% de N-total. Valores máximos para esta classe de solo encontrados no Rio Grande do Sul situam-se em torno de 0,26% (Tedesco, 1983) e em São Paulo até 0,38% foi encontrado por Malavolta (1976). Segundo informações da Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Nova Friburgo, a área experimental fora usada em anos anteriores para o cultivo de hortaliças, provavelmente recebendo pesadas adubações com fertilizantes nitrogenados.

A questão do excesso de N no solo parece o fator decisivo na discussão dos resultados obtidos. Os melhores tratamentos, cultivo da aveia-preta, com ou sem a incorporação da parte aérea, foram os que proporcionaram maior imobilização do nutriente no solo. No tratamento onde

foi removido a parte aérea da gramínea, o total de N retirado foi de 140,8 kg/ha (Quadro 12). O outro tratamento, incorporação da parte aérea da aveia preta, além da retirada de 122,2 kg de N/ha que passou a fazer parte da fitomassa da gramínea, provavelmente foi responsável pela imobilização de outra parte do N do solo, através da atividade da biomassa microbiana, já que este material incorporou uma elevada quantidade de material vegetal e apresentou um teor mais baixo de N, que os demais tratamentos (Quadro 12).

Por outro lado, a incorporação das raízes da aveia-preta, que como foi mostrado no tópico anterior, apresenta um volume bastante expressivo e normalmente relação C/N ainda superior à sua parte aérea, pode ter sido responsável pela imobilização de mais uma boa quantidade do N disponível no solo. Desta forma, é possível que este tratamento tenham sido responsável pela imobilização de mais de 200 kg de N/ha.

Quanto ao tremoço amarelo e a ervilhaca comum, sua rápida decomposição provavelmente permitiu um balanço positivo de N no solo, devido à fixação biológica. A incorporação da vegetação espontânea, pela reduzida massa produzida, quando comparada com os demais tratamentos (Quadro 12), provavelmente não alterou muito o "pool" de N nas subparcelas. Assim, a aveia-preta ao promover maior alteração na relação do N com os demais nutrientes, pode ter favorecido a cultura da alface.

Embora o nitrogênio seja o nutriente que proporciona o maior aumento na produtividade da alface (Figueira, 1982; Couto & Branco, 1963), em excesso no solo pode proporcionar necroses marginais e cabeças mal formadas (Casseres, 1980), o que não foi verificado na área experimental. A possibilidade de acúmulo de elevados teores de NO_3^- nas folhas também existe (Almeida, 1991).

Desta forma, é conveniente que antes de se definir a espécie de adubo verde a ser utilizada em áreas de cultivo intensivo de hortaliças, se proceda a análise da fertilidade do solo, a fim de que seja considerada a capacidade do adubo verde em alterar o equilíbrio e a dinâmica entre os nutrientes e o N em disponibilidade no solo.

Pereira *et al* (1989) obtiveram peso fresco máximo da alface, com conteúdo de N-total na matéria seca das folhas, em torno de 2,8%, prevendo queda do peso fresco, em concentrações mais elevadas. O acúmulo de N-total nas plantas sem a correspondente variação no peso fresco e no peso seco, pode indicar distúrbios no metabolismo do elemento (Fernandes, 1978). Assim, pressupõe-se que exista um intervalo ótimo de concentração de N no solo, onde as plantas não tenham nem problemas de deficiência nem "consumo de luxo" e que, em áreas de cultivo intensivo de hortaliças, devido à utilização constante de adubos nitrogenados, esse intervalo pode ser facilmente ultrapassado. Desta forma, os resultados obtidos neste experimento, sustentam que a utilização intensiva de adubos nitrogenados, como foi

levantado e questionado por Pereira *et al* (1989) no Estado do Rio de Janeiro, pode promover queda na produtividade da cultura, através do retardamento do ciclo das plantas.

Os parâmetros da alface, avaliados por ocasião da colheita, apresentaram valores de coeficiente de variação elevados (Apêndice-Quadro 29). Estes resultados refletem provavelmente as diferenças das condições de fertilidade da área experimental, já que foram realizadas diversas outras adubações, normalmente feitas em faixas, em cultivos anteriores.

5.4. Conclusões

Os adubos verdes que incorporaram maior quantidade de N no solo foram a ervilhaca comum e o tremoço amarelo com 241,5 e 182,2 kg/ha.

O cultivo dos adubos verdes antecedendo o plantio da alface proporcionou uma redução considerável no número de plantas concorrentes nas subparcelas.

A alface "cv. Regina" não respondeu à aplicação de até 80 kg/ha de N mineral.

A incorporação do tremoço amarelo, ervilhaca comum e vegetação espontânea se equivaleram quanto a influência na produção da alface "cv. Regina".

O adubo verde que proporcionou os maiores ganhos na produtividade da alface "cv. Regina" foi a aveia-preta, devido à imobilização de parte do N em excesso no solo, provavelmente melhorando o equilíbrio da relação entre este nutriente e os demais. A raiz desta gramínea foi tão bom adubo verde para a alface quanto sua parte aérea, mostrando que o papel deste órgão em sistema de adubo verde pode ultrapassar o valor da simples incorporação de sua massa vegetal, além de dar opção para o agricultor usar a parte aérea para a alimentação animal.

5.5. Literatura citada

- ABBOUD, A.C. de S.; DUQUE, F.F. Efeitos da aplicação ao solo de materiais orgânicos e vermiculita sobre a sequência cultural milho-feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, 21:227-236, 1986.
- ALMEIDA, D. L. **Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo.** Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 186p.(Tese de doutorado), 1991.
- ARAÚJO, A.P. de.; ALMEIDA, D.L. de. **Efeito da adubação verde associada à adubação com fosfato natural na cultura do milho.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, Campinas, p.62, 1987.
- CALEGARI, A., NONDARDO, A., BULISANI, E.A., WILDNER, L. do P., COSTA, M.B.B. da, ALCÂNTARA, P.B., MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.V. **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 346p. 1992.
- CASSERES, E. **Production de Hortalizas.** Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas. San José. Costa Rica, p.180-93, 1980.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos-A teoria da trofobiose.** Tradução de Maria José Guazzelli. Porto Alegre. L&PM, 256p., 1987.
- COUTO, F.A.A.; BRANCO, A.A. Efeito de fontes de azoto na fertilização da alface. **Olericultura**, 3:5-11, 1963.

- DE-POLLI, H. & FRANCO, A.A. Inoculação de sementes de Leguminosas. Seropédica-RJ., EMBRAPA/CNPBS, (Circular técnica), 1985.
- DERPSCH, R., SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 20(7):761-773, 1985.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1979.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - RJ. Levantamento de comunidades do município de Teresópolis-RJ. 227p. 1989.
- FERNANDES, M.S. Absorção e metabolismo de nitrogênio em plantas. Rio de Janeiro. Inst. de Agronomia, UFRRJ, 50p. (Boletim Técnico), 1978.
- FIGUEIRA, F.A.R. Manual de Olericultura. Cultura e comercialização de hortaliças v.II. Olericultura especial. Editora Agronômica Ceres Ltda-SP, p.77-86, 1982.
- FÓRUM para o desenvolvimento da Região Serrana; subsídios para debates e informações gerais. Rio de Janeiro: BANERJ/Jornal do Brasil, 75p. 1992.
- MALAVOLTA, E. O nitrogênio. In: "Manual de Química Agrícola Nutrição de plantas e Fertilidade do Solo", p. 203-256. Editora gronômica Ceres Ltda., São Paulo. 258p, 1976.

- MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **Adubação verde no Brasil**. Fundação Cargill. Campinas-SP, p.64-123, 1982.
- PEREIRA, N.N.C., FERNANDES, M.S., ALMEIDA, D.L. de. Adubação nitrogenada na cultura da alface fontes de N e inibidor de nitrificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 24(6):647-654, 1989.
- TEDESCO, M.J. Matéria orgânica e nitrogênio. In: **"Curso de atualização em fertilidade do solo"**; Londrina-PR, p. 87-124. IAPAR, ANDA, PPI/IPI. Londrina. 330p, 1983
- VIGLIDLA, M.I. Manual de olericultura. Editorial hemisfério sur p.81-89, 1986.
- VITTI, G.H., FERREIRA, M.E., PERECIN, D., ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo vermelho amarelos fase arenosa (LVa). **Científica**, 7(3):431-435, 1979.
- WADE, M.K.; SANCHEZ, P.A. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. **Agronomy Journal**, Madison, 75:39-45, 1983.

QUADRO 12: Acúmulo de matéria fresca, seca, nitrogênio total e porcentagem desse elemento na matéria seca da parte aérea de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea, na época em que foram cortados e incorporados antes do cultivo da alface "cv. Regina". Médias de seis repetições.

Material incorporado	Parte aérea		Nitrogênio	
	(kg/ha)		total	teor
	matéria fresca	matéria seca	kg/ha	% mat. sec
Aveia-preta	36803b	7992a	122,2c	1,58c
Aveia-preta ¹	40532b	8094a	140,8bc	1,71c
Tremço amarelo	54638a	7131a	182,2ab	2,57b
Ervilhaca comum	33064b	5089b	241,5a	4,75a
Vegetação espontânea	16533c	1840c	34,1d	1,86bc
F	13,22*	20,92*	16,85*	29,04*
CV(%)	25,50	23,40	31,71	23,89

¹ A parte aérea foi removida das parcelas na época do corte.

Obs: valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

QUADRO 13: Número de folhas da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Avaliação realizada aos 30 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

material incorporado	doses de N (kg/ha)			
	0	40	80	média
aveia-preta	9,8a	9,9a	7,1a	8,9a
" (menos parte aérea)	7,6ab	8,8a	7,3a	7,9a
tremço amarelo	6,5bc	4,5b	5,6b	5,5b
ervilhaca comum	4,7c	5,0b	5,1b	4,9b
vegetação espontânea	5,5c	5,4b	6,5ab	5,8b
média	6,8	6,7	6,3	

Obs: valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

QUADRO 14: Diâmetro médio (cm) da cabeça da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Avaliação realizada aos 30 dias após o transplântio das mudas. Médias de três repetições.

materiais incorporados	doses de N (kg/ha)			média
	0	40	80	
aveia-preta	19,3	16,6	15,9	17,3a
" (menos parte aérea)	15,4	15,2	12,7	14,4b
trevoço amarelo	13,3	10,3	11,8	11,8b
ervilhaca comum	12,1	11,0	11,5	11,5b
vegetação espontânea	11,7	11,7	12,6	12,0b
média	14,4	12,9	12,9	

Obs: valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

QUADRO 15: Número de plantas invasoras/dm² nas subparcelas da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Avaliação realizada aos 30 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

materiais	doses de N (kg/ha)			
	0	40	80	média
aveia-preta	2,0	2,2	2,5	2,2b
" (menos parte aérea)	5,7	6,3	7,4	6,5b
tremoço amarelo	6,5	6,1	4,6	5,7b
ervilhaca comum	4,9	4,2	4,3	4,4b
vegetação espontânea	13,7	12,7	12,4	13,0a

Obs: valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

QUADRO 16: Diâmetro médio (cm) da cabeça da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

materiais	doses de N (kg/ha)			média
	0	40	80	
aveia-preta	26,7	25,8	25,6	26,0a
" (menos parte aérea)	23,0	25,9	22,7	23,9ab
tremço amarelo	22,3	17,8	19,7	19,9b
ervilhaca comum	18,4	18,4	21,9	19,6b
vegetação espontânea	17,1	18,9	21,5	19,2b
média	21,5	21,3	22,3	

Obs: valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

QUADRO 17: Peso fresco da cabeça de alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

materiais	doses de N (kg/ha)			
	0	40	80	média
	- g/cabeça -			
aveia-preta	128,0	124,2	121,8	124,7a
" (menos parte aérea)	93,9	115,1	95,0	101,4ab
tremço amarelo	88,9	52,7	75,8	72,5b
ervilhaca comum	73,1	50,7	81,1	68,3b
vegetação espontânea	48,0	67,4	92,1	69,8b
média	86,4	82,0	93,2	

Obs: valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunca a 5%.

QUADRO 18: Produtividade da matéria fresca da alface "cv. Regina" após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

Materiais	doses de N (kg/ha)			
	0	40	80	média
	- kg/ha -			
aveia-preta	17907	15672	17994	17191a
" (menos parte aérea)	12648	15362	11637	13216ab
tremço amarelo	11850	7024	10108	9665b
ervilhaca comum	9739	8430	10174	9448b
vegetação espontânea	6402	8988	12283	9224b
média	11709	11096	12439	

Obs: valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

6. Apêndice

QUADRO 19: Porcentagem de matéria seca na parte aérea, raízes e planta inteira aos 79 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	parte aérea	raiz	planta inteira
Tremoço branco "cv. TRM 881"	11,6abc	14,8bc	11,8abc
Tremoço branco "cv. ML Doce"	12,2abc	23,0ab	12,8abc
Tremoço branco "cv. Comum"	13,2ab	20,8b	13,8abc
Tremoço amarelo	10,0abc	15,0bc	10,3bc
Ervilhaca comum	13,8a	18,2bc	14,2ab
Chícharo	13,0ab	18,7bc	14,8a
Azevém anual	12,7ab	14,3bc	13,4abc
Aveia-preta	10,3abc	9,3c	10,0c
Serradela flor rosa	12,1abc	14,7bc	12,5abc
Trevo vesiculoso	8,6c	24,7ab	10,8bc
Trevo branco	9,9abc	32,3a	13,6abc
trevo vermelho	9,7bc	18,3bc	11,5abc
des	3,9	10,7	3,96
CV(%)	11,58	19,25	10,69
F	4,88	8,38	4,21

Obs: valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 20: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 119 dias após a semeadura de 12 adubos verdes de inverno na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	parte aérea	raiz	planta inteira
Tremçoço branco "cv. TRH 881"	16,0	40,7a	17,8
Tremçoço branco "cv. HL Doce"	17,0	34,0ab	19,4
Tremçoço branco "cv. Comum"	17,3	26,6bcd	18,5
Tremçoço amarelo	18,5	30,9abc	19,3
Ervilhaca comum	13,9	9,5e	13,4
Chícharo	13,3	17,3de	13,8
Azevém anual	14,3	21,6cd	17,9
Aveia-preta	14,1	21,9cd	16,0
Serradela flor rosa	13,4	17,4de	14,8
Trevo vesiculoso	20,4	20,0de	20,4
Trevo branco	13,0	9,7e	12,2
Trevo vermelho	11,9	17,2de	13,5
dms	ns	10,9	ns
CV(X)	20,15	16,43	17,72
F	2,09	19,86	2,78

Obs: valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 21: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 51 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	parte aérea	raiz	planta inteira
Tremçoço branco "cv. TRM 881"	10,6c	13,0abc	11,0b
Tremçoço branco "cv. ML Doce"	12,4abc	13,9abc	12,6b
Tremçoço branco "cv. Comum"	11,4bc	12,5abc	11,6b
Tremçoço amarelo	12,5abc	14,5abc	12,8b
Ervilhaca comum	19,1abc	10,0bc	12,9ab
Ervilhaca peluda	21,0abc	12,7abc	15,5ab
Chícharo	16,7abc	8,0c	13,5ab
Azevém anual	22,3ab	21,5a	21,5a
Aveia-preta	15,3abc	15,8abc	15,0ab
Serradela flor rosa	17,7abc	20,7ab	18,2ab
Trevo vesiculoso	22,8a	12,0abc	13,1ab
Trevo branco	17,7abc	18,2abc	18,1ab
Trevo vermelho	16,7abc	12,6abc	14,9ab
dms	11,4	11,3	8,6
CV(%)	22,91	26,51	19,58
F	3,40	3,21	3,31

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 22: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 93 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	parte aérea	raiz	planta inteira
Tremoco branco "cv. TRM 881"	11,2	14,9	11,8b
Tremoco branco "cv. ML Doce"	12,0	16,4	12,7ab
Tremoco branco "cv. Comum"	11,9	16,2	12,4b
Tremoco amarelo	11,3	18,9	11,9b
Ervilhaca comum	14,4	13,5	14,0ab
Ervilhaca peluda	12,6	13,7	12,8ab
Chícharo	14,5	14,7	14,0ab
Azevém anual	16,3	21,2	18,0a
Aveia-preta	13,3	14,3	13,3ab
Serradela flor rosa	12,8	10,3	11,8b
Trevo vesiculoso	10,7	11,3	10,8b
Trevo branco	13,8	15,8	14,4ab
Trevo vermelho	14,2	11,6	13,2ab
dm _s	ns	ns	5,3
CV(X)	15,10	28,40	13,53
F	2,01	1,53	3,00

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 23: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira aos 138 dias após a semeadura de 13 adubos verdes de inverno cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo com níveis baixos de Fósforo, cálcio e magnésio na Região Serrana fluminense. Médias de três repetições.

Adubos verdes de inverno	parte aérea	raiz	planta inteira
Tremoço branco "cv. TRM 881"	14,0bc	19,7abc	14,7bc
Tremoço branco "cv. ML Doce"	15,1abc	22,0ab	16,1abc
Tremoço branco "cv. Comum"	16,1abc	24,4a	17,2abc
Tremoço amarelo	12,0c	14,5cde	12,2c
Ervilhaca comum	13,5bc	14,3cde	13,6c
Ervilhaca peluda	12,0c	16,1bcde	12,8c
Chícharo	14,7abc	13,0de	14,5bc
Azevém anual	19,3ab	22,3ab	20,4ab
Aveia-preta	21,5a	19,0abcd	21,1a
Serradela flor rosa	15,8abc	15,5cde	15,8abc
Trevo vesiculoso	12,0c	11,5e	11,6c
Trevo branco	11,2c	13,4cde	12,5c
Trevo vermelho	12,8bc	12,5e	12,5c
dms	6,9	6,3	6,0
CV(X)	15,71	12,49	13,39
F	5,25	12,16	7,08

Obs: valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

QUADRO 24: Análise da variância dos resultados do primeiro experimento do Capítulo 4.

parâmetros	tratamentos					
	F		CV(%)		dms	
	matéria		matéria		matéria	
	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca
parte aérea(79das ¹)	12,91*	21,52*	22,94	19,50	4624	451
parte aérea(119das)	9,61*	13,12*	23,46	22,75	21787	3225
raízes (79das)	49,45*	64,95*	23,39	15,13	964	96
raízes (119das)	11,56*	5,10*	38,16	62,95	8436	3080
total (79das)	12,34*	18,29*	21,83	17,83	5346	530
total (119das)	8,09*	8,90*	23,21	25,55	26872	4904
	79das	119das	79das	119das	79das	119das
peso de nódulos	20,17*	22,10*	55,55	57,29	87	162
Relação Pa/raiz	89,08*	40,00*	11,73	21,57	1,63	2,92
N da parte aérea	31,13*	9,88*	20,60	31,45	15,76	121,7
N da raiz	12,27*	3,99*	23,72	49,91	2,48	27,68
N total	23,16*	7,49*	20,56	31,26	18,04	139

¹dias após a semeadura

**QUADRO 25: Análise da variância dos resultados do segundo
experimento do Capítulo 3.**

parâmetros	tratamentos					
	F		CV(%)		dms	
	matéria		matéria		matéria	
parte aérea	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca
51das ¹	15,71*	20,31*	49,78	37,21	5765	539
93das	10,24*	13,22*	52,19	45,02	23317	2295
138das	15,53*	16,79*	30,05	31,95	25819	4146
raízes						
51das	6,43*	4,97*	54,36	61,91	2297	344
93das	7,59*	6,36*	48,74	55,67	4660	845
138das	9,92*	17,29*	36,03	35,07	6427	1190
total						
51das	13,20*	13,93*	47,32	40,45	7480	811
93das	10,77*	12,554*	48,33	43,60	26211	2887
138das	16,83*	20,25*	27,33	28,49	28354	4664

¹dias após a semeadura.

QUADRO 27: Porcentagem de cabeças de alface "cv. Regina" com diâmetro maior que 20cm cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

materiais	doses de N (kg/ha)			
	0	40	80	média
aveia-preta	78,2	77,1	62,5	72,6
" (menos parte aérea)	65,5	76,5	52,1	64,7
tremoço amarelo	66,7	33,6	57,1	52,5
ervilhaca comum	44,3	36,3	54,5	45,1
vegetação espontânea	33,0	47,1	65,8	48,6
média	57,5	54,2	58,4	

QUADRO 28: Peso da matéria seca da cabeça da alface "cv. Regina" cultivada após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

materiais	doses de N (kg/ha)			média
	0	40	80	
incorporados				

	- g/cabeça -			
aveia-preta	8,0	6,4	7,0	7,1
" (menos parte aérea)	7,4	7,3	5,9	6,9
tremço amarelo	6,0	4,1	5,4	5,1
ervilhaca comum	5,2	4,7	5,4	5,1
vegetação espontânea	3,9	5,1	6,0	5,0
média	6,1	5,5	5,9	

QUADRO 29: Produtividade da matéria seca da alface "cv. Regina" após a incorporação de alguns adubos verdes de inverno e vegetação espontânea em três doses de N. Colheita realizada aos 42 dias após o transplântio das mudas. Médias de seis repetições.

materiais	doses de N (kg/ha)			
	0	40	80	média
	- kg/ha -			
aveia-preta	1058	737	1015	937
" (menos parte aérea)	983	970	793	915
trevoço amarelo	801	801	718	686
ervilhaca comum	687	625	714	675
vegetação espontânea	519	685	801	668
média	810	711	808	

QUADRO 30: Análise de variância dos resultados do experimento do capítulo 5.

parâmetros	tratamentos		níveis de N		interação
	F	CV	F	CV	F
Nº de folhas ¹	7,44*	40,42%	0,73ns	25,96%	2,18*
Diâm. alface ¹	7,04*	29,39%	3,13ns	19,62%	1,08ns
Nº invasoras ¹	8,91*	90,60%	0,25ns	27,99%	1,09ns
Diâm. alface	2,96*	34,87%	0,46ns	18,45%	1,52ns
% alface > 20cm	1,97ns	61,52%	0,23ns	44,65%	1,96ns
P.fresco/alface	3,11*	69,05%	1,03ns	45,27%	1,02ns
P.seco/alface	2,30ns	50,65%	0,44ns	41,56%	0,78ns
M.fresca(produt)	3,31*	68,63%	0,56ns	42,47%	1,04ns
M.seca(produt)	2,07ns	52,01%	1,01ns	39,37%	1,06ns

¹avaliação realizada aos 30 dias após o plantio definitivo das mudas.